



Tiittanen

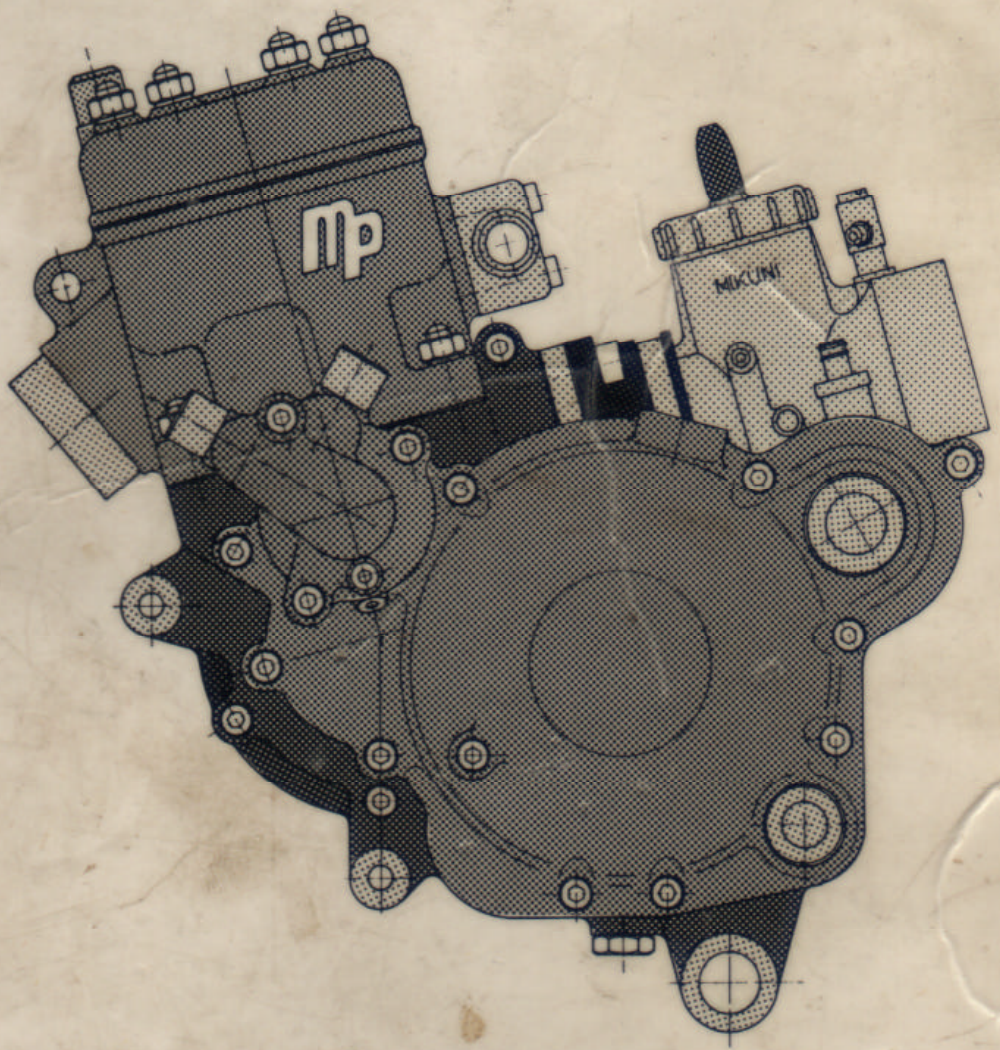
MOTOCROSS

- MEKANIKON KÄSIKIRJA

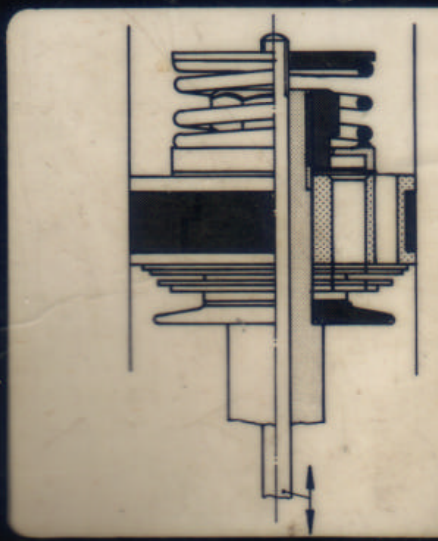
MOTOCROSS

**MOTORI
POWERI**

MEKAANIKON KÄSIKIRJA



SEPPO TIITTANEN



**MOTORI
POWERI**
MOTOCROSS
**- MEKKAANIKON
KÄSIKIRJA**

SEPPÖ TIITTANEN



Alkusanat.

Olen rakentanut motocrosspyöriä jo runsaat kymmenen vuotta. Harrastukseni on ollut koko ajan yksinäistä pakerrusta, jossa kaikki tieto on täytynyt hankkia joko yrityksen ja erehdyksen kautta, tai lukemalla ulkomaista kirjallisuutta. Lehdistä on aina silloin tällöin löytynyt mielenkiintoisia artikkeleita teknisistä yksityiskohdista, mutta olen koko ajan kaivannut teosta johon olisi kerätty moottoripyörän keskeiseen tekniikkaan liittyviä perusasioita. Näistä fysikaalisista tekijöistä ei liiemmin kirjoitella lehdissä ja ne onkin täytynyt kaivaa oppikirjojen sivuilta.

Kaikenkaikkiaan työ on ollut vaivalloista ja paikoin turhauttavaakin. Tämä kirjakin oli aluksi vain nippu muistiinpanoja minua itseäni varten. Sen materiaali kiinnosti kuitenkin lähipiirin aloittelevia motoristeja siinä määrin, että päätin ottaa riskin ja kirjoittaa aineiston vähän siistimpään muotoon. Tähän tarjoutui oiva tilaisuus varusmiespalveluksen aikana. Käytin palveluksessaoloikani jokaisen liikenevän minuutin kynä kädessä ja vielä kotiutumisen jälkeenkkin piirsin kuvia kokopäivätyönä pari kuukautta. Tähän mielettömään työhön minua ajoi polttava halu tutkia kaikki motocrosspyörän salaisuudet julki, ja siten häivyttää kisakoneiden ympäriltä salaperäisyyden huntu.

Kirjan sivuilla on nähtävänä pieni osa insinöörityöni tuloksista. Opiskeluaikoina kulutin satoja tunteja tietokonepäättteen ja piirustuslaudun ääressä suunnitellessani ihan ikiomaa motocrossmoottoria. Silloin tuli laskettua niin vaihteiston rasitukset kuin kiertokangon hitausvoimatkin.

Seuraavana vaiheena oli tehodynnon rakentaminen. Luonnollisesti halusin päästä itse kokeilemaan moottorin virittämistä ja tehon mittaamista. Siispä rakensin itselleni dynamometrin. Dynnon kanssa leikkiessä on yksi jos toinenkin syysilta kulunut rattoisasti ja samalla on autotallin nurkassa oleva pakoputkipino kasvanut roimasti.

Ajotouhuista minun on turha kirjoittaa sillä suurimmat saavutukseni sillä alalla ovat katkenneen käden suuruusluokkaa. Voin muuten kokemuksesta sanoa, että kaikkein parhaiten kirjan kirjoittaminen onnistuu juuri kipsi kädessä. Silloin ei ole mitään kiirettä ajamaan.

Toivottavasti työni ei ole ollut turhaa, vaan saat mielestäsi jotain uutta ajateltavaa tämänkin kirjan sivuilta.

Alpuassa 28.10.1983



Seppo Tiittanen

MOTOCROSS - MEKAANIKON KÄSIKIRJA

3. painos

Teksti,
piirroukset,
taitto,
kannet,

kustantaja : Seppo Tiittanen

Valokuvat : Annukka Tiittanen
Seppo Tiittanen

Kannen painopaikka : Haaprint Ky 1983

Sivujen kopiointi: XEROCENTER/OULU 1984

Myynti: Seppo Tiittanen 86460 Alpuu. Puh. 982-85169

● SISÄLTÖ	05	2 Pakoputki	86
● MOOTTORI	07	3 Kaasutin	99
1 Perussuureita	12	4 Sytytys	106
2 Termodynamiikkaa	22	● TEHODYNAMOMETRI	112
3 Kampikoneisto	30	● RUNKO JA JOUSITUS	122
4 Sylinteri ja kansi	41	1 Renkaat	122
5 Läppäventtiili	47	2 Jarrut	124
6 Luistiohjaus	51	3 Runko	131
7 Elektroniikkaa	60	4 Takajousitus	133
8 Sylinterin kanavat	62	5 Etujousitus	149
9 Kampikammionpumppu	69	6 Kierrejousi	154
● TEHON NOSTAMINEN	74	7 Ohjausgeometria	157
1 Viritystyö	82		

Suomenkielistä moottoripyöräilyä käsittelevää kirjallisuutta on erittäin vähän, ja suurin osa siitäkin on kirjoitettu katupyöräilijän tarpeita ajatellen. Kuitenkin tiedän myös motocross-harrastajien kaipaavan tietoa harrastuksestaan. Siksi olenkin kirjoittanut kirjan myös teille. Tähän kirjaan olen koonnut tietoa kaksitahtimoottorista, sen rakenteesta ja säätämisestä ja tehon korottamismenetelmistä. Lisäksi olen kirjan loppupuolella yrittänyt valottaa lukijoille nykyaikaisen jousituksen toimintaa.

MOOTTORI

Moottorin rakenteen käsittely on kirjoitettu suunnittelijan näkökulmasta, koska tämä on minulle koulutukseni johdosta luonnollisin lähestymistapa. Mielestäni on hyvä ajatella moottorin osien rakennetta ja niiden toiminnallisten ominaisuuksien muodostumista myös tästä näkökulmasta, koska se auttaa ymmärtämään sen, että paraskin moottori on vain tavallisen konepajateollisuuden sarjatuote.

Tehon nostamista käsittelevä kappale pyrkii antamaan neuvoja moottorin kehittämiseksi siihen suuntaan kuin kulloinkin on tarvetta. Olen pyrkinyt riisumaan kaiken arvailun ja kokeilemisen pois ja antamaan laskukaavan tai jonkin ohjeiston, kun se vain on ollut mahdollista. Mielestäni ohjeissa, joissa vain todetaan, että korota hieman pakoaukkoa ja lyhennä hieman männän helmaa, ei ole mitään järkeä, koska saadut tulokset ovat aina sattumanvaraisia ja mistä voi yleensäkin tietää, onko joku jo aikaisemmin muuttanut aukkoja. Lisäksi joissakin tapauksissa tällaiset yleispäteviksi tarkoitettavat muutokset saattavat vain huonontaa tilannetta, sillä todellisuudessa tehon lisäämiseksi olisi tehtävä jotain aivan muuta. Laskemalla aukkojen suuruudet saadaan varmastikin paljon luotettavimmat tulokset aukkojen muutostarpeesta. Näistä laskukaavoista tulen kertomaan teille tehon nostamista käsittelevässä luvussa.

Moottorin tehon nostamiseen liittyy aina lopputuloksen mittaamisen ongelma. Tehodynamometriä ei kaikilla ole, eikä tar-

vitsekaan olla, sillä on täysin mahdollista mitata suorituskykyä muutenkin luotettavasti. Kerron tehodynamometristä ja muista menetelmistä omassa kappaleessaan, johon liittyy myös esimerkkejä.

Suurimmalle osalle lukijoista tulee kaksitahtimoottorin tehonlisäämiskeinoista ensimmäisenä mieleen tehopakoputken rakentaminen. Se on todellakin tärkeä osa viritystä, ja toivon, että senkään toiminta ei tunnu tämän kirjan lukemisen jälkeen mysteeriltä. Kuitenkin on aina pidettävä mielessä, että moottorin tehon lisääminen täytyy lähteä sen yleisen kaasunvaihtokyvyn lisäämisestä, ja sopivalla pakoputkella vasta viimeistellään moottorin ominaisuudet. Useimmiten yritetään nostaa tehoa pelkän pakoputken avulla, ja tuloksena on ollut liian monta kertaa paljon ääntä ja ei sitten mitään muuta. Sylinterin aukot ja pakoputki on tehtävä sopimaan yhteen toistensa kanssa. Vasta sitten voi odottaa todellisia tuloksia.

Oman kokemukseni mukaan kaasuttimen säätö ja oikean sytytysennakon löytäminen ovat taitoja, jotka vain harvat omaavat.

Historiaa

VANHAT HYVÄT AJAT

Kun motocross otti ensiaskeleitaan 20-luvulla, silloin tosin nimellä scramble, oli kysymyksessä pääasiassa moottoripyöräiden välinen kilpailu. Aivan varhaisimmissa kisoissa kilpailtiin siitä, kenen pyörä nousee nopeimmin jyrkkää mäkeä, siis aivan mäkipokeen tyyliin, eikä ajajan kykyjä juuriakaan punnittu. Harrastajia kiinnosti tekniikka paljon enemmän kuin ajamisessa vaadittavat fyysiset ponnistukset. Aina 70-luvun alkuvuosiin asti ei kilpailuun täysin valmiita pyöriä ollut markkinoilla, ja rakentelijat pystyivät tekemään ihmeitä kohottaessaan pyöräiden suorituskykyä. Moottoripyöräurheilu oli tekniikanmiesten oma laji. Kuljettajia kiinnosti moottorien viritäminen, ja mitä ihmeellisempiä laitteita ilmestyi radoille.

Näiden perussäätöjen tekemistä käsittelevä kappale saattaa olla tämän teoksen tärkeintä antia.

RUNKO

Kirjan viimeiset kappaleet käsittelevät pyörän runkoa ja jousitusta. Runkogeometria on vaikea, jopa niin vaikea, että siitä ei tietääkseni ole olemassa minkäänlaista kirjallisuutta olemassa. Yritän kuitenkin parhaani mukaan selittää ohjauksen ongelmia ja ajoasentoon vaikuttavia tekijöitä teille. Jousituksesta onkin jo hieman helpompi kirjoittaa, ja olen sen yhteyteen liittännyt hieman iskunvaimennuksen historiaakin.

Jarrut kehittyvät nopeasti. On kaksilevittimistä rumpujarrua ja jopa levyjarrujakin ja aion kertoa myös niistä. Runko, tuo monimutkainen putkihäkkyrä, kokee myös suuria muutoksia lähitulevaisuudessa, ja jokaista varmasti kiinnostaa millaisella rungolla vuoden kuluttua ajellaan.

Toivon, että jokainen lukija löytää tästä kirjasta etsimäänsä tietoa ja ennenkaikkea toivoisin, että tämä virittäisi kiinnostuksen motocrosspyörän tekniikkaa kohtaan. Pyörän tekniikka on monelta osin niin loppuunsa vietyä ja harkittua, että sellaista harvoin tapaa muissa ajoneuvoissa.

Toivotan sinulle rattoisia lukuhetkiä.

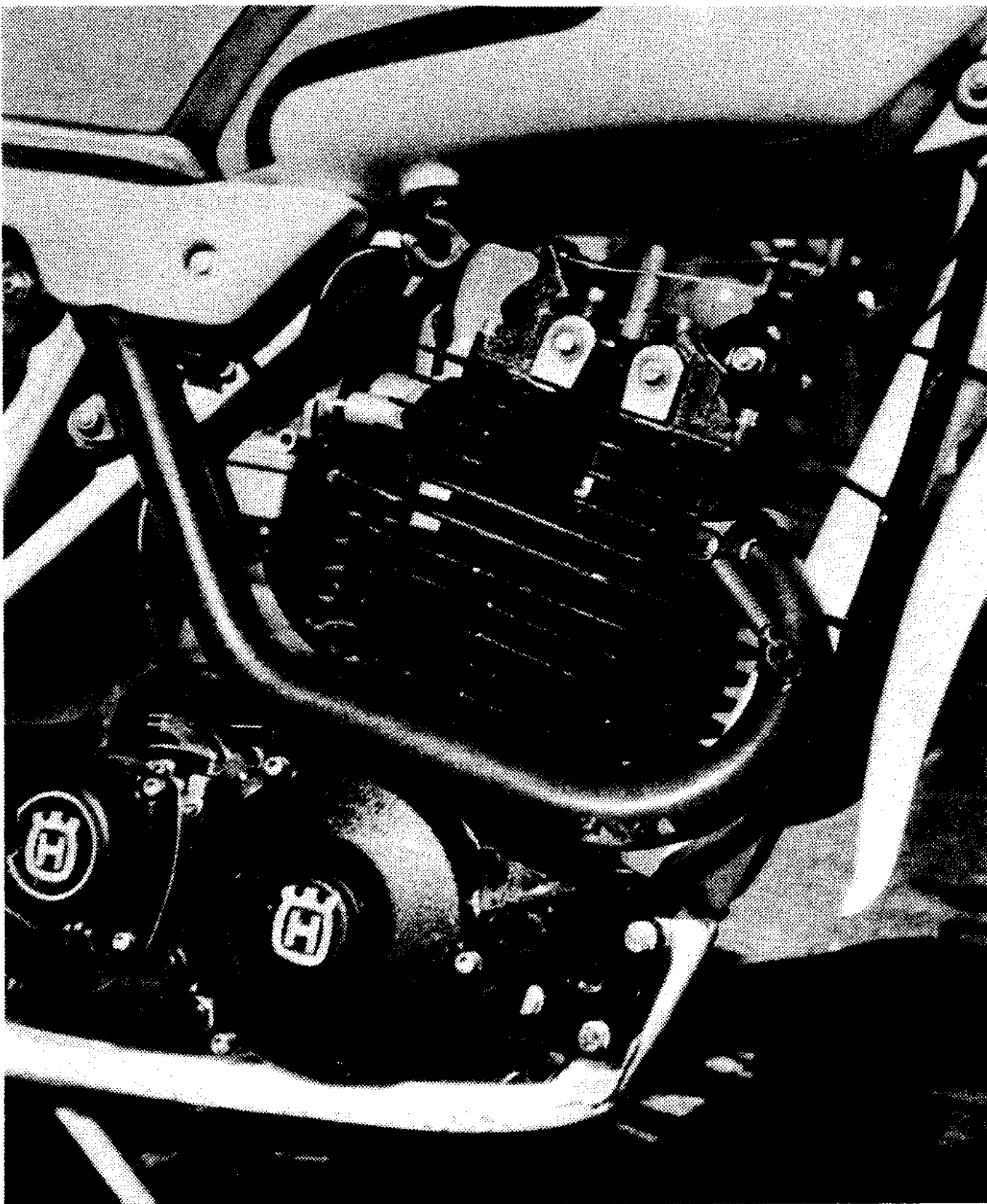
Jotkut harvat oivalsivat, mitkä arvaamattomat mahdollisuudet kätkeytyivät jousituksen ja rungon uudelleen rakentamiseen. Syntyi omia runkoja ja monenlaisia jousituksia. Kaikenkaikkiaan kalusto oli monipuolista ja persoonallista. Tosin usein huonosti tehtyä ja epäluotettavaa, mutta sen rakentaminen oli opettanut tekijälleen paljon. Siihen aikaan moottoriurheilu sai lisää suosiota ja suuri yleisö alkoi muodostaa omaa kuvaansa siitä, etsien sille mielestään paikkaa muiden urheilulajien joukossa. Usein motocross katsottiin pelkäksi tekniikalla leikkimiseksi ja sitä ei luettu urheiluksi, koska perisuomalainen urheilu oli aina ollut hiihdon ja painin kaltaista hikipäässä äheltämistä, jossa välineillä ja järjellä ei ole mitään sijaa.

UUDET TUULET PUHALTAVAT

70-luvun kuluessa motocross koki suuria muutoksia. Suurelta osin ne olivat seurausta Japanilaisten valmistajien mukaantulosta markkinoille. Valmistajien välinen kilpailu koveni, tuotekehitykseen uhrattiin vuosittain yhä suurempia rahasummia ja uudet materiaalit sekä valmistusmenetelmät muuttivat motocrosspyörää nopeassa tahdissa. Itse välineeseen kohdistuneet muutokset ovat olleet nopeita, mutta ehkä vieläkin suurempi vaikutus lajiin on ollut yleisen mielipiteen muuttumisella moottoriurheilulle myönteisemmäksi. Nykyisin suurin osa lajien harrastajista kokee sen pääasiassa liikuntamuotona, eikä sen tekninen puoli ole enää lähellekään niin korostunut kuin menneinä vuosina.

INSINÖÖREILTÄ KANSAN KÄSIIN

Hyvin monet harrastajat hankkivat heti ensimmäisen pyöränsäkin uutena ja vaihtavat sen vuoden tai parin kuluttua taas uuteen. Syynä pyörän tiheään uusimiseen on osaltaan halu ajaa aina parhaalla mahdollisella kalustolla, mutta toisaalta myös välttyä suuremmilta korjauksilta. Käsitykseni mukaan nykyisten kuljettajien pyörän rakenteen ja toimintatavan tuntemus ei ole lähellekään sitä tasoa, jolla se oli vielä viisitoista

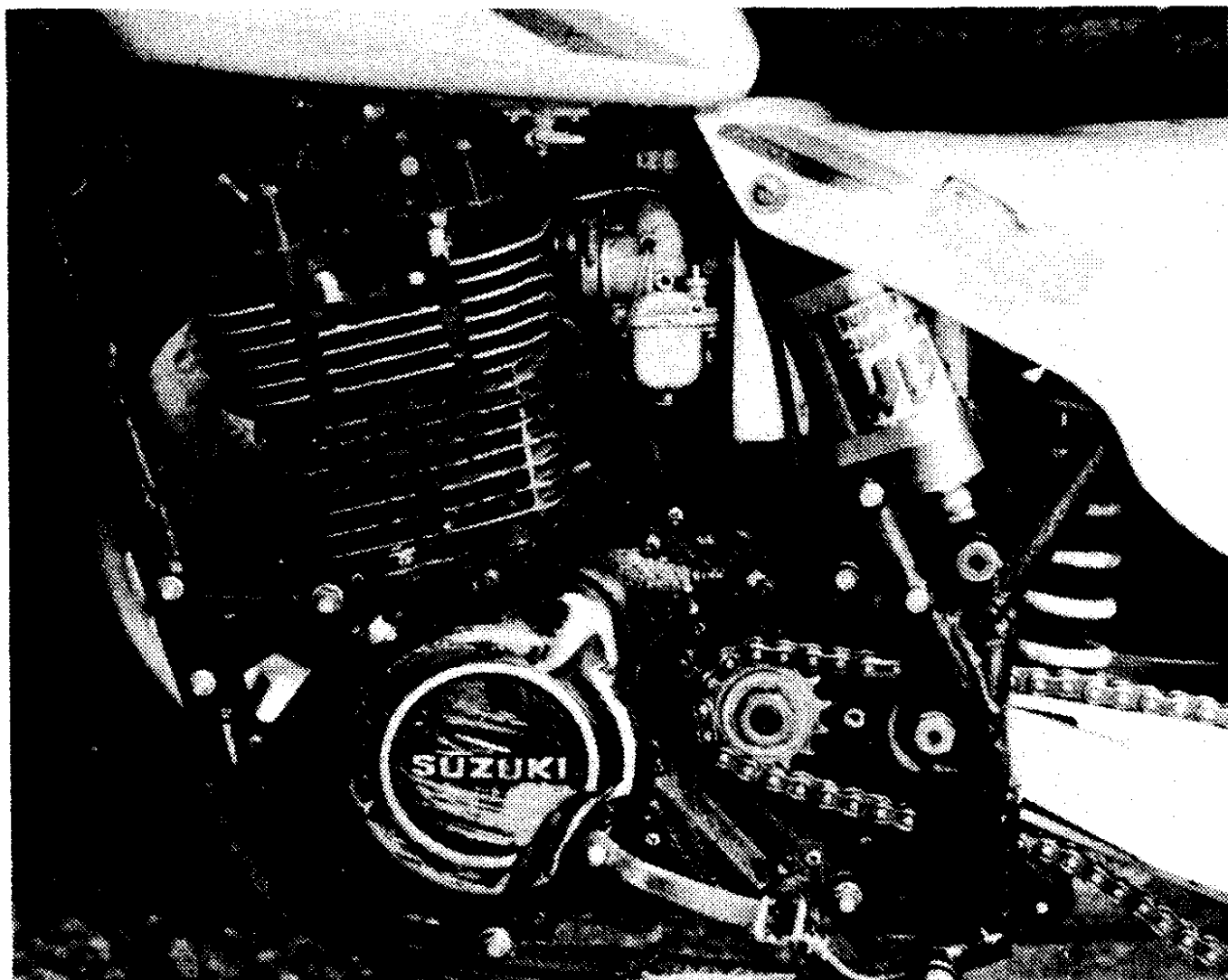


vuotta sitten. Silloin jokainen motocross-kuljettaja tunsikin olevansa jonkinlainen pioneeri omalla alallaan ja piti kunnia-asianaan olla hyvin perillä pyöränsä rakenteesta. Nykyisin keskitytään ajoharjoit-

teluun ja peruskunnon kohottamiseen ja monet pyrkivät tietoisesti eroon teknisistä murheista. Osa jopa huollattaa, tai ainakin teettää korjaukset pyöränsä maahantoujalla tai paikallisessa moottorikorjaamossa. Moottoriurheilun yleinen arvostus on nousussa, harrastajamäärät lisääntyvät ja valtiovaltakunta alkaa vähitellen hyväksyä sen urheiluksi. Valtion menneiden vuosien moottoripyöräilyn tappamisyritykset tuntuvat olevan ainakin toistaiseksi historiaa. Useat kunnat ovat varanneet maa-alueita tai jopa rakentaneet valmiin motocrossradan ja tällä tavoin tukeneet urheilumuotoa. Tulevaisuus näyttää valoisalta, ja uusi, kasvava sukupolvi suhtautuu moottoriurheiluun jo kiihkottomasti ja uskoo sen saavan tulevina vuosikymmeninä kasvaa ja kehittyä ilman energiakriisin alkuaikojen rajoitustoimia ja jatkuvaa painostusta.

JOKO KOHTA NELITAHTISELLÄKIN?

Vaikuttaa siltä, että muutaman vuoden kuluttua nelitahti-motocross pyörähtää jälleen käyntiin,



havaittavissa on selvää kiinnostuksen lisääntymistä tällä alueella, ja monet valmistajat ovatkin rakentaneet prototyyppejä nelitahtimoottirin ympärille. Kaikesta huolimatta en käsittele nelitahtimoottoria tässä yhteydessä sen enempää, koska en tunne hallitse-

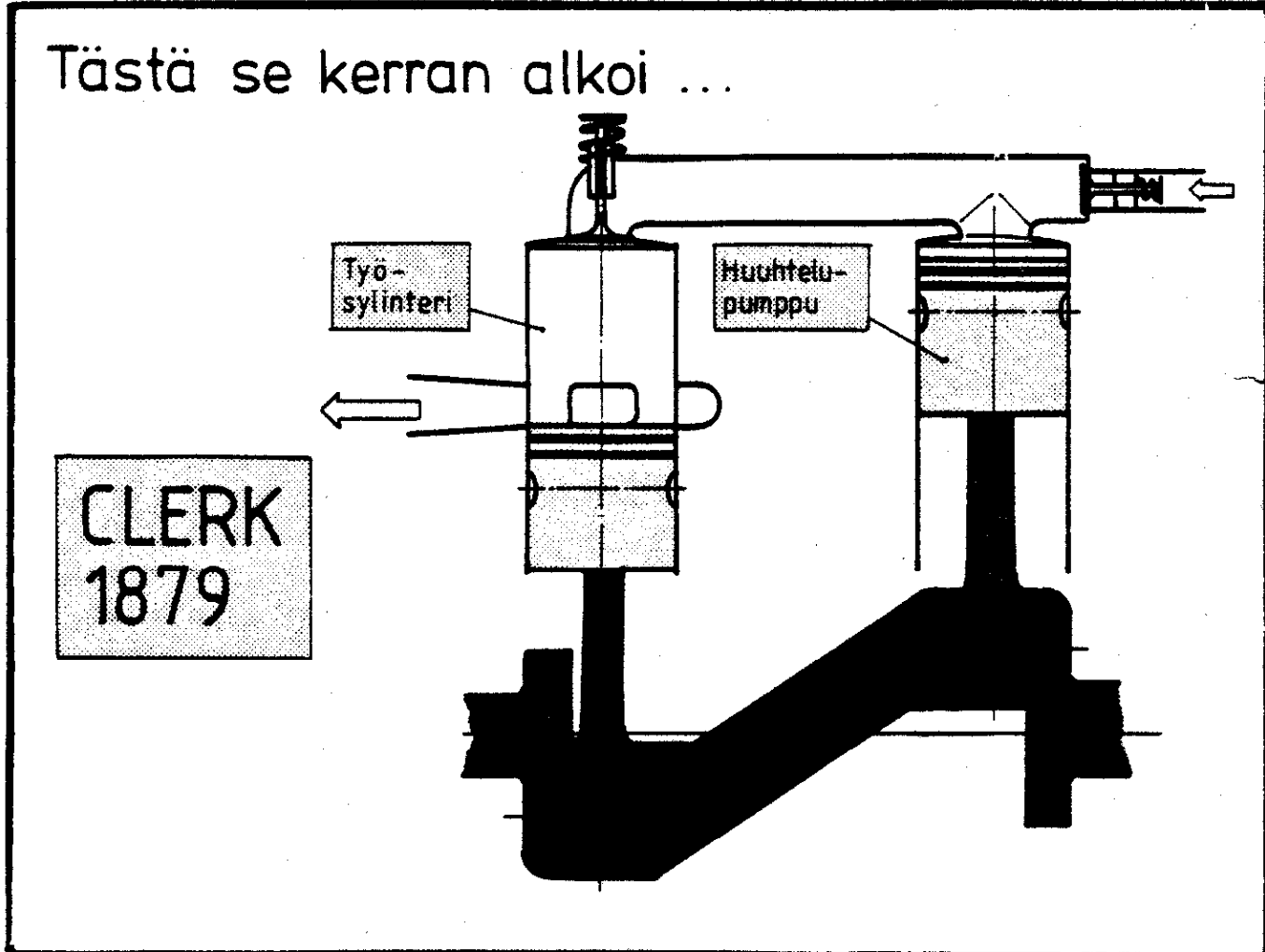
vani alaa niin paljon, että voisin tuoda julki mitään uutta ja mielenkiintoista nelitahtimoottorista. Vaikka sen tulemisesta onkin puhuttu jo melko pitkään, mitään läpimurtoa ei kuitenkaan ole tullut. Ehkä tekniset ongelmat ovat kuitenkin olleet liian suuret rat-

kaistavaksi parissa vuodessa.

MOOTTORI

KÄYTTÖMOOTTORISTA KILPAKONEEKSI

Menneinä vuosina kaksitahtimoottorit olivat erittäin yleisiä pienissä ja keskisuurissa moottoripyörissä. Sen kilpailukyky moottorivaihtoehtona perustui tuolloin suurelta osin yksinkertaiseen rakenteeseen ja alhaisiin valmistuskustannuksiin. Useissa tapauksissa myös keveys ja helppo huolto katsottiin merkittäviksi eduiksi. Vuosien saatossa tehon noustessa ajoviimajähdytyksen teho alkoi käydä riittämättömäksi, eikä jäähdytysripojenkaan pinta-alaa voitu enään kasvattaa ilman haitallisia seurauksia. Joissakin moottoreissa siirryttiin pakotettuun jäähdytysilman virtaukseen, puhallinjähdytykseen, mutta vieläkin paremmaksi havaittiin nestejäähdytys. Sen käyttöönoton yhteydessä menetetään yksi kaksitahtimoottorin eduista, yksinkertaisuus, mutta samalla saadaan kestoikää kasvatettua ja moottorin tehon nostaminen tulee mahdolliseksi ilman huolta ylikuumentumisesta. Näihin samoihin aikoihin tiukentivat saastemääräykset eri valtioissa ja öljykriisin seurauksena polttoaineen reaalihintaa nousi jyrkästi. Seurauksena oli kaksitahtimoottorin käytön lähes täydellinen loppuminen keskikokoisten matkapyörä moottorina. Tänä päivänä niitä esiintyy pääasiassa kevytmoottoripyörissä ja mopoissa, joissa polttoaineenkulutuksen merkitys ei hankintahintaan verrattuna ole niin suuri. Ainoat seikat, jotka puoltavat sen käyttöä moottoripyörän voimanlähteenä, ovat jäljelle jääneet keveys ja nelitahtimoottoria huomattavasti korkeampi litrateho. Lähinnä korkeasta litratehosta johtuen siitä on tullut käytännöllisesti katsoen yksinomainen tehonlähde kilpamoottoripyöriin. Tosin viime aikoina on ollut havaittavissa vakavia yrityksiä tehdä kilpailukykyisiä nelitahtipyöriä RR:ään ja motocrossiin, mutta tulokset ovat



olleet vähintäänkin keskinkertaisia.

MOOTTORIN TOIMINTAPERIAATE

Kaksitahtimoottorin periaatteellinen toiminta on varmasti kaikille tuttu, mutta on ehkä hyvä vielä kerran kerrata mitä moottorissa tapahtuu työkierron aikana. Otetaan se siis vielä kerran, ja nyt hieman perusteellisemmin. Ei sen toiminta nyt loppujenlopuksi niin yksinkertaista ole.

IMUVAIHE

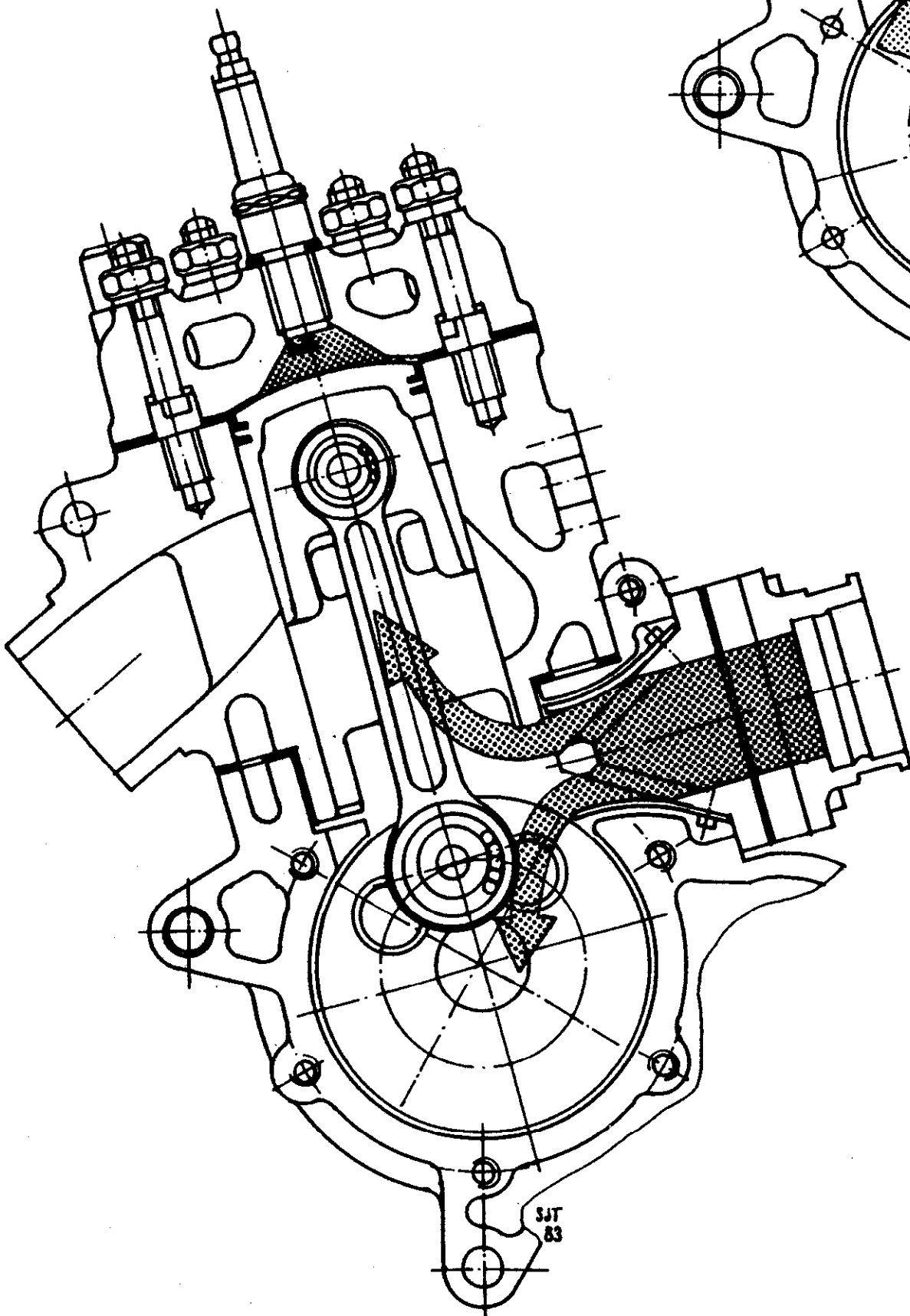
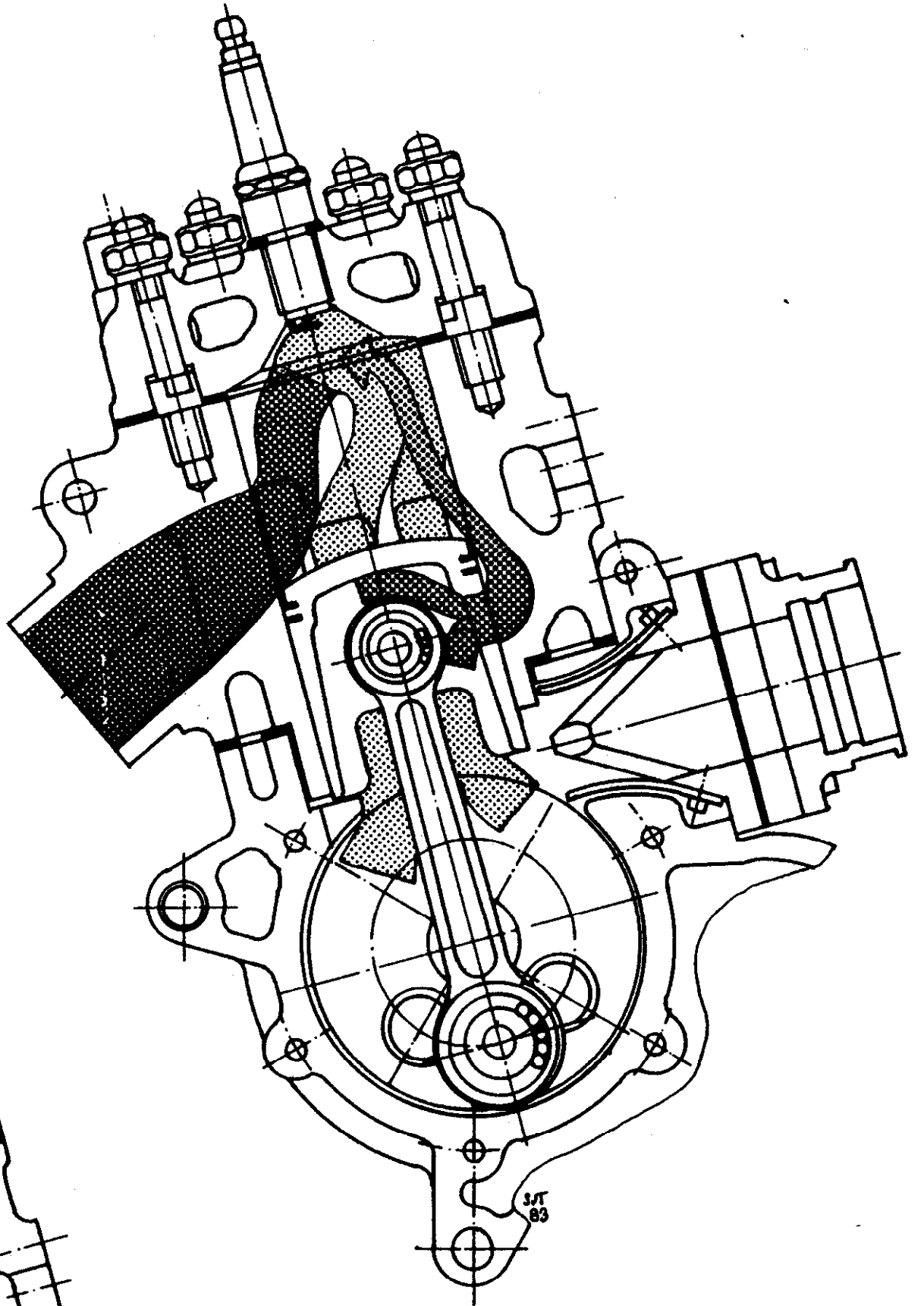
Aloitetaan siitä, että mäntä on alakääntökohdan jälkeen nousmassa jälleen ylöspäin ja imuaukko aukeaa. Polttoaineseosta alkaa virrata kampikammioon, seoksen virtausnopeus kasvaa, kunnes kanavistossa syntyvä painehäviö on yhtä suuri kuin kampikammion ja ulkoilman välinen paine-ero. Yläkääntökohdan jälkeen alkaa kampikammion tilavuus pienenemään männän laskeutuessa alaspäin. Kampikammion tilavuuden pienenemisen ja sinne koko ajan vir-

taavan seoksen vaikutuksesta nousee kampikammion paine nopeasti ulkoilman painetta korkeammaksi. Kohonnut paine pyrkii kääntämään seoksen virtaussuunnan vastakkaiseksi. Kanavistossa virtaavan seosmassan hitaus vastustaa kuitenkin muutosta ja sitä virtaa kampikammioon vielä hetken. Seosvirran nopeus laskee ja optimitapauksessa se pysähtyy juuri kun imuaukko sulkeutuu. Tällöin voi kampikammiossa olla ulkoilman painetta korkeampi paine, moottori toimii kuin sitä ahdistettaisiin. On kuitenkin huomattava, että imukanavan toiminta on näin tehokas vain tietyllä hyvin kapealla kierrosalueella ja sen ulkopuolella kampikammio joko ei ehdi täyttyä tai seoksen virtaussuunta ehtii kääntyä sieltä ulospäin, jolloin kampikammio rupeaa tyhjenemään.

HUUHTELU

Seuraavaksi tarkastelemme huuhtelutapahtumaa. Yläkääntökohdalla on sivuutettu ja mäntä on laskeutumassa alaspäin. Sylinterissä oleva paine laskee tilavuuden

kasvaessa. Pakoaukon aukeamis-
hetkellä on pakokaasun paine 500
kPa luokkaa, mutta se laskee
nopeasti pakokaasun purkautuessa
sylinteristä pakoputkeen. Kun
mäntä on laskeutunut niin alas,
että on huuhtelukanavien aukea-
misen vuoro, on sylinterin paine
edelleen kampikammion painetta
korkeampi. Huuhteluaukkojen avau-
tuessa ei kampikammion seos
virtaakaan sylinteriin, vaan vir-
taussuunta onkin päinvastainen,
sillä pakokaasut virtaavat aluksi
kampikammioon päin. Kampikam-
mion paine nousee jyrkästi, ja kun
sylinterin paine laskee koko ajan
pakokaasun virratessa sieltä pa-
koputkeen, kääntyy virtaussuunta



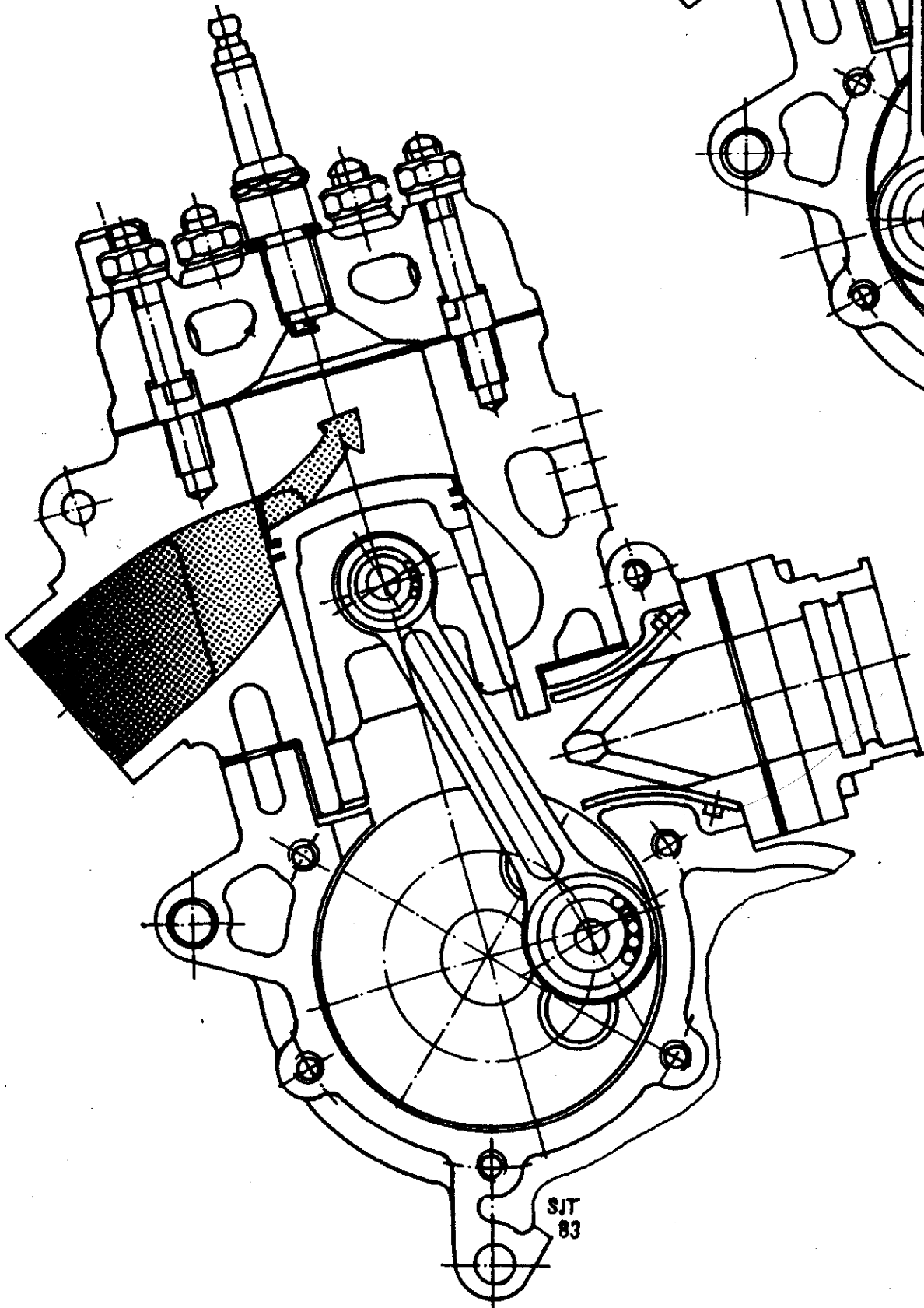
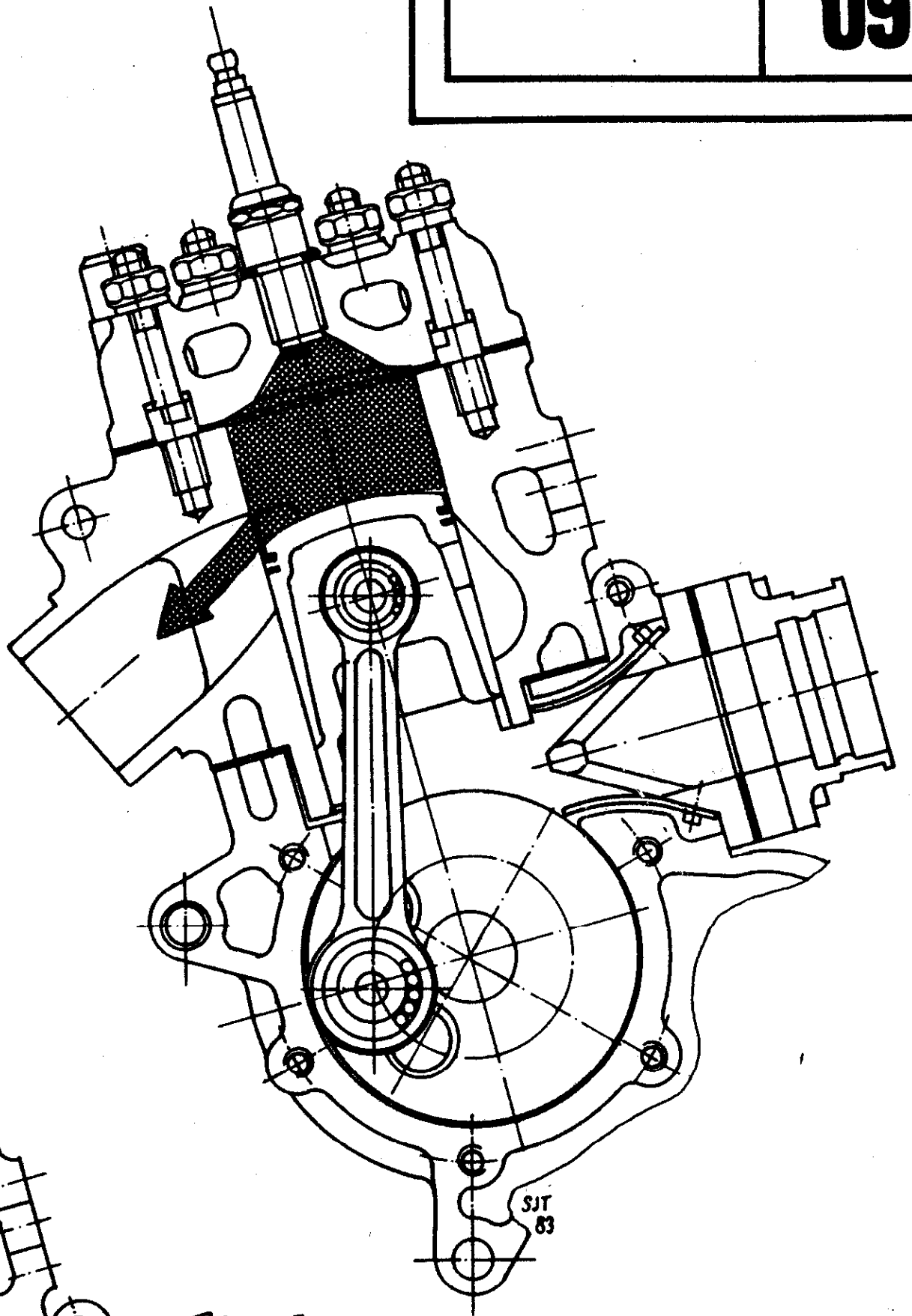
huuhtelukanavissa ja tuoretta
seosta alkaa purkautua huuhtelu-
aukoista sylinteriin. Seosvirta
suunnataan sylinterin takaosaan,
jossa se nousee kohti sylinterin
kanta. Kansi kääntää virtauksen
laskeutumaan sylinterin etuosaa
pitkin kohti pakoaukkoa. Seos
työntää koko ajan edellään pa-
kokaasuja pakoputkeen ja lopuksi
sitä itseäänkin alkaa virrata pa-
koaukosta ulos. Tässä vaiheessa
mäntä on jälleen nousemassa ylös-
päin ja sulkee huuhteluaukot.
Niiden sulkeutumisen jälkeen on
pakoaukko vielä jonkin aikaa auki
ja nyt on pakoputken vuoro toi-
mia. Jos putki on oikein mitoi-
tettu, se työntää pakoaukosta ulos
karanneen tuoreen seoksen takaisin
sylinteriin juuri ennen pakoaukon
sulkeutumista. Tällöin puristusvaihe
alkaa ylipaineisena ja sylinteriin

on saatu ylimääräinen annos tuoretta seosta. Tällä seosmäärällä on ratkaiseva merkitys moottorista saatavaan tehoon. Pakoputken aiheuttamaa lisäystä huuhtelupaineeseen voidaan hyvällä syyllä verrata nelitahtimoottorin ahtamiseen.

TYÖTAHTI

Kun pakoaukko on sulkeutunut, alkaa puristusvaihe. Männän noustessa ylöspäin kohti yläkääntökohtaa sen yläpuolella oleva seos puristuu kokoon, jolloin sen paine ja lämpötila kohoaa. Noin 20 kammikulma-astetta ennen yläkääntökohtaa seos sytytetään sähkökipinällä. Palaminen lähtee etenemään sytytystulpan kärkivälistä laajenevana pallonkuorena kohti palotilan ääriosia. Liekki-

09

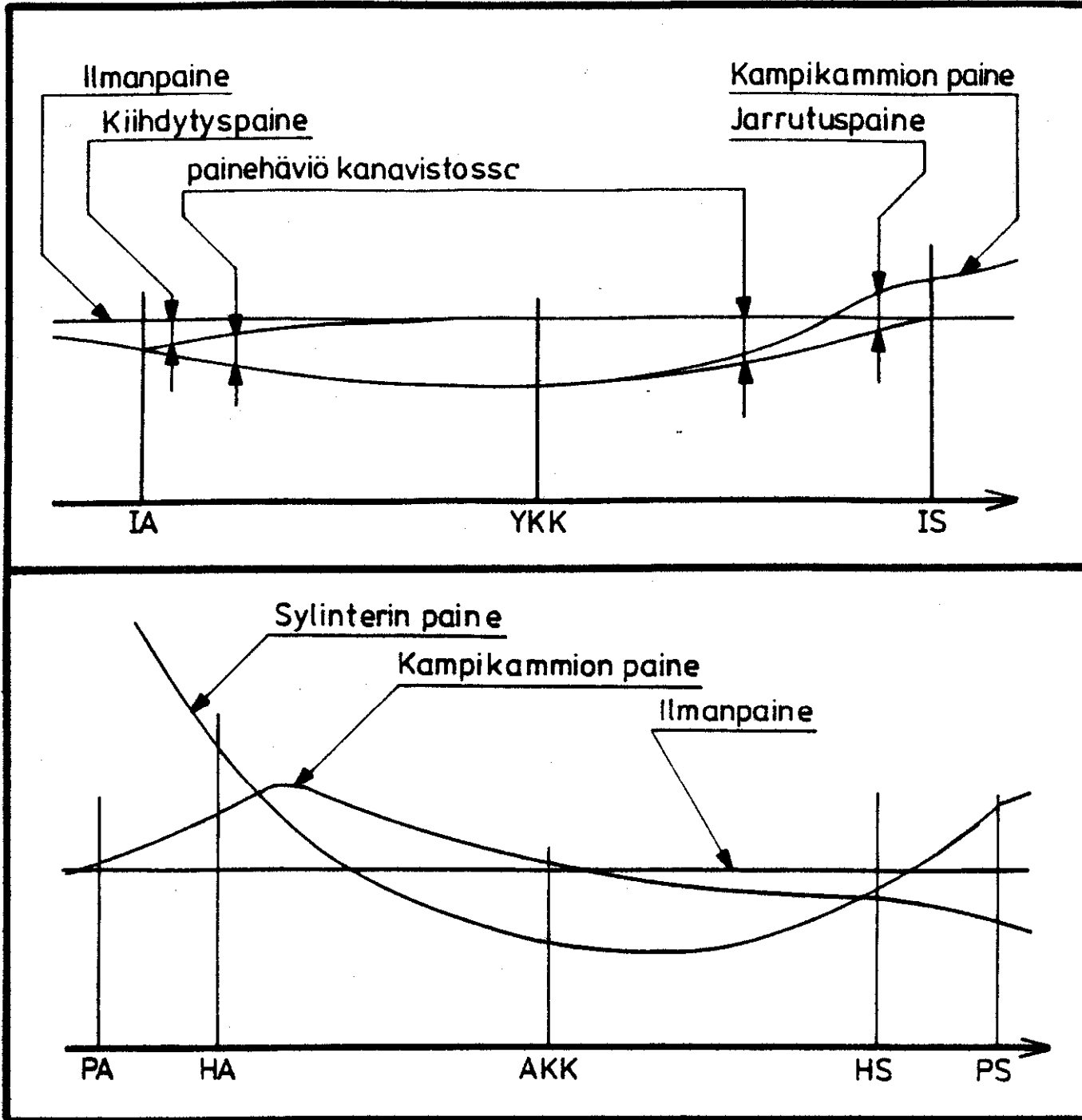


rintama saavuttaa palotilan etäisimmän nurkan 25...35 KK-astetta jälkeen yläkääntökohdan, jolloin palaminen loppuu. Sylinterin huippupaine esiintyy kuitenkin aikaisemmassa vaiheessa. Edullisin ajankohta huippupaineelle on 10...15 astetta yläkääntökohdan jälkeen, jolloin saavutetaan paras hyötysuhde. Männän laskeutuessa paisuva kaasu tekee työtä ja pakoaukon avautuessa huuhtelutahtuma alkaa taas alusta.

Tämä oli vain pitkälle yksinkertaistettu malli siitä, mitä moottorissa tapahtuu ja tulenkin käsittelemään joitakin kohtia tarkemmin myöhemmissä kohdissa. Esimerkiksi tehopakoputken toiminta selvitetään omassa luvussaan paljon perusteellisemmin. Tässä oli vain pieni osa putken vaikutuksesta moottorin toimintaan ja sekin vain ohimenevänä huomautuksena.

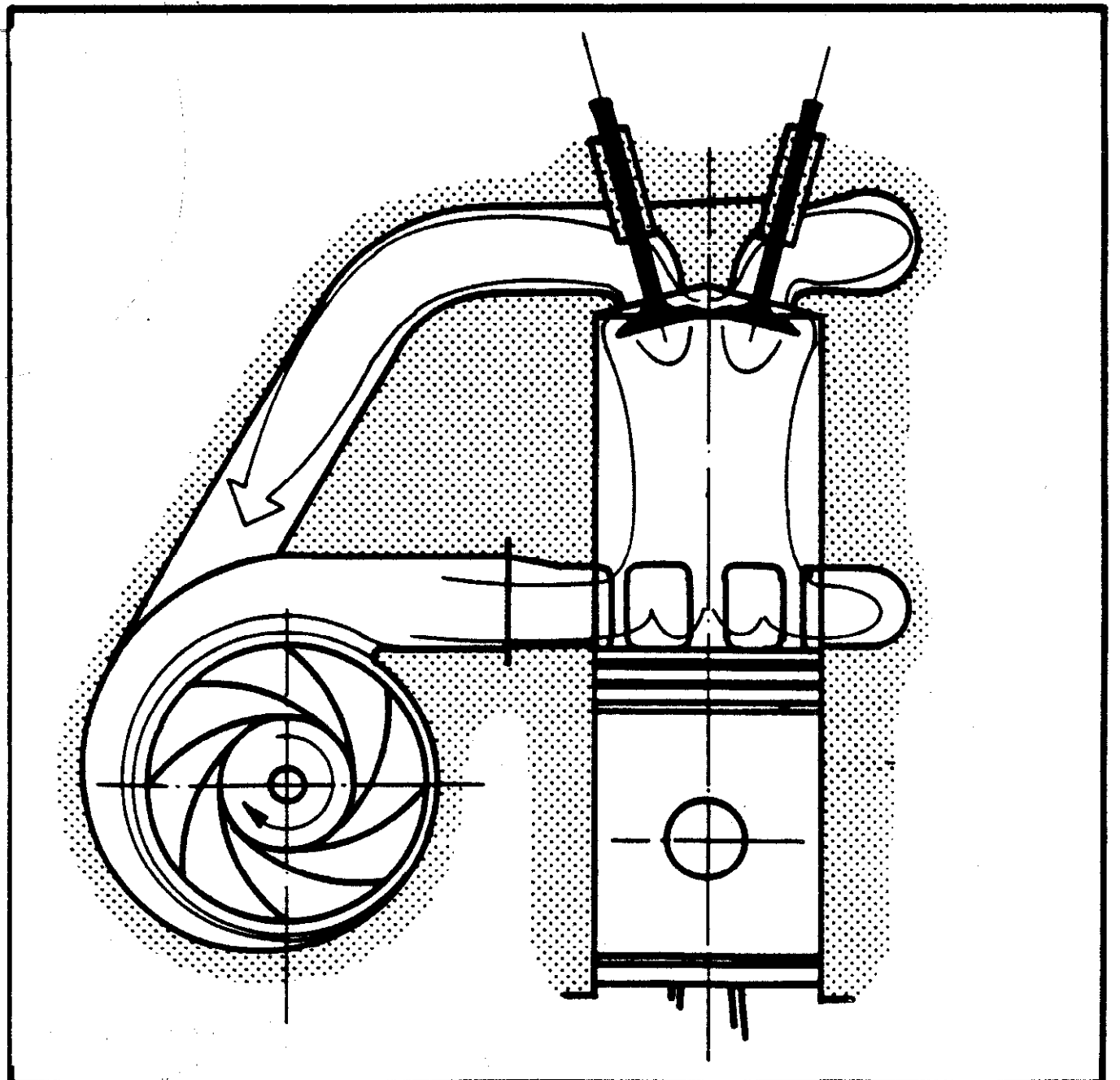
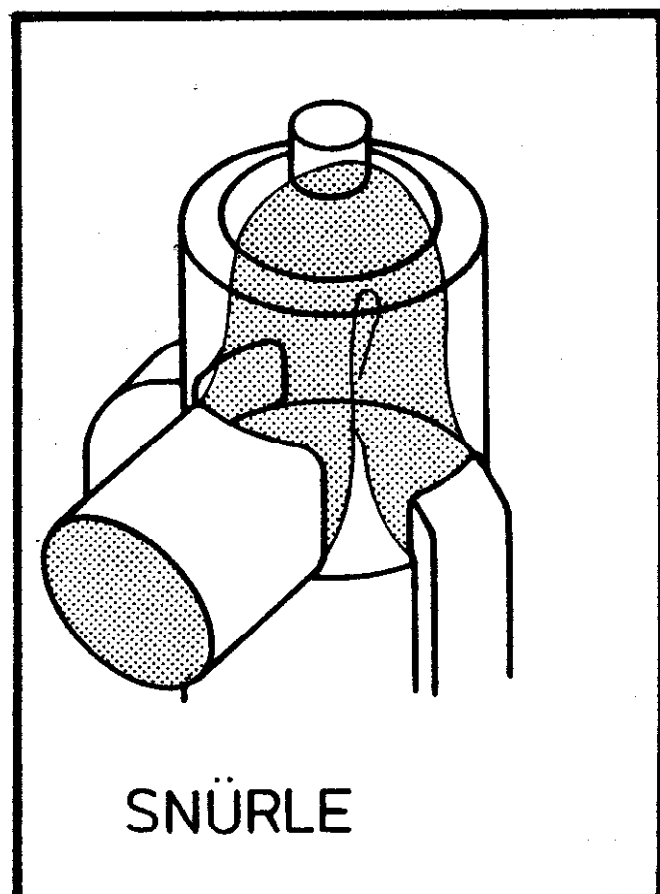
merkitse sitä, että tuon historiallisen tapahtuman jälkeen ei muita huuhtelumenetelmiä olisi käytetty. Poikittaishuuhtelu kilpaili pitkään paluuuuhtelun rin-

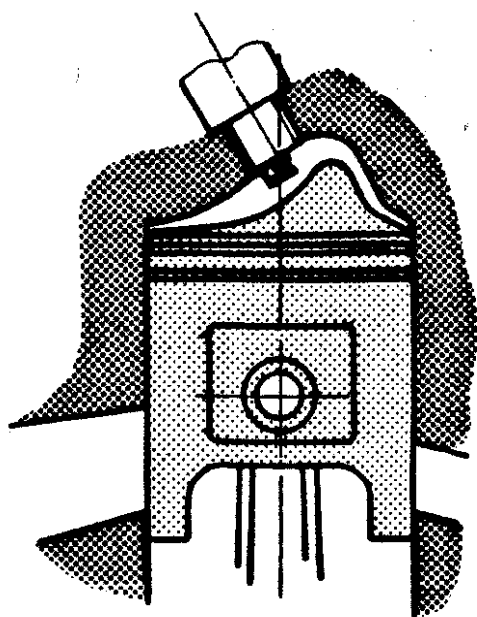
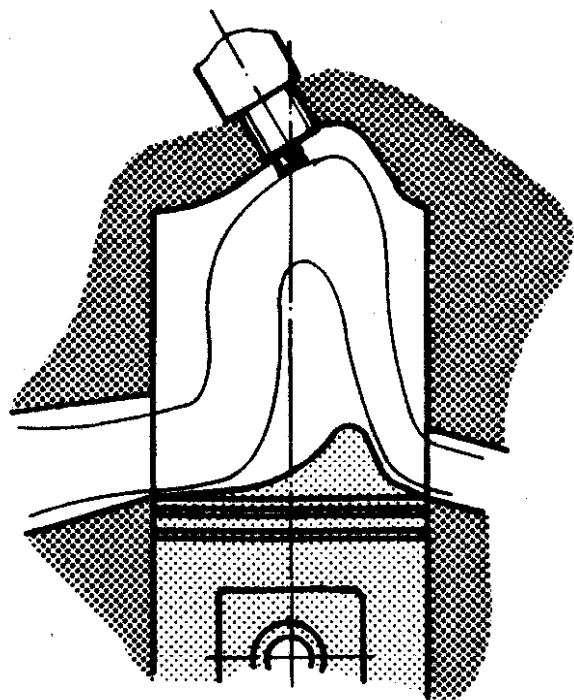
nalla ja väistyi lopullisesti vasta 70-luvulla. Se oli erittäin kätevä monisynterisessä moottorissa, koska se salli sylinterien sijoittamisen aivan rinnakkain, mikä ei onnistu käytettäessä paluuuuhtelua. Suurissa kaksitahtimoottoreissa käytetään pitkittäishuuhtelua. Sen riesana on kuitenkin monimutkaisuus. Siinä tarvitaan pakoventtiilit ja niiden sängen konstikkaat käyttölaitteet. Pitkittäishuuhtelua on yritetty soveltaa myös pienikokoisiin moottoreihin, mutta menestys on ollut vaatimaton. Moottori tulee suhteettoman painavaksi ja venttiilikoneiston voitelu tuottaa ongelmia. Pitkittäishuuhtelu voidaan toteuttaa myös ilman venttiilejä. Se tapahtuu muotoilemalla mäntä uudelleen sellaiseksi, että sen päähän lisätään putkimainen osa. Männän ollessa yläkääntökohdassa pääsee huuhteluseos virtaamaan tämän putken kautta sylinterin yläosaan, josta se laskeutuu alaspäin työntäen pakokaasun edellään ulos pakoaukosta. Tämän muuten niin näppärän pitkittäishuuhtelun heikkoutena on sama mikä kaatoi poikittaishuuhtelunkin - liian suuri männänpään pinta-ala ja epäedullinen palotilan muoto. Periaatteessa huuhtelun järjestäminen tällä tavalla on erittäin hyvä ajatus. Harmi vain, ettei se käytännössä toimi.



HUUHTELUTAPOJA ON MONIA

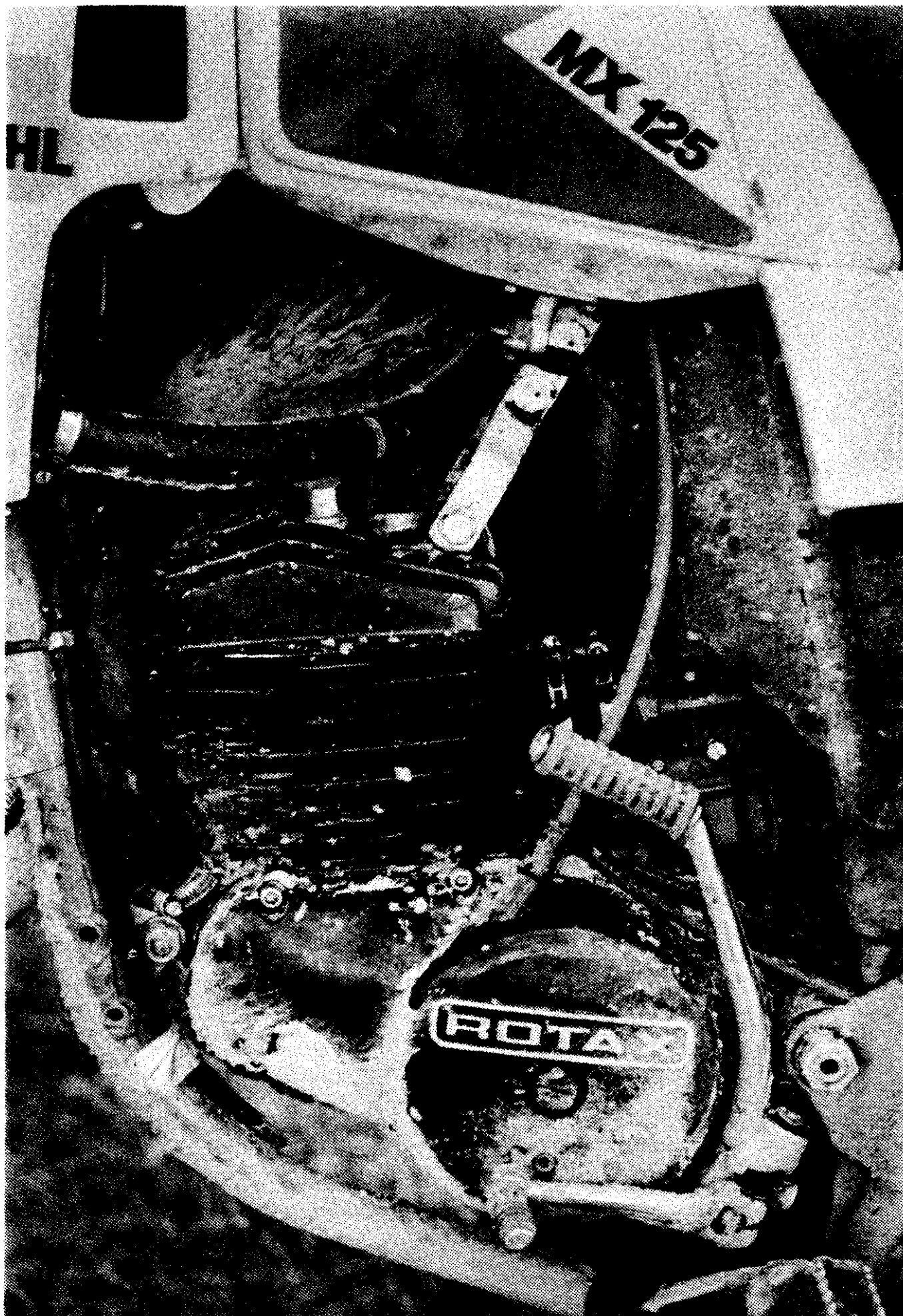
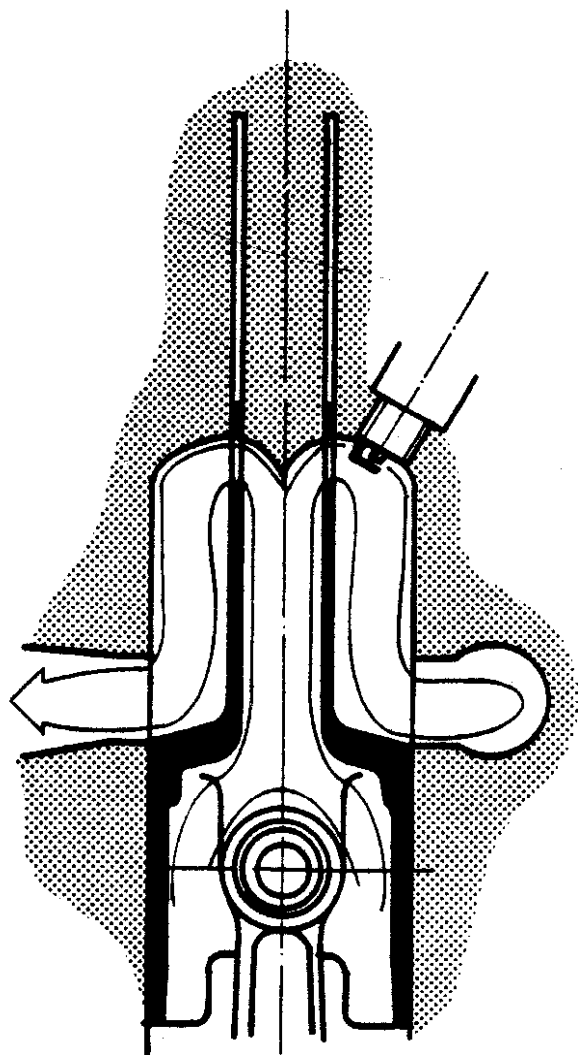
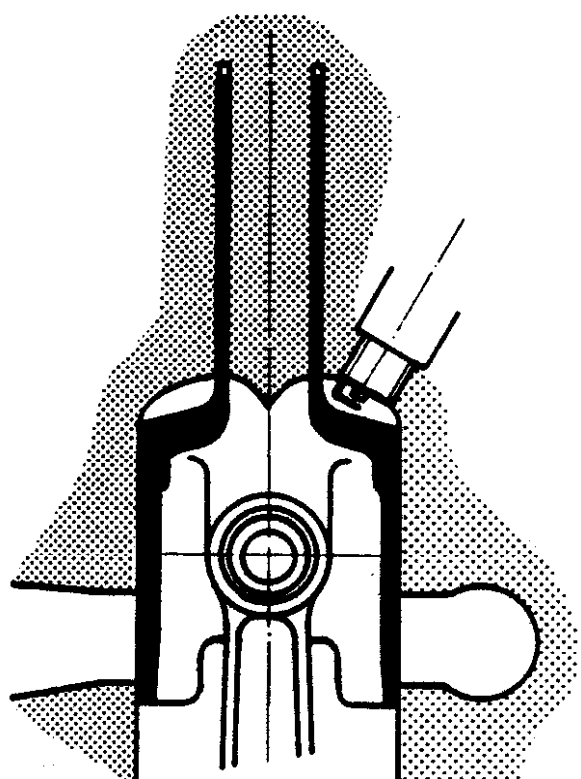
Kaksitahtimiehet pitävät nykyistä huuhtelutapaa itsestään selvyytenä. Sitä se ei kuitenkaan ole. Huuhtelumenetelmä tosin patenttoitiin Snürlel toimesta jo vuonna 1925, mutta se ei suinkaan



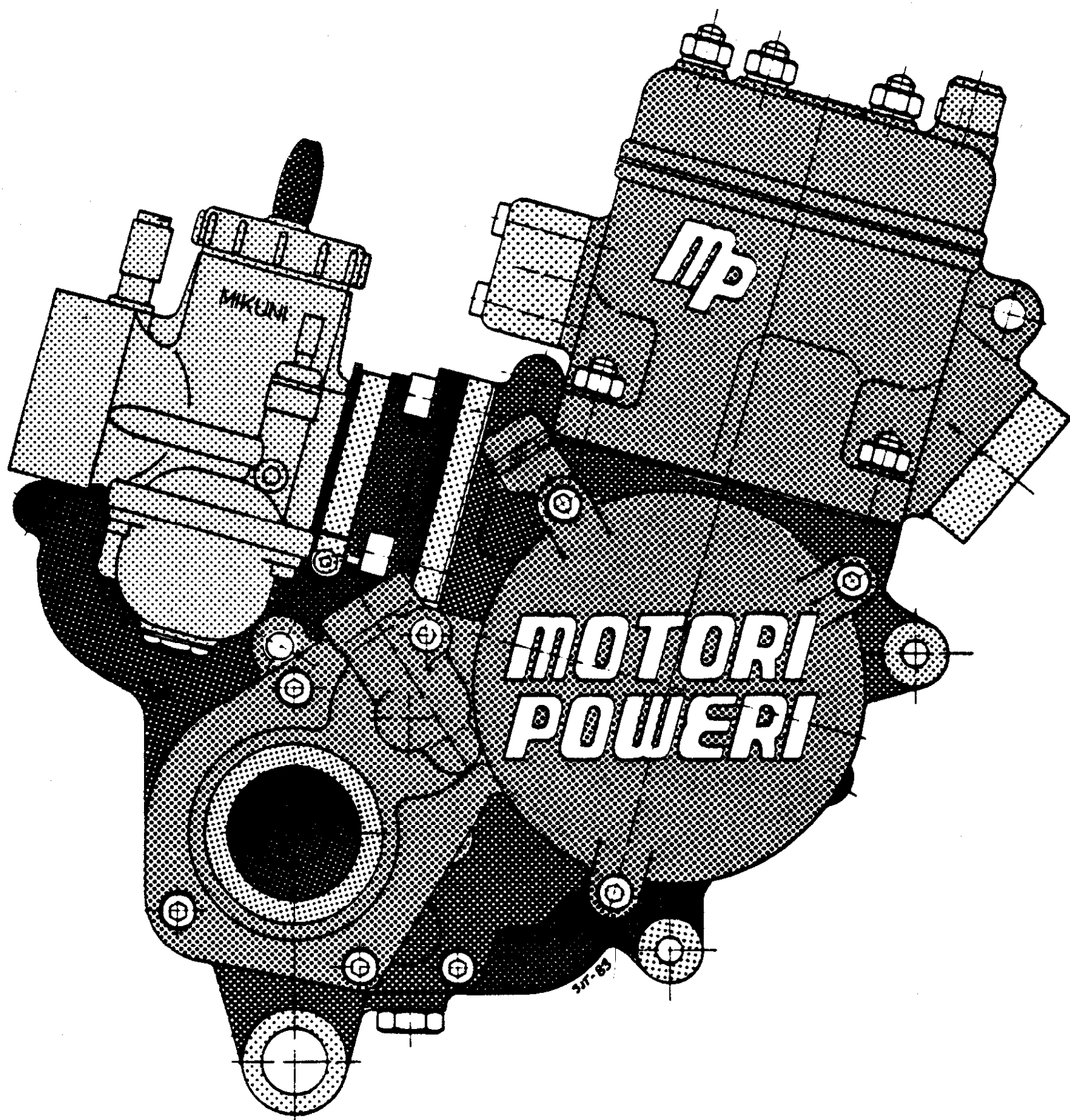


SNÜRLE SÄILYY

Hyvin monenlaisia huuhtelumenetelmiä on siis kokeiltu. Jokaisella on omat hyvät ja huonot puolensa. Kokonaisuutena ottaen Snürle näyttää parhaimmalta vaihtoehdolta, ja tällä hetkellä ei ole tiedossa uutta menetelmää, joka voisi uhata sen asemaa. Tulevaisuudessa tultaneenkin kehittämään nykyistä paluuhuhtelua ilman suurempia mullistuksia.



Rotax on rakentanut kauden -83 aikana uuden 125 cc koneen. Sen kohdalla on luovuttu luistiohjauksesta. Tämä moottori on Aprilian rungossa.



1 Perussuureita

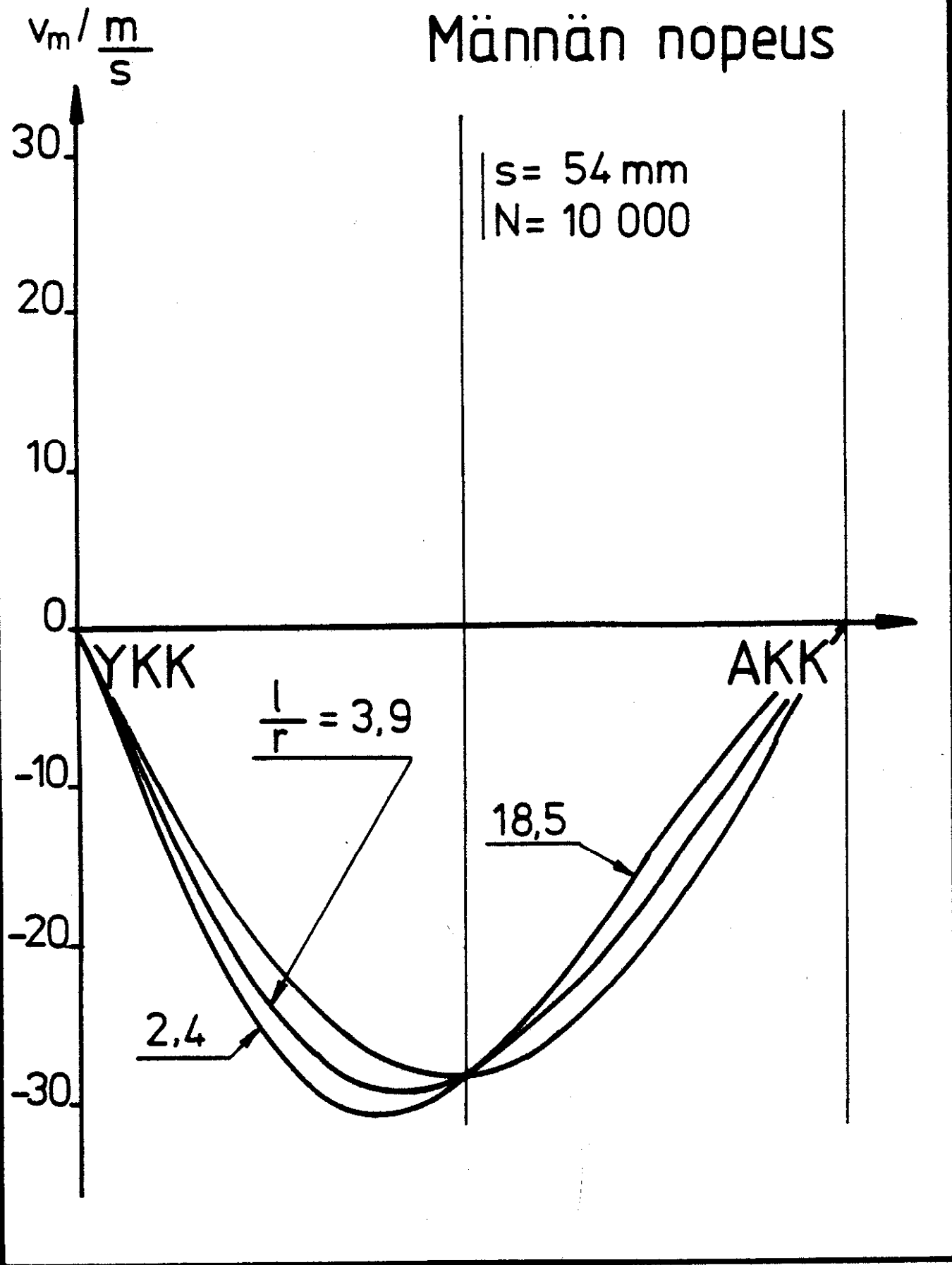
Männän keskinopeus

Moottorin suurinta turvallista kierroslukua tutkittaessa on männän keskinopeuden todettu olevan erittäin hyvä vertailuarvo. Sen avulla voidaan helposti määrittää kullekin moottorille kierrosluku, jonka ylittäminen jokseenkin poik-

keuksetta merkitsee vaikeuksia. Jos moottorin männän keskinopeus ylittää arvon 20 m/s on varmaa, että sen männän- ja kiertokangen laakereiden kestoikä putoaa jyrkästi. Toisaalta mikäli keskinopeus pysyttelee alle 17,5 m/s moottori saa pyöriä kymmeniä tunteja samalla männällä. Sen kestoikä

laskee yllättävän nopeasti juuri tällä välillä, ja niinpä suosittelen rajoittamaan kierrosluvun siten, että ilmajäähdytteisellä moottorilla suurimman tehon kierroslukua vastaava männän keskinopeus olisi 18 m/s ja nestejäähdytteisellä 19 m/s. Missään tapauksessa näitä arvoja ei kannata ylittää enempää

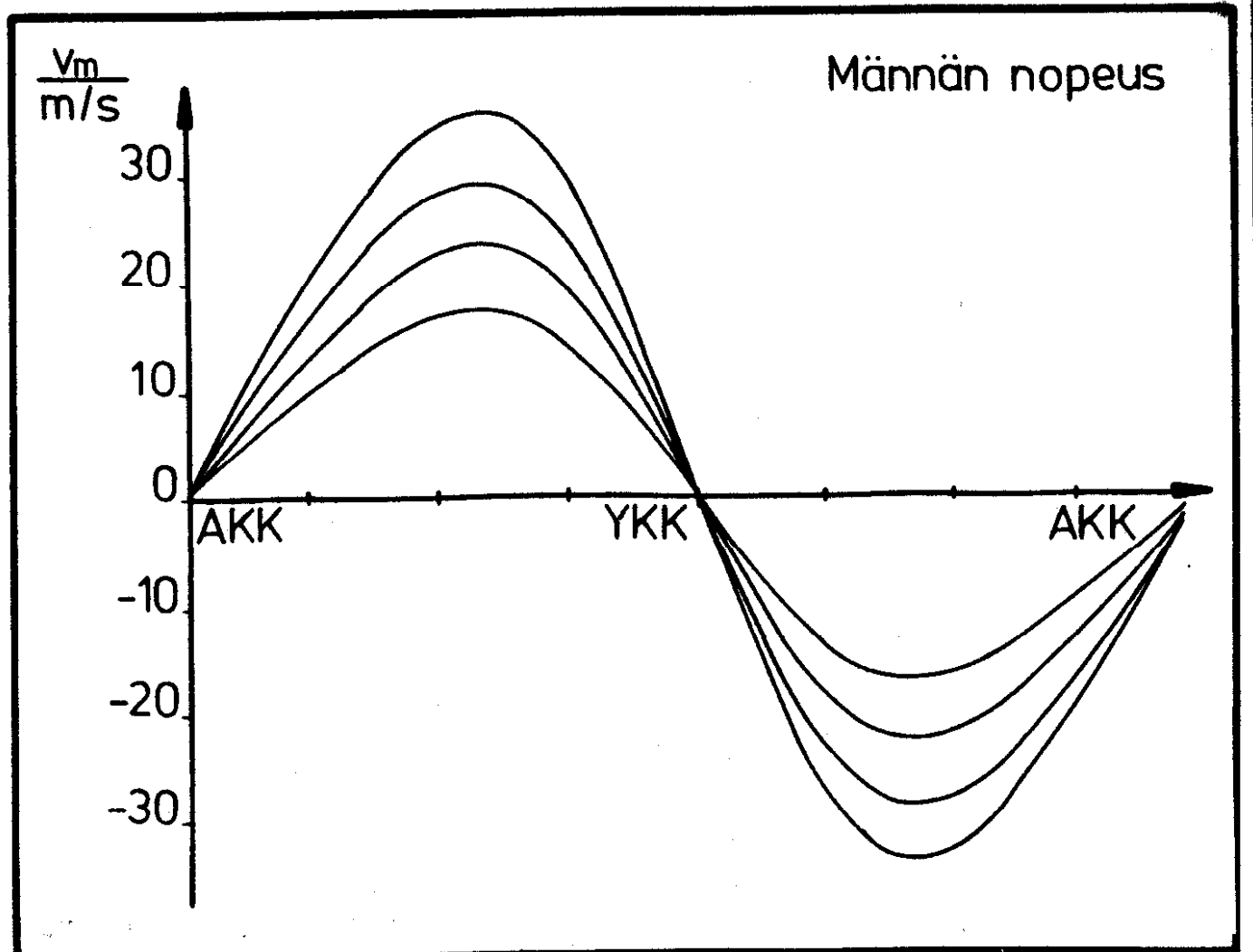
Männän nopeus



Moottorin kestoikä on luonnollisesti hyvin suuressa määrin riippuvainen sitä rasittavien voimien suuruudesta. Kaasunpainevoima kuormittaa mäntää kutakuinkin samalla tavalla kierrosluvusta riippumatta. Sitä vastoin männän omasta painosta johtuva hitausvoima kasvaa kierrosluvun toisessa potenssissa, toisin sanoen se suurenee erittäin nopeasti kierrosluvun kasvaessa. On huomattava, että voimat vaikuttavat eri suuntiin, painevoima pyrkii painamaan mäntää alaspäin kun taas hitausvoima repii sitä ylöspäin yläkääntökohdassa. Matalilla kierroksilla painevoiman ollessa suurempi mäntä painaa kiertokankea alaspäin yläkääntökohdassa, mutta kun kierrosluku on riittävän korkea, kääntyy sen suunta ja yläkääntökohdassakin kokonaisvoima suuntautuu ylöspäin. 125 cc moottorissa tämä voiman suunnankääntyminen tapahtuu kierrosluvun 5000 kierrosta minuutissa tienoilla. Kun moottorissa on 11 000 kierrosta minuutissa, on massa-voima jo lähes viisikertainen ja painevoiman osuus siis häviävän pieni. Männän kiihtyvyys voidaan laskea parilla yksinkertaisella kaavalla, joten mikään mystinen luku ei sekään ole. Suurimmat kiihtyvyydet löytyvät pienistä RR-moottoreista, niillä se saattaa olla jopa 85 000 m/s^2 , mutta motocrosspyörissä ei näin hurjia lukuja tavata. 50 cc koneissa arvot ovat suurimmillaankin vain

kuin 0,5 m/s , ja silloinkin on moottorin kestävydestä jo tingitty liian paljon. Jo näinkin pienellä ylityksellä voidaan siirtyä kohtuullisesta osien kulumisesta toistuviin moottorin täystuhoihin, rikkoutuneita mäntiä ja palaneita kiertokangen laakereita löytyy moottorista tuhkatihään, jos yritetään pyörittää sitä männännopeuksilla 20...21 m/s .

Männän kiihtyvyys



$$C_m = \frac{s \cdot N}{500}$$

C_m = Männän keskinopeus, m/s

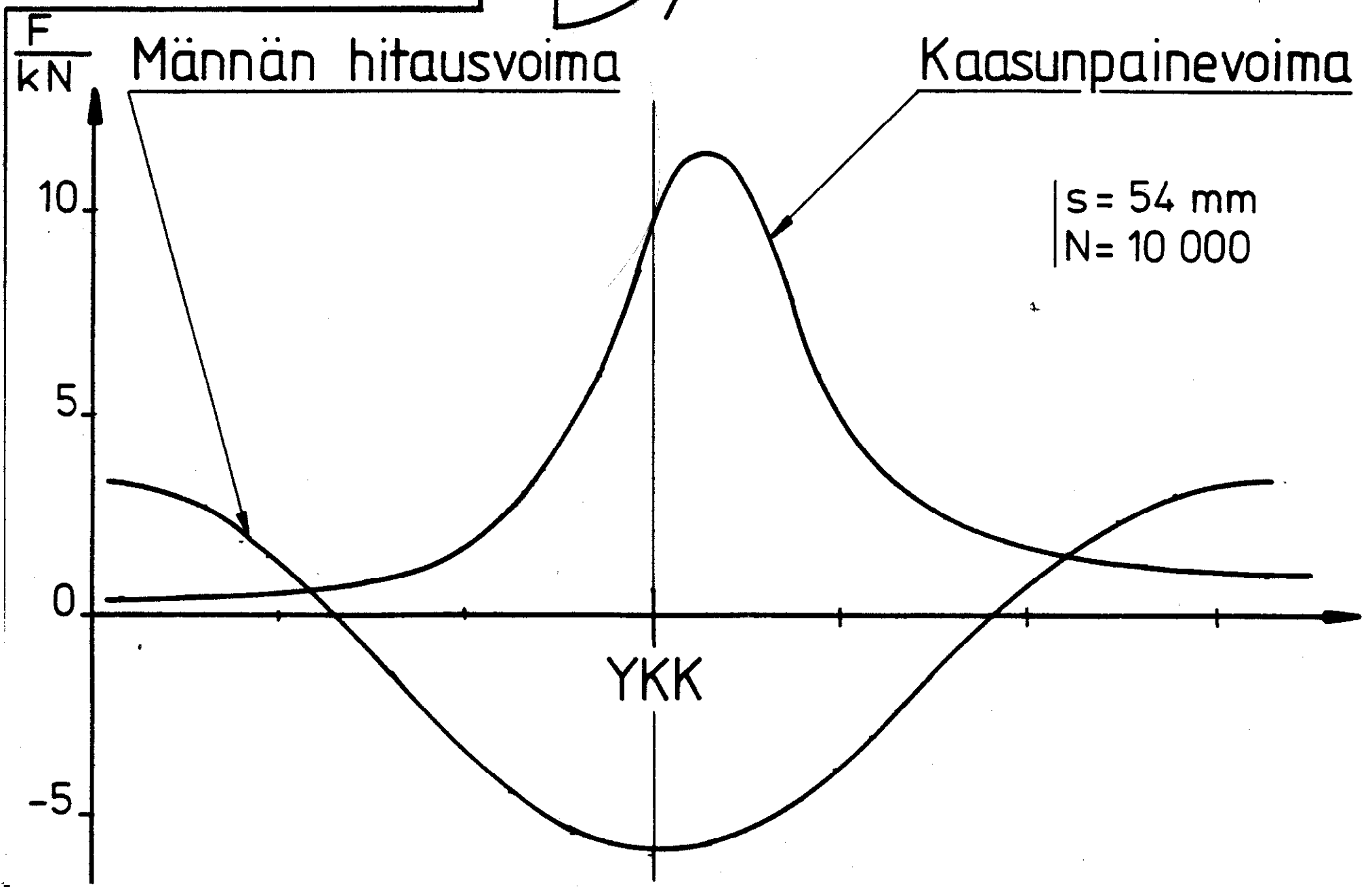
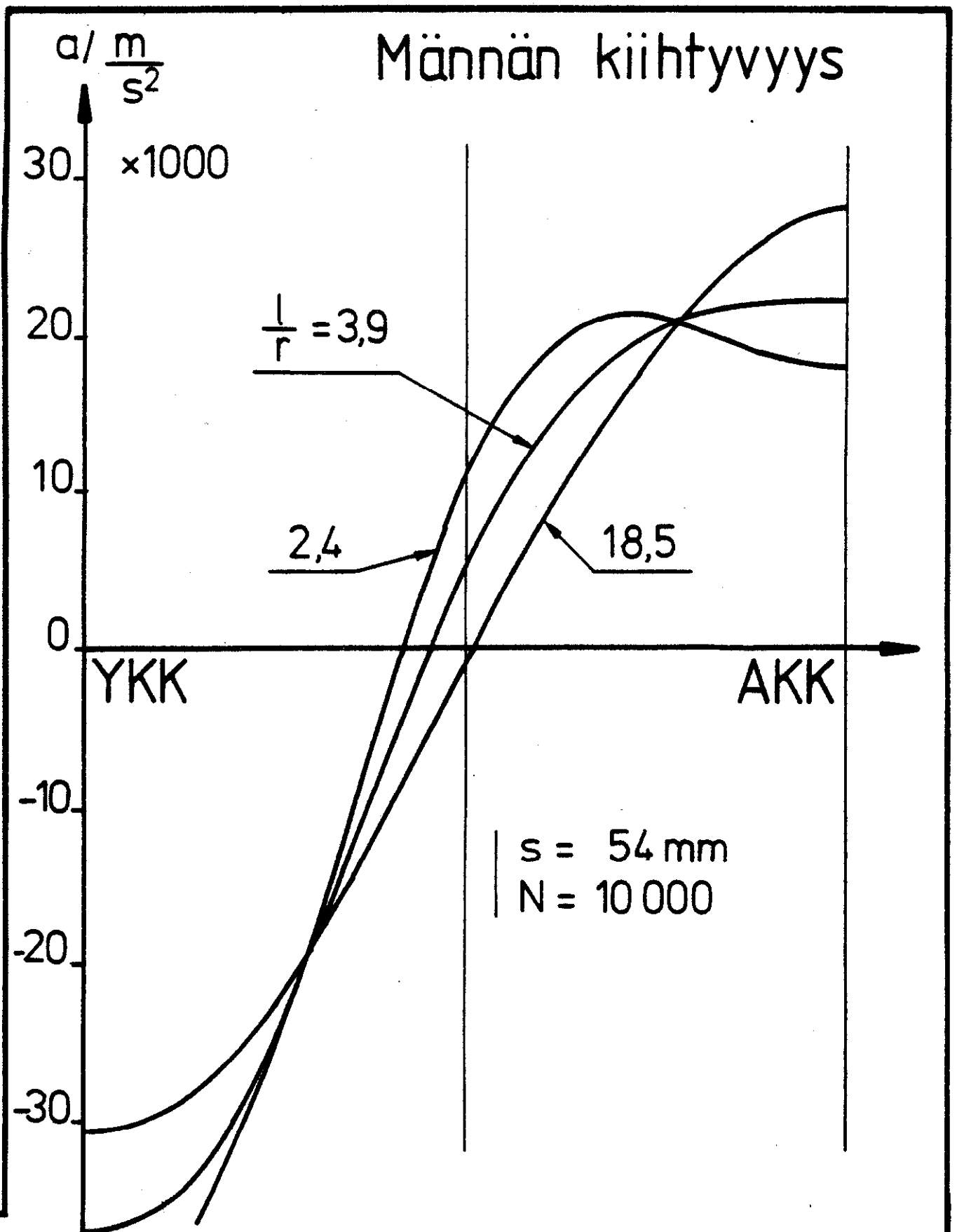
S = Iskunpituus, mm

N = Kierrosluku, $kierr./s$

51 000 m/s² ja ison luokan moottoreissa ne ovat alimmillaan 21 000 m/s² tienoilla.

Vääntömomentti

Moottorin kampiakselitehon ohella ilmoitetaan usein vääntömomentti kuvastamaan sen voimavaroja. Tehollisen keskipaineen tehtävänä oli havainnollistaa moottorin kykyä irroittaa tehoa sen iskuilavuudesta tietyllä kierrosluvulla, vääntömomenttia tarvitaan verrattaessa eri moottoreiden sitkeysominaisuuksia toisiinsa. Lähinnä sen esiintymiskierrosluvun ja huipputehon kierrosluvun ero kuvastaa käyttökelpoisen kierroslukualueen laajuutta. Totuuden nimissä on sanottava, että varsinkin korkeaviritteisen kaksitahtimoottorin kohdalla on varmintä suhtautua varauksella arvioihin moottorin käyttöominaisuuksista, mikäli ne perustuvat pelkästään suurimman vääntömomentin kierroslukuun. Vääntömomentilla ei motocrossissa ole juurikaan merkitystä, koska ei ole mitään tarvetta vertailla erikoisten moottorien vetokykyä toisiinsa. Siksipä voimmekin jättää sen nelitahtimiesten murheeksi.



$$a_{YKK} = \left(\frac{\pi^2 \cdot s \cdot N^2}{500} \right) \cdot \left(\frac{s}{2 \cdot L} + 1 \right)$$

$$a_{AKK} = \left(\frac{\pi^2 \cdot s \cdot N^2}{500} \right) \cdot \left(\frac{s}{2 \cdot L} - 1 \right)$$

a_{YKK} = Männän kiihtyvyys YKK:ssa, m/s^2

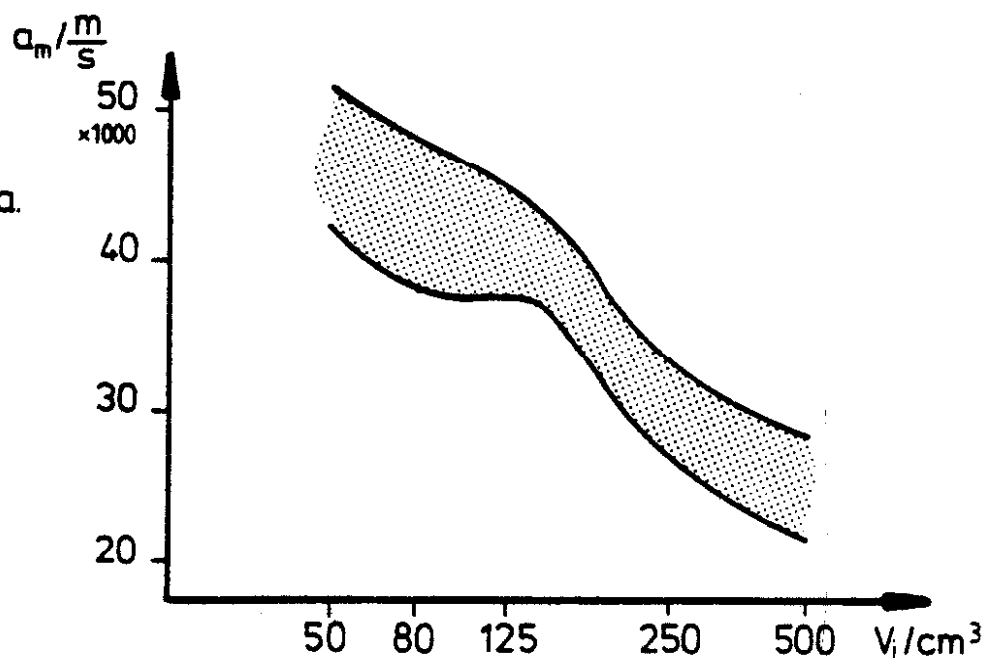
a_{AKK} = Männän kiihtyvyys AKK:ssa, m/s^2

s = Iskunpituus, mm

L = Kiertokangen pituus, mm

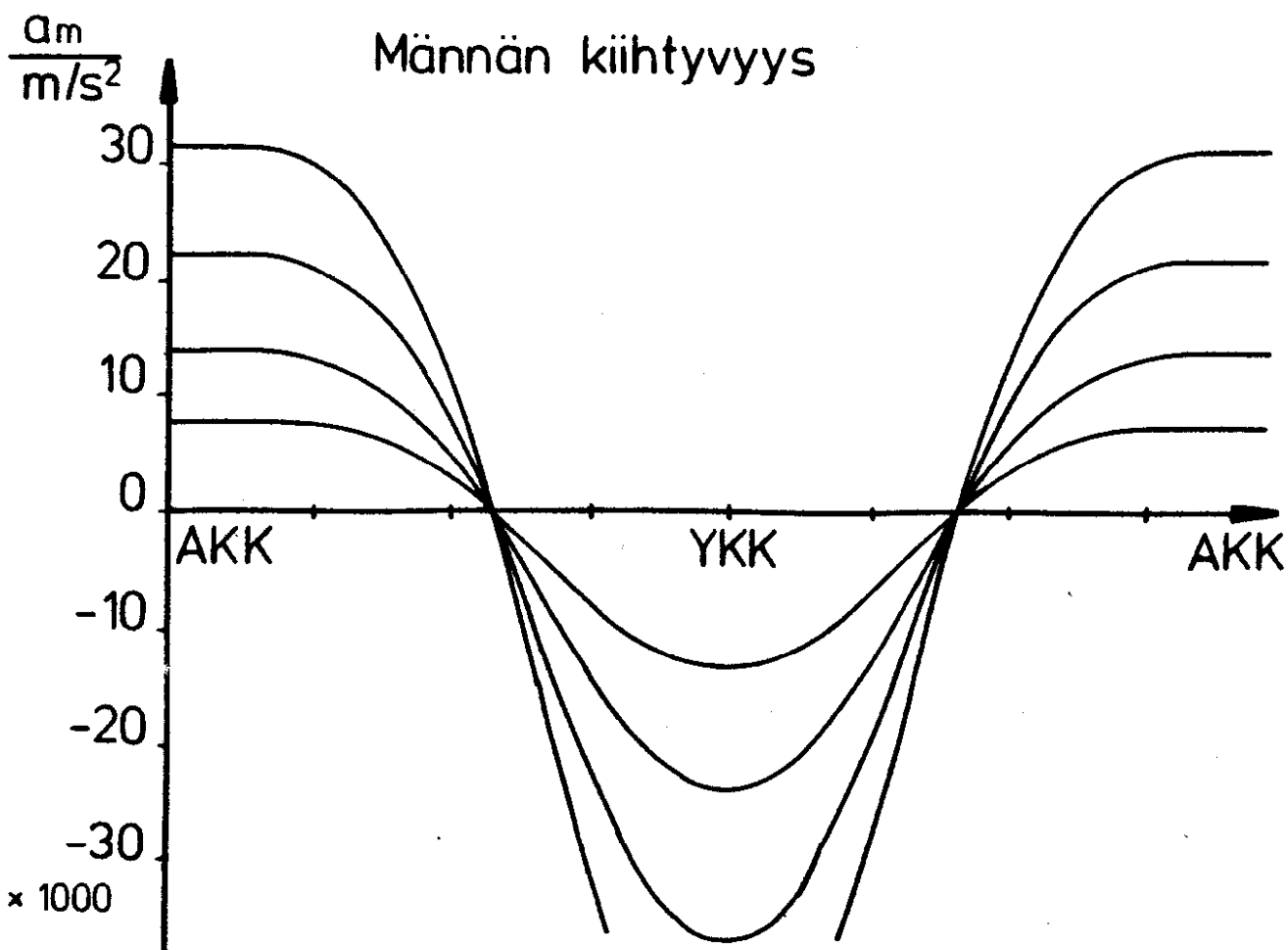
Männän
kiihtyvyys.

Yläkäntökohdassa.
1983



VÄÄNTÖMOMENTTIKÄYRÄ

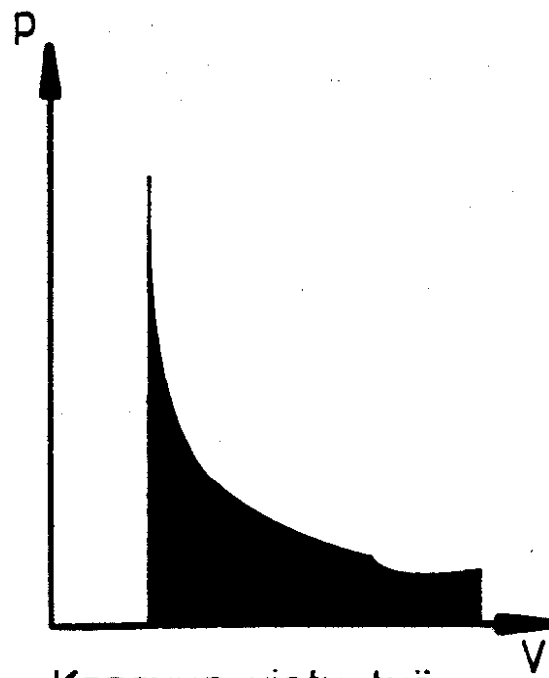
Vääntömomenttikäyrän esittäminen on tavallaan turhaa touhua, sillä se ei tuo mitään uutta te-



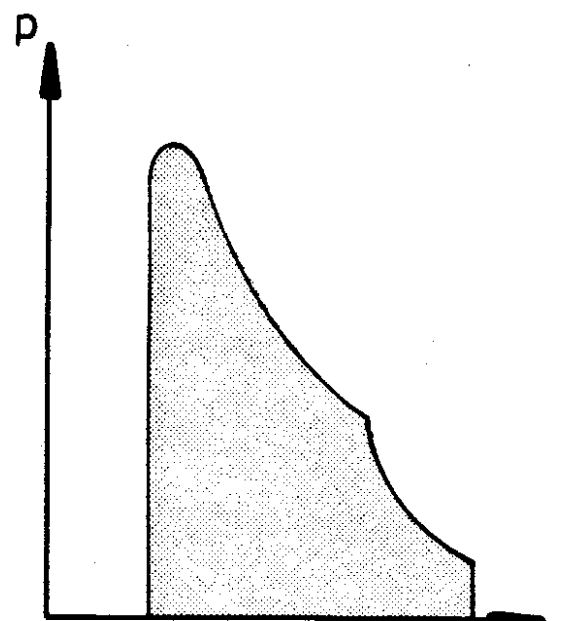
hokäyrän lisäksi. Se on vain toinen tapa ilmaista sama asia. Kiel-tämättä sen avulla on paremmin nähtävissä moottorin sitkeys, sillä pienillä kierroksilla tehokäyrä kulkee niin lähellä vaaka-akselia, että täsmällisten tehoarvojen lu-keminen on vaikeampaa. Varsinkin kilpamoottoreissa, joissa aivan alakierrosten väännöllä ei ole mitään merkitystä, on tehokäyrä ainoa tarpeellinen ja aivan hyvällä omalla tunnolla voitaisiin vään-tömomentti pudottaa kokonaan pois.

pV-piirros

Sylinterissä vallitseva paine muuttuu läpi koko työkierron. Painevaihteluita kuvataan usein pV-piirroksella, josta voidaan päätellä monia asioita. Siitä löytyy lähellä yläkäntökohtaa esiintyvä huippupaine ja sylinterin paine



Kaasuun viety työ

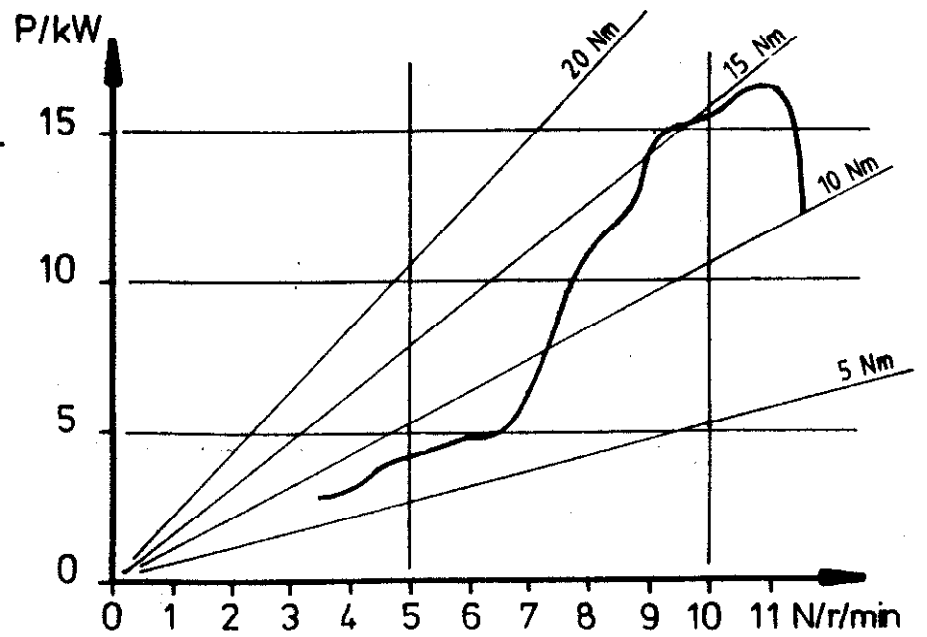


Kaasusta saatava työ

pakoaukon avautuessa. Huomaamme heti, kuinka huippupaine vaikuttaa vain häviävän pienen osan työtahdin ajasta ja keskimääräinen mäntää alaspäin painava, työtä tekevä paine on huomattavasti matalampi. Tämän vuoksi huippupaineen käytännön merkitys on varsin pieni, ja niinpä konemiehet puhuvatkin mieluummin indikoidusta keskipaineesta, joka kuvaa huomattavasti paremmin moottorin ominaisuuksia. Jos sylinterissä vaikuttaisi koko männän alaspäin suuntautuvan liikkeen ajan vastaavaa puristusliikkeen painetta indikoidun keskipaineen verran korkeampi paine, saataisiin moottorista indikoitua tehoa niin paljon, kuin kyseisen pV-piirroksen omaava moottori sitä tuottaa. Indikoidusta tehosta päästään kampiakselitehoon kertomalla se

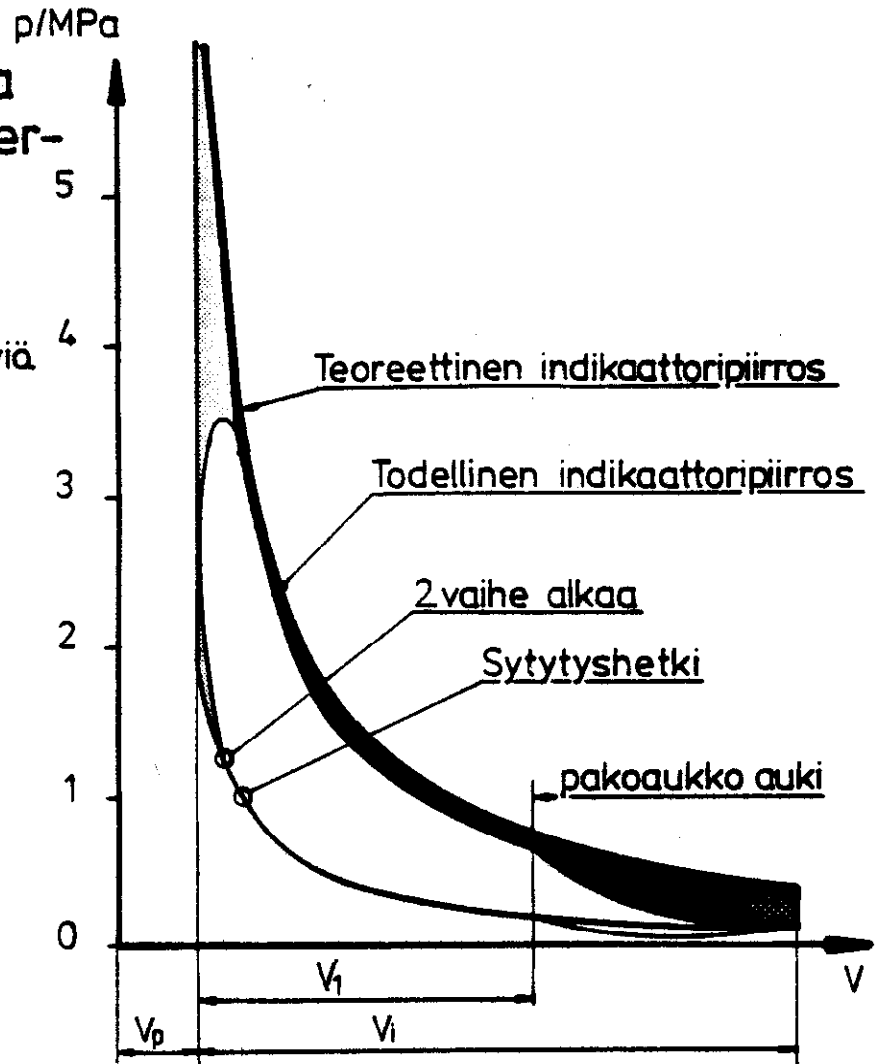
Teho ja vääntömomentti.

Vääntömomentti ja teho ovat kiinteästi sidoksissa toisiinsa.



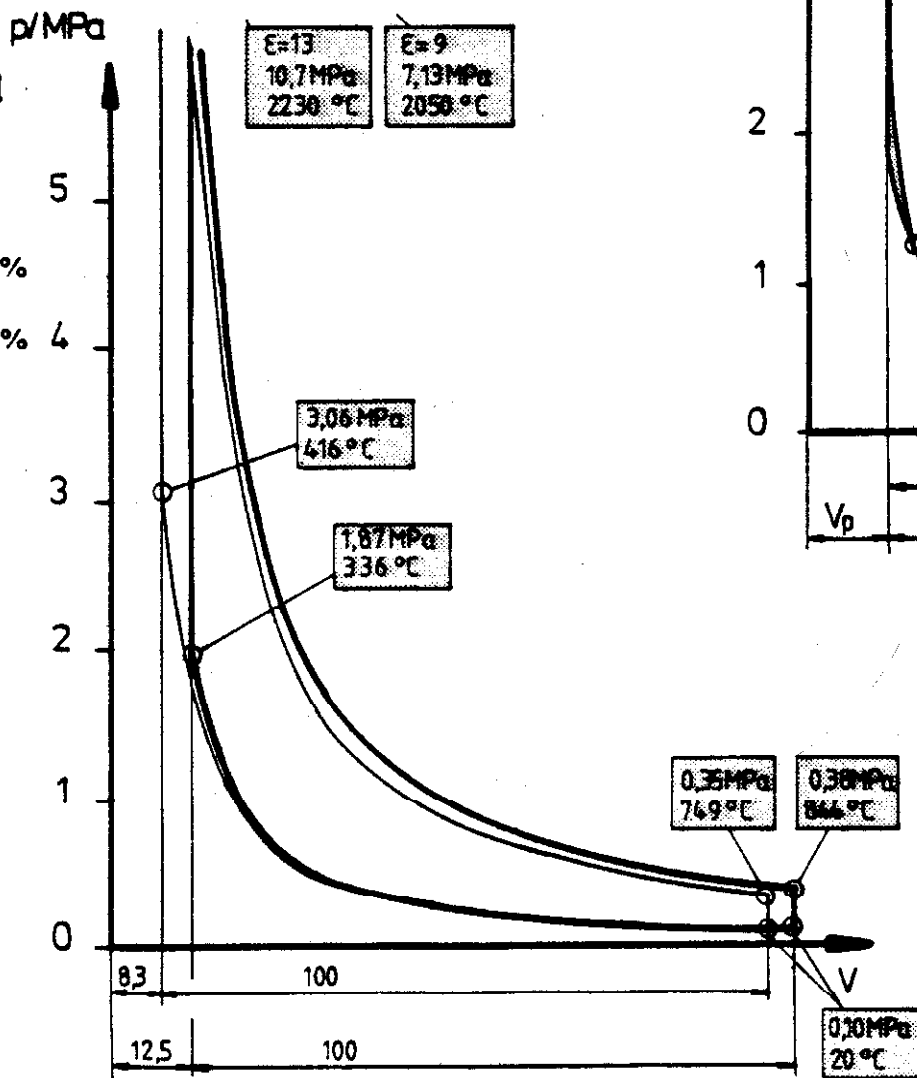
Teoreettinen ja todellinen työkierro.

- Lämpöhäviö.
- Pakokaasuhäviö.
- Aikahäviö.



Sylinteripaine ja lämpötila.

- $\epsilon = 9$ $\eta_t = 51,9\%$
- $\epsilon = 13$ $\eta_t = 57,5\%$



moottorin mekaanisella hyötysuhteella. Samaten indikoidusta keskipaineesta siirtyminen teholliseen keskipaineeseen tapahtuu kertomalla se mekaanisella hyötysuhteella.

Tehollinen keskipaine

Tehollinen keskipaine kuvastaa siis hyvin sitä, miten kyseinen iskutilavuus on käytetty hyväksi. Siitä voidaan päätellä, kuinka

paljon työtä saadaan yhdellä moottorin kierroksella ulos moottorin kampiakselilta, ja tätä kautta saatava teho kyseisellä kierrosluvulla. Moottorin kaasuvaihdon parantunut suunnittelu ja erilliset aukkojen muotoilu- ja kanavien tasoitustyöt vaikuttavat juuri teholliseen keskipaineeseen. Moottorin tehoa voidaan iskutilavuuden pysyessä muuttumattomana kohottaa joko nostamalla kierroslukua tai kohottamalla

tehollista keskipainetta. Ei muuten. Kierroslukua ei voida kasvattaa tietyn rajan yläpuolelle, moottorin mekaaninen kestävyys asettaa sille rajansa. Sen sijaan tehollista ei rajoita mikään, sen rajat nousevat virittäjän tai moottorin suunnittelijan taitojen kehittyessä. Vuosi vuodelta moottorien tehollinen keskipaine nousee, sillä koko ajan kehitetään uusia, entistä tehokkaampia pakoputkia ja parannetaan moottorin hengitystä.

Kun asioita ajatellaan edellisen pohjalta, tuntuu luonnolliselta, että tehollinen keskipaine on se arvo, jonka pohjalta moottoria arvostellaan. Viime aikojen ripeä kehitys näkyy erityisen selvästi juuri 250 cc moottoreiden tehollisen keskipaineen kohoamisessa. Sen nopea kohoaminen selittyy osittain kohonneesta teknisestä tietämyksestä, sekä jossain määrin parantuneista materiaaleista johtuvana, mutta ennenkaikkea siitä, että

$$P_e = \frac{p_e \cdot S \cdot A \cdot N}{1000}$$

2-t moottori

P_e = Moottorin jarrutettu teho, kW

p_e = Tehollinen keskipaine, kPa

S = Iskunpituus, mm

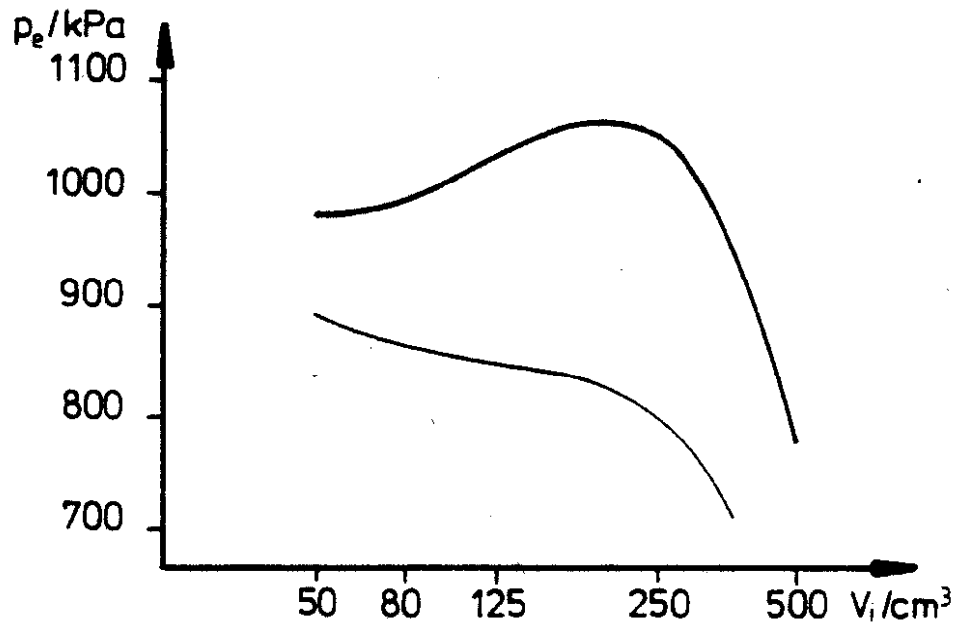
A = Sylinterin poikkipinta-ala, mm²

N = Kierrosluku, kierr./s

Tehollinen keskipaine.

— 1983

— 1976



pyörän parantuneet ajo-ominaisuudet sallivat suuremman tehon, eikä laaja vääntöalue ole enää niin tärkeä suurissakaan moottoreissa kuin ennen.

TEHON KOHOTTAMISEN RAJAT

Moottorin tehoon voidaan vaikuttaa kolmella suureella, iskutilavuudella, kierrosluvulla ja tehollisella keskipaineella. Kun tutkitaan tehoa, mikä moottorista olisi ehkä mahdollista saada, arvioidaan ensimmäiseksi saavutettavissa oleva tehollinen keskipaine. Yleensä se on korkeimmillaan välillä 125...250 cc, ja laskee mentäessä joko pienemmän tai suuremman iskutilavuuden suuntaan tästä ihannekoosta. 850 kPa on saavutettavissa kohtuullisin väivoin, kun moottorin muutostyö tehdään huolellisesti, 950 kPa vaatii jo dynamometritestejä ja tarkempaa tutkimista. Seuraavaksi etsitään suurin mahdollinen kierrosluku, jolla moottorin kestoikä on vielä siedettävissä rajoissa. Sitä

Sylinteriluvun vaikutus moottorin tehoon.

Sylinteriluku	1	2
Sylinterin halkaisija × iskunpituus	54,0 × 54,0	43,0 × 43,0
Iskutilavuus	123,7 cm ³	124,9 cm ³
Männän keskinopeus	19,8 m/s	18,9 m/s
Kierrosluku	183,3 r/s (11 000)	220,0 r/s (13 200)
Männän kiihtyvyys. λ=0,25	40 305 m/s ²	46 216 m/s ²
Männän paino	125 g	70 g
Männän hitausvoima	5,03 kN	3,24 kN
Suhteellinen laakeripaine	100 %	101 %
Tehollinen keskipaine	1065 kPa	980 kPa
Teho	24,1 kW, (32,8)	26,9 kW, (36,6)
Vääntömomentti	21,0 Nm	19,5 Nm
Suhteellinen teho	100 %	111 %

määrätessä voidaan ohjeena pitää männän keskinopeuden arvoa 19...20 m/s. Toisaalta on aina syytä tutkia männänrenkaidn sallima suurin mahdollinen kierrosluku, sillä on parasta varmistua siitä, etteivät renkaat ala lepatamaan. Kun nuo niin tuikitärkeät kolme suuretta on saatu selvitettyä, voidaan teho laskea aivan yksinkertaisella kaavalla.

Iskusuhde

Kun miettii hieman moottorin tehoa rajoittavia tekijöitä, huomaa pian, että sen tehoa voidaan korottaa lyhentämällä iskunpituutta, jolloin kierroslukua rajoittavat männänkeskinopeus ja -kiihtyvyys alenevat. Lyhytiskuin moottori voidaan todellakin rakentaa nopeampikierroksiseksi ja siitä saadaan runsaimmin tehoa. Se on kuitenkin luonteeltaan kulmikkaampi ajettava, kuin tasaisesti vääntävä pitkäiskuin kone. Usein käyttöominaisuudet pakottavatkin tekemään moottorista pitkäiskuisen. Toinen tapa lyhentää iskunpituutta, on tehdä useampisylinterinen moottori, jolloin iskunpituus luonnostaan lyhenee. Vali-

tettavasti motocrosspyörän on sääntöjen mukaan oltava yksisylinterinen, joten sekin keino on pois laskuista. Tämä muutos tehtiin sääntöihin, koska MM-radoille ilmestyi pari lupaavaa prototyyppiä, jotka antoivat niin vakuuttavia näyttöjä mahdollisuuksistaan, että FIM:in oli pakko kieltää ne. Tällä säännöllä saatiin pyörät pidettyä suhteellisen yksinkertaisena ja tämän myötä kustannukset kurissa. Tehtaiden menot olisivat kasvaneet valtavasti, mikäli kaksisylinteriset olisi sallittu, sillä mikäli niiden paino olisi haluttu pitää nykyisten minimipainorajojen tuntumassa, olisi ollut pakko siirtyä yhä kalliimpiin materiaaleihin. Toinen syy on luonnollisesti se, että tilanne olisi hyvin nopeasti kehittynyt asteelle, jossa käytännössä olisi ajettu kahdessa eri luokassa, yksisylinterisillä ajavat vastaan kaksisylinterisiä käyttävät tehdaskuskit. Jokainen F1-kilpailuja seurannut tietää, miten katkeran turhauttavaa on ajaa laitteella, jonka jo lähtöviivalla tietää olevan kilpailijoita huonommassa asemassa. Tietysti tilanne tasaantuisi muutamassa vuodessa, sillä aivan varmasti myös tuotantopyörät muuttuisivat yksi kerrallaan 125 cc luokassa kaksisylinterisiksi. Niillä ajaminen olisi kuitenkin yksityisen kuljettajan budjetille liian raskasta ja siksi karsisi harrastajia.

ISKUSUHTEEN MÄÄRITELMÄ

Iskusuhde tarkoittaa iskunpituuden suhdetta sylinterin halkaisijaan. Yleisesti on vallalla käsitys, että niinsanottu neliökone on paras vaihtoehto. Neliökoneessa molemmat mitat ovat yhtä suuret ja iskusuhde on tällöin yksi. Tunnetustihan pitkäiskuin moottori vääntää tasaisesti alakierroksilla, mutta ei ole kovinkaan kierrosherkkä, toisaalta iloisesti kierroksia ottavalla lyhytiskuisella moottorilla on taipumus tukehtua alakierroksilla. Neliökone on kompromissi näiden kahden välillä ja sen ominaisuuksissa yhtyvät molempien moottorityyppien hyvät puolet, eivät tietenkään niin selvinä kuin niissä itsessään, mutta toisaalta sillä ei ole niiden heikkouksiakaan.

SYLINTERITILAVUUS JA ISKUSUHDE

Ison luokan moottorissa on luonnostaan paljon alakierrosten vääntöä ja sen tehoa rajoittaa voimakkaasti pitkästä iskusta johtuva suuri männän keskinopeus. Niinpä onkin luonnollista, että se tehdään suhteellisen lyhytiskuiseksi ja tänä päivänä iskusuhteet pyörivätkin jossain 0,80...0,95 tienoilla. 250 cc moottorit ovat joko neliökoneita tai poikkeavat hieman



KTM 250 kaudella -83.

jompaan kumpaankin suuntaan. 125 cc luokassa siirrytään taas lyhytikäiseen suuntaan ja 80 cc moottorit toimivat jo iskusuhteella 0,85...0,95, jolloin niistä saadaan rutistettua kaikki mahdollinen teho irti hirvittävän korkeilla kierrosluvuilla.

Iskusuhteilla on vaikutusta myös sylinterin aukkoihin. Iskutilavuushan kasvaa sylinterihalkaisijan

19

Iskusuhte.

1983

$$\xi = \frac{S}{D}$$

$$\lambda = \frac{S}{2l}$$

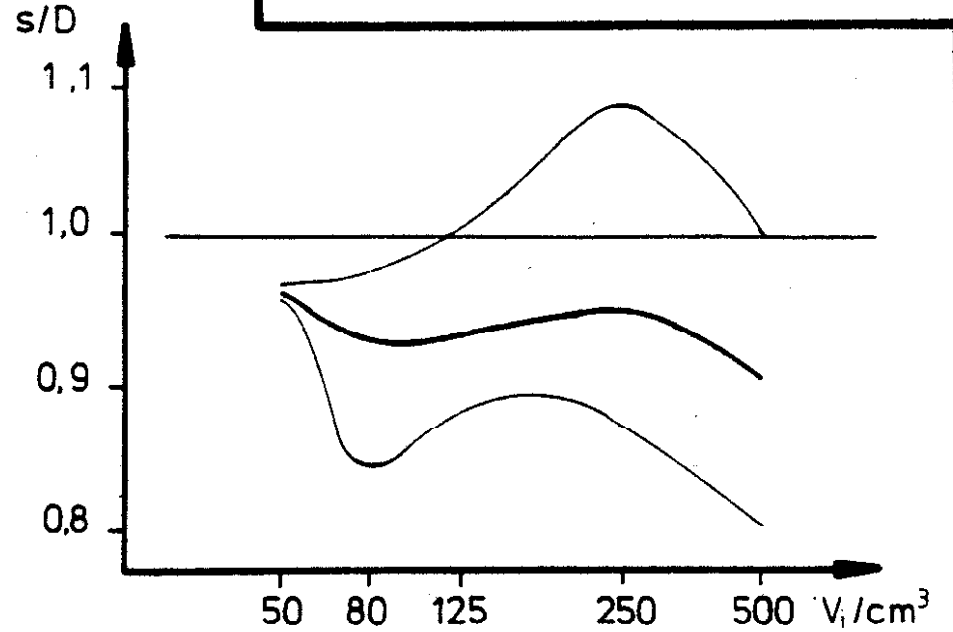
ξ = Iskusuhte

S = Iskunpituus, mm

D = Sylinterin halkaisija, mm

l = Kiertokangen pituus, mm

λ = Kiertokankisuhte, mm



toisessa potenssissa, mutta sylinterin seinämäpinta-ala lisääntyy vain suoraan verrannollisena halkaisijaan. Niinpä pitkäiskuisessa

Iskusuhteen vaikutus kampikoneiston suureisiin.

Iskusuhte	0,7	1,0	1,3
Sylinterin halkaisija x iskunpituus	60,8 x 42,6	54,0 x 54,0	49,5 x 64,3
Huuhteluaukkojen yläreuna -AKK	23,8 %, 10,13 mm	22,0 %, 11,88 mm	20,8 %, 13,37 mm
Pakoaukon yläreuna -AKK	51,7 %, 22,02 mm	48,0 %, 25,92 mm	45,3 %, 29,13 mm
Kulma HA -AKK	65,3°	62,6°	61,0°
Kulma PA -AKK	99,2°	95,0°	92,0°
HA, tehollinen korkeus	15,7 %, 6,69 mm	14,5 %, 7,83 mm	13,7 %, 8,81 mm
PA, tehollinen korkeus	33,8 %, 14,40 mm	31,4 %, 16,96 mm	29,7 %, 19,10 mm
HA, tehollinen leveys	81,8 mm	72,7 mm	66,6 mm
PA, tehollinen leveys	38,8 mm	33,9 mm	31,1 mm
Ominaisaika-alat (10 000 kierr/min)	Pako: $1,47 \cdot 10^{-5}$ s/m. Huuhtelu: $0,96 \cdot 10^{-5}$ s/m.		
Kierrosluku (c = 18 m/s)	211,3 r/s (12676)	166,7 r/s (10 000)	140,0 r/s (8398)
Männän pään pinta-ala	127 %, 2903 mm ²	100 %, 2290 mm ²	84 %, 1924 mm ²
Männänrenkaan pituus	113 %, 191,0 mm	100 %, 169,6 mm	92 %, 155,5 mm
Männän kiihtyvyys YKK:ssa. $\lambda=0,25$	$46,9 \cdot 10$ m/s ²	$37,0 \cdot 10$ m/s ²	$31,1 \cdot 10$ m/s ²
Männän paino	145 g	125 g	110 g
Männän hitausvoima	6,80 kN	4,63 kN	3,42 kN
Kierrosluku hitausvoimalla 4,63 kN	174,3 r/s (10 460)	166,7 r/s (10 000)	162,9 r/s (9 775)

koneessa tarvittava aukkojen pinta-ala saavutetaan jo matalammilla aukoilla, jolloin työtahti saa jatkua hieman pitempään ja moottorista saatava teho kasvaa. Teoriassa asia on näin, mutta käytännössä iskusuhteen vaikutus aukkojen suhteelliseen korkeuteen on mitätön. Pari prosenttia tehoa voidaan kyllä lisätä tällä keinolla, mutta saman verran sitä kyllä menetetään alentuneilla huipputehon kierroksilla.

Jos moottorin maksimikierron luvun katsotaan määräytyvän kampikoneistoon kohdistuvien rasitusten perusteella, voidaan lyhytiskuista moottoria pyörittää hieman pitkäiskuista nopeammin, vaikka sen mäntä onkin jonkin verran painavampi. Syynä tähän on tietysti lyhyemmästä iskusta johtuva pienempi männän kiihtyvyyttä. Samaten, jos kriteerinä pidetään männän keskinopeutta, voi lyhytiskuinen moottori pyöriä nopeammin. Tällöin ero on jo huomattava.

ISKUSUHTEEN JA PURISTUSSUHTEEN YHTEYS

Kaikki näyttää siis viittaavan lyhytiskuisen moottorin etevämyyteen. Näin ei kuitenkaan ole, sillä sylinterin halkaisijan kasvassa palotilan muoto muuttuu epäedulliseen suuntaan. Liekkirintaman on edettävä pitempi matka ennenkuin se saavuttaa palotilan kauimmaisen nurkan. Moottori nakuttaa helpommin ja siksi sen puristussuhde on tehtävä matalammaksi kuin pitkäiskuisessa moottorissa. Toisaalta sen männän pään pinta-ala on suurempi ja niinpä myös männän lämpörasitus on korkeampi. Männän ylikuumenemisen estämiseksi on puristussuhdetta alennettava. Kuten yleisesti tiedetään, laskee työprosessin terminen hyötysuhde puristussuhdetta alennettaessa, ja tämän vuoksi lyhytiskuisen moottorin tehollinen keskipaine ei ole niin korkea kuin se on pitkäiskuisilla kipailijoillaan.

TEHDÄÄNKÖ PITKÄ- VAI LYHYTISKUINEN?

Loppujen lopuksi ei kumpaakaan moottorityyppiä voida pitää toista parempana, sillä molemmilla on niin omat hyvät kuin huonot puolensa ja ne ovat niin tasapainossa, että selviä eroja ei synny. Tästä johtuen markkinoilla olevissa moottoreissa iskusuhteet vaihtelevat jonkin verran aiheuttamatta kuitenkaan havaittavissa olevia eroja niiden välille. Moottorin ominaisuuksiin vaikuttaa huomattavasti enemmän sen aukkojen ja kanavien muotoilu sekä kampiakselin hitausmomentti kuin iskusuhte. Lyhytiskuiseen moottoriin tehdään tavallisesti keveämpi kampiakseli ja se on suurena syynä moottorin kierrosherkkyyteen.

Puristussuhde

Puristussuhde on perinteisesti ilmoitettu suurimman ja pienimmän sylinteritilavuuden erotuksena. Japanilaiset ovat kuitenkin ruvenneet käyttämään puristussuhdetta, joka lasketaan pakoaukon yläpuolisen sylinteritilavuuden mukaan. Mielestäni on kutakuinkin yksi lysti miten se lasketaan, samasta asiastahan loppujen lopuksi on kuitenkin kysymys, esitystapa

vain on hieman erilainen. Tämän jälkimmäisen, korjatun puristussuhteen kannattajat selittävät sen kuvaavan paremmin todellista puristumista, sillä eihän kaasua voi puristaa kokoon jos se pääsee purkautumaan ulos pakoaukosta. Totta, näinhän tietysti on. Mutta kukaan vähänkään asoita tunteva ei kuitenkaan mene väittämään, että puristuminen pakoaukon sulkeuduttua alkoi ulkoilman paineesta. Tästä merkityksettömästä asiasta saa kyllä väitellä vaikka koko ikänsä ja kuitenkin aina siitä riittää kiistelemistä.

Puristussuhteen laskemisesta on turha kirjoittaa mitään, laskukaavat ovat niin yksinkertaiset, että niitä ei tarvitse selitellä.

Kun tarkastellaan eri moottorien puristussuhteiden kehitystä, on havaittavissa selvää nousua vuosien mittaan. Yllättävää kyllä, nestejäähdytykseen siirtyminen ei näytä vaikuttavan siihen lainkaan. Ison luokan moottoreissa se on laskenut parin viime vuoden aikana, mutta asiaa tarkemmin tutkittaessa huomataan, että moottorien keskimääräinen iskutilavuus on samalla kasvanut ja sehän tunnetusti vaikuttaa puristussuhdetta

$$\epsilon = \frac{V_1 + V_p}{V_p}$$

$$\epsilon' = \frac{V_3 + V_p}{V_p}$$

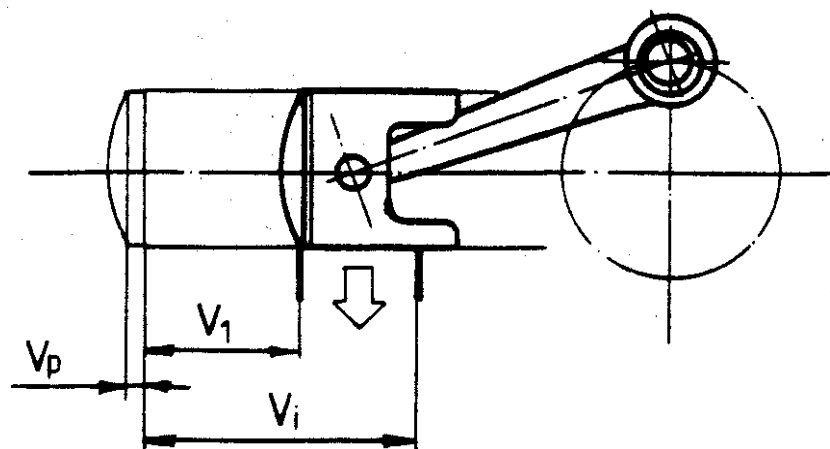
ϵ = Puristussuhde

ϵ' = Korjattu puristussuhde

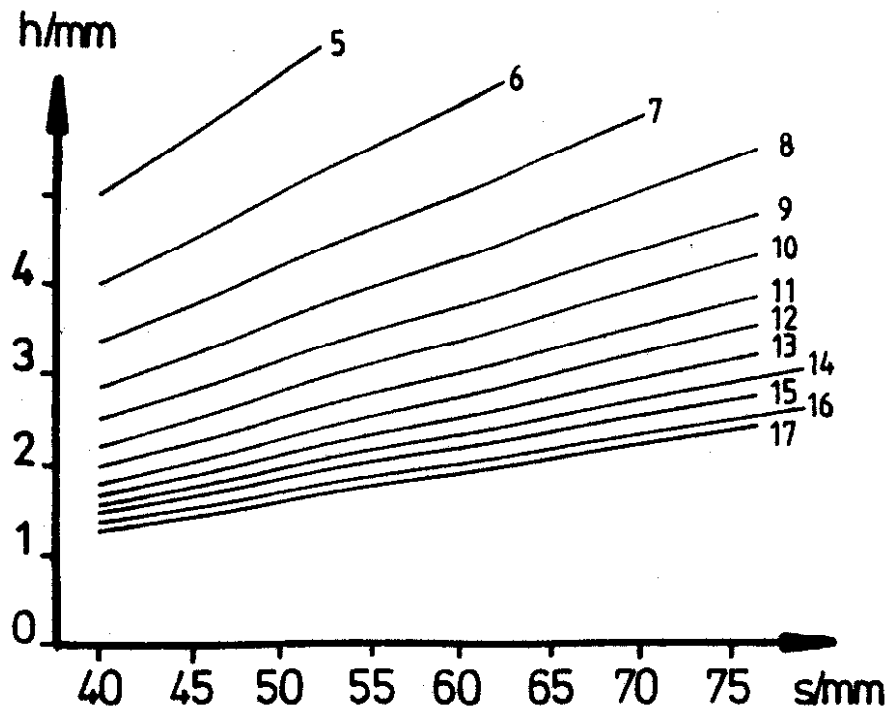
V_1 = Iskutilavuus, mm³

V_3 = Iskutilavuus pakoaukon yläpuolella, mm³

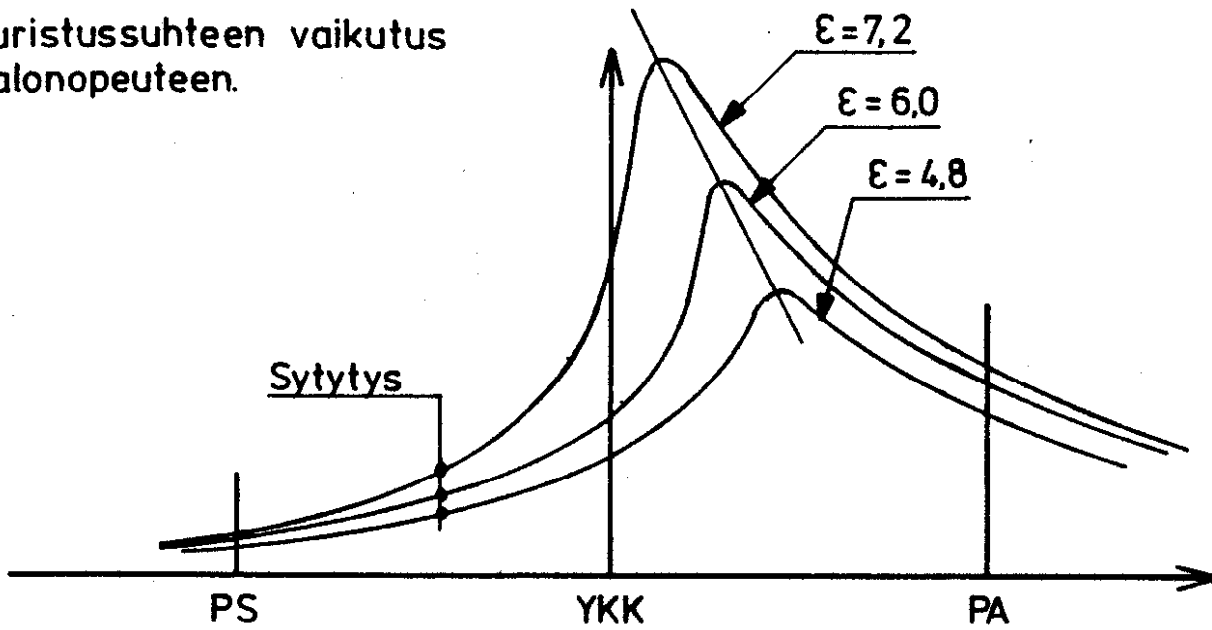
V_p = Puristustilavuus, mm³



Kannen laskemistarve.

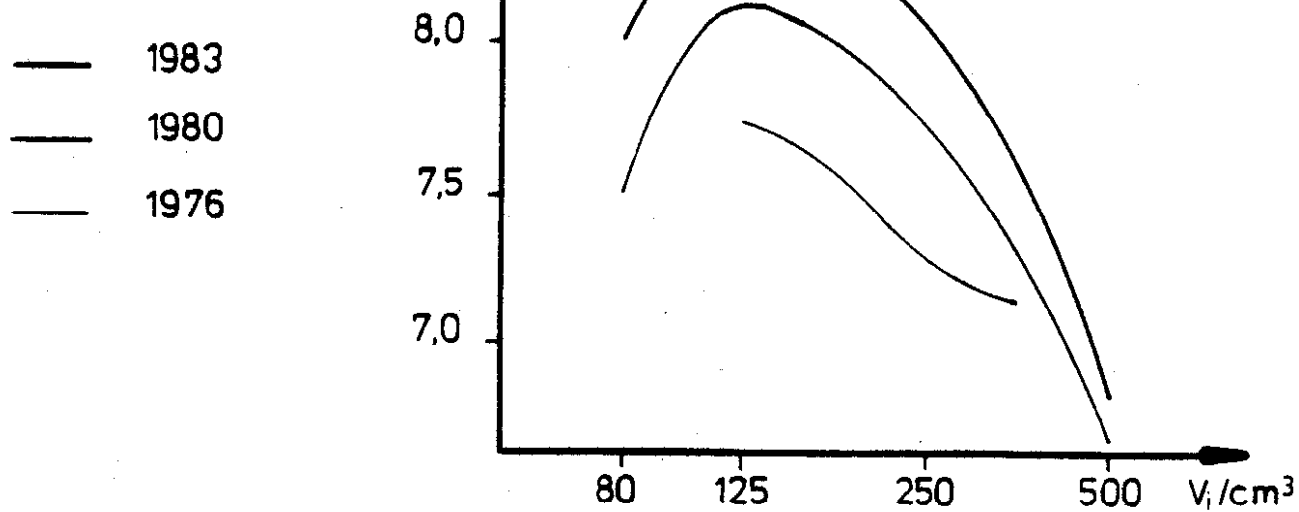


Puristussuhteen vaikutus palonopeuteen.



laskevasti. Jäähdytystapa ei siis vaikuta puristussuhteeseen, mutta moottorin luonne vaikuttaa sitäkin voimakkaammin. Alakierroksilla hyvin vääntävän moottorin puristussuhde on poikkeuksetta korkeampi kuin korkealle kiertävässä koneessa. Erot eivät ole ainoastaan selvästi havaittavissa vaan suorastaan hämmästyttävän suuret. Uskoakseni puristussuhteen suuruus ei vaikuta kovinkaan voimakkaasti moottorista saatavaan huipputehoon, vaan sen kohottaminen näkyy selvemmin alakierrosten väännössä. Puristussuhteeseen voimakkaasti sidoksissa olevan pakoputken muodon merkitystä ei tässäkään yhteydessä pidä vähäksyä. Yläkierroksille tehoa lisäävä pakoputki ei toimi kierroslukukaistan alapäässä, ja siksi vääntö kärsii. Tehokäyrän muotoon ei siis vaikuta pelkkä puristussuhde vaan sen ja pakoputken yhteistulos.

Puristussuhde. ϵ'

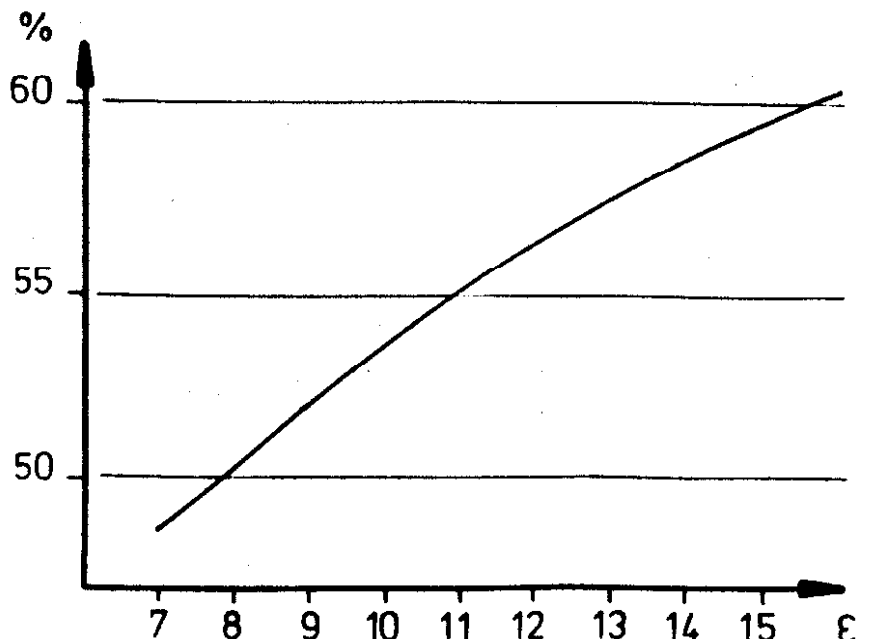


$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{n-1}}$$

Terminen hyötysuhde.

Otto, $n=1,33$

- η_t = Terminen hyötysuhde
- ϵ = Puristussuhde
- n : OTTO $n=1,33$
- DIESEL $n=1,25$



2 Termodynamiikkaa

$$\eta_e = \frac{P_e}{P_q} = \eta_i \cdot \eta_m$$

$$\eta_i = \frac{P_i}{P_q}$$

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i}$$

- η_e = Kokonaishyötysuhde
- η_i = Indikoitu hyötysuhde
- η_m = Mekaaninen hyötysuhde
- P_q = Polttoaineen lämpöteho, kW
- P_i = Indikoitu teho, kW
- P_e = Kampiakseliteho, kW

KOKONAISHYÖTYSUHDE

Moottorin kokonaishyötysuhde osoittaa kuinka suuri osuus sen polttaman polttoaineen lämpötehosta saadaan muutettua kampiakselitehoksi. Se voidaan jakaa indikoituun hyötysuhteeseen ja mekaaniseen hyötysuhteeseen.

INDIKOITU HYÖTYSUHDE

Indikoidusta hyötysuhteesta nähdään, kuinka suuri osa lämpöenergiasta on saatu muutettua mekaaniseksi työksi. Toinen tuttu käsite on terminen hyötysuhde. Se osoittaa miten paljon kyseisellä

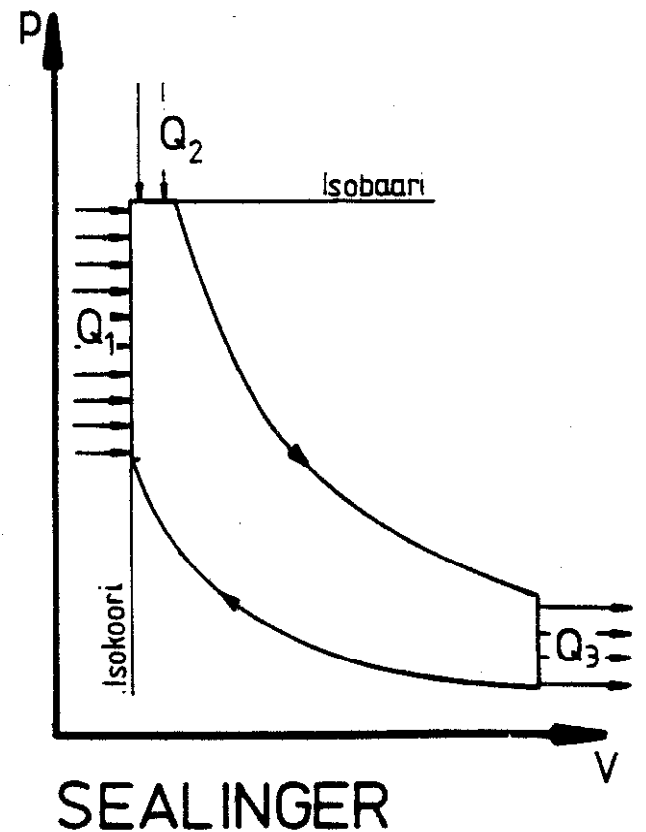
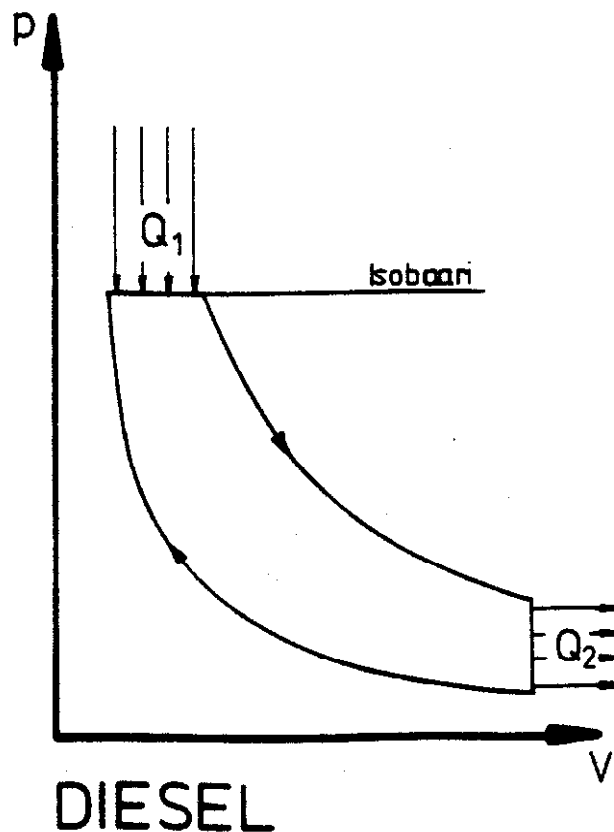
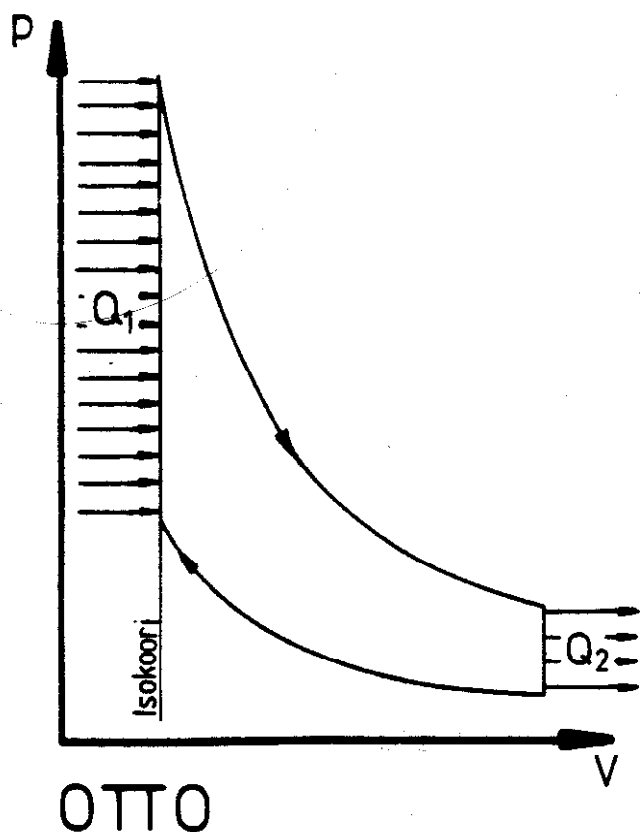
puristussuhteella olisi ideaalita-pauksessa mahdollista saada mekaanista työtä moottoriin tuodusta lämmöstä. Todellinen moottori ei kuitenkaan pysty muuttamaan energiaa muodosta toiseen niin hyvin kuin se teoriassa olisi mahdollista, ja siksi indikoitu hyötysuhde on termistä heikompi. Että asiat tulisivat riittävän monimutkaisiksi, on otettu vielä käyttöön prosessin hyvyysuhde. Sehän on luonnollisesti indikoidun ja termisen hyötysuhteen osamäärä. Prosessin hyvyysuhteella pyritään kuvaamaan sitä, miten hyvin moottorin todellinen työkier-to pystyy toteuttamaan teoreet-

tista prosessia.

MEKAANINEN HYÖTYSUHDE

Mekaaninen hyötysuhde ottaa huomioon kampikoneiston kitkat, ja indikoitu teho on kerrottava sillä, ennenkuin päästään käsiksi kampiakselitehoon.

Pelkästään nopeasti läpilukemalla asia tuntuu sotkuiselta, mutta muutama laskukaava selvittää kyllä asioita. On hyvä huomata, että terminen hyötysuhde on ehdoton katto, jota ei voida ylittää millään keinolla. Sitä voidaan kyllä arantaa nostamalla puristussuhdetta, mutta tietyllä



puristussuhteella se on ehdoton yläraja teholle.

Otto, Diesel ja Sealing

Polttomoottorin työkiertoja on periaatteessa kolme eri tyyppiä, kun puhutaan mäntämoottorista. Kaasuturbiini ja Stirling ovat kokonaan toinen juttu. Otto-prosessi on yksi, Diesel toinen ja se kolmas on Sealing. Otto-prosessissa kuvitellaan palamisen tapahtuvan männän ollessa yläkäänkökohdassa, Dieselissä sensijaan se tapahtuu paineen pysyessä koko ajan vakiona ja Sealing on näiden välimuoto. Kaksi ensimmäistä ovat yksinkertaistettuja malleja ja monimutkaisin Sealing on eniten todellista palamistapahtumaa vastaava, mutta toivottaman monimutkainen laskettava. Todellisessa moottorissa palaminen ei nimittäin tapahdu yläkäänkökohdassa eikä vakipaineessakaan vaan näiden välimuotona. Kaksitahtimoottorihan toimii tietenkin Otto-prosessin mukaisesti, siksi keskitymme vain siihen.

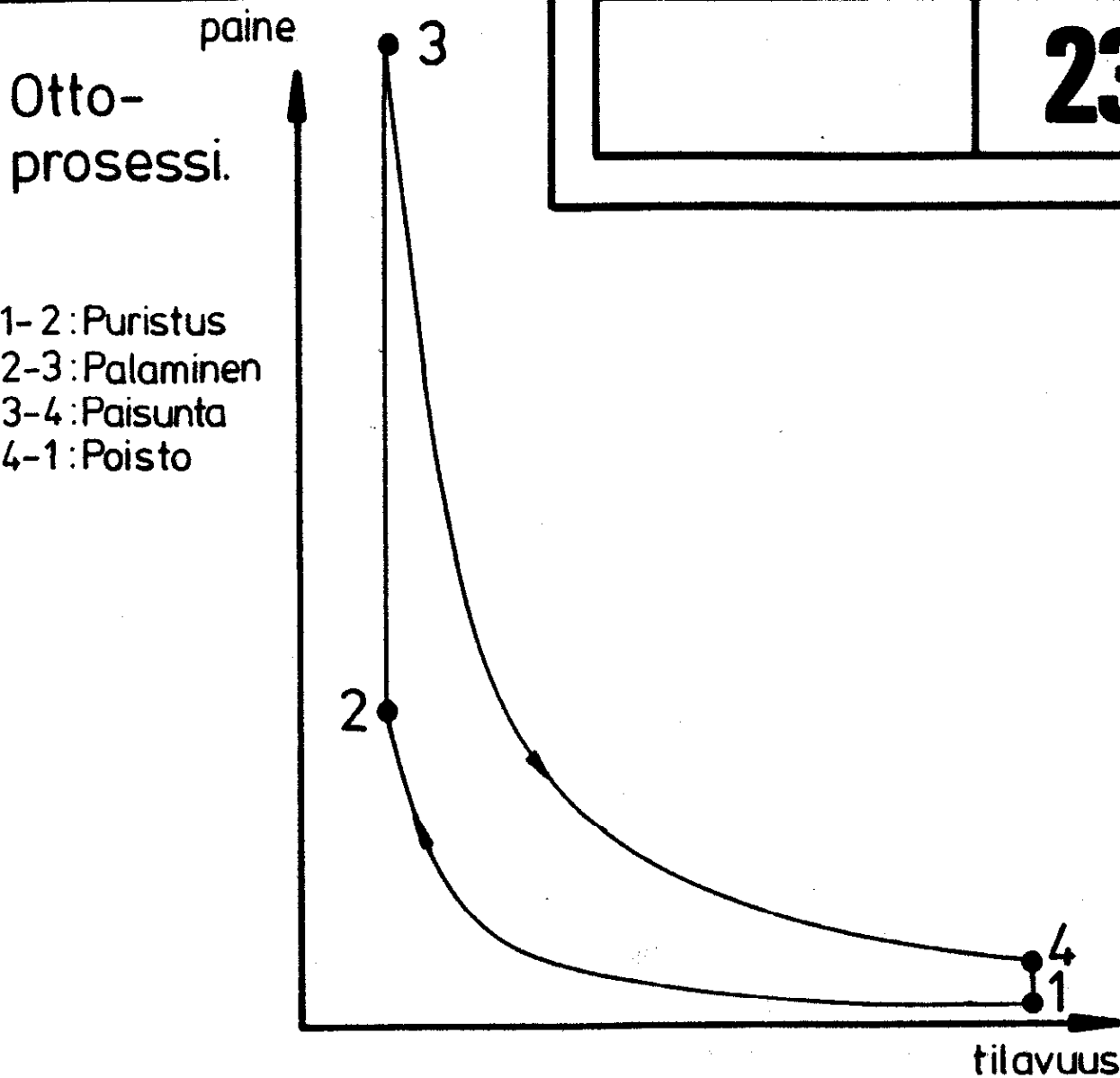
OTTO-PROSESSI

Työprosessissa kaasu ensin puristetaan (1-2). Seuraavaksi siihen tuodaan lämpöenergiaa polttamalla seos. Sen lämpötila kohoaa ja paine nousee (2-3). Tämän jälkeen sen annetaan tehdä työtä laajetessaan (3-4). Työkierron lopuksi työkaasu jäädytetään, jolloin se muuttuu alkuperäiseen tilaansa (4-1). Prosessissa syntyvä mekaaninen työ on lämpömäärien Q_1 ja Q_2 erotuksen suuruinen. Työkierron terminen hyötysuhde saadaan jakamalla saatu työ kaasuun tuodulla työllä Q_1 .

TEORIAN JA KÄYTÄNNÖN ERO

Periaatteessa siis erittäin yksinkertaista ja selkeää. Arkipäivän todellisuus ei kuitenkaan ole näin ongelmaton, vaan aika sotkuinen juttu. Todellisen moottorin pV-piirros on teoreettista paljon pyöreämpi ja sen huippupaine ei onneksi ole lähellekään samaa luokkaa kuin teoreettisessa työprosessissa. Jos paine nousisi 10 MPa tienoille, ei mäntä varmastiakaan estäisi sitä. Samaten iskun alkuosan painekäyrät kulkevat toisin, sillä huuhtelutapahtuman paineet poikkeavat suuresti teoreettisesta mallista. Kaikki nämä poikkeavuudet laskevat moottorin todellista termistä hyötysuhdetta ja se jääkin usein vain puoleen teoreettisesta.

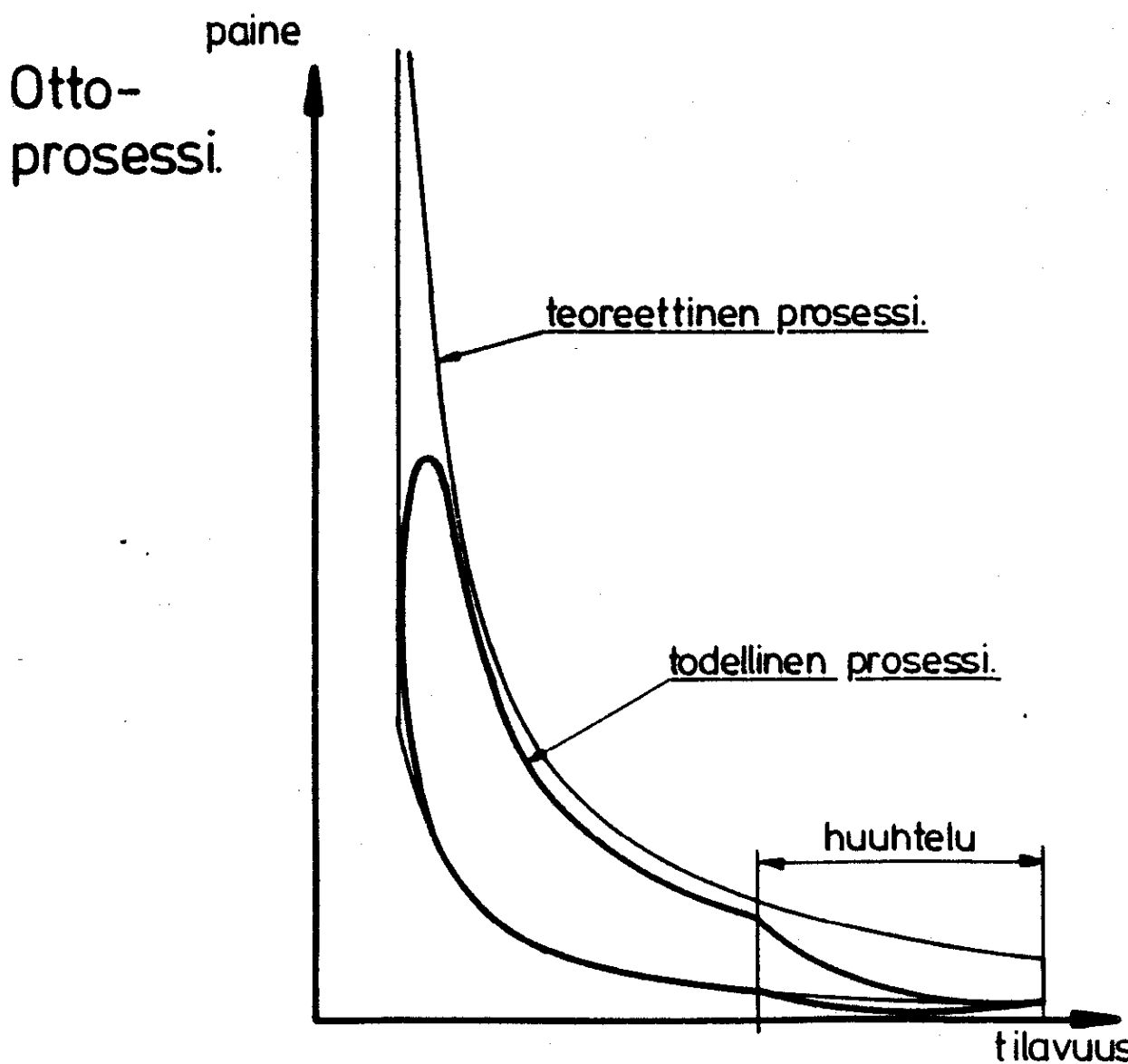
23



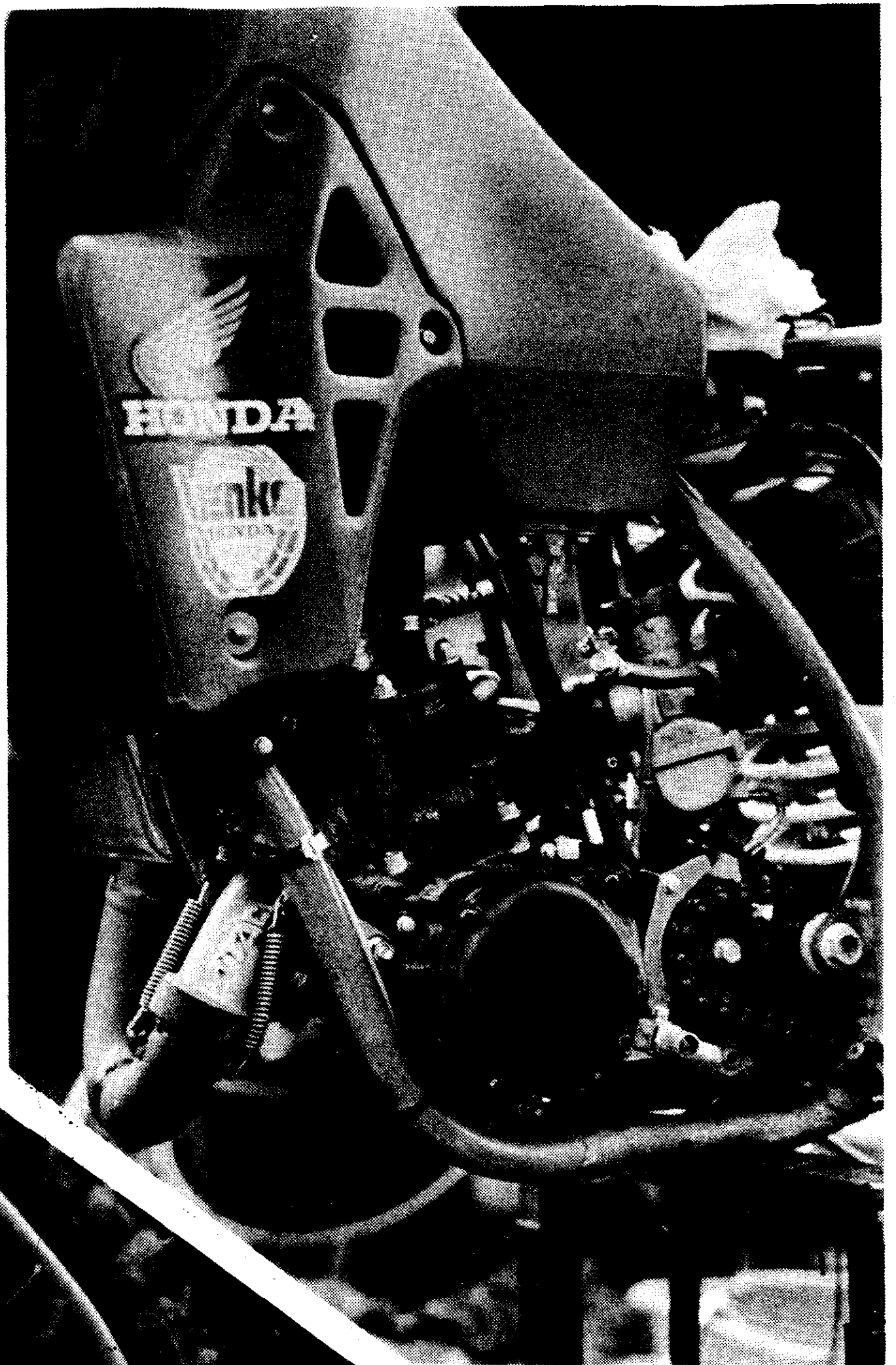
NOSTA PURISTUSSUHDETTA HARKITEN

Hyötysuhteeseen voidaan vaikuttaa nostamalla puristussuhdetta. Periaatteessa se onkin erittäin tehokas tapa korottaa moottorin

tehoa, sillä puristussuhteen arvolla 9 on terminen hyötysuhde 51,9 % ja vastaavasti sen ollessa 13 on hyötysuhde jo 57,5 %. Tehon pitäisi siis nousta 11 %, mutta toisin käy. Puristussuhteen noustessa moottorin käyntilämpötila kohoaa.



Erityisen selvästi se näkyy männän lämpötilassa. Kuuma mäntä lämmittää kampikammiossa olevaa seosta, ja sen lämpötilan noustessa myös sen tiheys pienenee. Kun tämä seos sitten purkautuu huuhtelukanavien kautta männän päälle ja suorittaa huuhtelun, kasvaa sen lämpötila edelleen normaalia kuumemman sylinterin lämmittämänä. Pakoaukon sulkeutuessa on sylinterissä entisen suuruinen paine, mutta koska seos on kuumempaa, on sen massa pienempi. Jos oletamme seoksen lämpötilan kohonneen 150C, on sylinterin täytöksen massa pienentynyt 5%. Kun puristussuhdetta korotetaan, joudutaan palotilaa pienentämään. Luonnollisesti samalla pienenee myös pakoaukon yläpuolinen sylinteritilavuus. Tässä meidän esimerkissämme se pieneni 6%. Lasketaanpa nyt prosetteja yhteen ja tutkitaan miten moottorille kävi. Termien hyötysuhde parani 11%, mutta samalla häviöt suurensivat vastaavasti ja niinpä



Vuoden -84 tuotanto-Hondaa ajoi loppukaudella -83 Dinand Zijlstra. Pyörän erikoisuutena on ATAC-järjestelmä pakoputkessa ja levyjarru edessä.

moottorista ei saadakaan entistä enempää tehoa. Päinvastoin, sen teho laskee, sillä painevoimien kasvaessa kitkahäviöt suurenevät ja mekaaninen hyötysuhde heikkenee.

No ei tämä vielä mitään, mutta kun puristussuhdetta nostettaessa männän lämpötila nousi ja samalla paineet nousivat, käy männän olo todella tukalaksi. Sen toimintolosuhteet ovat erittäin epäedulliset ja jos niitä vielä entisestään vaikeutetaan liian korkealla puristussuhteella, saattaa sen kuormatulla liian suureksi. Korkea lämpötila vähentää sen lujuutta, ja jos samalla vaikuttaa vielä poikkeuksellisen suuri paine, saattaa sen pää murtua. Männän päähän tulee reikä. Lievemmissä tapauksissa moottori leikkaa kiinni.

Ei puristussuhteen nostaminen tietenkään ole kannattamatonta, mutta on kuitenkin syytä korostaa moottorin rasitusten jyrkkää kohoamista puristussuhdetta korottaessa. Ilmajäähdytteisissä moottoreissa männän lämpötilan kohoaminen liian suureksi on todellinen ongelma ja nestejäähdytetyssä koneessakin se rajoittaa puristussuhteen kohottamista. Harkitusti suoritettuna toimenpide on aivan asiallinen virityskeino, mutta liiallisuuksiin mentäessä tiedossa on pelkkää murhetta.

PALAMINEN VIE AIKAA

Kaksitahtimoottori ei ole mikään räjähdysmoottori. Ei sellaista moottoria olekaan, tai jos sellainen on rakennettu, ei siitä ole koekäytön jälkeen jäänyt mitään jälkipolvien ihmeteltäväksi. Toden totta, palaminen moottorin sylinterissä tapahtuu hallitusti, eikä se missään tapauksessa ole mikään räjähdys. Kun palamista verrataan moottorin muihin tapahtumiin, se on jopa kiusallisen hidasta. Moottorin hyötysuhde alenee sen hitaan etenemisen vuoksi ja sytytysennakot saattavat joissakin moottoreissa kasvaa ongelmallisen suuriksi. Tutkitaanpa, mitä palamisen aikana palotilassa tapahtuu.

PALAMINEN JAETAAN KAHTEN OSAAN

Palamistapahtuman voidaan katsoa jakautuvan kahteen osaan. Ensimmäinen vaihe alkaa sytytyskipinän purkauksen alussa ja se loppuu, kun on havaittavissa palamisesta johtuvaa paineen nousua sylinterissä. Tällöin alkaa toinen vaihe, jonka katsotaan loppuvan sinä hetkenä, kun sylinterin maksimipaine saavutetaan. Palaminen jatkuu todellisuudessa vielä tämän jälkeinkin aina pakoaukon aukeamiseen saakka, mutta se on hyvin hidasta ja ylivoimaisesti suurin osa palamisesta tapahtuu ennen huipupainetta.

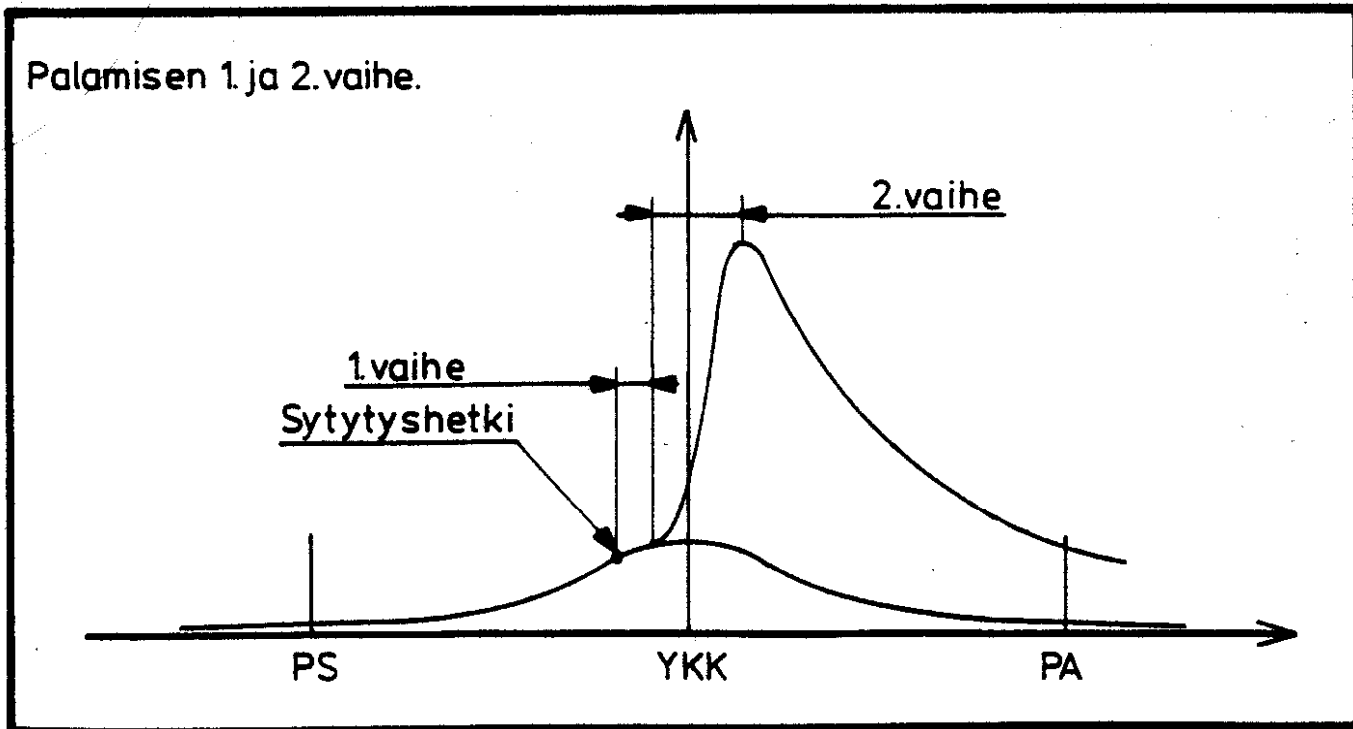
ENSIMMÄINEN VAIHE

Ensimmäinen vaihe on luonteeltaan kemiallinen. Sen alussa sytytystulpan elektrodien välissä olevia kaasumolekyylejä lämmitetään sähköpurkauksella. Kun on saavutettu riittävän korkea lämpötila, alkavat polttoaine- ja happimolekyylit reagoimaan keskenään. Reaktiossa syntyy lämpöä, mutta alussa ympäristöön säteilevä lämpömäärä on suurempi kuin reaktiossa syntyvä lämpö, ja apuna tarvitaan sähköpurkauksen tuottamaa energiaa. Reaktio kiihtyy kuitenkin nopeasti, ja pian sen tuottama lämpöteho riittää pi-

tämään sitä itsellään. Tällöin palaminen lähtee etenemään laajenevan pallonkuoren tavoin ympäristöön tulpan elektrodien välistä. Siinä vaiheessa havaitaan paineen sylinterissä kohoavan ja ensimmäinen vaihe loppuu.

TOINEN VAIHE

Toisessa vaiheessa tapahtuu itse palaminen. Vaihe on mekaaninen. Sen kestoajaan vaikuttaa voimakkaasti seoksen turbulentsisuus. Jos seos olisi liikkumattomana palotilassa, olisi liekkirintaman etenemisnopeus 2...5 m/s, mutta turbulentsisessa seoksessa se on 8...25 m/s. Pyörteilevä kaasu repii liekkirintamaa ja vetää sen mukanaan palotilan äärioloihin ja tämän vuoksi palamisnopeus kasvaa. Moottorin kierrosluvun kohotessa seoksen pyörteisyyttä kasvaa ja palamisnopeus kasvaa kutakuinkin suoraan verrannollisena kierroslukuun. Toisin sanoen toisen vaiheen kesto aika kammunkulma-asteissa mitattuna pysyy lähes tulkoon vakiona.



Räjähdys 4000 m/s

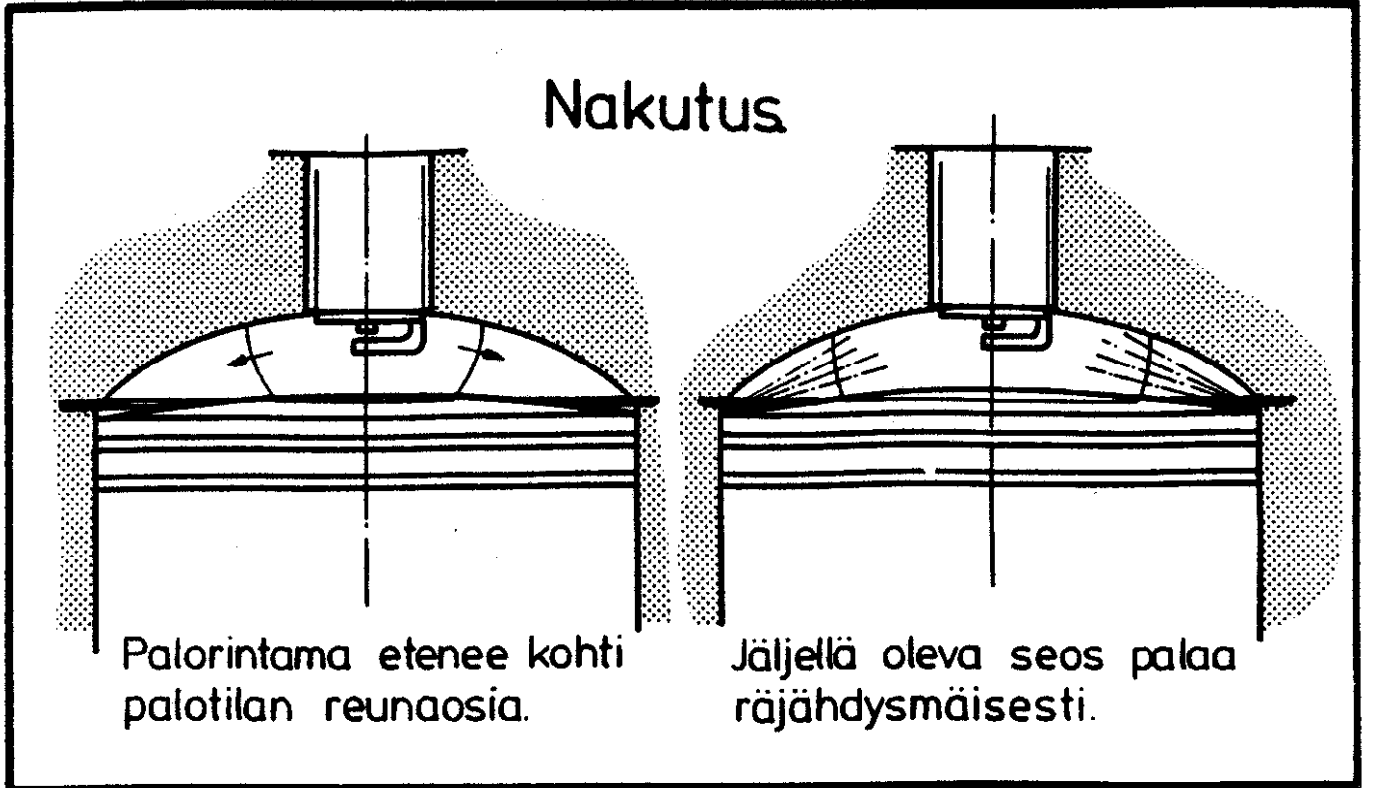
Nakutus 400 m/s

Palaminen 20 m/s

Reaktioiden etenemisnopeuksia

SYTYTYSENNAKKO

Toisen vaiheen vuoksi sytytysennakkoa ei tarvitsisi muuttaa, mutta ensimmäinen vaihe vaatii sen suurentamista kierrosluvun kohotessa. Sen kemiallisesta luonteesta johtuen ei turbulenssilla ole vaikutusta sen kesto-aikaan, vaan se pysyy vakiona läpi koko kierroslukualueen. Kun kesto-aika on vakio, muuttuu vaiheen pituus kammukulma-asteissa mitattuna verrannollisena kierroslukuun. Tämä vaatisi melko suuria ennakkomuutoksia, mutta onneksi moottori käy korkeilla kierroksilla kuumempina ja tämä nopeuttaa ensimmäisen vaiheen tapahtumia. Kemiallinen reaktiohan on luonnollisesti kiihkeämpi korkeammassa lämpötilassa, ja niinpä palamisen ensimmäinen vaihekin nopeutuu. Kaasuseoksen lämpötila on ennen palamista 400...600°C ja palamisen kuluessa se voi paikotellen nousta 2500°C:een asti. Pakoaukon avautuessa lämpötila on edelleen 400...800°C ja painekin 300...600 kPa. Moottorin huippupaine on korkeaviritteisessä kaksitahtimoottorissa 4...5 MPa luokkaa.

**Nakutus**

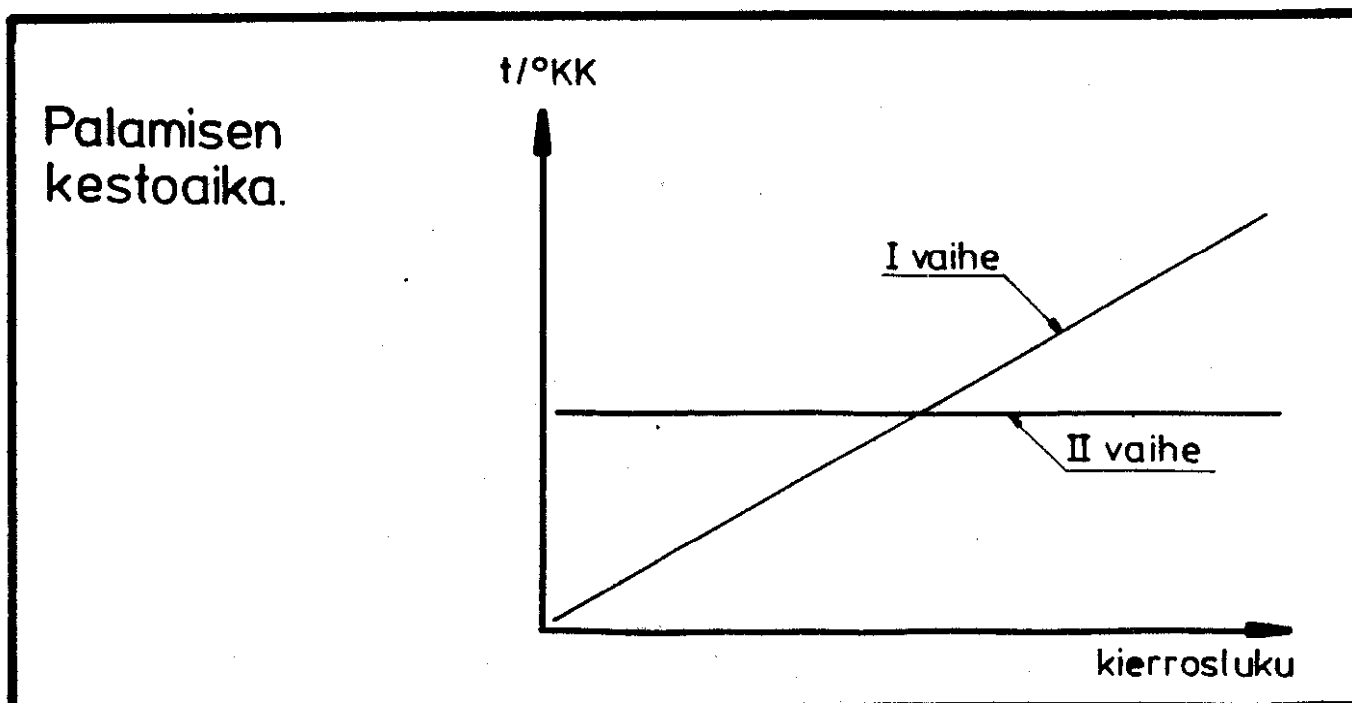
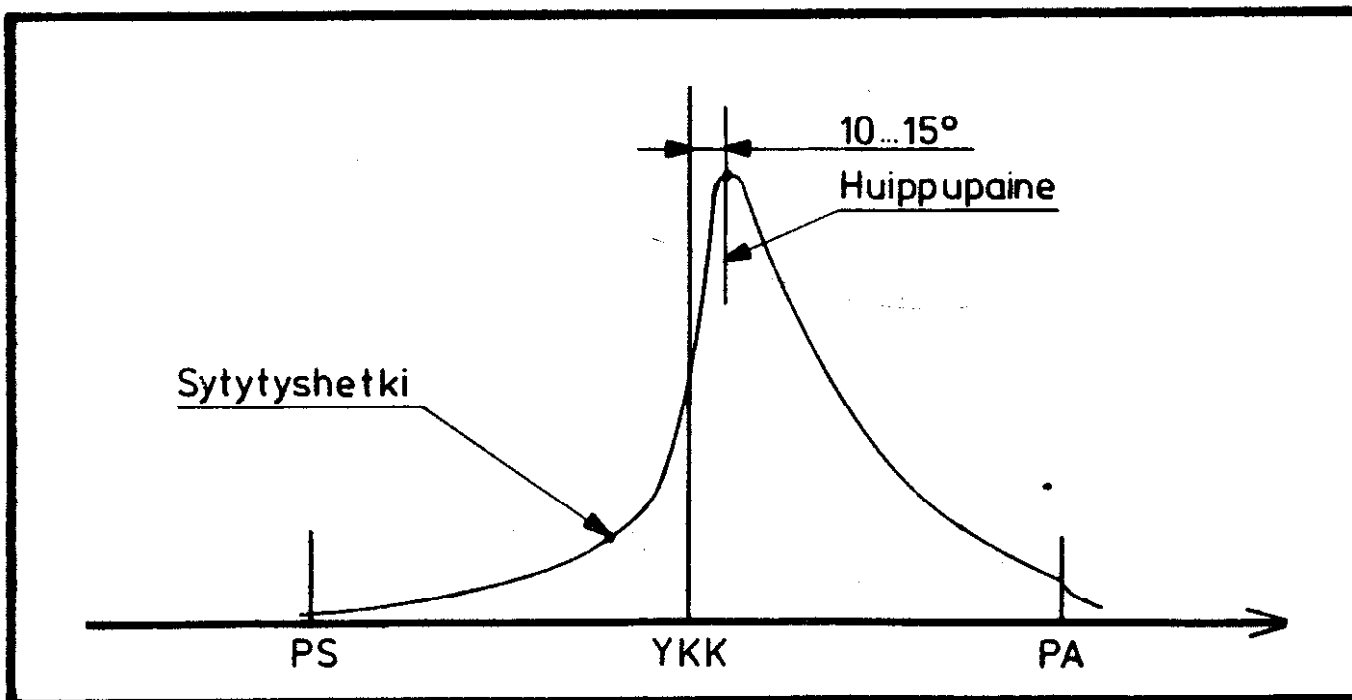
Palaminen sylinterissä tapahtuu siis pallonkuoren kaltaisena liekkirintamana. Tämä palorintama säteilee koko ajan lämpöä vielä palamattomaan seokseen ja sen lämpötila nousee. Samalla palotilan paine kasvaa ja jossain vaiheessa saavutetaan piste, jolloin kaikki vielä palamaton seos palaa räjähdysmäisesti yhtäaikaan. Tämä räjähdys lähettää paineaallon, joka törmätessään sylinterin seinämään aikaan saa nakutukselle tyypillisen kilahtavan äänen. Syntyvä paineisku rasittaa mäntää ja kampi-

koneiston laakereita, ja se voi yhdessä syntyvän ylimääräisen lämmön kanssa murtaa männän pään. Ne voivat myös aiheuttaa männän kiinnileikkautumisen. Nakutustaipumusta voidaan vähentää käyttämällä korkeampioktaanista polttoainetta. Öljynjalostajat lisäävät osaan bensiiniä lyijytetraetyyliä, joka kohottaa sen oktaaniarvoa. Mikäli tämä ei kuitenkaan riitä, voidaan käyttää öljyä, johon on lisätty oktaaniarvoa kohottavaa lisäainetta, tai lisätä polttoaineeseen oktaaniarvon korottajaa. Parempi tapa on kuitenkin laskea puristussuhdetta tai muotoilla palotila paremmin. Palotilan muotoa tulisi muuttaa siten, että seos keskittyisi lähemmäksi sytytystulppaa ja liekkirintaman etenemismatka lyhenisi.

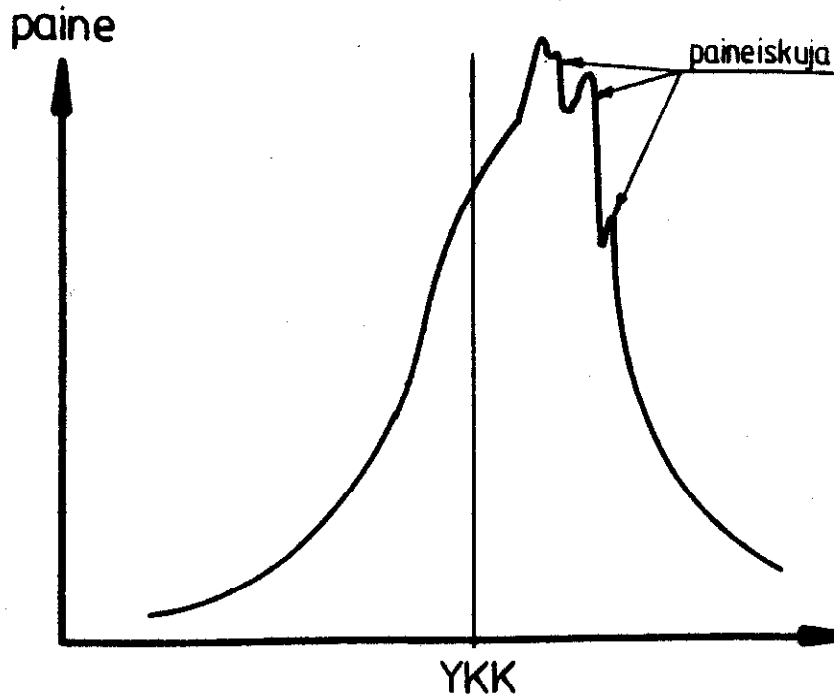
Nakuttava moottori on hyvin lähellä sitä kuuluisaa räjähdysmoottoria, sillä palamisnopeus nakutuksessa on 300...500 m/s ja sehän on 30 kertaa suurempi kuin normaalissa palamisessa. Varsinaisessa räjähdyksessä etenemisnopeus on 4000...5000 m/s, eli kymmenkertainen nakutukseen verrattuna. Kun tiedetään mitä nakutus saa aikaan moottorissa, voidaan vain arvailla olisiko moottorista mitään jäljellä, jos sitä yritettäisiin pyörittää räjähdysmoottorina. No niin, koko tämän spekuloinnin tarkoituksena oli ainoastaan osoittaa, että vaikka palaminen näyttääkin tapahtuvan hyvin nopeasti, se ei kuitenkaan ole mitään räjähtämistä.

HARRY RICARDON TUTKIMUKSET

Vuosisadan alussa oli saatavissa oleva polttoaine huonolaatuista ja matalaoktaanista. Moottorin puristussuhde oli pakko tehdä alhaiseksi nakutuksen estämiseksi. Nakutuksen perimmäisiä syitä ei



Nakutus.



ymmärretty. Tiedettiin vain, että jatkuessaan se tuhoaa moottorin ja että sen poistaminen onnistuu laskemalla puristussuhde. Puristussuhteet laskettiin ja tyydytettiin matalatehoisiin polttoainetta tuhlaaviin moottoreihin. Kun ensimmäisen maailmansodan aikana polttoaine vielä entisestäänkin huononi, oli puristussuhteet moottoreissa laskettava niin alhaisiksi, että polttoaineen kulutus kasvoi kohtuuttomaksi. Englantilainen Harry Ricerdo alkoi tutkia nakutuksen olemusta ja syitä tarkemmin, ja hänen työnsä ansiosta päästiin selville siihen johtavista tekijöistä ja sitä kautta parantuneen palotilan muotoilun ansiosta voitiin puristussuhteita jälleen korottaa ilman nakutusvaaraa.

SQUISH BAND

Kaksitahtimoottoreissa siirryttiin entisistä amme-palotiloista kohti puolipalloa ja myöhemmin siihen liitettiin niinsanottu Squish-band. Se on varsinaisen palotilan ulkopuolella kiertävä rengasmaisen palotilan osa. Sen alueella männänpään ja sylinterinkannen välinen etäisyys on joka tapauksessa alle 1,5 mm ja useimmiten paljon pienempikin. Välys on niin pieni, että siellä oleva seos ei pala, lämpö siirtyy seoksesta liian nopeasti ympäröiviin metallipintoihin. Muotoilemalla palotila näin, saadaan seos keskittymään lähelle sytytystulpan elektrodeja ja liekkirintaman etenemismatka lyhenee minimiinsä. Paineen nousu on kompaktosta rakenteesta johtuen nopeaa ja tarvittava sytytysennakko tämän vuoksi pieni. Puristussuhde voidaan tehdä erittäin korkeaksi ilman nakutusvaaraa ja tällöin hyötysuhde ja sen seurauksena myös moottorista saatava teho kohoaa. Haittapuolena on kuitenkin squish-band -tilassa

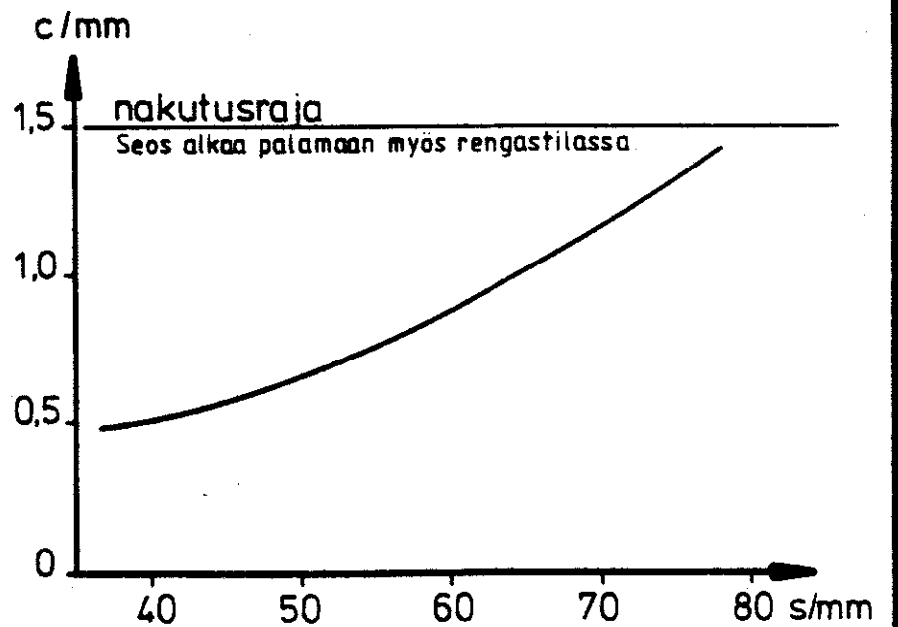
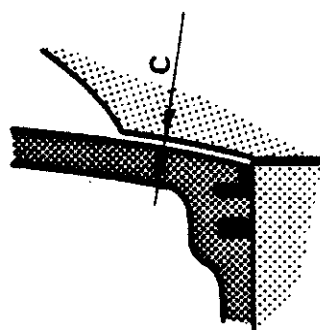
olevan seoksen palamatta jääminen. Tämä ei olekaan mikään pieni puute. Se tekee tämäntyyppisen palotilan käytön mahdottomaksi katuliikenteessä. Palamatta jäävä seos lisää pakokaasujen CO ja CO₂ -pitoisuuksia, ja pakokaasujen saastanormit tulevat helposti ylityiksi.

PUUTTEELLINEN PALAMINEN JA MOOTTORIN TEHO

Tällä puutteellisella palamisella on tietysti vaikutusta myös moottorista saatavaan tehoon. Ote-

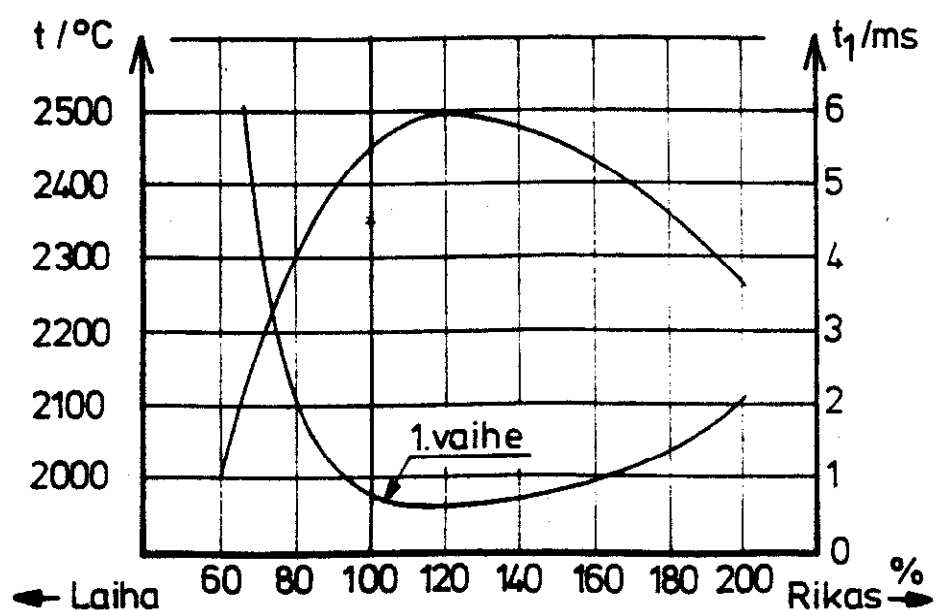
taanpa esimerkiksi 250 cc moottori, jonka korjattu puristussuhde on 8,4 ja jonka squish-band-alueen pinta-ala on puolet männän pään pinta-alasta. Moottorin iskunpituus olkoon 64 mm. sylinterin puristustilavuus on 16,9 cc ja squish-bandin osuus tästä 2,9 cc väläyksellä 1,5 mm. Tässä esimerkiksi palamattoman seoksen osuus on peräti 17 % koko seoksesta. Se on valtava määrä. Mikä olisikaan helpompi virityskeino, kuin pienentää välystä, jolloin moottorin tehoa voitaisiin parantaa, sanotaan nyt vaikka 8 %. Tietenkin kampiakselin teho ei nouse samassa suhteessa, mutta ehkä sielläkin olisi havaittavissa 5 % tehonlisäys. Se tekee 250 cc moottorissa 1,5 kW ja se on todellakin jotain. Jos kaikki polttoaine saataisiin palamaan, olisi tehonlisäys ehkä 3 kW. Sellaisen lisätehon hankkimiseksi kannattaa jo nähdä vai-
vaa.

Squish bandin välys.



Liekin lämpötila

ja palamisen 1. vaiheen kesto-aika.

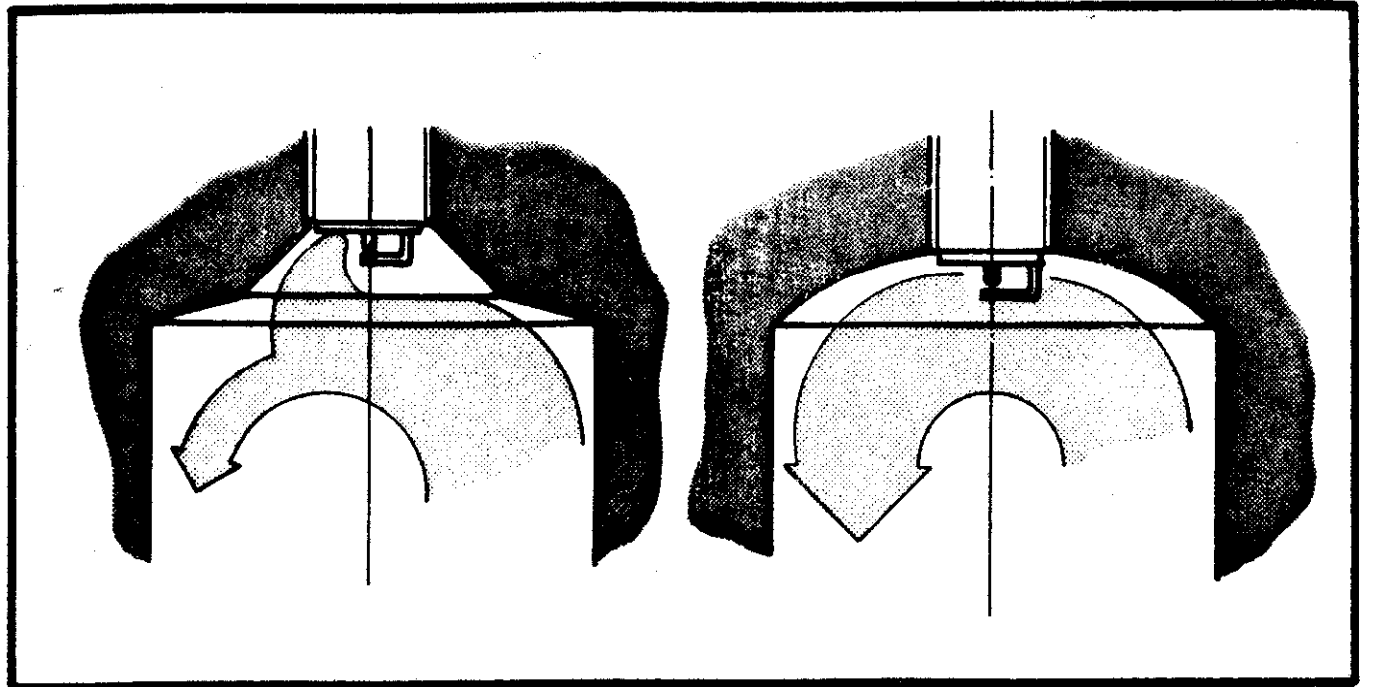


SQUISH BANDIN HUUHTE- LUVAIKEUDET

Pysytäänpä vielä hetki squish-bandissa. Sen heikkoudet eivät loppuneet vielä tähän. Se on kaasuvirtauksien kannalta epäedullinen. Huuhtelutapahtuman kannalta olisi edullista, että kannessa ei olisi kuoppia, vaan se muistuttaisi pallopintaa, jolloin tuoreseosvirtaus kääntyisi mahdollisimman yhtenäisenä kaasupatsaana kohti pakoaukkoa. Squish-band palotilaan muodostuu kuitenkin pyörre, joka rikkoo huuhteluvirtauksen. Kuten muistamme, on huuhtelun tehokkuudella keskeinen merkitys moottorin tehoon, ja on aivan varmaa, että se ei ainakaan tehostu ylimääräisistä pyörteistä. Ei niin paljon pahaa, ettei jotain hyvääkin. Palaminenhan tapahtui hyvin kompaktissa palotilassa keskellä kantta. Tästä johtuen ei palamisen lämpö pääse lämmittämään mäntää sen reunoilta ja mäntä käy suhteellisen kylmänä. Hyvä. Männän kestävyys-hän oli rajoittamassa moottorin tehoa, sen lämpökuorman väheneminen parantaa sen kestävyttä ja moottorin viritystasetta voidaan muilta osin korottaa.

PALLON OSA PALOTILANA

Toinen kilpaileva palotilan muoto on pallon segmentin muotoinen palotila. Siinä ei ole pienivälyksistä aluetta, vaan koko kannen pinta-ala on palotilaa.



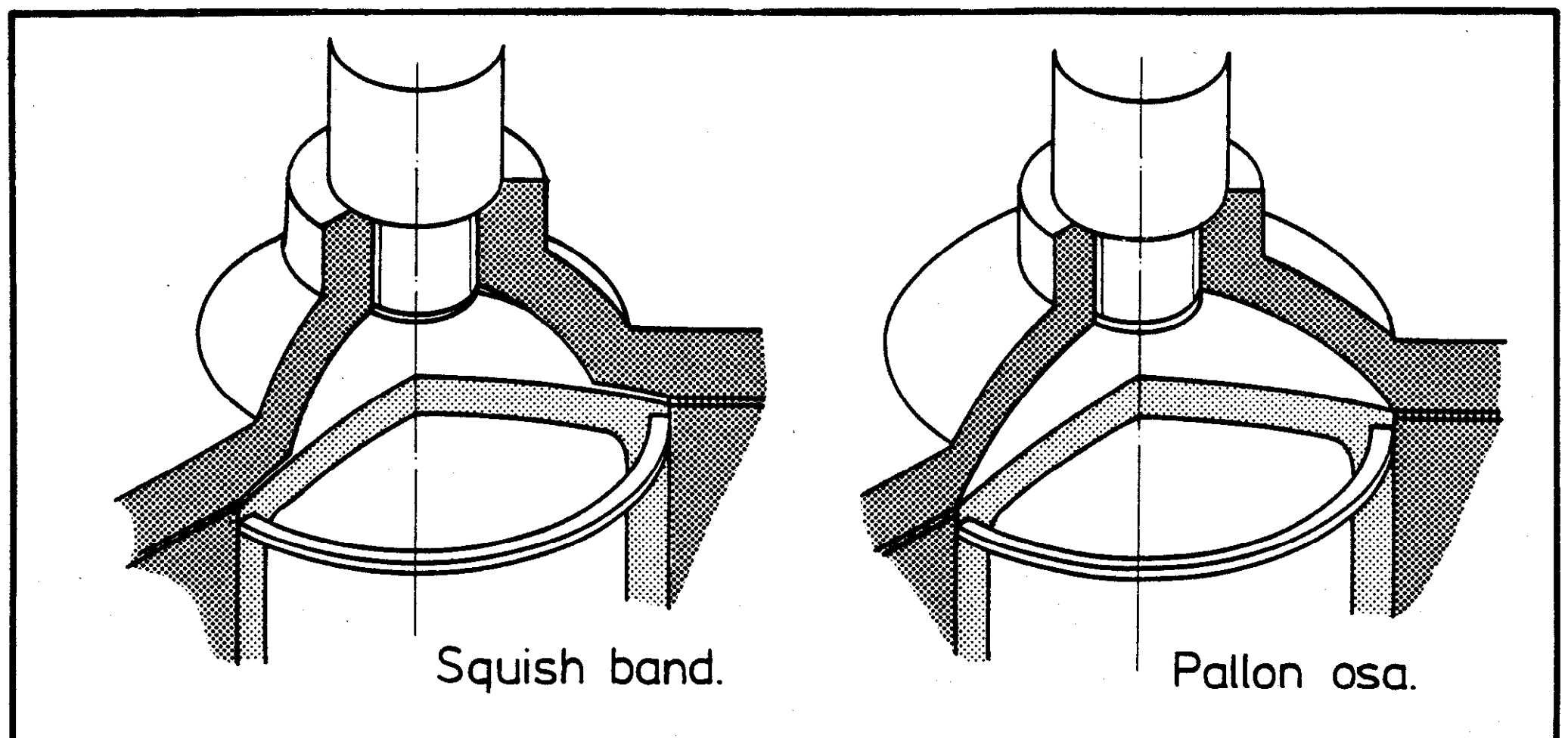
Puristussuhteet MX-moottoreissa 1983.

	80cc	125cc	250cc	500cc
1	8,3	8,6	8,8	7,4
2	8,0	8,1	8,0	6,8
3	7,6	7,8	7,4	6,2

- 1 = Hyvä vääntö alakierroksilla
- 2 = Tasapainoinen tehokäyrä
- 3 = Suuri huipputeho

Siinä siis kaikki polttoaineseos palaa ja niinollen kaikki seoksen energia käytetään hyväksi. Sen seinämäpinta-ala on pienin mahdollinen, joten lämpöä siirtyy seoksesta sylinterin kanteen mahdollisimman vähän. Samaten pinnan jäähdyttämä seosmäärä on minimissään. Lähelle metallipintaa jää nimittäin aina erittäin ohut kerros seosta, joka ei pala. Kerrospaksuus

ei ehkä ole kovin suuri, mutta se on kuitenkin aina olemassa. Tämän palotilan kiistattomiin etuihin kuuluu myös sen virtausteknillisesti edullinen muoto. Huuhteluseosvirta kääntyy vaikeuksitta takaisin sylinterin alaosaan ja pakokaasujen poisto sylinteristä tehostuu. Ilmeisesti sen nakutusta vastustava ominaisuus on selitettävissä sillä, että se on suhteel-



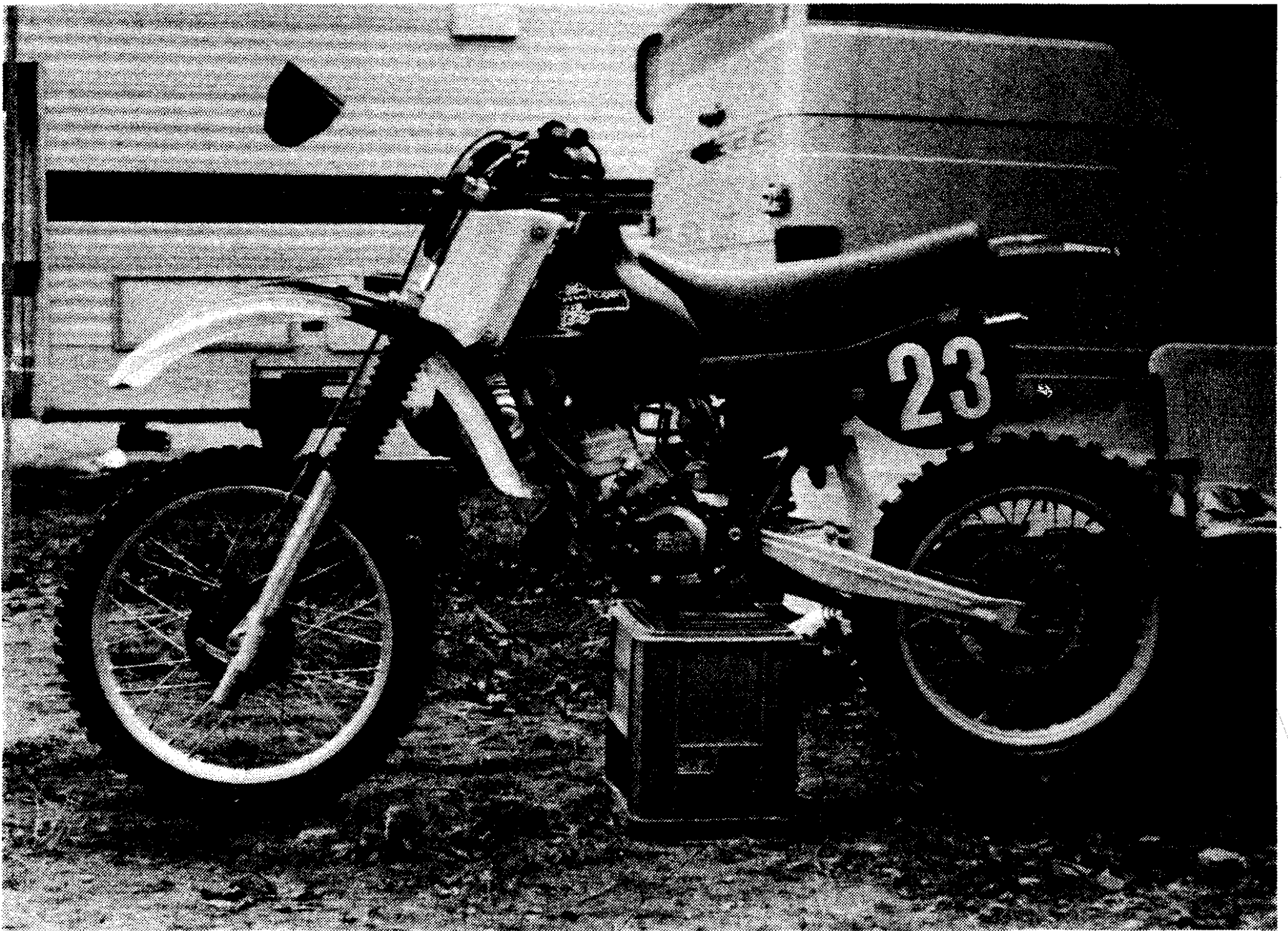
lisen matala. Aikaisemman esimerkin moottorissa puristustilan suurin korkeus olisi 8 mm luokkaa ja tällöin palamista on rauhoittamassa kylmät metallipinnat molemmilla puolilla. Kaikesta huolimatta se toimii erittäin hyvin ja nakuttamatta 8,4 puristussuhteella kyseisessä nestejäähdytetyssä moottorissa ja on muutenkin yleistyntynyt viime vuosina erittäin voimakkaasti.

KÄYTÄNNÖN PURISTUSSUHTEET

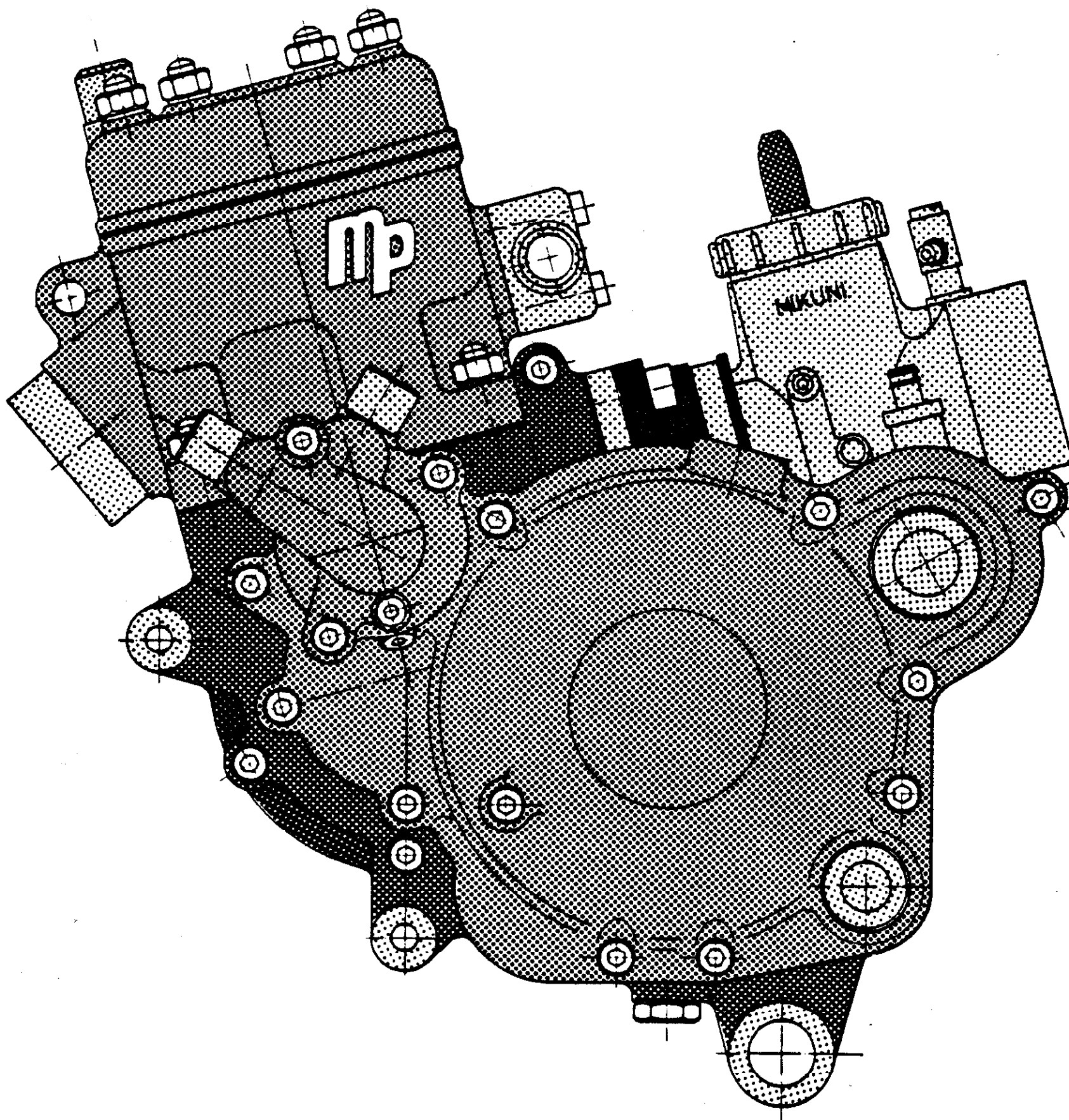
Olen yrittänyt tehdä taulukon suurimmista mahdollisista puristussuhteista, mutta sen tulkitseminen ei ole aivan yksinkertaista, sillä on aina pidettävä mielessä, että pakoputki ja puristussuhde vaikuttavat toisiinsa. Tehokkaalla,

voimakkaan takaisinpuhalluksen tuottavalla pakoputkella voidaan sylinterin painetta pakoaukon sulkeutuessa kohottaa hyvinkin merkittävästi. Niinpä moottorissa, jossa pakoputki on tehty tällaiseksi, ei puristussuhde voikaan olla kovin korkea. Sen sijaan jos pakoputki rakennetaan antamaan lisätehoa laajalla kierroslukualueella, tulee siitä parhaimmillaankin melko aneeminen ja se ei kykene nostamaan sylinterin painetta kovinkaan paljon. Tällöin puristussuhde tehdään korkeammaksi ja näin korvataan matalampi puristuksen lähtöpaine. Tältä pohjalta onkin ehkä väärin käsitellä asioita puristussuhteen pohjalta. Parempi olisi perustaa asian käsittely puristusaineeseen. Se ottaisi huomioon myös pakoputken toiminnan ja tällöin voitaisiin

puhua totuudenmukaisista sylinteripaineista pelkkien teoreettisten suhteiden sijaan. Puristusaineen mittaaminen käyvästä koneesta on kuitenkin vaikeaa ja hitaasti pyörivässä moottorisahan pakoputki ei toimi oikealla tavalla. Siispä on toistaiseksi tyydyttävä pyörittelemään puristussuhteita. Pakoputken vaikutusta voidaan vain arvailla toteamalla, että 125 cc motocrossmoottorissa puristussuhde on joskus jopa 8,6 ja sylinteritalavuudeltaan vastaavankokoisessa RR-moottorissa se on jouduttu laskemaan 7,9:stä 7,0:aan nakutuksen kurissapitämiseksi. RR-moottorin pakoputken täytyy todellakin ahtaa seosta sylinteriin aivan eri tavalla.



Mugen on Soichiro Hondan pojan Hirotoishi Hondan omistama noin viidenkymmenen työntekijän suuruinen tehdas, joka valmistaa erittäin korkeatasoisia viritysosia Hondiin viimeisintä tekniikkaa hyväksikäyttäen. Hondan tehdaspyörissä käytetään runsaasti Mugenin osia, ja tämä pyöräkin on kulkenut heidän tuotantolinjansa läpi. Se löytyi Kuopion MM:stä -82.



3 Kampikoneisto

Kampikoneisto on moottorin sydän. Sen onnistunut rakenne voi tehdä moottorista voittajan, tai se voi hiemankin epäonnistuessaan olla todellinen kiusankappale. Ei ole mitään herkkua taistella päivästä toiseen katkeavien männänrenkaiden tai kiinnileikkautuvien kiertokangen laakerien

kanssa. Sen vika-alttiuden ymmärtää hyvin, kun tutkii sen käyntiolosuhteita. Männän kiihtyvyydet saattavat nykyaikaisessa moottorissa olla jopa 35000 m/s^2 ja tällöin sen omasta painosta aiheutuvat hitsausvoimat voivat olla 4375 N . Samaten männän nopeudet ovat hirvittävän suuria.

Kilpamoottorissa männän keskinopeuden arvo 19 m/s ei ole mitenkään poikkeuksellinen ja se tietää männän suurimmaksi nopeudeksi iskun aikana $29,8 \text{ m/s}$ eli 107 km/h . Ja ajatelkaa sitä, että samainen mäntä pysähtyy ja kiihdyttää jälleen tähän samaan nopeuteen 350 kertaa sekunnissa.

Hurjaa mända, ei ihme, ettei se kestä kuin parikymmentä ajotuntia tällaista rääkkiä. Mutta mäntä ei olekaan mikä tahansa metallimurikka. Se on erittäin tarkasti työstetty ja materiaalikaan ei ole aivan tavallista alumiinia. Sopivalla seostuksella on saatu ihmeitä aikaan ja sen kyllä uskoo, kun katsoo edellisiä numeroita.

Mäntä

VALURAUTA MÄNTÄMATERIAALINA

Nykyisissä moottoreissa käytetyistä korkeista kierrosluvuista johtuen ovat männän kiihtyvyydet niin suuria, että valurautamännän käyttö on mahdotonta. Muutoin olisi valurauta erinomainen mäntämateriaali, sillä se omaa erinomaiset liukuominaisuudet. Se sisältää grafiittia, joka on erinomainen voiteluaine ja sen rakenne on huokoinen, jolloin sen pinta imee öljyä. Valurautamäntä pystyy siis toiminaan hetken vaikka voitelu katkeaisikin, kevytmetallimännällä se tietää välitöntä kiinnileikkautumista. Valuraudan tiheys on moninkertainen kevytmetallin tiheyteen verattuna ja tällöinhän myös sen hitausvoimat kasvavat niin suuriksi, että kampakoneiston muut osat eivät niitä kestä. Myös toisessakin suhteessa se on kevytmetallia huonompi. Sen lämmönjohtavuus on pienempi kuin kevytmetallilla. Tämän vuoksi valurautamäntä käy moottorissakin kuumenpana.

KEVYTMETALLIMÄNTÄ

Alumiinipohjaisesta kevytmetallista valmistetut männät ovat tänään ainoita käytettyjä. Niillä on kyllä monia heikkouksia, mutta niiden hyvät ominaisuudet, pieni tiheys ja hyvä lämmönjohtokyky korvaavat heikkoudet. Ongelmia aiheuttaa alumiinin suuri lämpölaajeneminen sekä alhainen sulamispiste. Myös seosten lujuus laskee jo varsin alhaisessa lämpötilassa. Alhaisesta sulamispisteestä ja huonosta kuumalujuudesta johtuen onkin männänpään puhkipalaminen yleinen vaurio. Yleensä syynä on virheellinen kaasuttimen säätö sekä epäonnistunut pakoputki. Mäntä puhkeaa kyllä myös nostamalla puristussuhde liian korkeaksi, mutta yleensä silloin on mukana myös olosuhteisiin nähden liian kireä pakoputki.

KEVYTMETALLIN SEOSTAMINEN

Uusimmat männät on valmistettu piillä seostetusta kevytmetallista. Aikaisemmin käytettiin runsaasti kuparia seosaineena, mutta nyt kuparipitoisuudet ovat laskeneet hieman piin astuessa kuvaan mukaan. Piillä, jota käytetään 15...25 %, on kuumalujuutta parantavia ominaisuuksia, ja se vähentää myös lämpölaajenemista. Niin ikään sillä on vaikutusta seoksen kulumiskestävyyteen. Esteenä piiseosten yleistymiselle on valmistustekniset ongelmat. Sen valaminen on vaikeaa ja työstettäessä leikkuutyökalujen nopea kuluminen on riesana. Toisaalta liiasta seostuksesta on seurauksena lämmönjohtavuuden huononeminen, joten on löydettävä kompromissi lujuuden ja lämmönjohtavuuden välillä. Esimerkkinä voidaan todeta, että puhtaan alumiinin lämmönjohtavuuden ollessa 217 W/m°C on 25 % piillä seostetun mäntämateriaalin vastaava arvo 115 W/m°C riippuen hieman muista seosaineista. Seoksen lujuuden laskemista kuvaa vetolujuuden arvot kahdessa eri lämpötilassa. Erään seoksen vetolujuus 200°C lämpötilassa on 180 N/mm² ja saman seoksen vastaava arvo 300°C:ssa vain 100 N/mm². Myös lämpölaajenemisen muutos seostettaessa perusainetta on huomattava, sillä puhtaan alumiinin lämpölaajennuskerroin on 23 10⁻⁶ 1/°C ja vastaavasti 25 % piillä seostetulla alumiinilla se on vain 16 10⁻⁶ 1/°C.

ERIKOISMETALLIT MÄNTÄNÄ

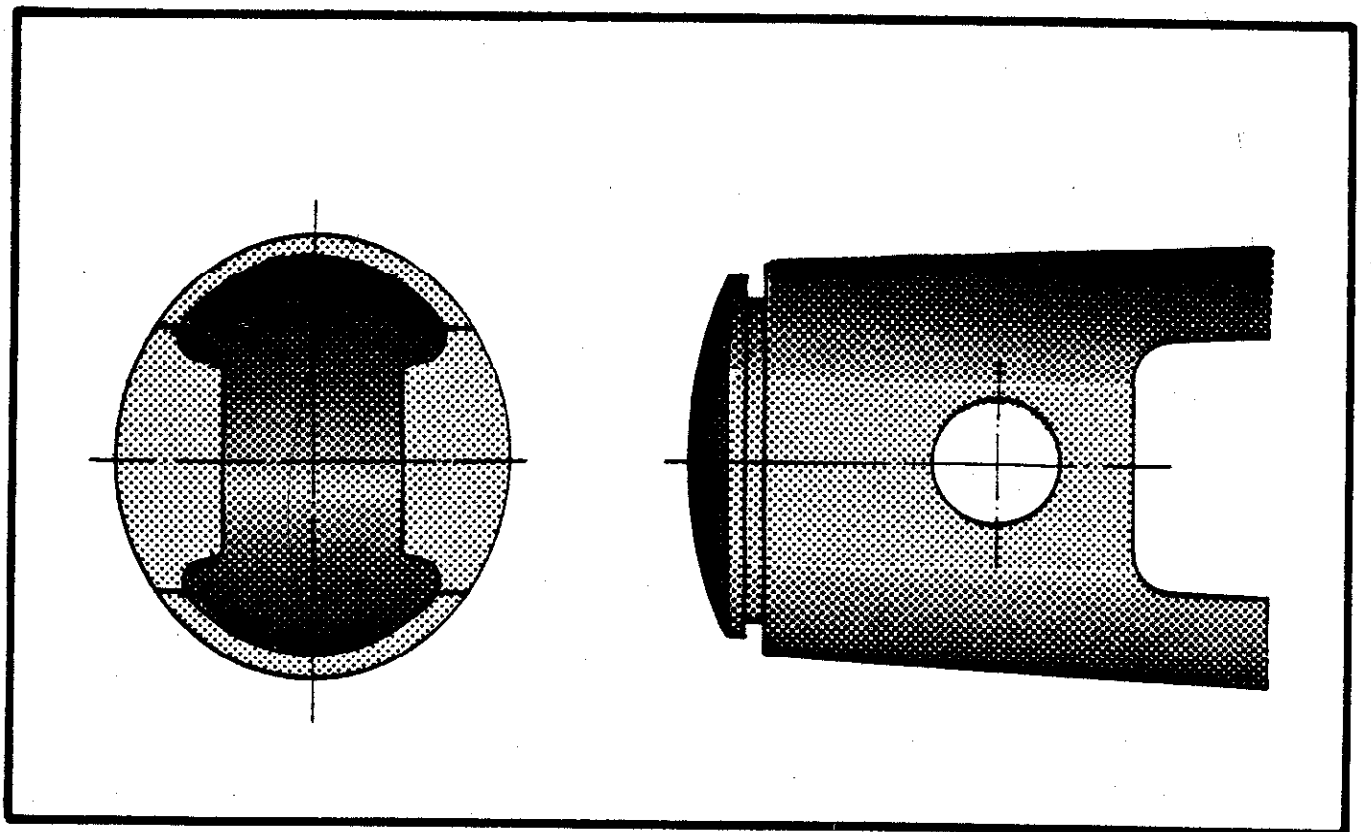
Voisi kuvitella, että magneesiumseokset olisivat vielä alumiiniakin pienemmän tiheydensä

ansiosta aivan erinomaisia männäraaka-aineita. Valitettavasti sen kulutuskestävyys on kuitenkin niin huono, että männän tekeminen siitä on mahdotonta. Beryllium olisi toinen vaihtoehto, mutta se on myrkyllistä ja tämän vuoksi sopimatonta. Se olisi erittäin kevyttä ja poikkeuksellisen hyvin lämpöä johtavaa. Hinta on tähtitieteellinen, 60 000 mk/kg.

Titaani on varteenotettava vaihtoehto silloin, kun kustannuksista ei piitata. Tänä päivänä titaani maksaa noin 100 mk/kg. Sen hinta ei ole kohtuuton, mutta työstökustannukset ovat kyllä liian korkeat. Sen tiheys on 4540 kg/m³ ja sulamispiste niinkin korkea kuin 1820°C. Sen lujuus on erinomainen ja siksipä siitä voitaisiinkin tehdä hyvin keveitä ja kestäviä mäntiä. En tiedä onko titaanimäntiä valmistettu, mutta kiertää huhu, että Hondan nelitahti RR-pyörässä olisi titaanimännät.

VALAMALLA TAI TAKOMALLA

Mäntä voidaan valmistaa joko valamalla tai takomalla. Alkujaan kaikki männät valmistettiin valamalla, mutta aivan viime vuosina takominen on yleistynyt, koska muokattavat kevytmetalliseokset ovat valuseoksia jonkin verran lujempia ja niin saavutetaan myös paremmin iskuja kestävä mäntä. Valumännän helmoihin saattaa tulla hiushalkeamia, joiden edessä tarpeeksi pitkälle koko männän helmaosa saattaa irrota. Hiushalkeamat lähtevät etenemään huuhtelukanaavien kohdalle tehdyn



loven yläkulmasta, ja ne on parhaiten havaittavissa männän sisäpinnalta, johon ilmestyy tumma viiva. Kun tällainen löytyy männästä, on se heti vaihdettava, sillä männän helman murtuminen on enään parin tunnin päässä.

Takomännällä tämänkaltaisia vaurioita ei esiinny. Sen murheena on pikemminkin männänrenkaiden juuttuminen uriinsa. Tämä johtuu tekoseoksen pienemmästä kovuudesta ja sen paremmasta sitkeydestä. Hakatessaan pakoaukon reunaan mäntä vähitellen muokkautuu siten, että renkasura mataloituu ja renkas tarttuu kiinni. Tuntuu kovalta ilmaisulta sanoa männän hakkaavan pakoaukon reunaan, mutta kyllä se todellisuudessaakin siihen enemmän tai vähemmän iskeytyy ja tarpeeksi kauan hakatessaan se kyllä pehmeämpänä osapuolena muotoutuu. Vaikka takomäntä on pehmeensä vuoksi valettua alttiimpi muodonmuutoksille ja tätä kautta männänrenkasvaurioille, on se kokonaisuutena ottaen kuitenkin ylivoimainen vaihtoehto, sillä sen lujuus on paljon parempi ja siksi korkeimmin rasitetuissa moottoreissa se on ainoa vaihtoehto. Se on kyllä kalliimpi kuin valettu, mutta pitkällä aikavälillä se on kuitenkin halvempi, koska sen käyttöikä on merkittävästi pitempi.

MÄNTÄ EI OLE LIERIÖ

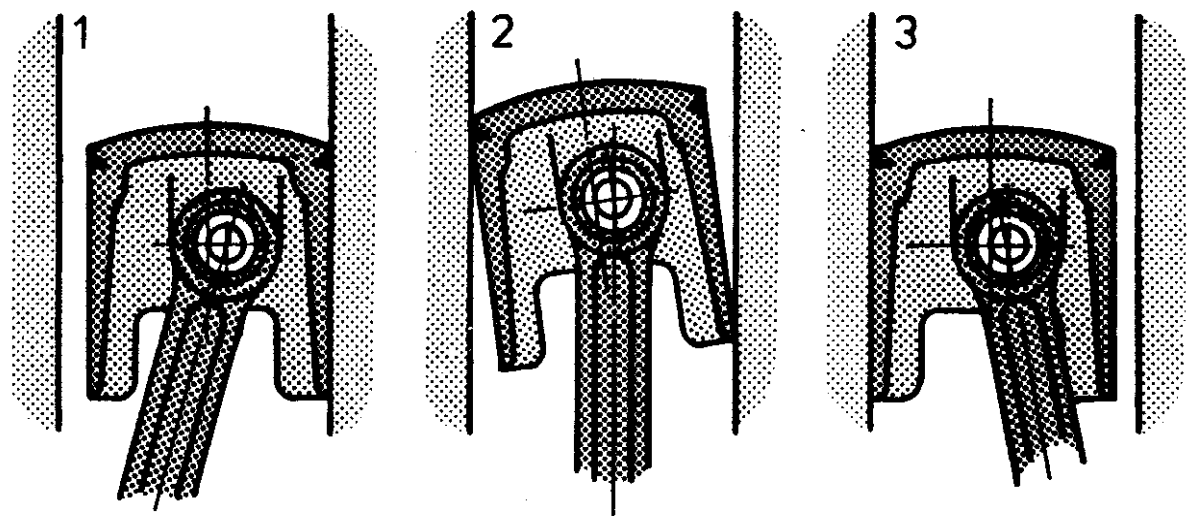
Mäntä on muodoltaan ellipsi ja pituussuunnassakin se on kartiomainen. Ellipsi poikkileikkaus johtuu sen suuremmasta lämpölaajenemisesta männäntapin suunnassa, ja kartiokkuus aiheutuu männän epätasaisesta käyntilämpötilasta. Normaalissa käyntiläm-

pötilassa mäntä on kuitenkin mahdollisimman lähellä lieriötä. Jos sen muoto on onnistunut, se on tarkalleen pyöreä ja sen käyntivälitys on koko männän matkalla samansuuruinen. Tämän saavuttamiseksi männän pään halkaisija on renkasurien alapuolella 0,15...0,25 mm ja renkaiden yläpuolella 0,25...0,35 mm pienempi kuin sen helmaosan halkaisija. Männän vaipapinta viimeistellään hiomalla tai hienosorvaamalla pyrkien 2...8 mikrometrin pinnankarheuteen. Sisäänajon aikana pinnan epätasaisuudet tasoittuvat ja sylinteri ja mäntä mukautuvat toisiinsa. Sisäänajovaihetta voidaan lyhentää päällystämällä männän liukupinnat

MÄNNÄNTAPIN SIVUSIIIRTO

Joskus männäntappi on siirretty sivuun männän keskilinjalta. Tämän sivusiirron tarkoituksena on vaukuttaa männän liikettä yläkääntökohdassa, jossa se siirtyy sylinterin sivulta toiselle. Sivusiirron ansiosta mäntä vaihtaa puolta siten, että ensin männänpään vällykset siirtyvät toiselle puolelle ja hetken kuluttua männän helma tulee perässä. Näin vältetään iskumaiselta puolenvaihdolta ja mäntä kestää paremmin.

Männän liike yläkääntökohdassa kun männäntappi on sivussa männän keskiviivasta.



pehmeällä ja helposti mukautuvalla pinnoitteella. Päällystysaineena käytetään lyijyä ja tinaa 0,02...0,03 mm kerroksena sekä grafiittipäällystystä. Päällystysaine voi toimia myös mäntää kiinnileikkautumiselta suojaavana kerroksena voiteluhäiriön sattuessa. Pinnoite voi itse olla hyvä laakeriominaisuuksiltaan tai se voi olla huokoista, jolloin siihen imeytyy öljyä, joka voitelee mäntää ulkopuolisen voiteluhäiriön sattuessa.

Tappi

KESTÄÄ KÄYTÖSSÄ HYVIN

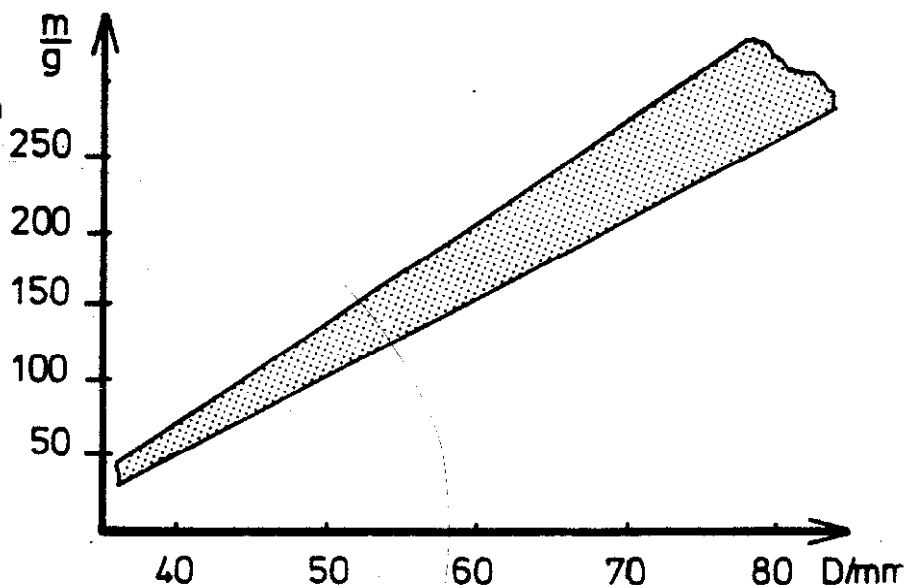
Männäntappi valmistetaan erittäin lujasta pintakarkaisu- tai nitrausteräksestä. Se pintakarkaistaan sekä ulko- että sisäpinnaltaan, jolloin sen väsymislujuus vaihtokuormituksessa paranee. Männäntapin raaka-aineelta vaaditaan hyvää sitkeyttä ja karkaistuna kovaa pintaa, sillä sen on voitava toimia neulalaakeripintana. Karkaisun jälkeen tapin ulkopinta hiotaan keskiöttömällä hionnalla supporttihiomakoneessa. Aikaisemmin tapit vielä hionnan jälkeen lajiteltiin muutamaankin halkaisijaryhmään, mutta nykyinen tekniikka on sen verran kehittynyt, että tapin halkaisijatoleranssi on riittävän pieni jo lajittelemattakin ja niinpä lajittelusta on luovuttu.

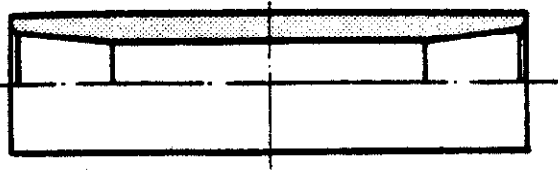
Sopivan männäntapin ulkohalkaisija on 0,25...0,32 kertaa männän halkaisija, ja sen reikä on 0,58...0,70 kertaa sen ulkohalkaisija. Lujuusopillisesti oikein

Männän paino

sylinterin halkaisijan funktiona.

Takomäntä lähellä alueen yläreunaa ja valettu alareunassa.





Lujuusopillisesti oikein muotoiltu männäntappi.

mitoitettu reikä on tapin keski-osassa pieni ja laajenee sitten päitä kohti mentäessä, mutta valmistusteknisistä syistä reiästä tehdään tavallisesti lieriö.

Vaikka männäntappi onkin erittäin korkeasti kuormitettu osa, se ei tavallisesti käytössä juuri koskaan rikkoonnu. Ainoat vauriot, mitä niissä näkee, ovat erilaiset laakerikohdan pinnan rikkoutumat, mutta nekin ovat harvoin kovin vakavia. Tapin katkeaminen on niin harvinainen tapaus, että minä en koskaan ole sellaista nähnyt tai siitä kuullut.

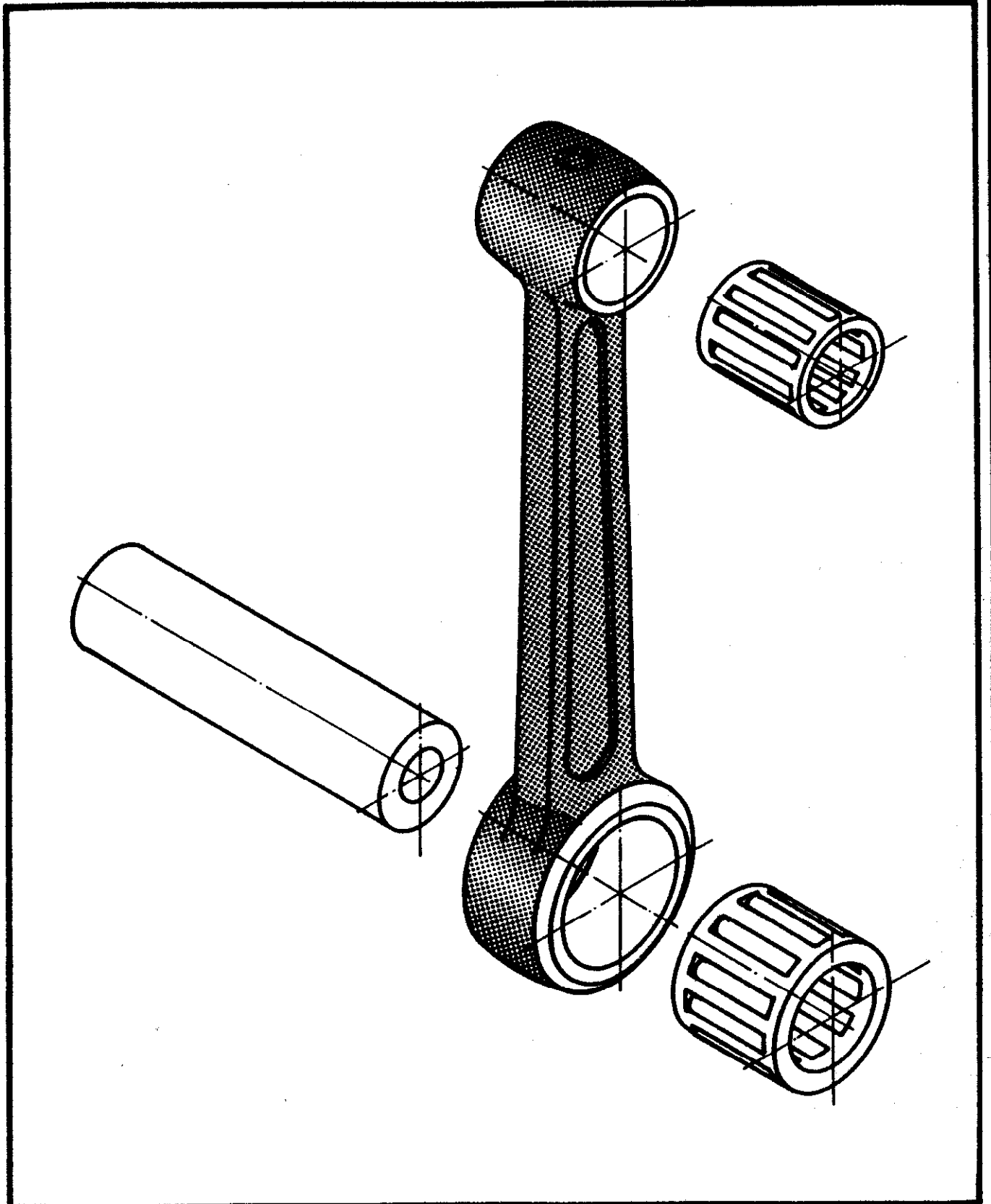
Kiertokanki

Männän hitausvoimat aiheuttavat kiertokankeen veto- ja puristusjännityksiä. Lisäksi sen omasta painosta johtuvat hitausvoimat pyrkivät taivuttamaan sitä. Nopeakäynteisissä moottorissa nämä rasitukset kasvavat erittäin suuriksi, asettaen kiertokanngen valmistusmateriaalille tiettyjä vaatimuksia. Raaka-aineen on omattava hyvä väsymislujuus, sekä siihen on saatava pintakarkaisulla kova, laakeripinnaksi kelpaava pinta. Sopiva materiaali on kromilla sekä molybdeenillä tai nikkelillä seostettu teräs. Kromi lisää laakeripintojen kovuutta ja karkenevuutta yleensäkin. Molybdeeni parantaa seoksen kuumalujuutta, ja nikkeli parantaa sekä karkenevuutta että lisää perusaineen sitkeyttä.

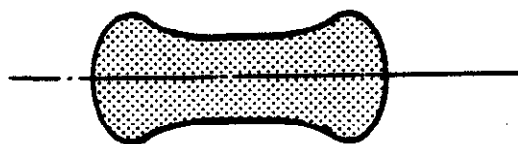
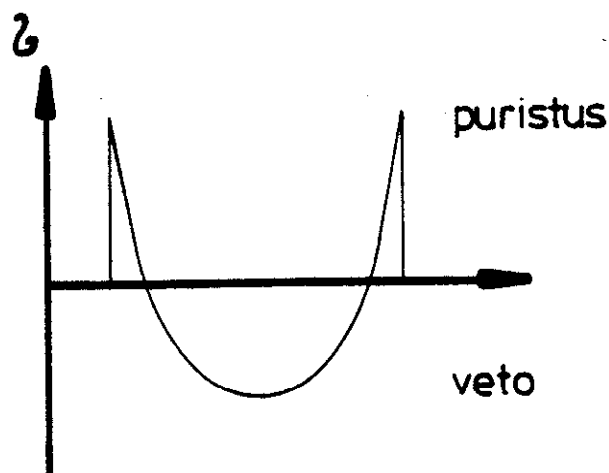
TAKOMALLA LUJUUTTA

Kiertokanki valmistetaan useimmiten takomalla, jolloin pintaan jää puristusjännitys, joka lisää kangen lujuutta vaihtokuormituksessa. Takomisen jälkeen kanki koneistetaan ja pintakarkaistaan, minkä jälkeen pinnat hiotaan lopullisiin mittoihinsa. Myös pintakarkaisu aiheuttaa pintakerrokseen puristusjännityksen, lisäten täten kangen kestävyttä. Vielä kolmaskin tapa puristusjännityksen aikaansaamiseen on olemassa. Nimittäin siinä tapauksessa, jos

kankea muotoillaan vielä takomisen jälkeen, ja sen pintajännitys katoaa, saatetaan sen pinta kuullapuhalttaa. Puhalletessa kuula iskeytyy kangen pintaa vasten ja



Kiertokanngen jännitys.



puristaa pintametallin pienempään tilaan. Seurauksena jatkuvasta pommituksesta on puristusjännityksen syntyminen pinnalle. Tässä puristusjännityksessä on syy siihen, miksi kiertokankea ei pitäisi mennä keventämään. Vaikkapa vain pelkkä kangen pinnan kiilloittaminen saattaa poistaa jännityksen ja tällöin koko kiilloituksesta on ollut paljon enemmän haittaa kuin hyötyä. Kiertokanki on viisainta jättää koskemattomaksi, jos ei aio kuulapuhalttaa sitä muutosten jälkeen.

PURISTUSLUJUUS MÄÄRÄÄ

Kiertokanngen määräävä rasitus on useimmiten puristusjännitys, eikä nurjahdus tule useinkaan ratkaisevaksi. Kanki on kaikesta huolimatta niin lyhyt, että suuria nurjahdusjännityksiä ei pääse muodostumaan. Sen poikkileikkaus on kuitenkin parasta tehdä muis-

LEPATTAMINEN

tuttamaan I-paikka, jolloin sen tukevuus on suorakaidetta suurempi. Nelitahtimoottorissa poikkileikkauksen muoto on lähellä neliötä, mutta jos aiotaan pitää kampikammion tilavuus pienenä, on kaksitahtisen kiertokankea litistettävä kampiakselin suunnassa. Tällöin kampiakselin vastapainojen rako voidaan tehdä kapeammaksi. Ilmanvastuksen pienentämiseksi olisi edullista tehdä poikkileikkauksesta ellipsi, ja niin onkin joissakin kilpamoottoreissa jo tehty.

Nelitahtimoottoreissa käytetään viritysosana paljon kevytmetallisia tai jopa titaanisia kiertokankia. Niiden käyttö ei kuitenkaan ole kannattavaa kaksitahtisessa, sillä tällöin vastapainojen väliä pitäisi levittää.

Renkaat

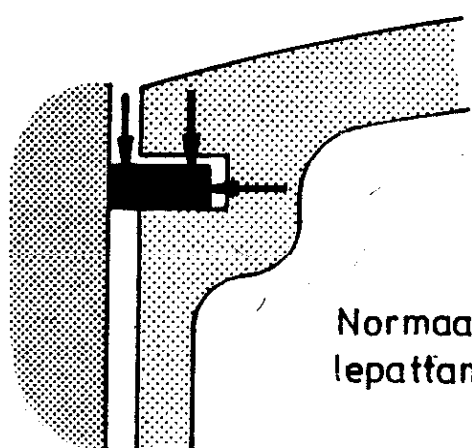
Usein luullaan, ja täysin väärin, että männänrenkas tiivistää vain omalla jousivoimallaan. Näin ei kuitenkaan ole. Renkaan oma jousivoima aiheuttaa sylinterin ja renkaan välille pintapaineen, joka on sylinterin huippupainetta paljon pienempi. Tiivistyksessä onkin käytettävä palotilan painetta hyväksi. Tämä tapahtuu tekemällä rengasura niin väljäksi, että palotilan paine pääsee vaikuttamaan renkaan takana. Se painaa siis rengasta vasten sylinterin seinämää, mutta samalla se pitää renkaan vasten uran alapintaa. Käytännössä renkas tiivistääkin juuri tämän takana olevan paineen ansiosta, ja jousivoima pitää sen vasten sylinterin seinämää silloin, kun sylinterissä ei ole korkeaa painetta.

Koska kaasunpaine pääsee vaikuttamaan renkaan sisäpinnalle vain silloin, kun rengas on painunut vasten alapintaa, on estettävä tilanne, jolloin rengas nousee ylös urassaan. Männän vaihtaessa liikesuuntaansa yläkääntökohdassa vaikuttaa sen renkaisiin hitausvoimia, joka pyrkii nostamaan ne vasten urien yläpintaa. Toisaalta renkaita painaa alaspäin sylinterin kaasunpaine. Männän kiihtyvyyden noustessa riittävän suureksi, voittaa hitausvoima kaasunpaineen ja rengas iskeytyy vasten uran yläpintaa. Tällöin rengasta sylinteri seinämää vasten painunut kaasunpaine purkautuu kampikammioon aiheuttaen renkaiden tiivistyksen pettämisen. Kaasun virratessa nopeasti renkaan ja sylinterin seinämän välistä laskee paine tässä raossa vetäen renkaan vasten seinämää. Samalla se asettuu vasten uran alapintaa alkaen uudelleen tiivistämään. Tätä, joka kierroksella toistuvaa ilmiötä kutsutaan renkaan lepattamiseksi.

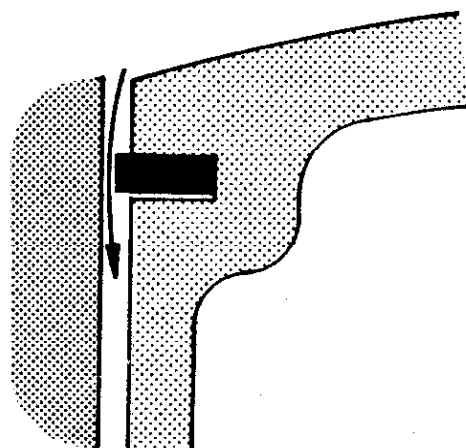
RENKAAN OHENTAMINEN
AUTTAA

Lepattaminen voidaan estää pienentämällä hitausvoimaa. Tämä voi tapahtua kahdella tavalla, joko laskemalla kierroslukua tai keventämällä rengasta. Kierroslukua ei tietenkään suostuta laskemaan, jos se suinkin vain on mahdollista pitää ennallaan, siispä on keskityttävä renkaan keventämiseen. Keventämisen on tapahduttava siten, että rengasta alaspäin painava voima ei pienene, sillä silloinhan siitä ei olisi mitään hyötyä. Ainoa tapa on ohentaa rengasta, jolloin se kevenee, mutta sen yläpinnan pinta-ala pysyy entisellään. Tutkimusten mukaan rengas ei lepata moottorin käydessä, jos hitausvoima ei saa sitä lepattamaan sylinterin paineella 300 kPa. Kun tämä tiedetään, on erilaisten lepatustaulukoiden laatiminen helppoa. Taulukosta näkee suoraan millaisen männän kiihtyvyyden tietyn paksuinen rengas sallii. Mikäli männän kiihtyvyys nousee yli sallitun rajan moottoria

Renkaan paksuus	Maksimikihtyvyys
0,6 mm	63 300 m/s ²
0,8	47 500
1,0	38 000
1,2	31 700
1,6	23 800
2,0	19 000



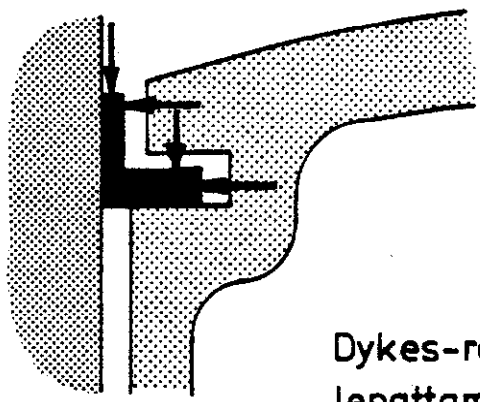
Normaali rengas
lepattamassa.



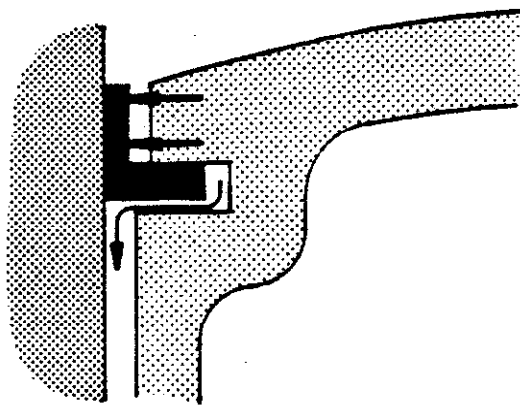
viritettäessä, alkavat renkaat jossain vaiheessa lepattaa ja moottorista ei saada toivotun suurista tehoja ulos. Ainoa tapa selvittää tilanteesta on vaihtaa moottoriin toisenlaisilla renkailla varustettu mäntä. Jos sellaista ei ole valmiina saatavana, on tilanne kiusallinen.

DYKES RATKAISEE ONGELMAT

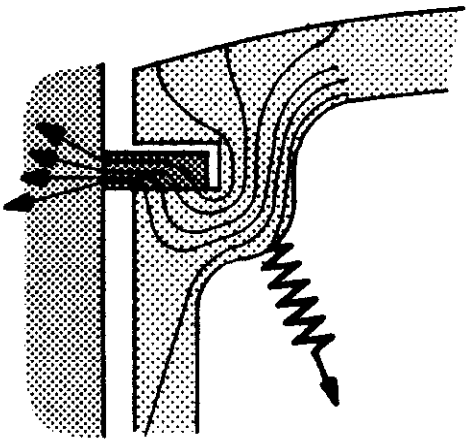
Lepattamisen haittojen ehkäisemiseksi on kehitetty niinsanottu Dykes-rengas, joka ei vuoda lepatessaankaan. Sen poikkileik-



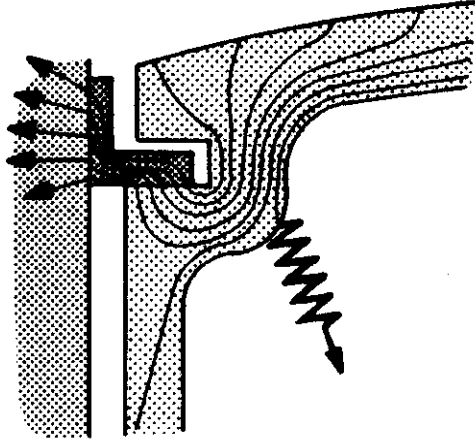
Dykes-rengas
lepattamassa.



Lämmön siirtyminen männästä sylinterin seinämään.



●Tavallinen rengas.



●Dykes-rengas.
-Laajempi kosketuspinta.

kaus on L-kirjaimen näköinen. Se sijoitetaan useimmiten aivan männän yläosaan, ja vieläpä siten, että se on nähtävissä mäntää ylhäältäpäin katsottaessa. Renkaan voidaan kuvitella koostuvan kahdesta osasta, joista toinen on normaalin männänrenkaan kaltainen vaakasuora rengas. Sen päällä on lieriövaippa, joka suorittaa tiivistyksen renkaan lepattaessa. Lepattaessaan rengas nousee uran yläreunaa vasten aivan kuin perinteiset renkaatkin, mutta sen lieriöosan takana vaikuttava paine puristaa sitä koko ajan sylinterin seinämää vasten ja sen tiivistyskyky säilyy. Rengas kestää siis erittäin kovia männän kiihtyvyyksiä ja koska se on aivan lähellä männän päätä, myös sen jäähdytyskyky on erinomainen. Jäähdytyskykyä parantaa myös sen sylinteriä vasten tuleva suuri pinta. Tätä rengasta käytetään usein yksinään, koska sen tiivistys- ja lämmönjohtokyky on niin hyvä, että toista rengasta ei tarvita apuna. Tällöin rengaskitka pienenee ja moottorin mekaaninen hyötysuhde paranee.

Dykes-rengas on ominaisuuksiltaan niin ylivoimainen, että jos vain on mahdollista valita eri rengastyypin välillä suosittelen sitä valittavaksi. Kaiken muun

hyvän lisäksi se valmistetaan usein materiaalista, joka on niin sitkeää, että renkaan voisi vaikka vääntää solmuun sen katkeamatta. Rengas ei katkea mitenkään, ja silloin sen kappaleita ei suuremman moottorivaurion jälkeen tarvitse kaivella kampikammioista.

RENKAAN PINTAPAINEN

Renkaiden jousivoimasta johtuen pintapaine jakautuu nelitahtimoottorissa siten, että paine on suurin renkaiden päissä. Kaksitahtimoottorissa se on kuitenkin tehtävä päissä pieneksi, sillä renkaiden katkeamisvaara on il-

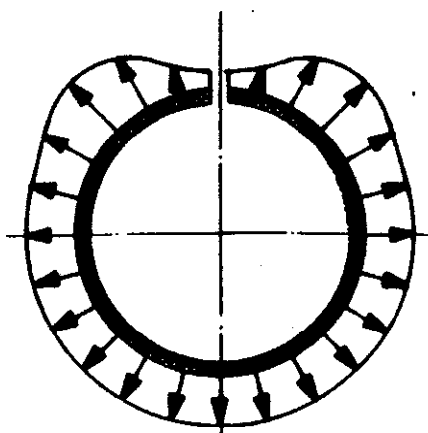
meinen ja niiden päitä ei kevenetä. Katkeamisen estämiseksi renkaat lukitaan uriinsa siten, että niiden päät tulevat ehyen sylinteripinnan kohdalle aukkojen väliin. Lukitseminen voidaan toteuttaa hyvin monella tavalla. Yleisimmät ratkaisut ovat erilaisia lukitustappiversioita, joissa männänrenkaan päihin on tehty lovet tappia varten.

KILPAKONEESEEN OHUT RENGAS

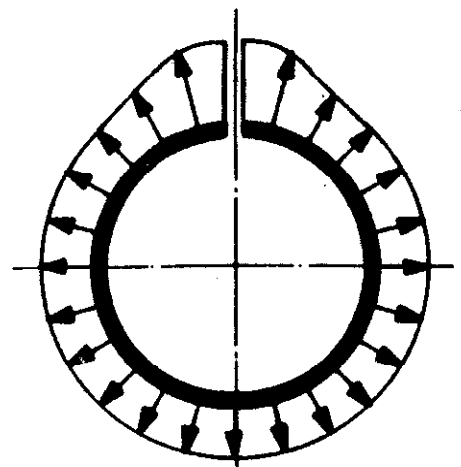
Vielä muutama vuosi sitten motocross-moottoreissa käytettiin 2 mm paksuja renkaita, mutta on siirrytty 1,2 mm tai joissain tapauksissa jopa 0,6 mm renkaiisiin. Katupyörissä käytetään paksuja renkaita, vaikka ne lepattaisivatkin, sillä niiden kestävyys on huomattavasti parempi. 2 mm renkaat kestävät 19200 m/s² kiihtyvyyden lepattamatta ja se merkitsee 50 cc moottorille 8200 kierrosta minuutissa ilman pelkoa lepattamisesta ja 250 cc moottorissa lepattaminen alkaa jossain 6300 kierroksen yläpuolella. Suuremmilla kierroksilla moottorin teho laskee renkaiden vuotaessa. Ohuimpien renkaiden vaihtaminen tulee tietysti ensimmäisenä mieleen, mutta ohuet renkaat kuluvat nopeasti ja kuluneet renkaathan tiivistävät tunnetusti huonosti. On siis tasapainoiteltava lepattamisen ja kulumisen välillä. Käyttöpyörän moottorissa valitaan paksut renkaat ja kilpamoottoria ajetaan ohuilla renkailla ja vaihdetaan niitä usein.

KUINKA MONTA RENGASTA?

Tavallisia renkaita on yleensä kaksi kappaletta, jolloin saadaan



Kaksitahti



Nelitahti

varmempi tiivistys, mutta samalla tulevat myös kitkahäviöt suuremmiksi. Yli 7000 kierrosta minuutissa pyörivässä moottorissa kasvavat häviöt jo merkittävästi, ja niinpä uusimmissa moottoreissa onkin alemmasta renkaasta luovuttu. Kaksirenkaisesta männästä ei kuitenkaan pidä mennä poistamaan alempaa rengasta, ellei sen rengasuraan hitsata täytettä pako- ja huuhteluaukkojen väliin, sillä mikäli uraa ei tukita tältä väliltä pääse seos virtaamaan suoraan huuhtelukanaavasta pakoputkeen ja sitähän ei tietenkään toivota. Renkaan poistaminen parantaa kyllä mekaanista hyötysuhdetta, mutta samalla männän jäähtytys kärsii ja tuloksena saattaa olla jatkuvia murheita ylikuumentumisen muodossa.

Jos renkaiden lepattamisen takia ollaan todella pahassa pulassa, voidaan viimeisenä keinona kokeilla dragstermiesten kehittämää konstia. Porataan pieniä reikiä männänpään läpi rengasuran pohjalle. Vaikka rengas lepattaisikin, syöttävät nämä pienet reiät korkeapaineista kaasua palotilasta renkaan taakse. Näin renkaan vuotamista voidaan vähentää tai se voi jopa loppua kokonaan.

LUKITUSTAPIT

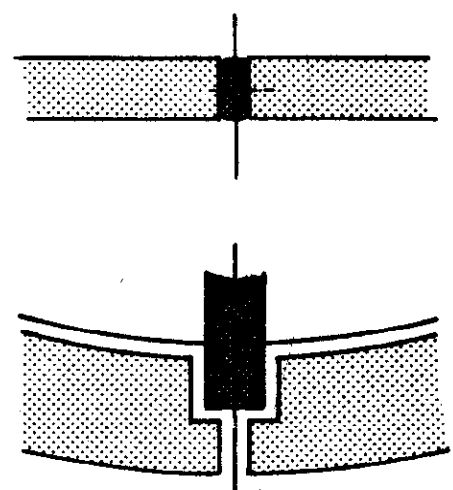
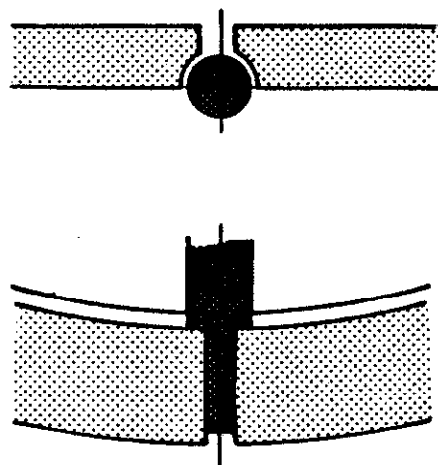
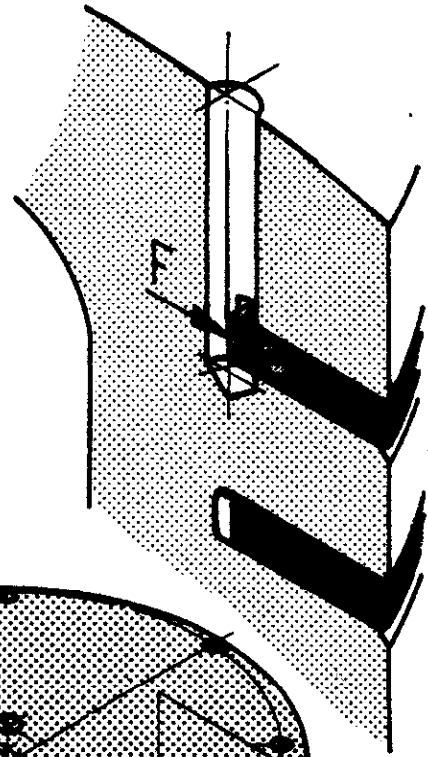
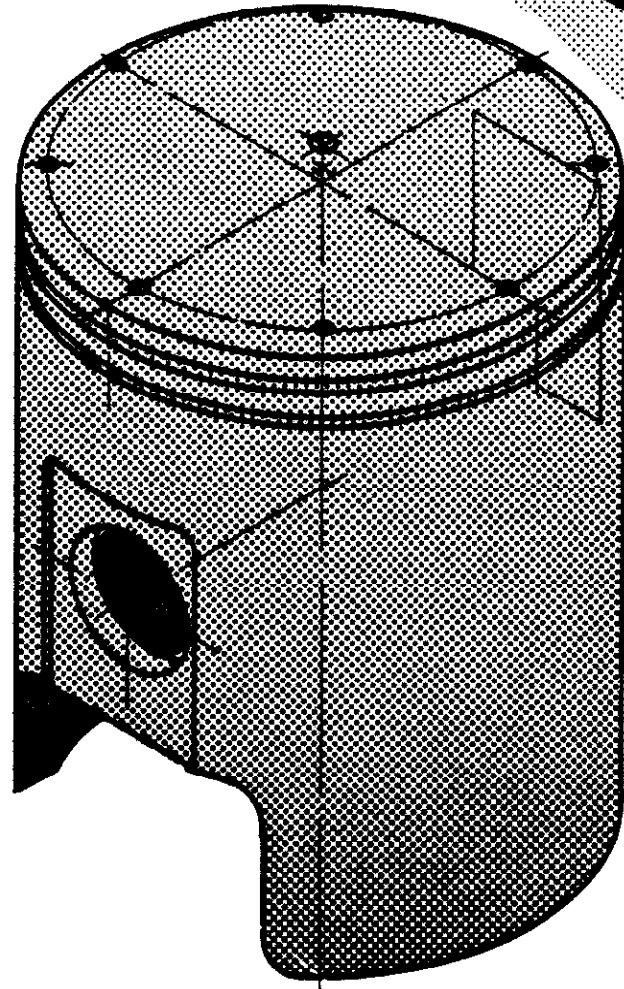
Jos männänrenkaiden lukitustapit ovat sylinterin etuosassa pakoaaukon molemmilla puolilla, on ne pakoaaukon leventämisen vuoksi joskus siirrettävä sylinterin taaksoa. Tällöin uusia tappeja ei saa tehdä teräksestä, sillä sen lämpölaajenemiskerroin on vain noin puolet alumiinin kertoimesta. Terästapit irtoaisivat männästä sen lämmitessä normaaliin käyntilämpötilaansa ja tuloksena olisi pahaa jälkeä. Sopiva materiaali tappeihin on pronssi tai ne voidaan valmistaa putkisokista. Reiän poraaminen uraan siten, että se on puolittain sen sivussa ei onnistu, ellei uraa ensin tuki alumiinipalalla. Kun uraan asetetaan sopivan kokoinen alumiinipala, on reiän poraaminen helppoa.

KIINNILEIKKAUTUMISIA JARRUTUKSISSA

Renkaiden lepattaminen saattaa muodostua todelliseksi riesaksi korkeasti lämpökuormitetussa moottorissa. Renkaiden lepattamisesta löytyy usein selitys pitkän

Palotilan paineen johtaminen renkaan taakse.

En tiedä onko tätä keinoa kokeiltu kaksitahtimoottorissa. Se toimii kuitenkin hyvin nelitahtisissa kiihdytysautoissa.

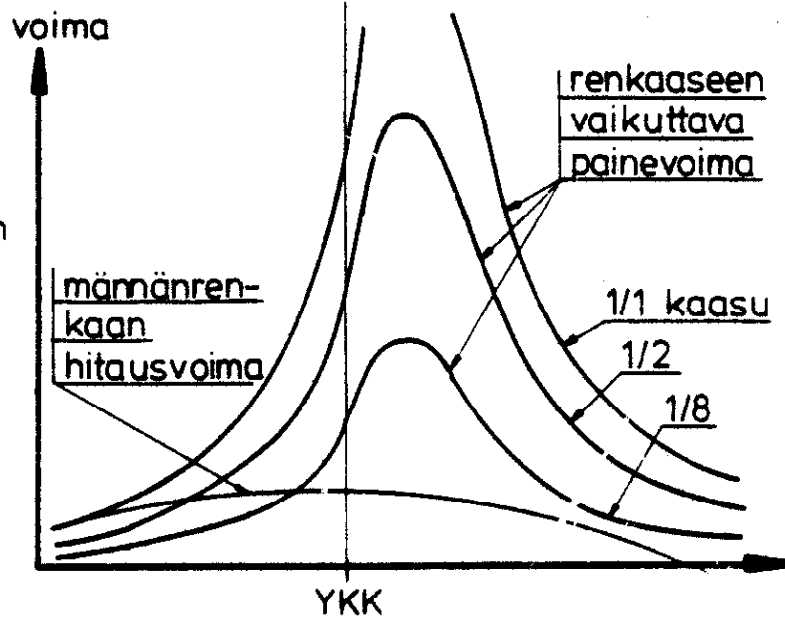


suoran jälkeisessä moottorijarrutuksessa sattuviin mystisiin kiinnileikkautumisiin. Tapahtumien kulku on seuraava. Moottorin lämpötila kohoaa voimakkaasti suoran aikana. Renkaat toimivat lepattamisen rajoilla, mutta se alkaa vasta kun kaasua vähennetään suoran lopussa. Tällöin rajoitetaan seoksen virtausta kamppikammioon ja palotilan paineet laskevat koko työkierron osalta. Puristusaine laskee ja se ei enään

riitä pitämään renkaita uran alapintaa vasten. Tulikuumat pakokaasut pääsevät vuotamaan männänrenkaiden ohi ja niiden lämpö sytyttää sylinterin pinnalla olevan voiteluöljykalvon palamaan rikkoen sen ainakin paikallisesti. Seurauksena on voitelun pettäminen, suora metallinen kosketus sylinterin ja männän välillä ja välitön kiinnileikkautuminen. Joskus perimmäisen syyn löytyminen tuottaa vaikeuksia ja vain

Männänrenkaan lepattaminen.

Rengas alkaa lepattamaan kun kaasu suljetaan moottorijarrutuksessa.



harvat osaavat epäillä syyksi renkaiden lepattamista. Vaurioon johtaneiden tapahtumien oivaltamista vaikeuttaa myös se tosiasia, että kone leikkautuu kiinni vasta kaasun löysäämisen jälkeen eikä suinkaan kiihdytettäessä täydellä kuormalla. Kuten jo aiemmin on mainittu, voidaan lepattamistaipumusta vähentää vaihtamalla moottoriin ohuimmilla männänrenkailla varustettu mäntä tai siirtymällä käyttämään L-profiilimäntää. Tässä tapauksessa auttaa myös seoksen rikastaminen, sillä siten saadaan moottorin käyntilämpötilaa laskettua ja sylinteripinnan öljykalvon kestävyys paranee. Jos muut keinot eivät tehoa on viimeinen, jo aivan epätoivoinen, keino muuttaa ajotapaa siten, että suoran päässä ei suljetakaan kaasua kokonaan, vaan pidetään se hieman raollaan koko jarrutuksen ajan. Tällöin palotilan paineet pysyvät lepatusrajan yläpuolella ja männänrenkaiden lepattaminen estyy. Puristussuhdetta korottamalla voitaisiin paineita myös kohottaa, mutta tällöin moottorin lämpörasitus kasvaa ja seurauksena olisi entistä varmemmin ylikuumentuminen ja männän puhkeaminen.

Kiertokangen laakerointi

LIUKULAAKERI

Aikaisemmin kiertokangen yläpää laakeroitiin männäntappiin liukulaakerilla. Se ei kuitenkaan kestä suuria laakerikuormia, sillä laakeria voitelee vain männän sisäpuolelta tippuva öljy ja kun mäntä lämmittää öljyn lähes 250°C lämpötilaan on voitelu aika puutteellista. Näin korkeassa lämpötilassa öljyn viskositeetti laskee niin alhaiseksi, ettei laakeriholkin

ja männäntapin väliin muodostuvan öljykalvon paksuus ole riittävä, vaan laakeri pyrkii leikkaamaan kiinni. Liukulaakerin kunnollisen toiminnan ehtona on riittävän suuri kehänopeus ja tarpeeksi pieni pintapaine. Matalaviritteisissä moottoreissa laakerin pintapaine voidaan tehdä riittävän alhaiseksi, mutta niissäkin tulee ongelmia kehänopeuden suhteen. Yläpään laakerihan tekee edestakaista liikettä ja se niinollen pysähtyy molemmissa ääriasennoissa. Öljykalvon muodostuksen kannalta tämä on ongelmallinen tilanne ja niinpä liukulaakerin käytöstä onkin

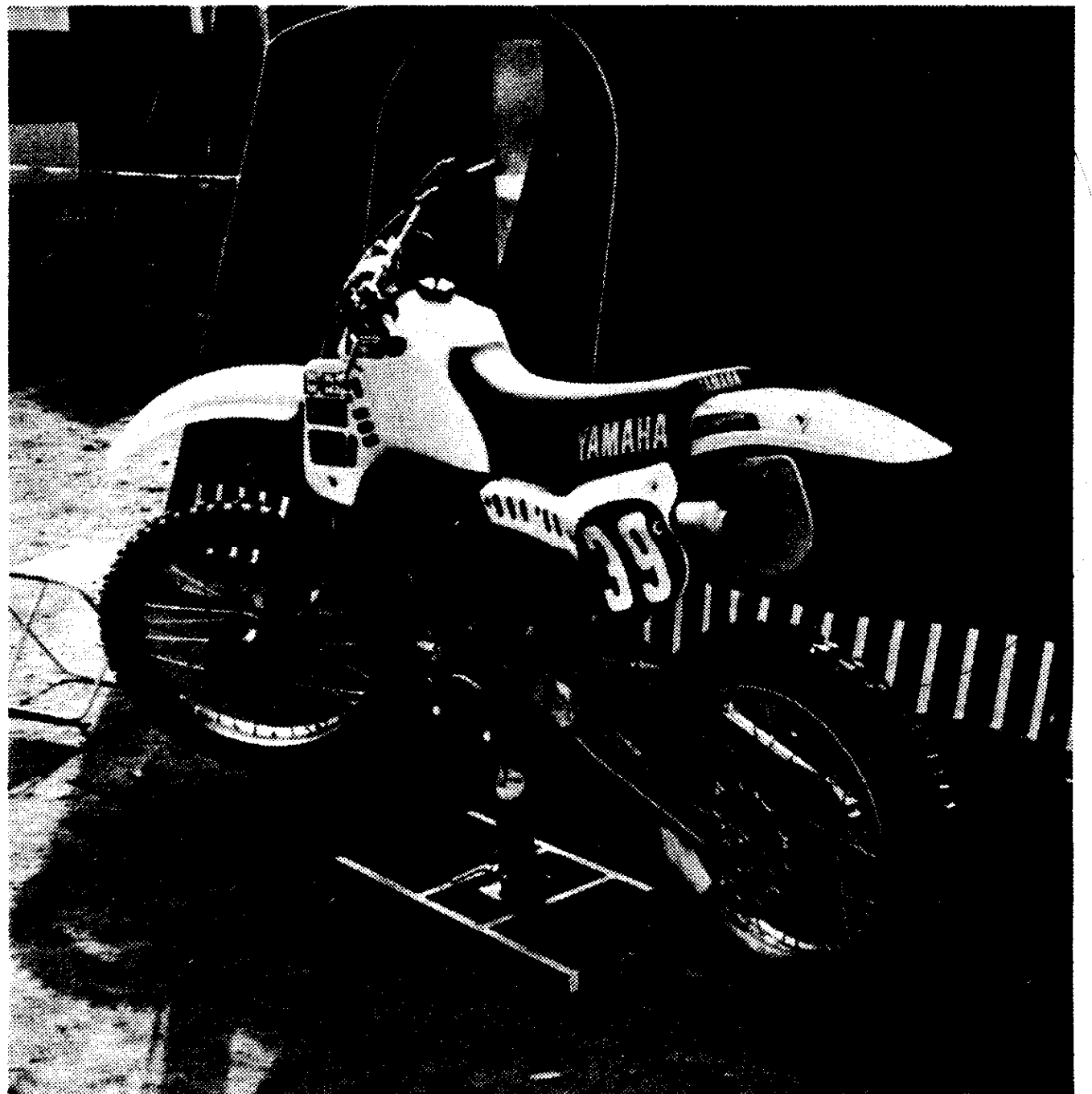
vähitellen luovuttu.

NEULALAAKERI

Nykyisin yläpään laakerina on lähes poikkeuksetta neulalaakeri. Sen etuihin kuuluu pieni kitka ja liukulaakeria huomattavasti pienempi voiteluntarve. Toisaalta sen huonoiksi puoliksi voidaan laskea sen vaatima tarkasti työstetty ja pintakarkaistu kiertokangen yläpään laakeripinta ja tämän myötä korkeampi hinta. Kuitenkin neulalaakeri on tullut jäädäkseen yläpään laakeriksi, sillä millään muulla laakerilla ei kilpamoottorin valtavia hitausvoimia saada välitettyä männästä kiertokankeeseen.

NEULAKEHÄ LUJILLA

Neulalaakerin yleisin vaurio on neulakehän murtuminen. Männän suuret kiihtyvyydet rasittavat neulakehää suuresti ja sen päästessä liikkumaan pystysuunnassa männäntappiin nähden, iskeytyy se vuorotellen tapin ylä- ja ala-



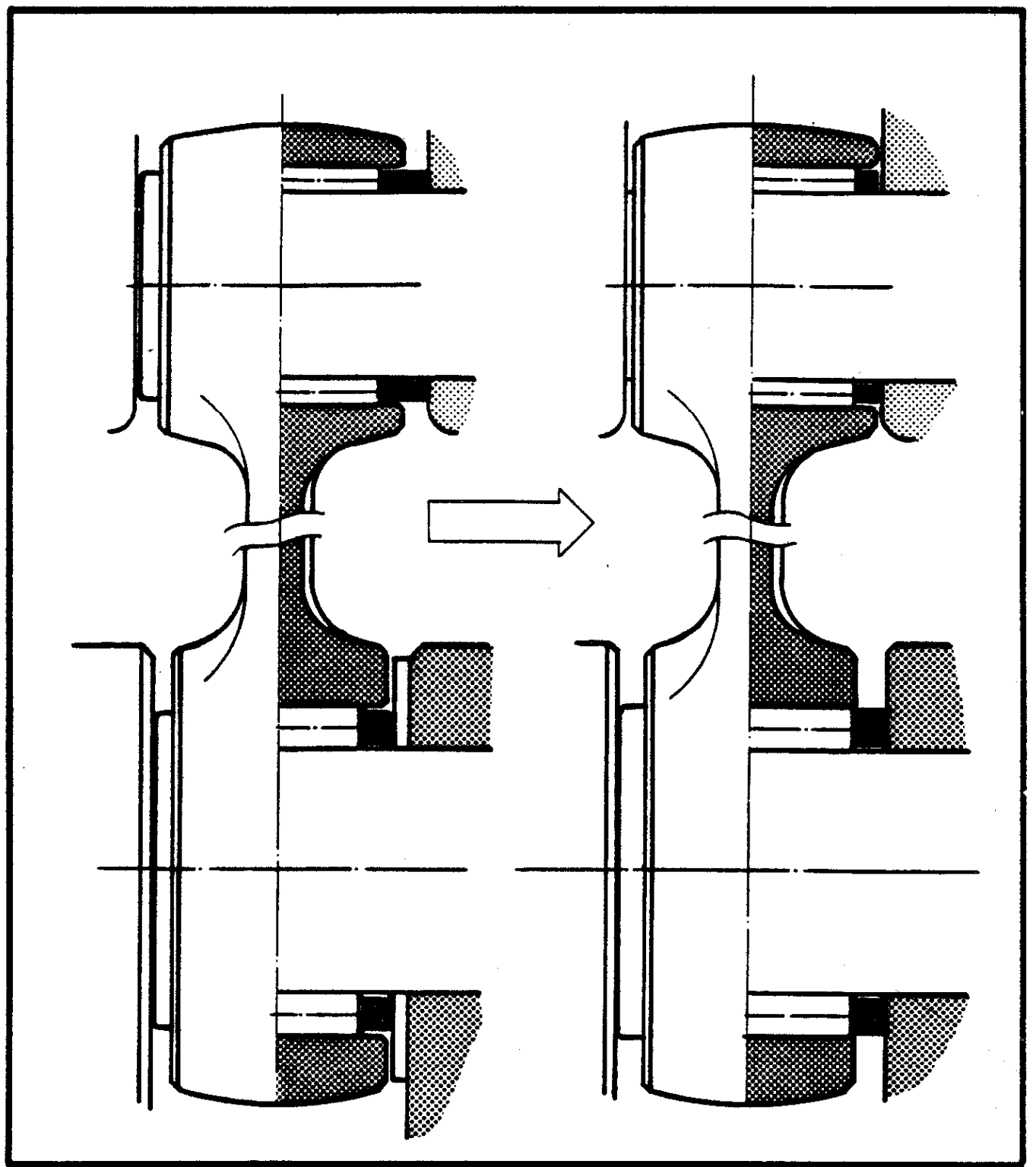
Thorleif Hansenin Yamahan alla on kätevä ruotsalainen huoltopukki, jolla pyörän molemmat renkaat voidaan nostaa ilmaan samanaikaisesti.

pintaan, jolloin neulakehään tulee korkeita jännityksiä. Ajan mittaan voi materiaalin väsymislujuus tulla ylityksi ja tuloksen on hiushalkeamia neulanreikien kulmauksissa. Nämä halkeamat etenevät nopeasti ja neulakehä katkeaa. Tämänkaltaisen vaurion estämiseksi neulakehä voidaan tehdä kevytmetallista tai peräti titaanista. Usein on kuitenkin tyydytty vain keventämään teräksistä neulakehää. Tarkoituksena on joka tapauksessa keventää neulakehää ja siten pienentää sen rasituksia.

Kiertokangen alapään laakerin osalta tilanne on hyvin samantapainen. Kampiakselin pyörimisnopeus kiertokankeen nähden ei ole tasainen, vaan koko ajan kiihtyvä tai hidastuva. Tämä johtuu siitä, että kiertokanki ei pysy pystysuorassa vaan kallistelee puolelta toiselle. Seurauksena tästä suhteellinen nopeus on suurempi yläkääntökohdassa kuin alakääntökohdassa, jossa kiertokangen ja kampiakselin kulmanopeudet ovat samansuuntaiset. Neulalaakeri joutuu siis olemaan jatkuvasti kiihtyvässä tai hidastuvassa liikkeessä ja neulat työntävät neulakehää jompaan kumpaan suuntaan sitä kiihdyttäen tai hidastaen. Neulakehän ja neulan välinen kitka lämmittää laakeria ja sitä voiteleva öljy siirtää lämpöä pois laakerista. Jos voitelu on kuitenkin puutteellista eikä se jäähtytä tarpeeksi laakeria, kohoaa laakerin lämpötila koko ajan, jolloin voitelu heikkenee edelleenkin. Toisiaan vasten liukuvien pintojen välinen kitka lisääntyy ja koko ajan kehittyy yhä enemmän ja enemmän lämpöä. Lopuksi laakeri on niin kuuma, että voiteluaine syttyy palamaan ja laakerin voitelu pettää lopullisesti. Tällöin laakeri leikkaa kiinni.

SIVULEVYT POIS ALAPÄÄN LAAKERISTA

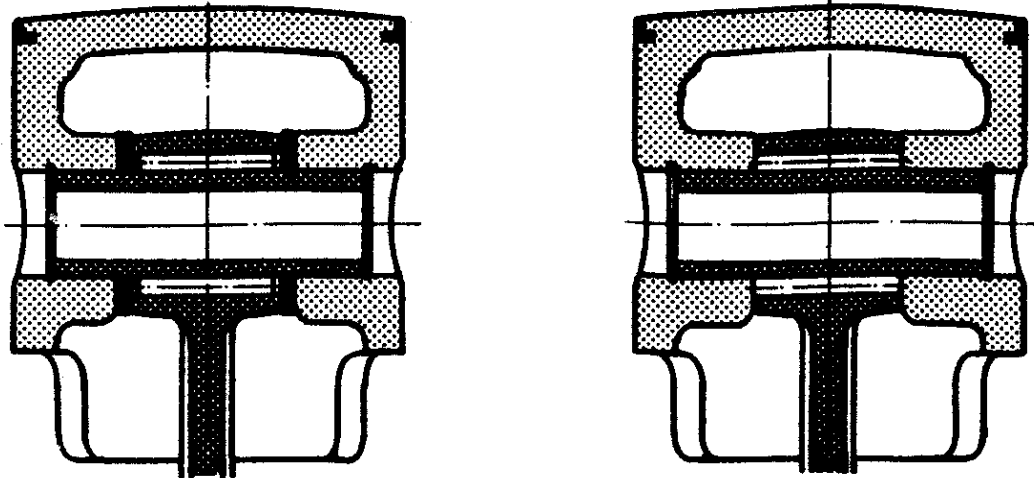
Tilanteen helpottamiseksi voidaan neulakehä valmistaa aineesta, jonka tiheys tai kitkerroin terästä vastaan on pienempi. Myös muotoilemalla neulakehä siten, että pintapaine sen ja neulan välillä pienenee ja öljykalvon muodostumismahdollisuudet paranevat helpoitetaan tilannetta. Paras tapa korjata tilanne on parantaa voitelua tavalla tai toisella. Kiertokangen

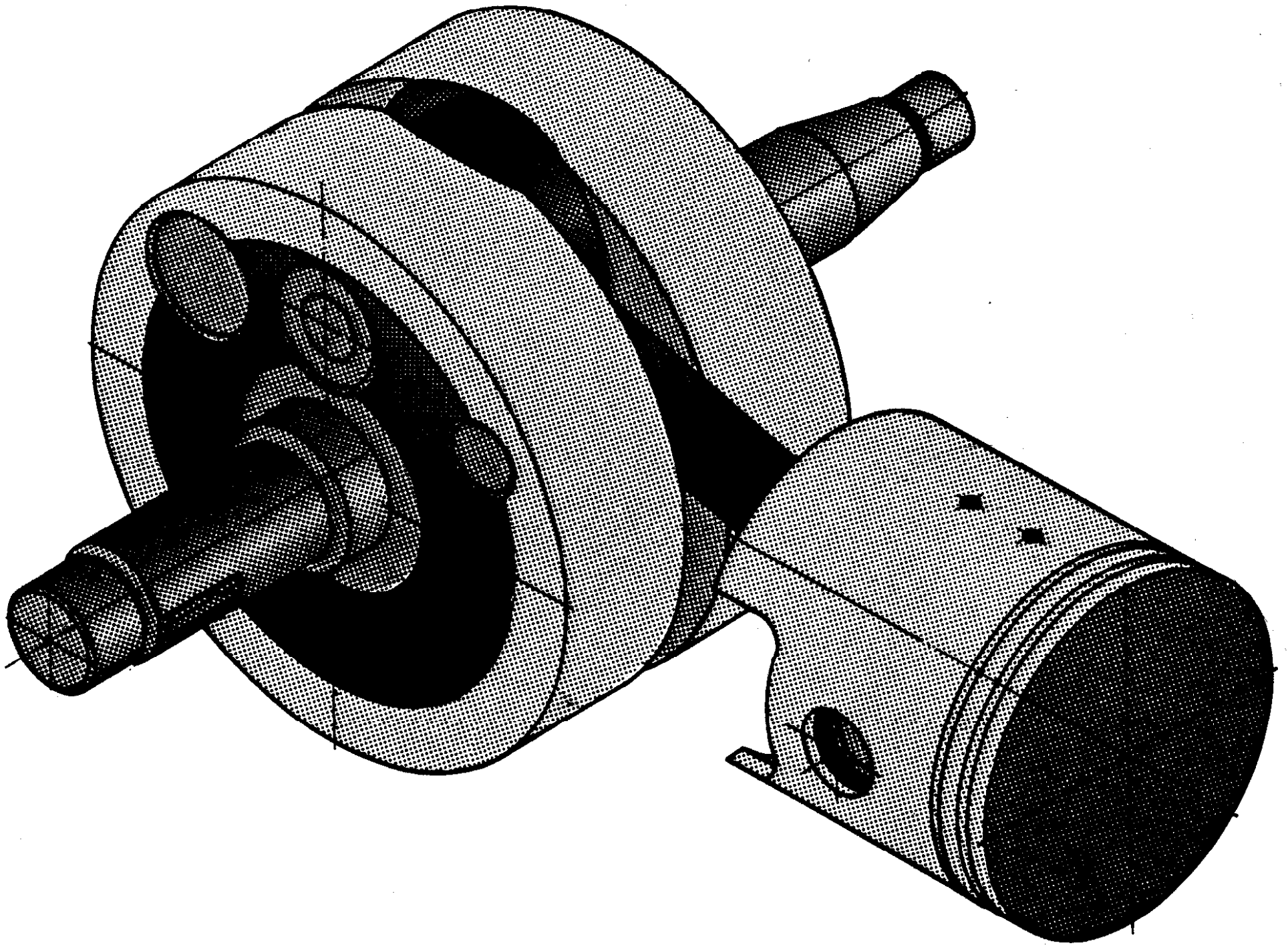


alapään voitelureikien suurentaminen ja uudelleen muotoilu auttaa jonkin verran, mutta todellista parannusta saadaan aikaan vasta poistamalla kiertokangen sivulevyt laakerin sivuilta. Niiden tehtävänä on ohjata kiertokankea aksiaalisesti ja pitää se siten oikealla paikallaan, mutta valitettavasti ne samalla estävät voiteluöljyä pääsemästä esteettömästi laakeria voitelemaan. Ne onkin parasta siirtää yläpäähän laakeriin, jolloin kiertokangen ohjaus tapahtuu yläpäähän laakerilla. Tämän järjestelyn heikkoutena on sen tuomat asennusvaikeudet. Yläpäähän laakeroinnin kokoaminen on nimittäin vaikeaa, kun väli-

levyjenkin olisi osuttava kohdalleen. Uutta moottoria suunniteltaessa onkin männän sisäpuoli muotoiltava siten, että kiertokanki mahtuu vain juuri ja juuri tilaansa ja aksiaalista välystä ei ole liikaa. Tällöin välilevyjä ei tarvita ja männän paikalleen asentaminen on yhtä helppoa kuin ennenkin. Tällä välilevyjen poistamisella on huomattava merkitys laakerin kestävyteen, sillä se saattaa operation jälkeen kestää 1000...2000 kierrosta minuutissa enemmän kuin alkuperäisessä kunnossaan. Tämä tietää kierrosluvun pysyessä muuttumattomanakin laakerin kestoajan moninkertaistumista.

Sivulevyjen poistaminen.

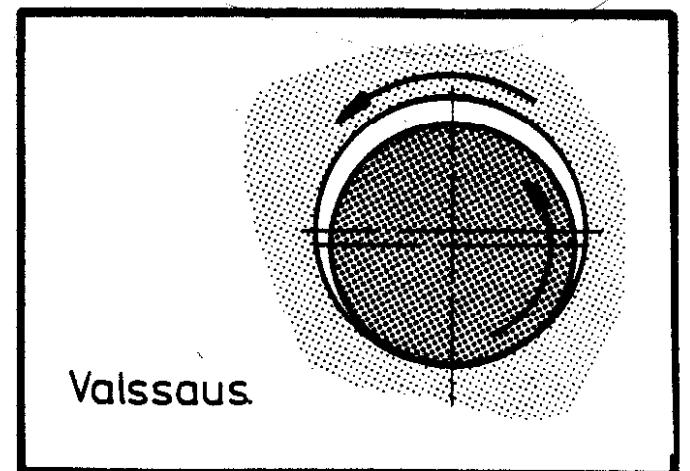




Kampiaksieli

Kampiaksieli ei periaatteessa ole mikään kuluva osa. Sen laakerikauloilla on kuitenkin taipumus vähitellen valssautua ja pahimassa tapauksessa laakeri alkaa pyöriä laakerikaulalla. Valssaamista tapahtuu silloin, kun laakerin sovite akselille on aavistuksen verran liian löysä ja sen sisärenngas pääsee vierimään akselin pinnalla. Akseli kuluu ja sovite löystyy, jolloin tilanne pahenee koko ajan. Runkolaakerin ja kampiakselin laakerikaulan välinen sovite on kuitenkin pakko tehdä löysähköksi, sillä moottorin purkamisen yhteydessä osien on päästävä irtoamaan helposti tästä välistä. Niinpä ei olekaan mikään ihme, että hyvin usein näkee kuluuneita laakerikauloja. Toinen heikko kohta on ensiövedon ham-

maspyörän lukitus. Hyvin usein se on toteutettu puolikuulilla, ja jos kiilassa on vähänkin väljää, alkaa se kampiakselin epätasaisen pyörimisnopeuden johdosta kuluttamaan kiilauraansa leveämmäksi. Hammaspyörän kiilaura ei tavallisesti kulu, koska hammaspyörä on valmistettu niin paljon kiilaa paremmasta teräksestä, että muokkautuminen tapahtuu kiilan puolelta. Kampiakselin kiilaura sen sijaan levenee ja vaurioituneen kiilauran korjaaminen on käytännössä mahdotonta, joten tiedossa on lähitulevaisuudessa kampiakselin ainakin osittainen uusiminen. Eräs mahdollisuus tuhota käyttökelpoinen kampiakseli on taitamaton kiertokangen alapään laakerin vaihto. Koskaan ei kammentappia saa mennä puristamaan läpi kammen reiästä. Reikä saattaa suurentua juuri sen verran, että se tuntuu olevan kunnossa akselia



kootessa, mutta ajettaessa kampiakseli vääntyy kammentapin kiertyessä kammenreiässä. Akseli on aina purettava siten, että vastapainot vedetään erilleen toisistaan.

KOOTTU OSISTA

Yksisylinterisen moottorin kampiakseli kootaan aina osista. Niin se on helpoin valmistaa ja osissa voidaan käyttää erilaisia materi-

aaleja. Vastapainot ja niihin liittyvät akselitapit tehdään joko yhtenä kappaleena takeesta koneistamalla tai kahtena erillisenä osana pyörötangosta koneistettuna. Osat valmistetaan seos- tai hiiliteräksestä ja laakerikohdat karkaistaan liekki- tai induktiokarkaisulla. Vastapaino voidaan valmistaa joko täydeksi ympyräksi tai niinsanottuna T-kiekkona. T-kiekko on halvempi vaihtoehto, mutta se ei täytä kampikammiota kokonaan vaan jättää sinne tehotonta tilaa, joka pienentää kampikammion puristussuhdetta. Toisaalta kyllä täyteen kiekkoonkin on porattava tasapainoitusreiät ja nehan lisäävät tehotonta tilaa aivan samalla lailla. Puristussuhdetta voidaan korottaa täyttämällä tasapainoitusreiät alumiinipalasioilla ja poraamalla vastapuolelle pienemmät reiät, jotka täytetään lyijyllä. Tasapainoitus ei muutu, mutta tehoton tilavuus saatiin poistetuksi.

KAMMENTAPPI

Vastapainot yhdistetään toisiinsa kammentapilla, joka samalla toimii laakerikaulana. Se on erittäin korkeasti kuormitettu koneenosa ja senpä tähden se valmistetaan korkealaatuisesta raaka-aineesta. Materiaalina on usein korkealuokainen nitrausteräs. Kammentappi valmistetaan joko ainesputkesta tai pyörötangosta, mutta joka tapauksessa sen sisälle porataan kevennysporaus. Sen ulkopinta sorvataan ja hiotaan, minkä jälkeen tappi pannaan uuniin noin 500°C lämpötilaan useaksi kymmeneksi tunniksi. Unista on ilma poistettu ja tilalle on tuotu tyypipitoista kaasua. Tapin pinnalle muodostuu erittäin kova pintakerros, joka on erinomainen laakeripinta.

RUNKOLAAKERIT

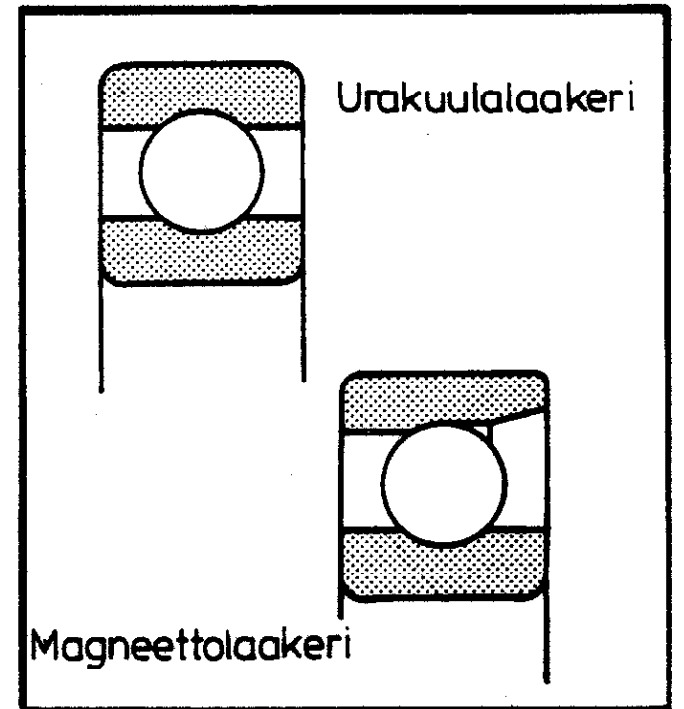
Kampiakseli laakeroidaan kampikammioon useimmiten urakuulalaakereilla. Aikaisemmin käytettiin yleisesti viistokuulalaakereita, mutta niiden vaatima tarkka aksiaalisten välysten säätö on syynä helpommin asennettavien urakuulalaakereitten käyttöön. Viistokuulalaakerit asennettiin sekä

pesiinsä että akselille tiukilla sovitteilla ja vielä vanhassakin moottorissa ne olivat tiukasti akselillaan ja akselipinnat uudenveroisessa kunnossa. Tätä samaa ei voi sanoa urakuulalaakereista. Kuulalaakerit ovat yleensä standardikokoja, mutta ne ovat suurivälisistä C3-tyyppiä. Laakerin on pystyttävä toimimaan olosuhteissa, joissa sisäkehän lämpötila on ulkokehän lämpötilaa korkeampi ja normaalilaakeri leikkaisi kiinni tai ainakin kului normaalia nopeammin näissä erikoisolosuhteissa.

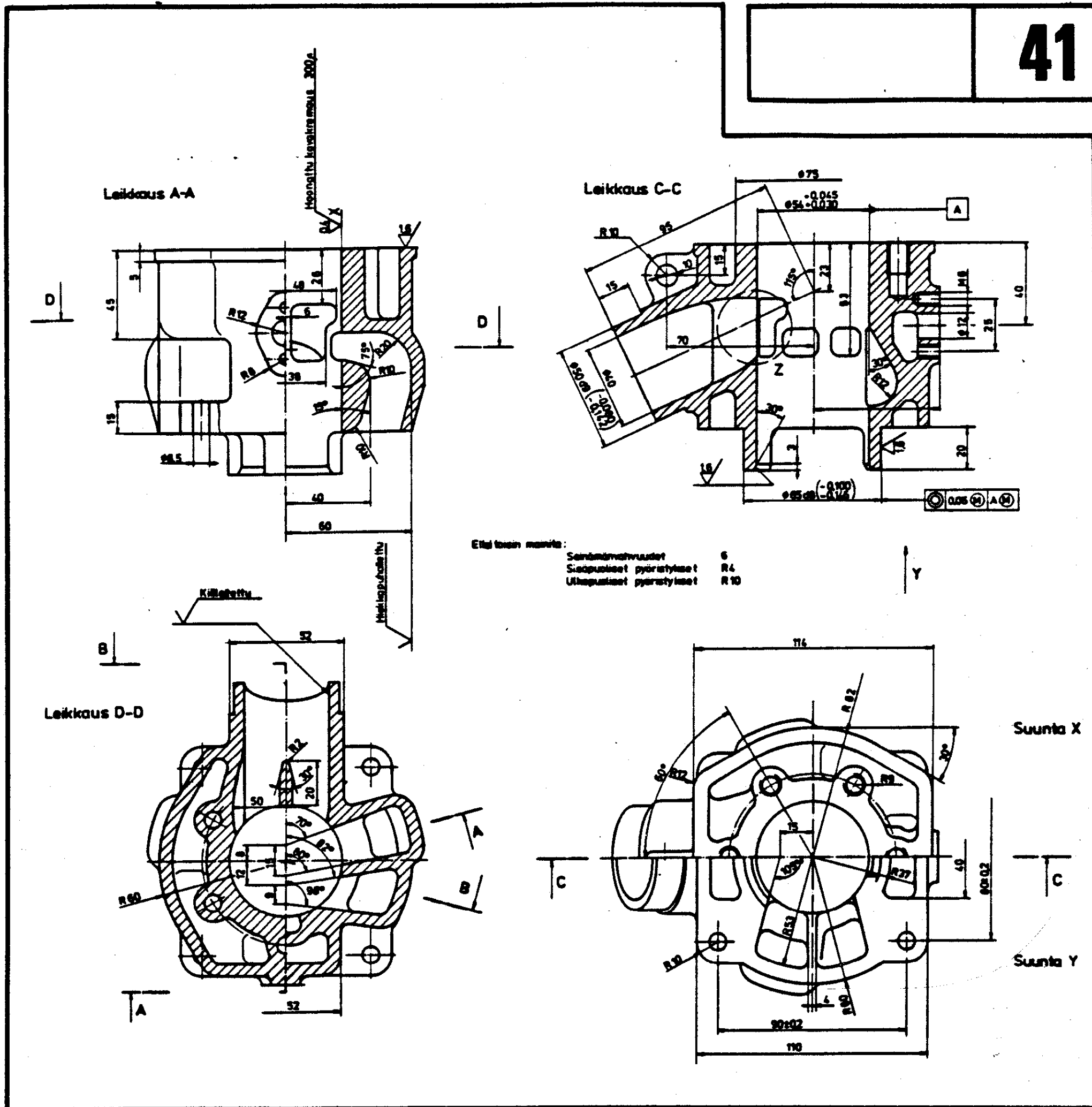
AKSELITIIVISTEET

Kampiakselin tiivisteinä käytetään huulitiivisteitä, joissa on varsinaisen tiivistyshuulen lisäksi niinsanottu pölyhuuli, joka pitää lian poissa tiivisteestä. Uusimmissa tiivisteissä huulien pinta on päällystetty teflonilla ja niiden

kestoikä on erittäin pitkä. Suurin tiivisteiden vaurioitumisen syy onkin jo asennusvaiheessa tapahtunut huulen vioittuminen. Tiiviste on huoltovapaa ja ainoa voitelutoimenpide, joka sille täytyy tehdä, on kevyt rasvaaminen moottoria kootessa.



Motocross olisi muuten miellyttävää touhua, mutta kun se on niin likaista. Painepesuri auttaa paljon, ja siksi niitä löytyy kaikilta MM-varikoilta kymmenittäin.



4 Sylinteri ja kansi

Sylinteri

RAAKA-AINEENA KEVYT-METALLI

Sylinteri valmistettiin ennen kokonaan valuraudasta. Valuraudan käyttöä puoltavat sen erinomaiset liukuominaisuudet ja hyvä valetavuus. Se on kuitenkin painavaa ja sen lämmönjohtamiskyky on sen verran heikko, että tehokkaan

jäähdytyksen aikaansaaminen on vaikeaa. Nykyisin sylinteri tehdään poikkeuksetta kevytmetallivalusta. Se on paljon parempaa johtamaan lämpöä pois palotilasta ja huomattavasti keveämpää. Ilmajäähdytteisissä sylinterissä lämpövirta joutuu johtumaan pitkän matkan sylinteripinnalta jäähdytysrivän päähän, ja jos materiaalin lämmönjohtavuus on huono, on seurauksena suuri lämpötilaero jäähdytysilman ja sylinterivaipan vä-

lillä. Raaka-aineena käytetään suhteellisen vähän seostettua kevytmetallia, koska lujuusarvojen ei tarvitse olla korkeita ja liiallinen seostus laskee tarpeettomasti lämmönjohtavuutta. Aikaisemmin sylinterit valettiin hiekkavaluna, mutta nykyisin kuorimuottivalu ja erilaiset painevalumenetelmät ovat yleistyneet. Niillä saadaan parempi mittatarkkuus ja voidaan käyttää pienempiä seinämävahvuuksia.

SYLINDERIPUTKI VALURAUDASTA

Tavallisesti sylinterin sisälle asennetaan valurautainen sylinteriputki, joka muodostaa sylinterin liukupinnan. Se voidaan kiinnittää sinne jo valun yhteydessä tai vasta koneistuksen jälkeen, jolloin se kiinnitetään paikalleen puristusliitoksella. Tällöin putki voidaan tarpeen tullen myös vaihtaa. Valun yhteydessä kiinnitetyn putken vaihtaminen on mahdotonta. Valurautaputki on porattavissa ja niin ollen sen kestoikä on pitkä, ja vaikka sylinteri vaurioituisikin männän rikkoutuessa, voidaan se vielä saada kuntoon poraamalla seuraavan ylikokoon. Putki vaikuttaa jäähdytykseen, sillä se on kevytmetallia huonompi lämmönjohtaja ja niinpä viimeaikoina sitä on ohennettu lämmönjohtavuuden parantamiseksi.

Sylinteripinta voidaan päällystää myös kovakromaamalla elektrolyttisesti, jolloin saadaan hyvin kulutuskestävä pinta. Kovakromisylinterissä ei saa käyttää kromipinnoitettuja männänrenkaita, koska kromipinnat muodostavat yhdessä erittäin huonon liukuparin ja seurauksena on aivan varmasti välitön kiinnileikkautuminen. Toinen kovapinnoitusmenetelmä on elektrofuusio-pinnoitus. Se tehdään räjäyttämällä sylinterin sisällä teräs- ja molybdeenilankoja sähkövirran avulla. Pinnoitus käsittää 15 räjähdystä vuorotellen molemmilla langoilla. Pinnoite on kova, koska siinä on terästä, mutta se myös voitelee sisältämänsä molybdeenin ansiosta. Sen paksuus on vain 0,07 mm, joten sen lämmönjohtavuusominaisuudet ovat erittäin hyvät. Nykyisin kilpamoottoreissa on alkanut esiintyä Nicasil-pinnoitettuja sylintereitä, joiden kulutuskestävyys on omaa luokkaansa. Pinnoite sisältää alumiinisilikaattikiteitä pehmeässä nikkelipohjassa. Se on erittäin kulutuskestävää, lähes kulumatonta mutta kallista. Kilpamoottoreissa saattaa samaan sylinteriin joutua vaihtamaan useita mäntiä, mutta sylinteri on edelleenkin uudenve-roisessa kunnossa.

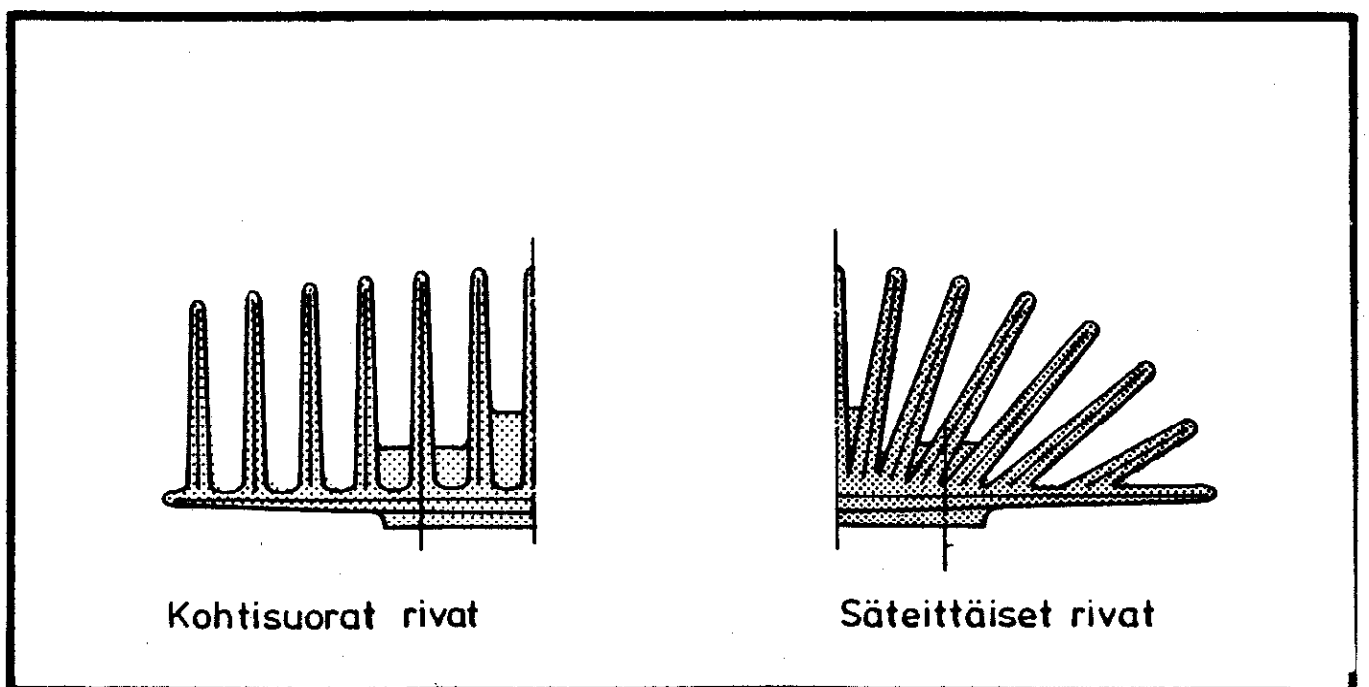
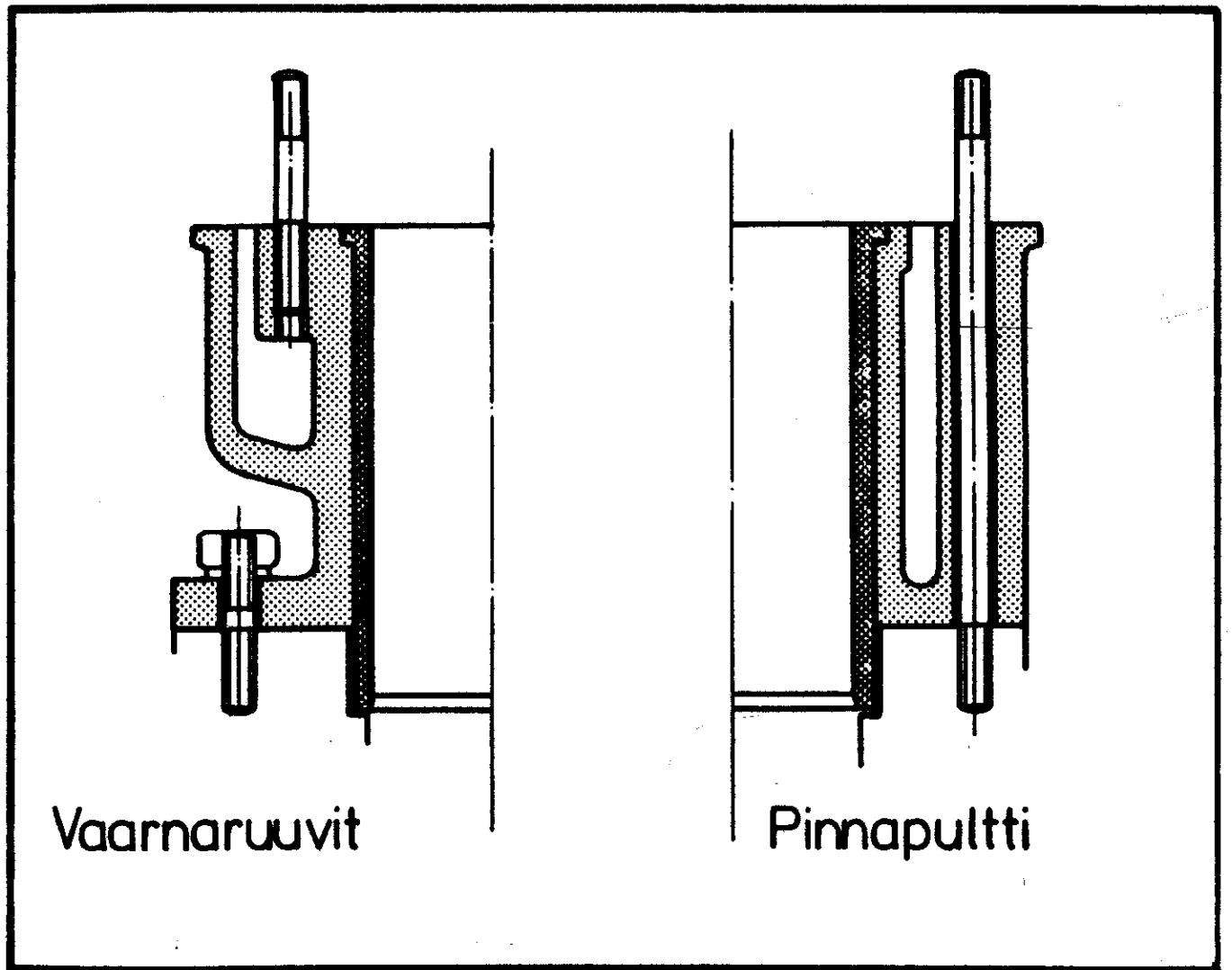
KIINNITYS KAMPIKAMMIOON

Sylinterin kiinnitys kampikammioon toteutettiin aiemmin pitkillä pinnapulteilla, joilla se puristettiin

sylinterinkannen ja kampikammion väliin. Moottoria huollettaessa nämä pitkät pultit olivat tiellä ja esimerkiksi sylinterin irrottaminen silloin, kun moottori on rungossa kiinni, oli vaikeaa ellei mahdotonta. Niinpä nyt onkin siirrytty käyttämään lyhyitä vaarnaruuveja, joiden avulla kiinnitetään sekä sylinteri kampikammioon että kansi sylinteriin. Sylinterin juuressa on kuitenkin varsin rajoitetusti tilaa ja sen kiinnitysruuvit joudutaan pakostakin siirtämään kauas toisistaan. Ne saadaan suppeammalle, kun vaarnaruuvit tehdään niin pitkiksi, että ne ulottuvat huuhteluaukkojen yläpuolelle, jolloin huuhteluaukot eivät ole muttereiden kiristämisen tiellä. Näin onkin joissakin moottoreissa tehty. Myös keskellä oleva pakoaukko helpottaa vaarnaruuvien sijoittamista, sillä jos pakokanava kaartuu sivulle päin, on se puolen vaarnaruuvi vietävä todella kauas itse sylinteristä.

KANNENPULTIT

Kannenpultteja oli ennen neljä kappaletta. Pinnapulttejahan ei sylinteriin voi muuta määrää tehdä, mutta uusimmissa moottoreissa niitä on joko viisi tai kuusi kappaletta. Ilmajäähdytteisessä kannessa kuusi kappaletta oli helppo sijoittaa jäähdytysripojen väleihin, mutta nykyisissä nestejäähdytteisissä moottoreissa on viisi kannenpulttia parempi ratkaisu. Tällöin nimittäin jäähdytysnestevirtaukset saadaan jakautumaan tasaisemmin sylinterin kaikkiin osiin. Nestejäähdytteisessä moottorissa erillisistä kannenpulteista on sekin etu, että sopivalla suunnittelulla männänrenkaiden vaihdon takia jäähdytysjärjestelmää ei tarvitse tyhjentää ja joka tapauksessa suhteellisen kallis kannentiiviste ei tuhoudu tämän huoltotoimenpiteen aikana.



VALMISTETAAN KEVYT-METALLISTA

Sylinterinkansi ei ole luonnostaan niin jäykkä kuin sylinteri ja niinpä sitä muotoiltaessa on kiinnitettävä huomiota myös sen tukevuuteen. 250 cc moottorissa saattaa kanteen kohdistua yli 17 nK:n painevoima ja on helposti ymmärrettävissä miksi sen tukevuudella on olennainen merkitys kannentii- visten elinikään. Perinteinen nelikannenpulttinen kansi on rakenteensa vuoksi herkkä vääntymään painevoimien rasittaessa sitä. Kanteen kohdistuvat voimat olisi edullista jakaa tasaisemmin sylinterin kehälle ja niinpä siirryttäessä pinnapulteista lyhyisiin vaarnaruuveihin niiden lukumäärää samalla lisättiin. Kuudella pultilla voiman jakaantuminen on tasaisempaa ja kantta voitiin keventää. Tosin ilmajähdytteinen kansi on luonnostaan jäykkä vain ripojen suunnassa ja poikkisuuntaan on tehtävä joka tapauksessa jäykisteripoja. Samalla, kun kannen jäykkyys lisääntyy, kasvaa myös sen massa. Tästä on seurauksena sen lämpökapasiteetin lisääntyminen ja tällöin sen lämpötila pysyy tasaisempana. Moottori ei kuumene niin nopeasti kiihdytyksissä ja sen teho ei putoa niin pian kuin kevyellä kannella tapahtuisi. Nestejäähdytteinen sylinterinkansi on rakenteeltaan kotelomainen ja siksi ilmajähdytteistä paljon tukevampi. Sitä ei tarvitse jäykistää vääntymisen pelossa ja koska se on täynnä jäähdytysnestettä, on sen lämpökapasiteettikin riittävä. Vaikka nestejäähdytys tarvitseekin jäähdyttimen ja pumpun, ei se välttämättä ole ilmajähdytystä painavampi ratkaisu, sillä sekä sylinteristä että sylinterin kannesta saadaan paljon painoa vähennettyä jättämällä jäähdytysrivat pois.

Raaka-aineena sylinterinkannessa on tavallisesti suhteellisen runsaasti seostettu kevytmetalli. Eräissä lähteissä annetaan murtovenymän arvoksi 3...5 % ja murtolujuudeksi vähintään 220 N/mm² ilmajähdytteiselle kannelle. Lisäksi todetaan, ettei sen lämpötila saisi paikallisestikaan nousta yli 260 °C:n. Se valmistetaan nykyisin poikkeuksetta painevaluna ja valmistustarkkuus on sitä luokkaa, että palotilaakaan ei tarvitse valun jälkeen koneistaa. Se on oikeissa mitoissaan jo suoraan valettuna. Tähän ei hiekkavalulla koskaan päästäisi.

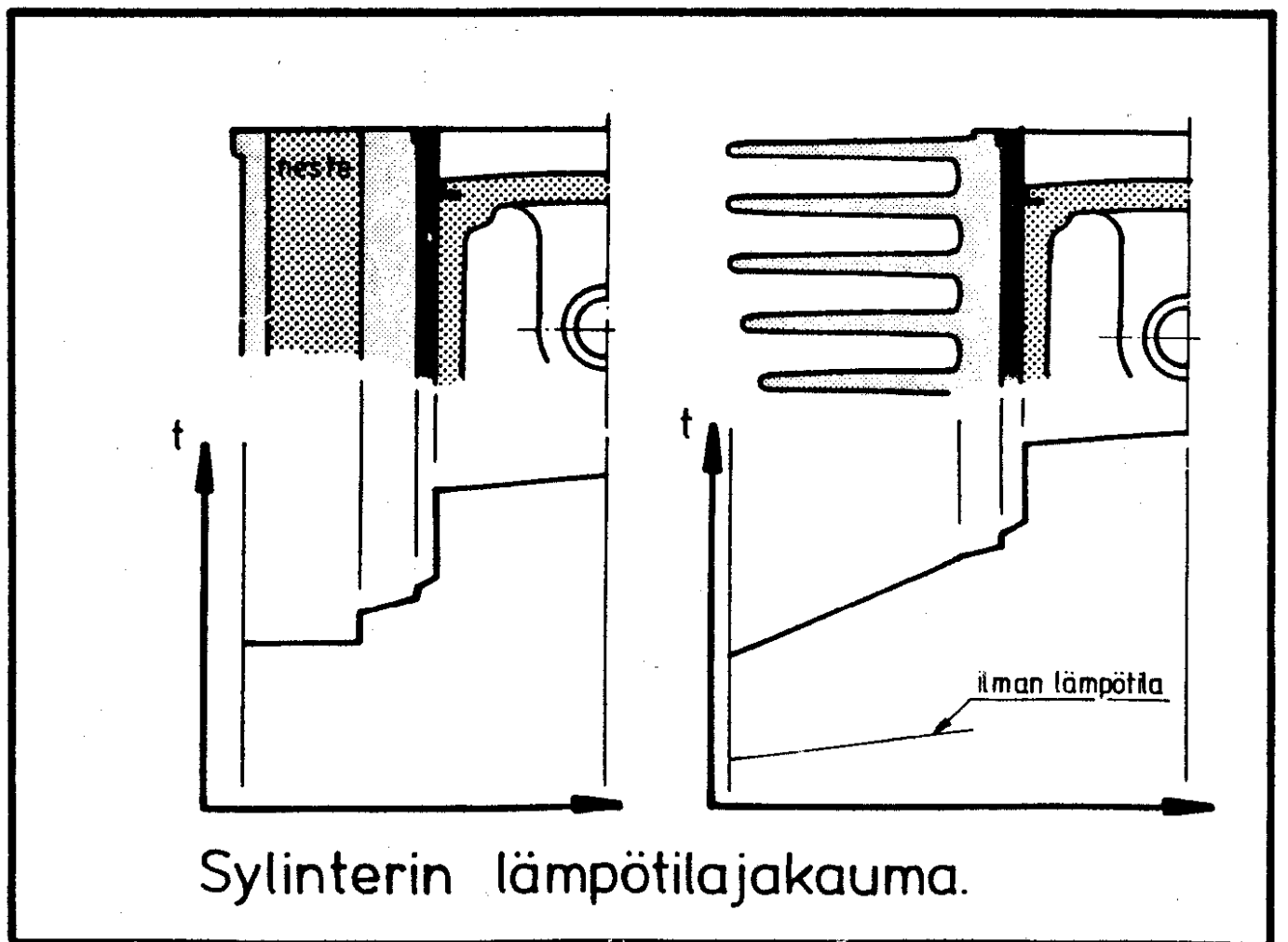
Jäähdytysripojen sijoituksen

perusteella kannet voidaan jakaa kahteen eri päätyyppiin. Ensimmäisessä tyypissä jäähdytysrivat ovat kohtisuorassa pohjaripaa vastaan. Näin saadaan ripojen välinen rako jokaisessa kohdassa kutakuinkin yhtä suureksi ja lämmön siirtyminen rivasta jäähdyttävään ilmaan mahdollisimman tehokkaaksi. Järjestelyn heikkoutena on pitkä lämmönsiirtymistie ulomman rivan päähän ja se, että koko lämpövirta joutuu kulkemaan pohjarivan kautta. Toinen vaihtoehto on ripojen sijoittaminen säteittäisesti palotilasta lähteviksi. Lämpö pääsee siirtymään lyhintä tietä jäähdyttävälle pinnalle, mutta ilmanvirtauksen kannalta rivoitus on huono. Rivat ovat lähes yhdessä keskellä kantta, mutta niiden välinen etäisyys kannen laidalla on useita senttimetrejä. Lähellä kannen keskipistettä ahtaissa ripoväleissä jäähdytysilma melkein pysähtyy ja ei juurikaan jäähdytä ripaa. Ulompana taas ilma virtaisi, mutta siellä ei ole ripoja. Säteittäisessä rivoituksessa tehollinen pinta-ala jääkin näin helposti yllättävän pieneksi.

Ilmajähdytys

Ilmajähdytetyssä sylinterissä lämpövirta joutuu johtumaan pitkän matkan jäähdytysripaa pitkin ja sen jälkeen siirtymään jäähdyttävään ilmaan suhteellisen pienen ripapinta-alan kautta. Seurauksena on suuri lämpötilaero jäähdytysilman ja sylinteripinnan välillä. Sylinterin lämpötilan ollessa korkea on männän jäähdytys tehotonta ja sen puhkipalaminen

yleinen vaurio. Korkealla lämpötilalla on myös volymetrissä hyötysuhdetta huonontava vaikutus, koska pakoaukon sulkeutumiseen mennessä sylinterissä olevan seoksen lämpötila on ehtinut kohota sylinteristä siihen siirtyvän lämpövirran vaikutuksesta. Seoksen tiheys pienenee lämpötilan kohotessa ja tällöin sylinteriin mahduttuvan panoksen massa pienenee. Myös termodynaaminen hyötysuhde laskee seoksen lämpötilan kohotessa, kuten hyötysuhteita käsittelevän kappaleen kaavoista voimme päätellä. Sylinterin optimilämpötilana pidetään yleisesti 80°C lämpötilaa, mutta ilmajähdytetyssä moottorissa sen lämpötila voi kuormitushuipun aikana olla 100°C ja sylinterinkannen lämpötila kannenpultin tyvessä voi olla 140°C. Kun vertailulämpötilana pidetään nestejäähdytetyn moottorin 80°C:ta voidaan moottorin tehon katsoa laskeneen 10...15 %, kun sen lämpötila kohoaa äskeisiin lukemiin. Ilmajähdytetyssä moottorissa lämpötilaerot sylinterin ja kannen eri osissa ovat erittäin suuret ja lisäksi käyntilämpötila vaihtelee suuresti ulkoilman lämpötilasta ja moottorin kuormituksesta riippuen. On siis monia päteviä syitä siirtyä käyttämään nestejäähdytystä ja niistä ei suinkaan ole pienin niin saavutettava männän parempi jäähdytys. Kokonaisuutena ottaen saavutetut edut korvaavat kyllä lisääntyneen painon ja kohonneet valmistuskustannukset.



Nestejäähdytys**VAPAAKIERTO TOIMII KYLMÄLLÄ**

Ensimmäisissä nestejäähdytyssovellutuksissa nesteen kierto oli järjestetty painovoiman avulla toimivaksi. Jäähdytin oli sijoitettu sylinterin yläpuolelle ja järjestelmää oli yksinkertaistettu jättämällä pumpun pois. Tunnetustihan lämpimän veden tiheys on kylmän veden tiheyttä pienempi, jolloin syntyy ero vesiletkujen hydrostaattisiin paineisiin. Tämä paine-ero panee nesteen kiertämään. Painovoimakiertoinen järjestelmä on halpa, mutta se ei ole niin tehokas kuin pumppukiertoinen. Lisäksi sille on ominaista liian tehokas toiminta kylmällä ilmalla ja tehon jyrkkä putoaminen lämpimällä säällä, juuri kun jäähdytystehoa tarvittaisiin. Syntyvä virtausnopeushan on riippuvainen sylinterin ja jäähdyttimen sisältämien nesteiden lämpötilaeroista ja tästä johtuen moottorin käyntilämpötila seuraa ulkolämpötilaa.

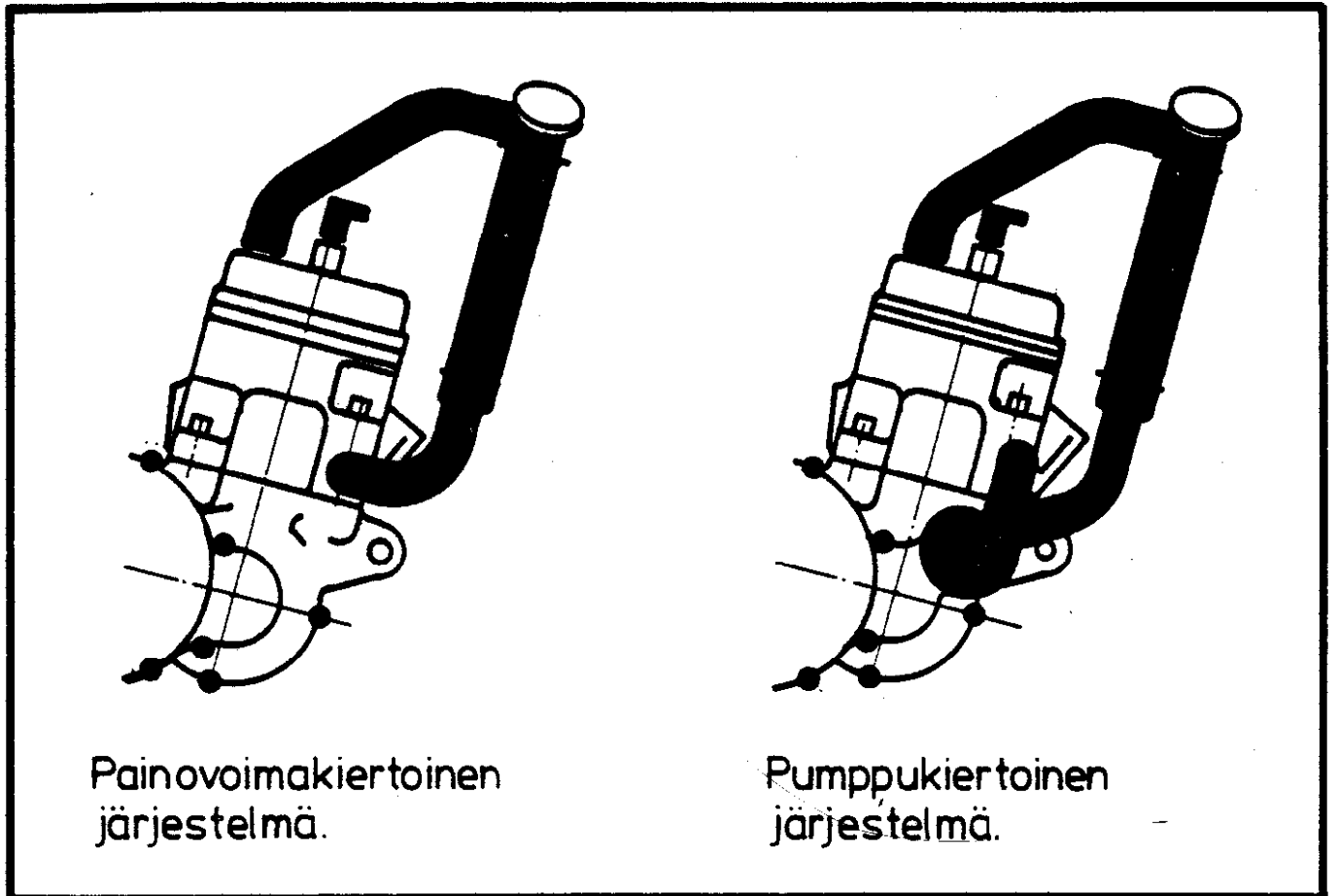
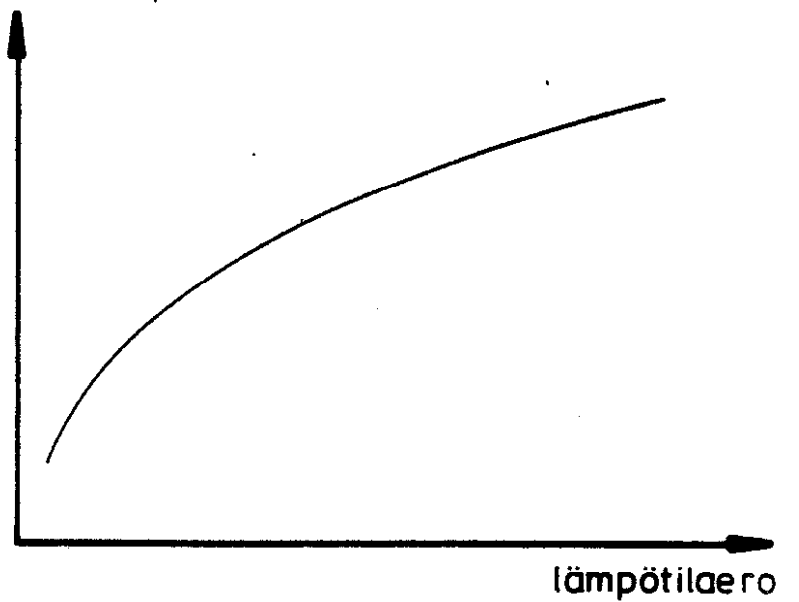
PUMPPUKIERTO ON TEHO-KAS

Pumppukiertoisessa järjestelmässä nesteen kiertonopeus on riippuvainen pääasiassa moottorin kierrosluvusta ja jossain määrin siihen vaikuttaa myös nesteen lämpötila. Jäähdytysteho vastaa paremmin tarvetta jääden kuitenkin helposti riittämättömäksi aivan kuumimmilla ilmoilla ellei jäähdytintä normaaliolosuhteita ajatellen ylimitoiteta. Jäähdytysnestepumppu ottaa tehoa vain 35...60 W, joten sillä ei ole mitään käytännön merkitystä. Juoksupyörän halkaisija on 30...45 mm ja koko pumpun paino 200 g luokkaa. Pumppu saa käyttövoimansa kampiakselilta hammaspyöräkäytön kautta ja monissa tapauksissa sen hammaspyörä on tehty muovista aivan samoin kuin pumpun juoksupyöräkin. Pumppu on kooltaan niin pieni, että sen hyötysuhde tulee pakostakin huonoksi, sillä oikeaoppisen siipimuodon saaminen juoksupyörän siipiin on mahdotonta sen pienen koon vuoksi.

SIMPUKKADIAGRAMMI KERTOO PALJON**Nesteen kiertonopeus.**

Painovoimakierto.

Virtausnopeus

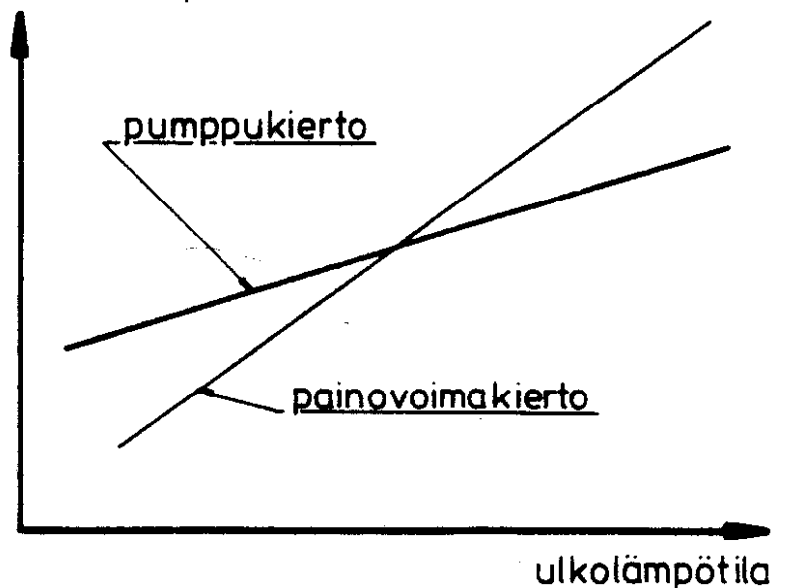


Painovoimakiertoinen järjestelmä.

Pumppukiertoinen järjestelmä.

Moottorin lämpötila.

moottorin lämpötila

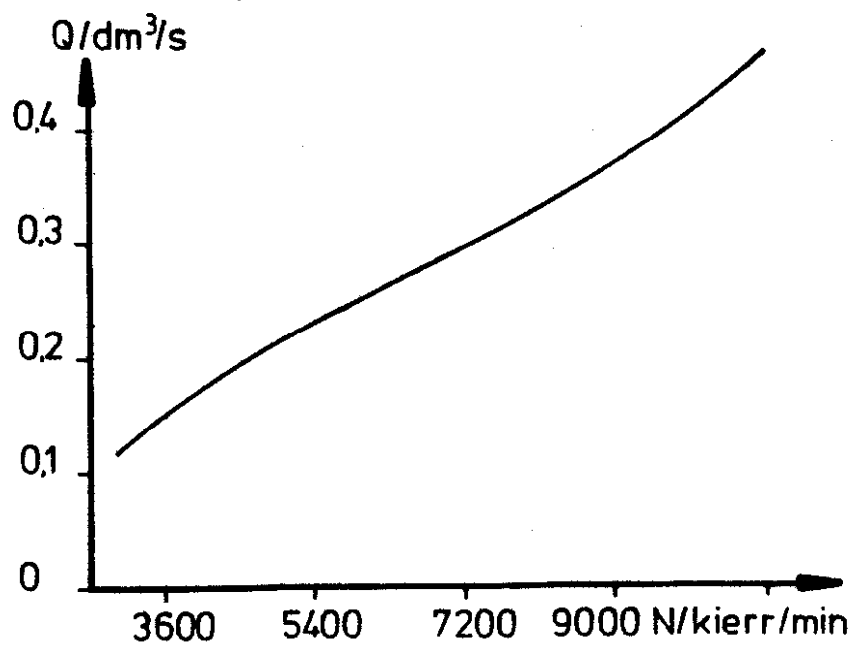


Pumpun kehittämää painetta ja tilavuusvirtaa eri kierrosluvuilla kuvataan simpukkadiagrammilla, josta nähdään myös jäähdytinpiirin painehäviö kyseisellä virtausmäärällä. Käyristä huomataan, että vaikka pumpun teho kasvaakin nopeasti kierrosluvun kasvaessa, on vastuskäyrän muoto sellainen, että piirin virtausnopeus ei suurene kovinkaan nopeasti. Ilmeisesti piirin ominaisuudet vastaavat hyvin moottorin kehittämää lämpötehoa

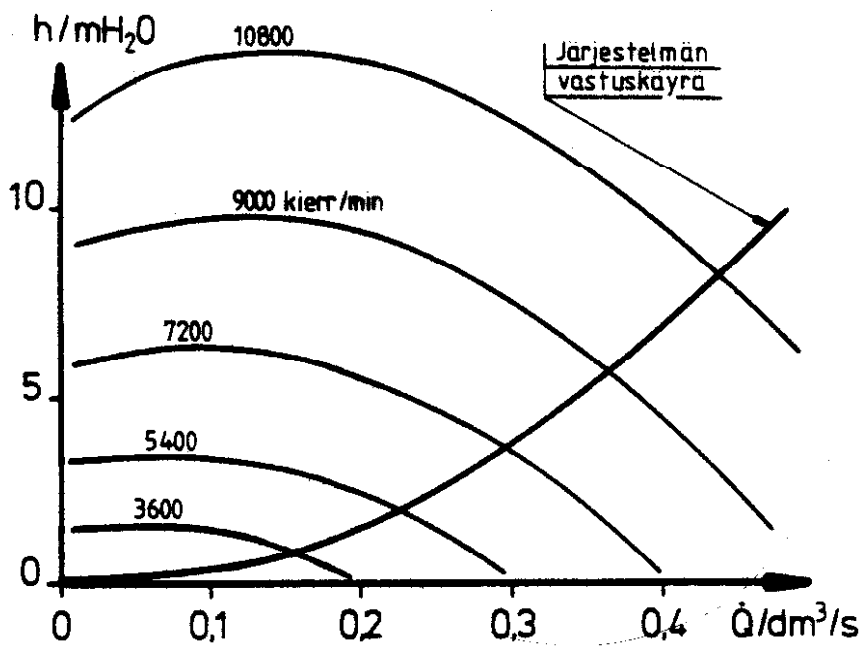
eri kierrosluvuilla, sillä sehän on suurin juuri huippukierroksilla.

Nesteen kiertonopeus.

Pumppukierto.

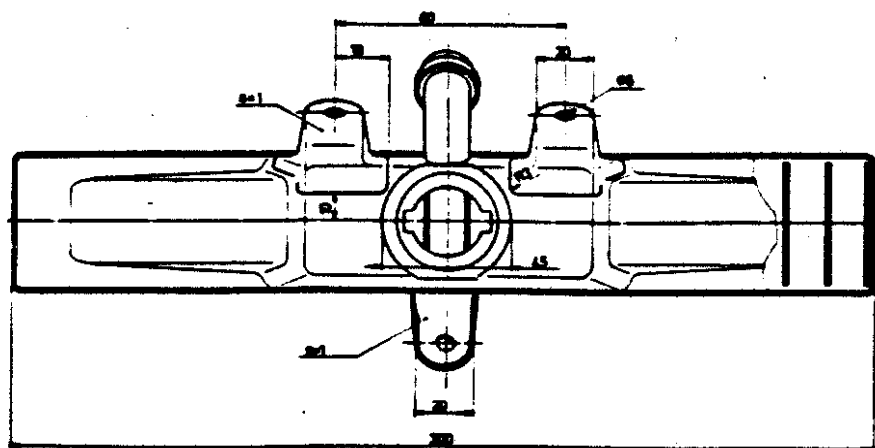
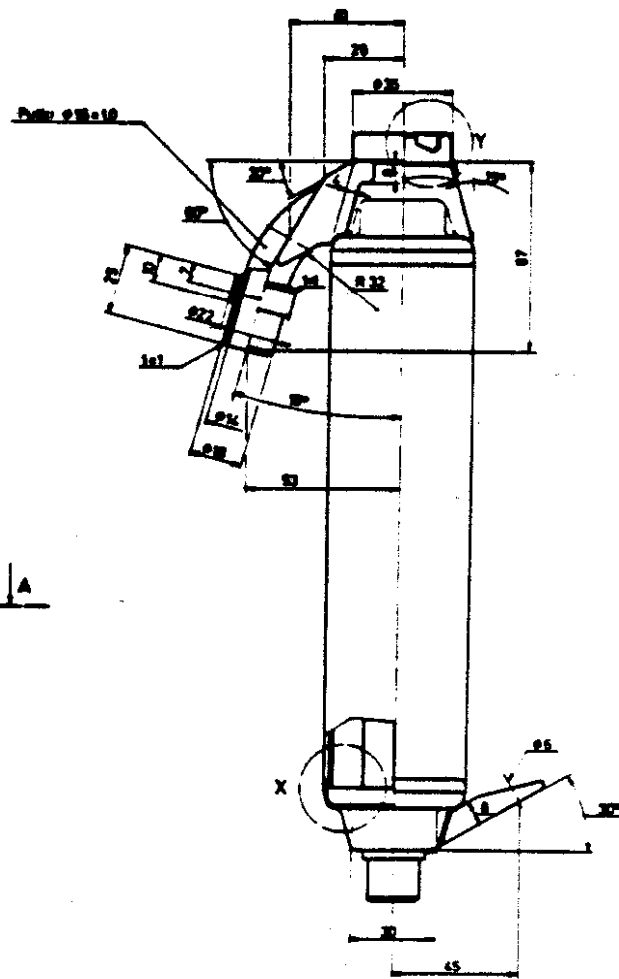
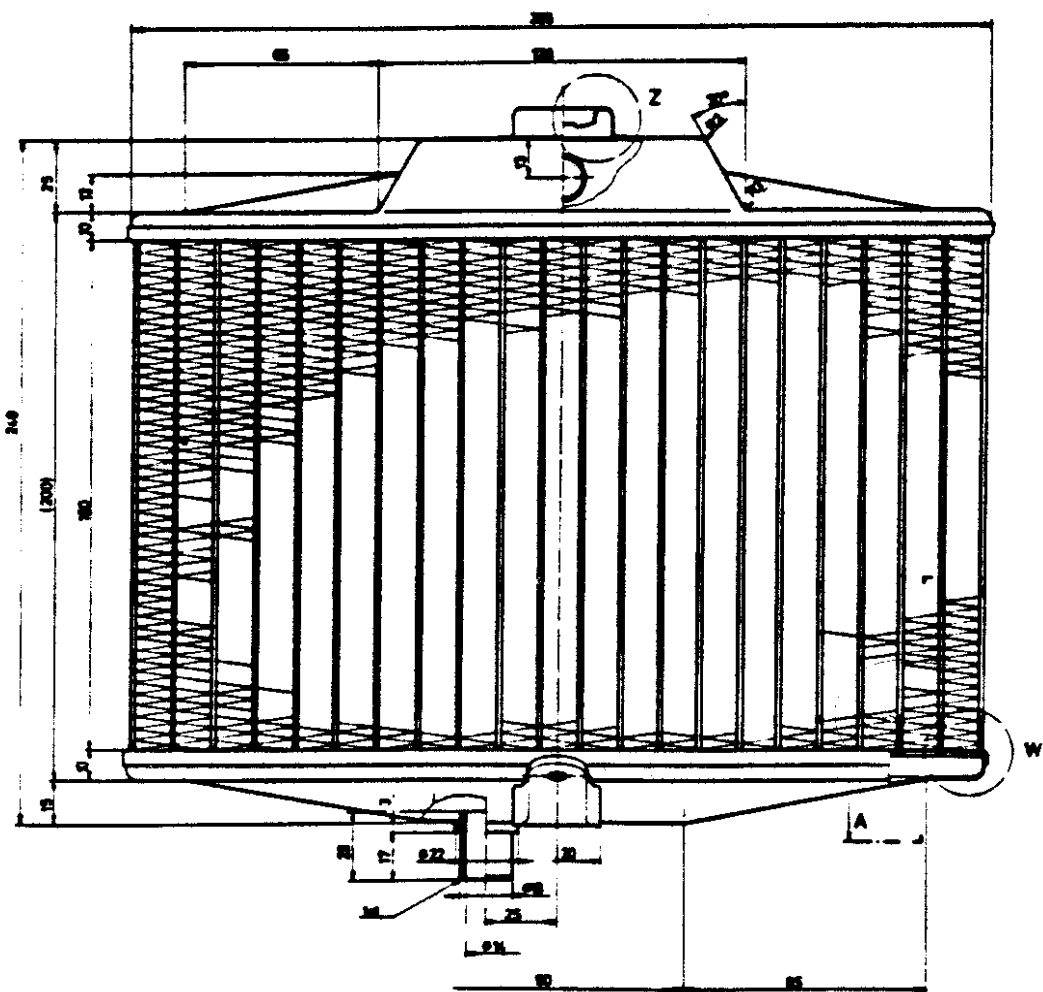


Jäähdytysneste-pumpun ominaiskäyrät.

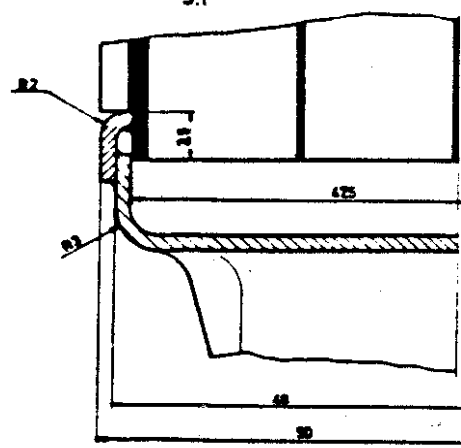


Jäähdytin

Motocrosspyörässä jäähdyttimen otsapinta-alan saaminen riittävän suureksi on erittäin suuri ongelma, sillä ajonopeus on alhainen ja siitä johtuvaa patopainetta ei synny kovinkaan paljoa työntämään ilmaa jäähdyttimen läpi. Kennorakenteen on oltava ilmapuolella pienivas-tuksinen ja tällöin syntyy auto-maattisesti alhainen jäähdytys-pinta/otsapinta -suhde. Vielä pari vuotta sitten jäähdytin valmis-tettiin messingistä, mutta nyt materiaalina käytetään kevytme-tallia, joka on sekä kevyempää että lämmönjohtavuudeltaan pa-rempaa, se on kuitenkin valmis-tusteknisesti vaikeampi mate-riaali ja niinpä jäähdyttimestä tulee kalliimpi ja vaikeampi kor-jata.



Kahta X 5:1



JÄÄHDYTTIN VAIKEA SIIJOITTAA

Jäähdyttimen sijoittaminen runkoon on erittäin vaikea tehtävä. Se joko on alhaalla ollessaan pakoputken tiellä tai ylös sijoitettuna vaikeuttaa polttoainesäiliön muotoilua. Ylhäälle runkoon sijoitettu jäähdytin on pakko tehdä kaksiosaiseksi ja oikeinkin muotoiltuna se rajoittaa kuljettajan liikkeitä tullen helposti polven tielle. Kolmas mahdollisuus on sen sijoittaminen etuhaarukkaan numerolaatan taakse, jossa se on poissa tieltä ja suojattuna kolhuilta, mutta sen painon lisätessä ohjauslaitteiden massaa pyrkii ohjaus tulemaan raskaaksi. Lisäksi jäähdytysnesteen vieminen kääntyvään jäähdyttimeen tuottaa vaikeuksia, sillä se on käytännössä mahdollista vain monimutkaisten emäputken kautta kulkevien kanavistojen kautta. Järjestelmään liittyy useita tiivisteitä emäputken sisällä ja näiden tiivisteiden kestävyys suhteen on esiintynyt ongelmia. Ja kaiken muun harmin lisäksi jäähdytysneste lämmittää T-kappaleiden välityksellä teleskooppien öljyä, jolloin on luvassa jatkuvia ongelmia iskunvaimennuksen parissa. Näyttää siltä, että tällä systeemillä ei ole tulevaisuutta, se on kallis ja vika-altis, mutta sillä ei ole tarjottavanaan niin suuria etuja, että ne korvaisivat kyseiset puutteet.

Käsitykseni mukaan yksiosainen jäähdytin sijoitettuna moottorin eteen sopivasti muotoiltuun runkoon on paras vaihtoehto. Alhaalla oleva jäähdytin on arempi vaurioitumaan irtokivien iskuista ja kaaduttaessa, mutta kokemus on osoittanut sen kestävä yllättävän hyvin. Toinen hyvä ratkaisu on sijoittaa jäähdytin rungon etuputken toiselle puolelle, jolloin pakoputki voidaan laittaa nousemaan runkoputken vastakkaista puolta ylös polttoainesäiliön alle suojassa kolhuilta ja poissa jalan tieltä. Kuitenkin suuremmissa pyörissä jäähdyttimen otsapinta-alan saaminen riittävän suureksi voi tuottaa suuria vaikeuksia ja uskoisinkin tämän konstruktion olevan parhaimmillaan alle 125 cc pyörissä.

TERMOSTAATTI ESTÄÄ VAURIOITA

Useimmissa nykyisissä nestejäähdytysjärjestelmissä ei ole termostaattia ja tällöin on oltava erittäin tarkka moottorin lämmityskäytössä ja ehdottomasti käytettävä moottoria vaaditut 5 minuuttia ennenkuin sitä kuormitetaan. Jos kylmää moottoria aletaan rasittamaan voimakkaasti niin mäntä kuumenee sylinteriä huomattavasti nopeammin ja seurauksena on melko varmasti kiinnileikkautuminen. Moottorin lämpötilan nousua lämmityskäytössä voidaan nopeuttaa termostaatilla, joka estää jäähdytysnesteen kierroksen jäähdyttimessä, mikäli sen lämpötila on liian alhainen. Avautumislämpötila voi olla esimerkiksi 72°C. Myös talviolosuhteissa on termostaatista hyötyä, sillä jäärataa ajettaessa moottorin lämpötila saattaa olla jatkuvasti

liian alhainen mikäli järjestelmään ei ole kytketty termostaattia pitämään minimilämpötilaa yllä. Motocrosspyörän suunnittelussa ei oteta huomioon, että joku pohjolan asukas viilettää sillä pitkin talvisia jäitä, ja mikä pahinta vielä paljon nopeammin kuin suunnittelija on ajatellut, sillä ajettavan kesäläkin. Jäähdytys on varmasti aivan liian tehokas ellei osaa jäähdyttimestä peitetä tai asenneta termostaattia.

VIRTAUSNOPEUDET

Sylinterin jäähdytysnestekanavia muotoiltaessa on pidettävä mielessä, että metallipinnan ja nesteen välinen lämmönsiirtokerroin suurenee virtausnopeuden kasvaessa. Siksi onkin syytä tehdä kanavista mahdollisimman pienet. Liian pieni kanava lisää kuitenkin virtausvastuksia kohtuuttomasti, ja niinpä sopiva virtausnopeus onkin 2...4 m/s. Jäähdyttimessä on so-

Ominaislämpökapasiteetti, c_p

Vesi	4190 J/kg°C
Glykoli/vesi 50%	3500
Alumiini 99%	909
Teräs	473



Ilmanvastuksen merkitys ei liene kovin suuri motocrossissa. En tiedä, mikä on tämän pyörän omistajan, Reijo Rosnellin käsitys asiasta, mutta kovin on virtaviivaisen näköinen tuo etunumerokilpi.

piva nopeus 0,3...0,7 m/s, koska kanavien hydraulinen halkaisija on nestepuolella vain 1...1,5 m luokkaa ja painehäviö kasvaa siksi hyvin nopeasti nopeutta nostettaessa.

Lämmönsiirtokertoimeen vaikutti siis nesteen virtausnopeus. Matalalla virtausnopeudella sylinterin metallipinnoille saattaa syntyä höyrykuplia, jotka jäävät kiinni pintaan ja siten estävät tehokkaan jäähtymisen. Nopeammin virtaava neste pyyhkii nämä kuplat pois, ja tuo tilalle kylmää jäähdytysnestettä. Samoin se ohentaa metallipinnan lähelle muodostuvaa liikkumatonta nestekalvoa, joka haittaa lämmönsiirtymistä. Toinen tapa estää nesteen höyrystyminen sylinterin ulkopinnalla on paineen kohottaminen. Tällöin jäähdytysnesteen kiehumispiste nousee ja kuplan muo-

dostumiseen tarvittava höyrynpaine kasvaa. Tosin samalla erilaisten vuotojen mahdollisuus kasvaa ja tämä rajoittaa paineen nostamismahdollisuuksia.

VIRTAUKSEN OHJAUS

Jäähdytysnestevirtauksen oikea ohjaus on erittäin tärkeää. Sylinterin kuumien kohtahan on pakokaukon ympärillä. Kylmän jäähdytysnesteen on siis jäädytettävä ensin tätä aluetta, ja vasta sitten siirrettävä lämpöä pois sylinterin muista osista. Parhaiten se tapahtuu johtamalla neste pumpusta moottorin lohkoissa olevan kanavan kautta pakokanavan alle ja sieltä sen molemmin puolin sylinterin yläosaan. Tämän jälkeen virtaus voidaan panna kiertämään vielä yksi mutka sylinterin alaosassa sen takapuolella. Lopuksi se johdetaan

kannen kautta jäähdyttimeen.

Koska veden ominaislämpökapasiteetti on huomattavasti alumiinin vastaavaa arvoa suurempi, en näe mitään syytä suurentaa järjestelmän nestetilavuutta suuremmaksi kuin se luonnostaan tulee. Ilmajäähdytteen moottori on joka tapauksessa herkempi ylikuumenemaan raskaasti kuormitettaessa, ja koska sen ei ole todettu juurikaan haittaavan sen toimintaa, ei ole mitään syytä lisätä nestejäähdytteen moottorin jäähdytysjärjestelmän lämpökapasiteettia. Se toisi vain turhaa lisäpainoa ja sitä ei tuki kaitava.

5 Lämpäventtiili

Lämpäventtiili tuli motocrosspyöriin 70-luvun alussa, jolloin elettiin muutenkin suurten muutosten aikaa. Laji oli ollut perinteisesti eurooppalaisten moottoripyörävalmistajien hallussa, mutta nyt japanilaiset tulivat voimalla mukaan. Japanilaisten alkaessa määrätietoisesti kehittämään pyöriä muuttui käsitys motocrosspyörästä nopeasti ja hyvin monessa suhteessa eurooppalaistenkin oli muutettava kantansa. Kaikkihan tietävät, millaisia mullistuksia oli tulossa jousituksessa ja runkogeometriassa. Aivan samoin oli myös moottorin laita. Japanissa rakennettiin tehokkaita korkeakierroksisia moottoreita, jotka dynamometrissä hakkasivat kaikki euroopan tuotteet, mutta pian alettiin sielläkin ymmärtämään mitä moottorilta pehmeäpintaisella ja röykkyisellä motocrossradalla vaaditaan. Euroopassa oli aina tehty tasaisesti vääntäviä ja sitkeitä moottoreita, joilla ajaminen oli helppoa kaikissa tilanteissa. Ne eivät ehkä olleet kaikkein nopeimpia pitkällä kovapintaisilla suorilla, mutta mutkikkaalla ja huonopintaisella radalla ne olivat lyömättömiä.

LÄPPÄVENTTIILI YLEISTYY

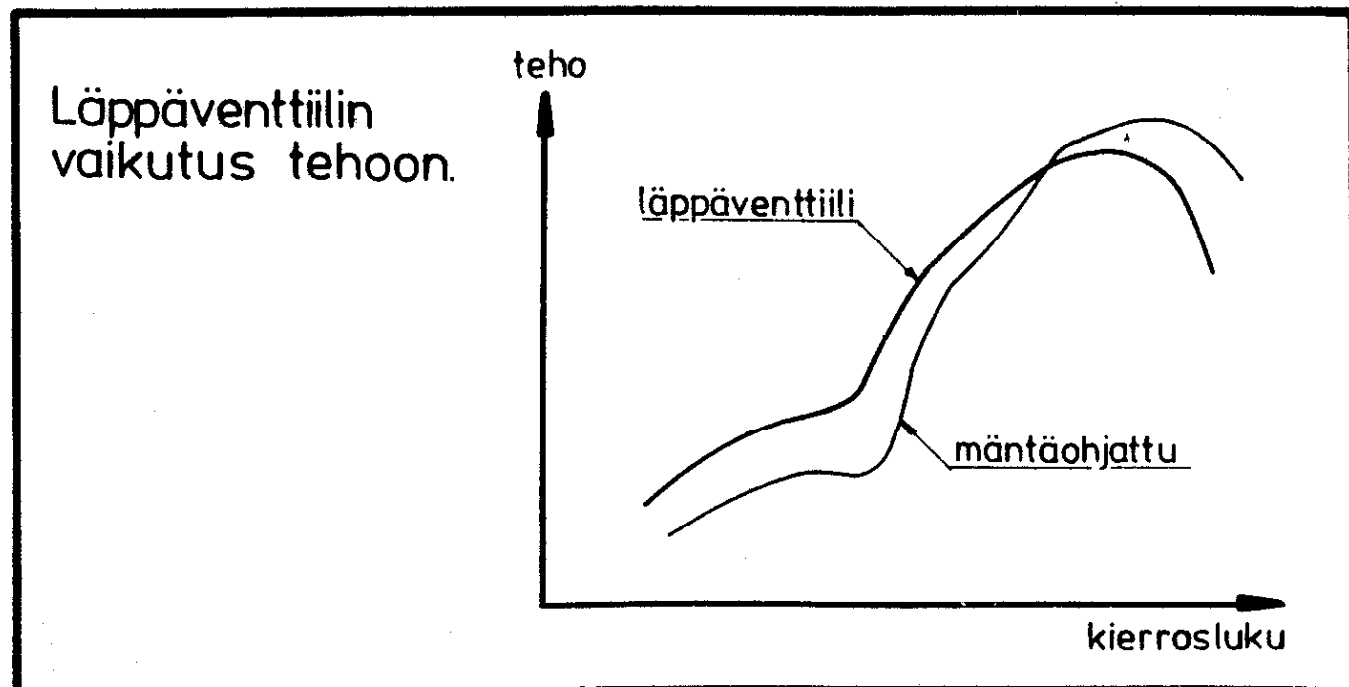
Japanilaisten huomattua virheensä alkoi kuumeinen kiire löytää lääkkeet väännön lisää-

miseksi. Jossain keksittiin liittää imukanavaan läppäventtiili, jolloin moottorin sitkeys alakierroksilla parani huomattavasti. Myöhemmin läppäventtiili on yleistynyt jopa siinä määrin, että vuoden -83 pyöristä on 80 % varustettu läppäventtiilillä. Mäntäohjatussa moottorissa joudutaan aina tasapainoittelemaan imuaukon suuruutta valittaessa huippukierrosten hyvän kaasunvaihtokyvyn ja alakierrosten sitkeyden välillä. Suurella imupuolen aika-alalla moottorissa on runsaasti tehoa kierroslukualueen yläpäässä, mutta sen sitkeys matalilla kierroksilla on olematon. Toisaalta jos tyydytään pieneen imuaukkoon, vetää moottori karkastelematta pienilläkin kierroksilla, mutta huipputeho karsii.

Lämpäventtiilillä varustetussa moottorissa yhdistyy sekä korkea huipputeho että erinomainen sitkeys pienillä kierroksilla, sillä läppäventtiili toimii imukanavassa eräänlaisena takaiskuventtiilinä estäen seoksen takaisinvirtauksen kampikammiosta kaasuttimeen.

IMUKANAVISTOA MUOTOIL- LAAN

Nykyisin moottori suunnitellaan sellaiseksi, että mäntä ei ohjaa seoksen virtausta vaan läppäventtiili toimii yksinomaisena seosvirtauksen ohjaajana. Uusimmissa moottorikonstruktioiden ei enää voidakaan puhua varsinaisesta imuaukosta koska imukanavistoon on yhdistetty erilaisia ohivir-



tauskanavia, joiden kautta seos pääsee virtaamaan suoraan läppäventtiililtä kampikammioon. Yleensäkin läppäventtiilimoottorissa voidaan sylinterin imupuoli muotoilla vapaammin ja virtauskanavista voidaan tehdä avarammat kuin mäntäohjatussa moottorissa, jossa imuaukko hyvin pitkälle määrää imukanavan muodon ja koon.

Sylinterin takaosaan muotoiltu huuhtelukanaava, jonka kautta saadaan sylinteriin ylimääräinen huuhtelupanos. Huuhteluvaiheen loppupuolella sylinteristä suurella nopeudella poistuvat pakokaasut vetävät mukanaan kampikammioista ylimääräisen panoksen tuoretta seosta sylinteriin tämän lisäaukon kautta. Sitä auttavat myös imukanavan kaasujen hitausvoimat, jotka pakottavat vielä pienen seosmäärän kampikammioon, vaikka sen paine onkin jo ehtinyt nousemaan ulkoilman painetta korkeammaksi.

LÄPPÄVENTTIILIN RAKENNE

Läppäventtiilin runkona on kaikissa tämän päivän moottoreissa V:n muotoinen kevytmetallikap-

pale, johon itse läpät kiinnittyvät ruuvien avulla. 70-luvun alun ensimmäisissä moottoreissa käytettiin päällystämätöntä runkoa yhdessä ruostumattomasta teräksestä valmistettujen läppien kanssa. Läppämateriaaliksi valittiin ruostumaton teräs, koska siihen ei muodostu ruostekuoppia eikä se muutenkaan ole arka väsymismurtumille huolellisesti valmistettuna. Heti alussa huomattiin, että läpän liikettä on rajoitettava erillisillä rajoittimilla, sillä huolimatta lukuisista yrityksistä vahventaa läppämateriaalia ja tällä tavoin estää läpän rikkoutuminen, läpät katkesivat kiinnityspisteen vierestä. Läppien kestoikä oli rajoittimien asentamisenkin jälkeen lyhyt ja etsittäessä syytä rikkoontumisiin havaittiin venttiilin sulkeutuessa läppien iskeytyvän niin suurella voimalla vasten runkoa, että läppä painui keskeltä kuopalle ja samalla siihen syntyi suuria jännityksiä, jotka muutaman käyttötunnin jälkeen ylittivät materiaalin väsymislujuuden ja läppä murtui. Teräksestä valmistettu läppä tekee pahaa jälkeä joutuessaan kampikammioon. Jälleen kerran oli suunnittelijoiden lähdettävä etsimään ratkaisua rikkoontumisongelmiin.

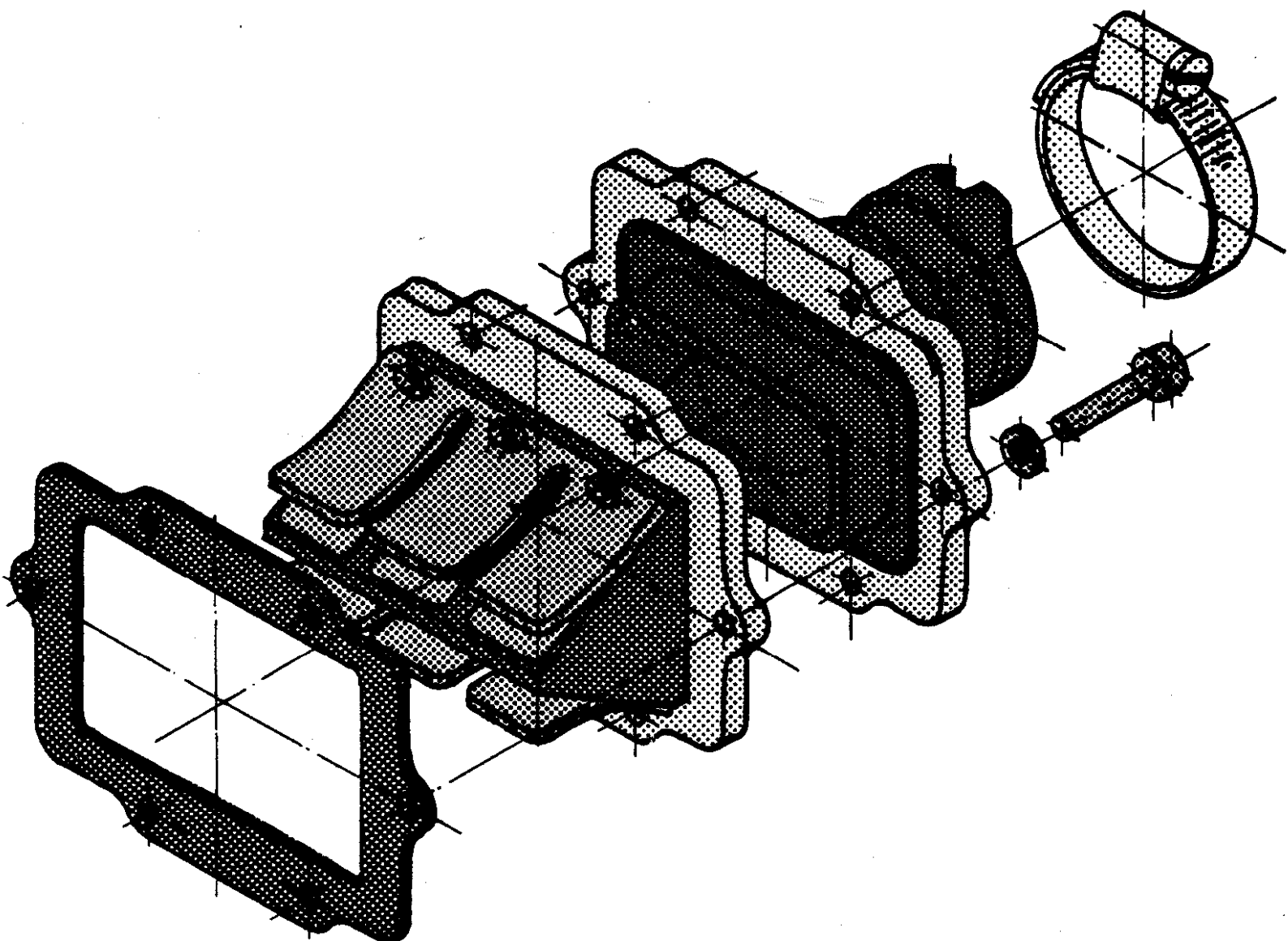
LÄPÄN MATERIAALI

Monet lähtivät kokeilemaan

muoviläppiä, joiden todettiin toimivan uutena erittäin hyvin, mutta muutaman käyttötunnin jälkeen niihin jää pysyvä muodonmuutos ja ne eivät sulkeudu täydellisesti, jolloin läpät on uusittava. Tällainen fenolimuovinen läppä ei tee juuri mitään vahinkoa joutuessaan moottoriin, joten se on jollain tapaa käyttäjäystävällisempi kuin teräksinen kilpailijansa. Myös ruostumattomista läpistä tuli erittäin kestäviä, kun ymmärrettiin päällystää runkokappale iskuja vaimentavalla neopreenikumilla. Hyötykäyttöön tehdyissä moottoreissa valitaan läpän paksuudeksi usein 0,2 mm, kun taas kilpamoottoreissa sopivaksi vahvuudeksi on todettu 0,15 mm. 0,2 mm läpän aiheuttama vastus tuoreen seoksen virtaukselle on jonkin verran suurempi, mutta se yleensä hyväksytään, koska läpän rikkoontumisvaara on ratkaisevasti pienempi ja käyttömoottorissa sen on kestävä huomattavasti pitempään kuin kilpakoneissa.

4, 6 VAI 8 LÄPPÄÄ

Läpän kestävyyttä voidaan parantaa jakamalla se pienempiin osiin, jolloin runko tukee paremmin läppää sen sulkeutuessa. Vuoteen -70 asti läppäventtiilit olivat 4-läppäisiä, mutta sen jälkeen on säännöksi vähitellen muodostunut kuusi läppää ja onpa



joitakin 8-läppäisiäkin venttiileitä nähty. Niin kuin monessa muussakin virittämiseen liittyvässä, läppien määrän lisäämisessä olivat edelläkävijänä viritustarvikevalmistajat, jotka tarjosivat suurempikapasiteettisia läppäventtiilejä alkuperäisten tilalle. He toivat markkinoille ensimmäiset 6-läppäiset venttiilit ja moottorivalmistajat seurasivat perässä.

LÄPÄN LIIKKEEN RAJOITIN

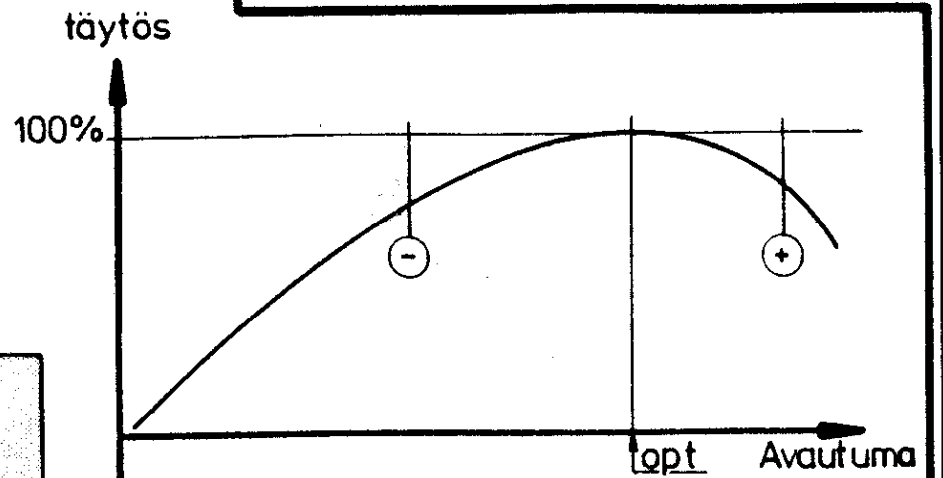
Läppäventtiilin toimintaan vaikuttaa ratkaisevasti läpän liikkeen rajoittimen asento. Rajoittimen tehtävänä on ohjata läppä taipumaan tasaisesti sen auetessa, mutta sen avulla voidaan säädellä myös venttiilin virtausominaisuuksia. Olipa läppä miten ohut tahansa, niin sillä on kuitenkin oma massansa, ja sen kautta myös hitautensa. Moottorin huippukierroksilla tämä hitaus aikaan saa sen toimintaan viivettä. Toisin sanoen kampikammion paineen noustessa imukanavan painetta korkeammaksi hidastaakin sen oma massa sulkeutumista ja hieman seosta saattaa päästä virtaamaan takaisin kaasuttimeen. Rajoittimen sallimalla liian suuren liikkeen, lisääntyy läpän jättämä ja yhä suurempi seosmäärä palaa takaisin kaasuttimeen. Toisaalta jos rajoitin sallii vain pienen liikkeen, kasvavat virtausvastukset venttiilissä ja kampikammion täytös pienenee. Tätä takaisinvirtausta tapahtuu voimakkaammin suurilla kierroksilla ja sen merkitys alakierroksilla on vähäinen. Kierroslukualueen alapäässä rajoittimen sallimasta runsaammasta avutumisesta olisi vain apua.

Toinen tapa vaikuttaa hitausvoimiin on muuttaa läpän materiaalia. Valmistamalla läppä lasikuidulla lujitetusta muovista, tulee siitä ratkaisevasti teräksistä kevyempi ja se seuraa tarkemmin kampikammion painenvaihteluita. Se vaatii myös pienemmän paine-eron avautuakseen ja silläkin on vaikutuksensa alakierrosten vääntöön.

KAMPIAKSELIN SIVUSIIRTO

Mäntäohjatun moottorin suurimpana heikkoutena pidetään sen imuaukon kääntökohtiin nähden symmetristä toimintaa. Siitä seurauksena on imuaukon ajoitusongelmia, koska pyrittäessä suuriin aukon aika-aloihin imuaukko on auki väistämättömästi vielä pitkään yläkääntökohdan jälkeenkin ja pienillä kierroksilla moottori syke seosta kampikammioista takaisin kaasuttimeen aiheuttaen

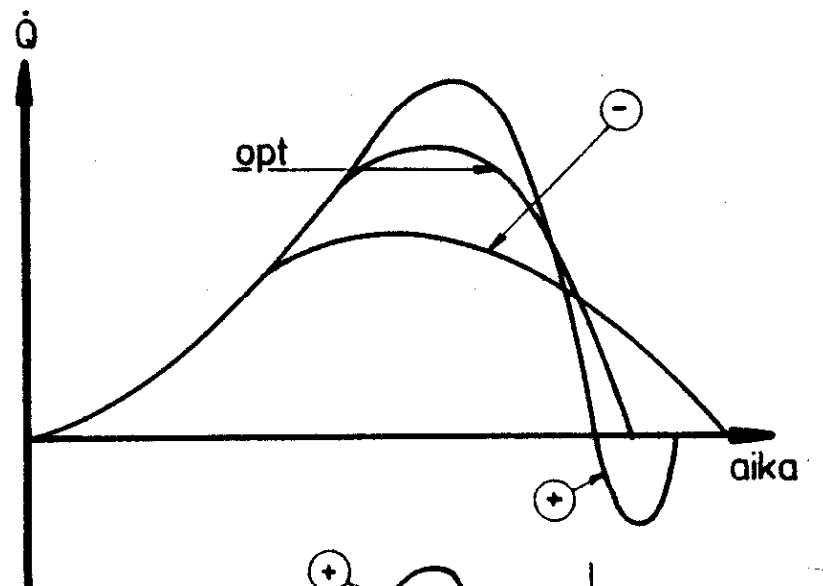
Kampikammion täytös



Läpän liikkeen rajoitin.

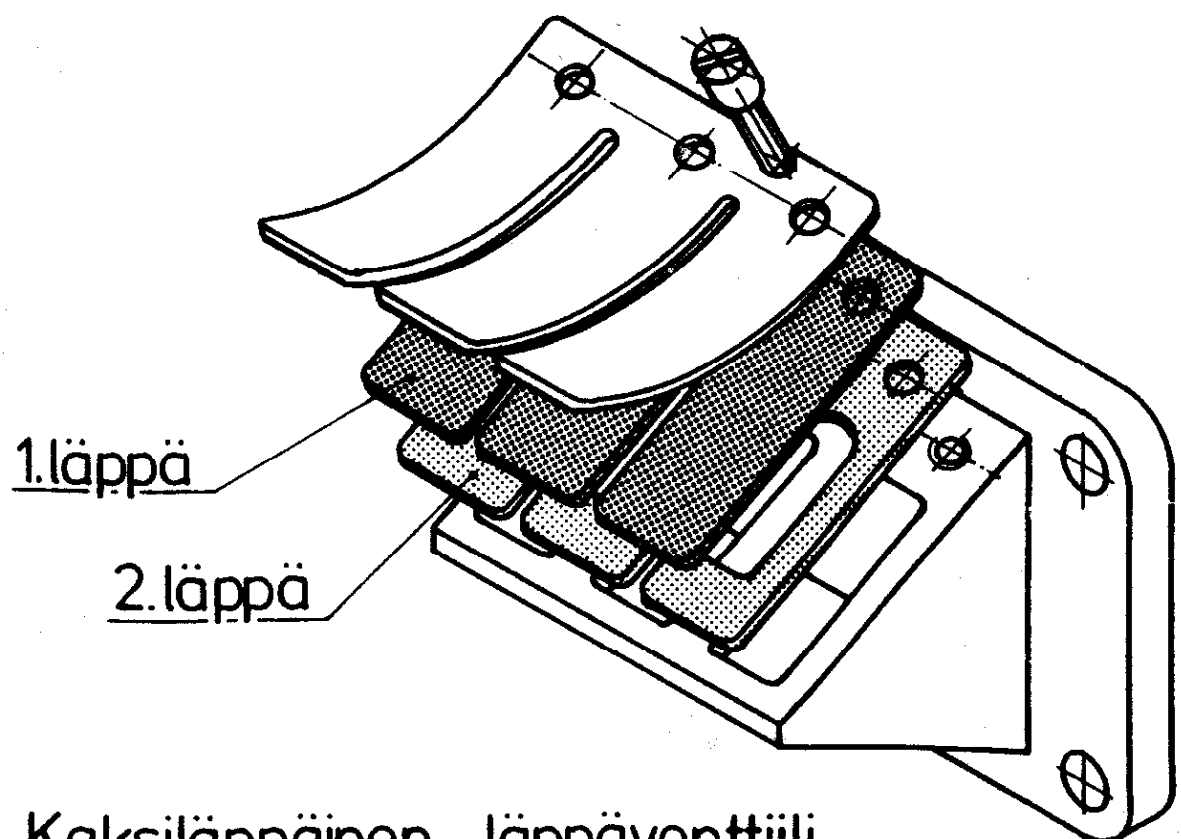
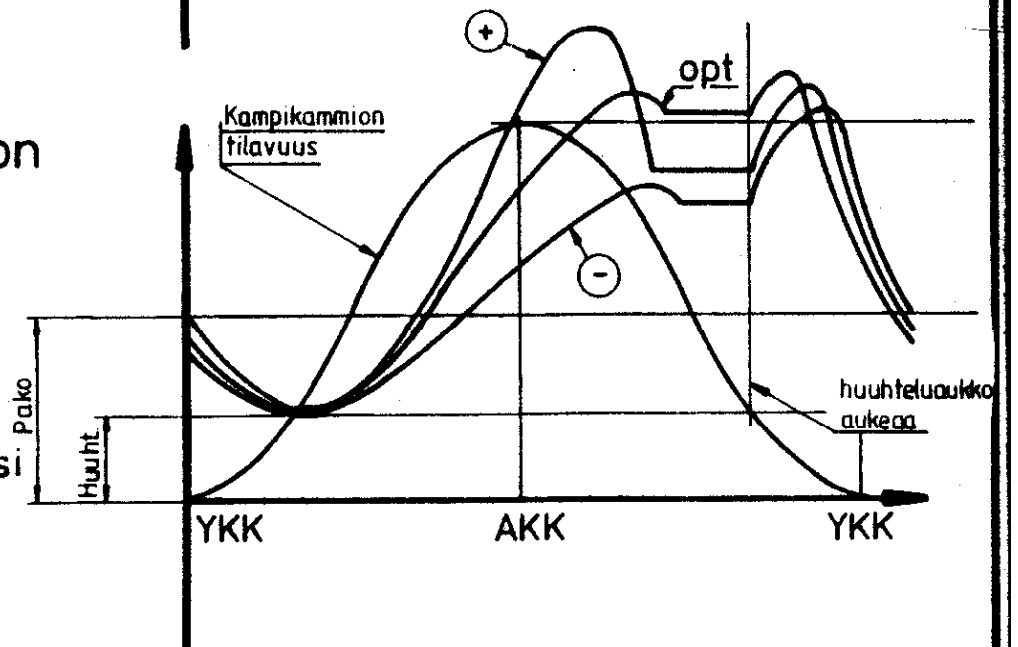
Seoksen tilavuusvirta.

HUOM!
Käyrät edustavat tiettyä kierroslukua, vaadittava avautuma muuttuu kierrosluvun mukana.



Kampikammion täytyminen.

Käyrät kuvaavat kampikammiossa olevan seoksen määrää normaalipaineiseksi muutettuna.

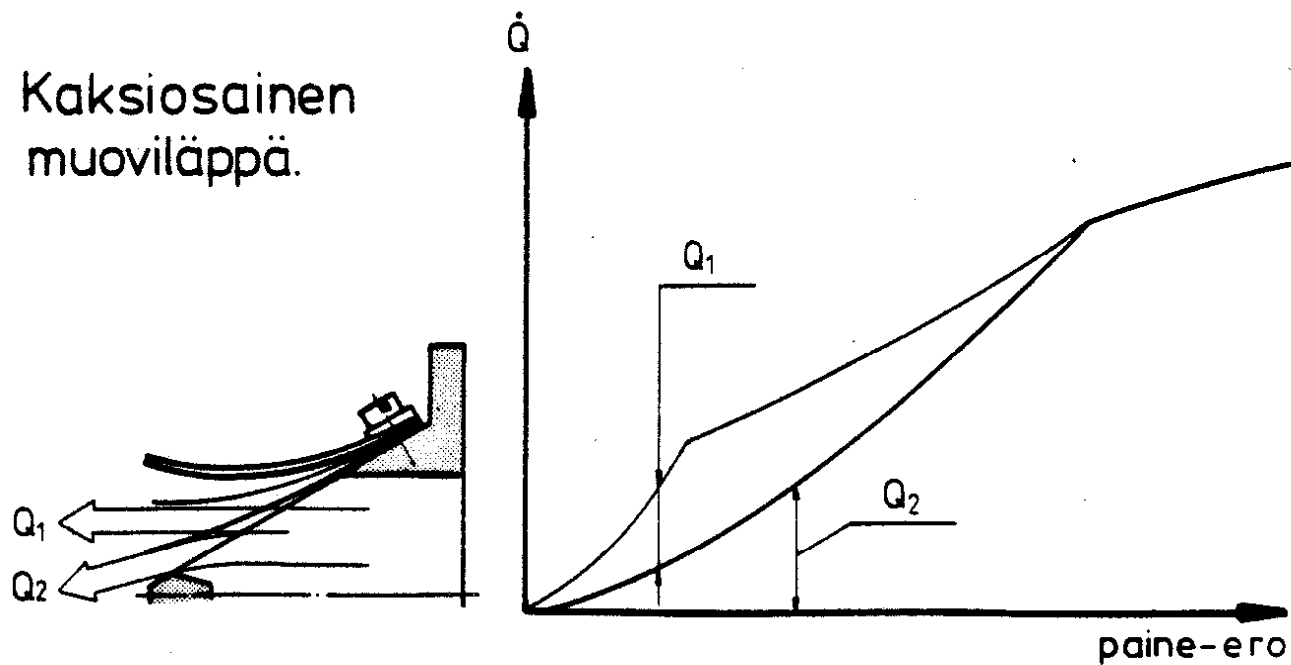


Kaksiläppäinen läppäventtiili.

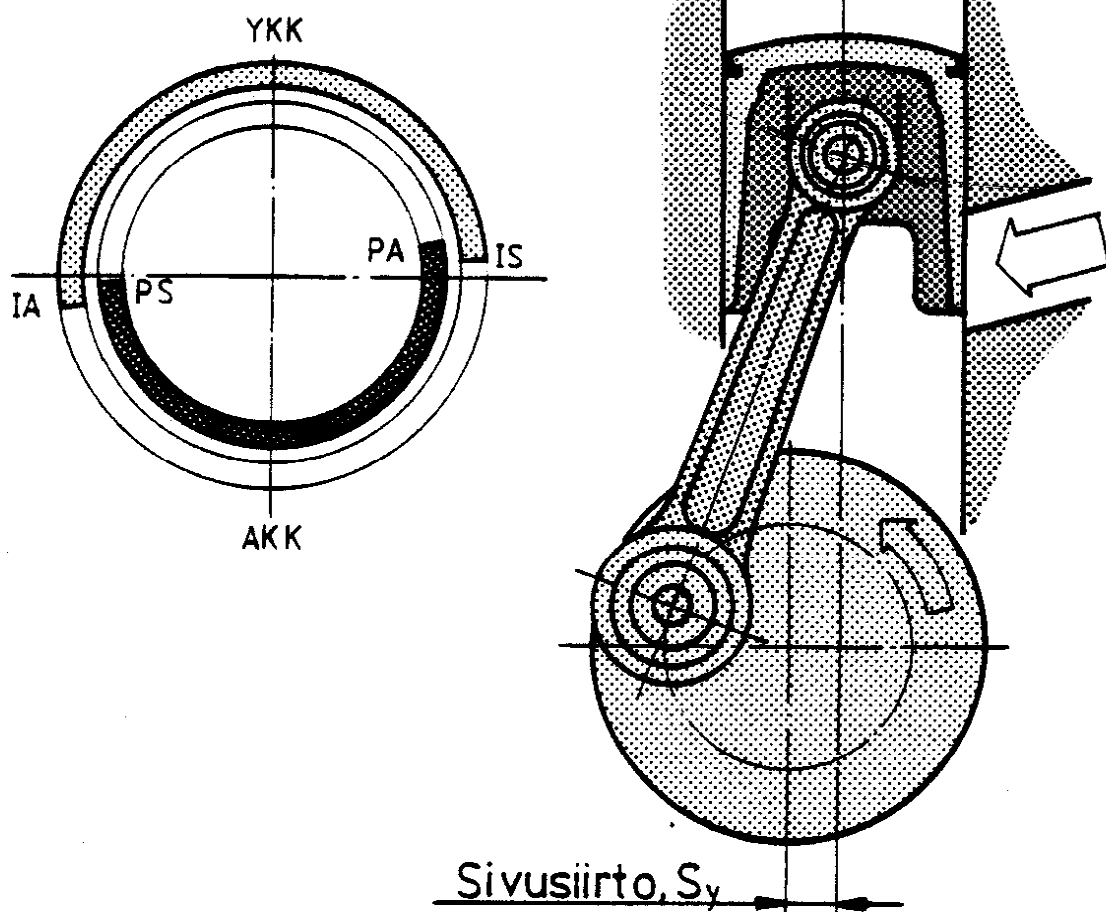
monenlaisia säätövaikeuksia ja ennenkaikkea kampikammioon imuaukon sulkeutuessa jäävän seospanoksen pienenemisen. Ajoitusta on mahdotonta muuttaa epäsymmetriseksi menemättä jossain muussa suhteessa järjettömiin ratkaisuihin. Eräs mahdollisuus olisi siirtää kampiakseli sivuun sylinterin keskilinjalta. Tätä käytettäessä voidaan saada aikaan epäsymmetrisyyttä ajoituksiin, mutta samalla sivuttaisvoimat kasvavat nopeasti. Sivuttaisvoimien kasvaessa kitkahäviöt suurenevat alentaen moottorista satavaa tehoa. Samaten kasvaneista sivuttaisvoimista on seurauksena liikkuvien osien nopea kuluminen ja moottorin käyttöiän lyheneminen. Usein männäntappi sijoitetaan männän keskilinjaan nähden hieman sivuun. Tämän pääasiallinen tarkoitus on kuitenkin rauhoittaa männän liikettä yläkääntökohdassa sekä pienentää sivuttaisvoimia yläkääntökohdassa, eikä suunnittelija ole ajatellut männäntappia siirtäessään imuaukon toimintaa. On myös huomattava, että tällaiset keinot eivät vaikuta ainoastaan imuaukon toimintaan, vaan niiden vaikutus muiden aukkojen aukeamisajankohtiin on aivan samanlainen ja niiden kohdalla epäsymmetrisyys ei suinkaan ole välttämättä toivottavaa.

Ratkaisua onkin pyritty etsimään toiselta taholta. On jätetty imuaukon toiminta symmetriseksi ja lisätty läppäventtiili imukanavaan siinä toivossa, että se toimisi takaiskuventtiilinä seoksen pyrkinessä ulos kampikammioista. Se estääkin tehokkaasti virtauksen väärään suuntaan ja lisää moottorin vääntömomenttia matalilla kierroksilla. Mutta venttiili aiheuttaa vastusta myös kampikammioon suuntautuvalla virtauksella ja kun verrataan hyvin tehtyä mäntäohjattua moottoria ja samaa moottoria läppäventtiilillä varustettuna voidaan havaita laskua huipputehossa ja varsinkin tehon nopea putoaminen huipputehon kierroksien yläpuolella on silmiinpistävä. Huipputeho saadaan toki nousemaan mäntäohjatun tasolle, kun moottorin imupuolta muotoillaan uudelleen, mutta teho jää silti pienemmäksi kuin vastaavassa luistiohjatussa moottorissa.

Kaksiosainen muoviläppä.



Kampiakselin sivusiirto.

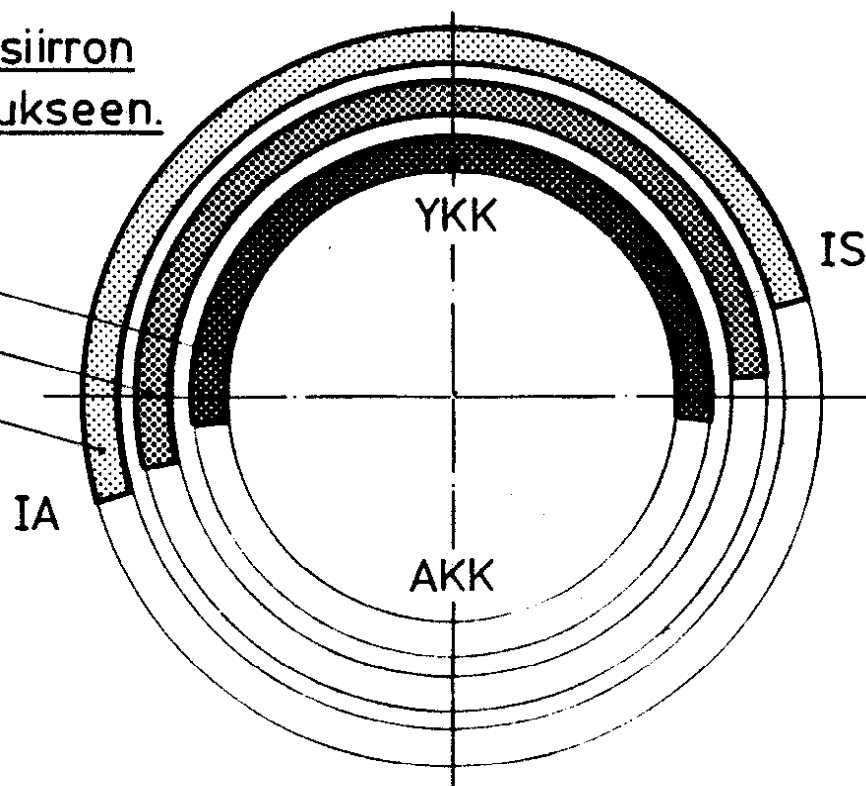


Kampiakselin sivusiirron vaikutus imujoihtukseen.

$$S_y = 0$$

$$S_y = 0.25 \times s$$

$$S_y = 0.50 \times s$$



S_y = Sivusiirto

s = Iskunpituus

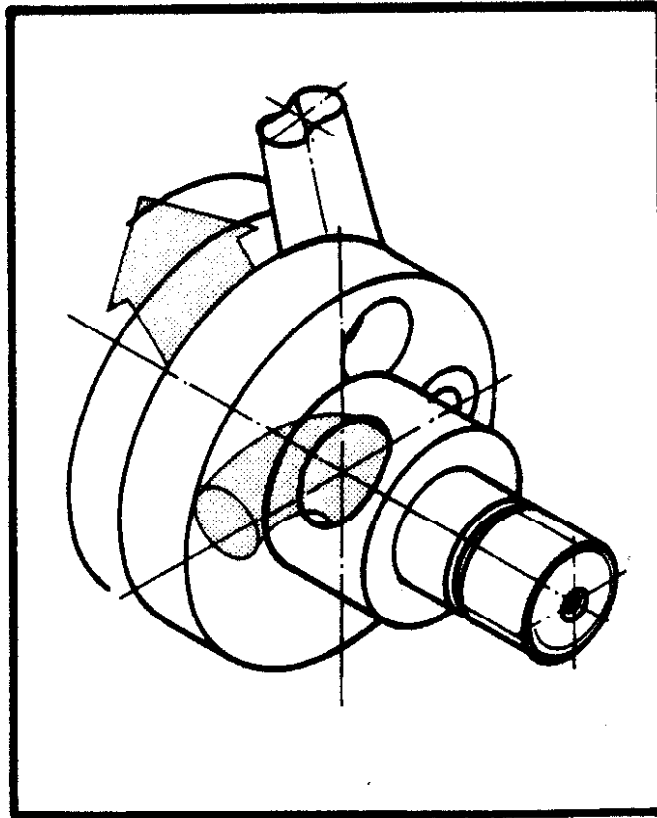
6 Luistiohjaus

Luistiohjaus ei aseta mitään rajoituksia imuaukon ajoitukselle. Imuaukko voidaan tehdä avautumaan heti huuhteluaukkojen sulkeutumisen jälkeen ja joissakin moottoreissa on kokeiltu sen avautumista ennen huuhteluaukkojen sulkeutumistakin hyvällä menestyksellä. Tällöin voidaan käyttää hyväksi kampiakammion poistuvan seoksen liike-energiaa ja pako-putken tuottamaa imuvaikutusta imemään seosta kampiakammioon. Oikein mitoitettuna tällä saadaan aikaan merkittävästi parempi kampiakammion täytös, ja tätä kautta selvä lisäys tehoon. Toisaalta, kun tarvittava aika-ala saadaan muodostettua jo hyvin aikaisella luistiventtiilin sulkeutumisajankohdallakin, on moottorin sulkemistaipumus huomattavasti pienempi ja sen sitkeys alakierroksilla on mäntäohjattua parempi. Samoin koko vääntökäyrä on tasaisempi ja moottori on helpompi ajettava antaen kuitenkin vähintään yhtäsuuren huipputehon. Usein myös huipputeho saadaan nousemaan sekä mäntäohjattua että läppäventtiilimoottoria korkeammaksi, sillä mäntäohjatussa imuaukon ajoitus on aina kompromissi huipputehon ja alakierrosten väännön välillä ja läppäventtiilimoottorissa läppien aiheuttama ylimääräinen imuvastus laskee tehoa. Sen sijaan luistiohjatussa voidaan imuajoitus tehdä paremmin huipputehon kierroslukua vastaavaksi ja luistihan ei vastusta aukiollessaan juuri lainkaan virtausta.

LEVYVENTTIILI PARAS

Varhaisimmissa luistiohjatissa moottoreissa käytettiin hyvin monen muotoisia luisteja. Oli lieriönmuotoisia venttiilejä pyörimässä kampiakselin kaulalla ja luistina saattoi olla jopa pelkkä toisen kampiakselinkaulan ontto paksunnos, jonka kylkeen oli porattu seosta ohjaamaan reikä. Seos virtasi kampiakammioon onton kampiakselinkaulan läpi ja joutui luonnollisesti kulkemaan erittäin

mutkaisia ja ahtaita kanavia pitkin tämän rajoittaessa moottorista saatavaa tehoa merkittävästi. Yhteistä näille moninaisille venttiiliratkaisulle oli niiden virtauksen kannalta monimutkainen muoto ja melkein kaikki vaativat paljon tilaa kampiakselin suunnassa. Huomattavasti parempi ratkaisu on tehdä pyörivä levyventtiili, jossa seoksen virtaus on kampiakselin suuntainen. Tällöin venttiili on yksinkertainen. Se vaatii vain hyvin lyhyen aksiaalisen tilan ja ennenkaikkea virtaus voi tapahtua sen kautta lähes suoraviivaisesti kampiakammioon. Kuitenkin mäntäohjattuun moottoriin verrattuna tämäkin ratkaisu on monimutkainen ja samalla kallis.

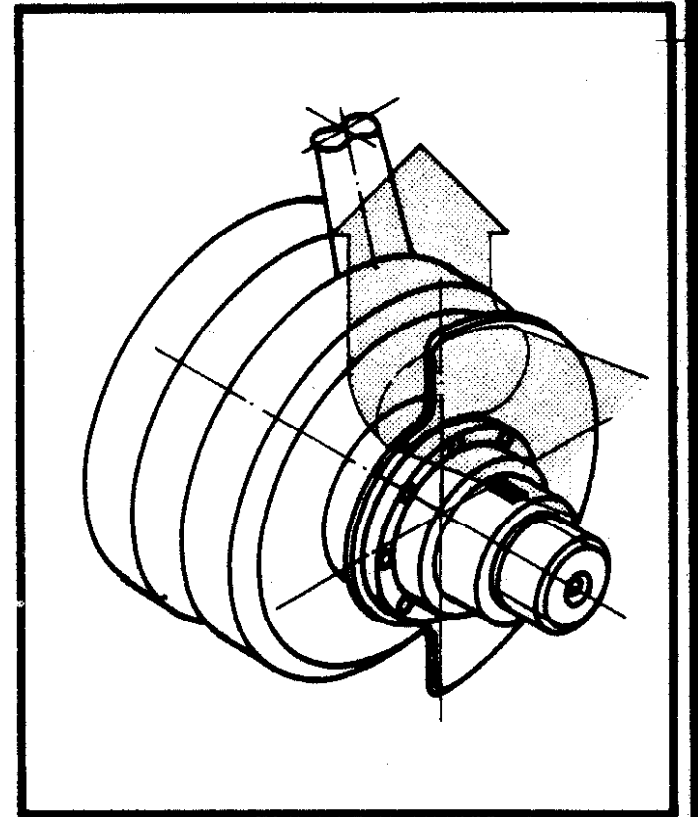


Sillä on myös toinen vähemmän tunnettu puute. Mäntäohjatussa moottorissa seosvirta suuntautuu imuaukosta suoraan kohti kierto-kangen alapään laakeria ja toimii täten apuna laakerin jäähdytyksessä. Kun lisäksi seoksesta tiivistyvä öljy syöksyy jokseenkin suoraan laakeria kohti on laakerin toimintakyky turvattu. Luistiohjatissa moottorissa seosvirta ei osu laakeriin ja sen voitelu ei tällöin ole yhtä tehokasta kuin mäntäohjatussa moottorissa. Kiertokangen alapään laakeri on kaikkein korkeimmin kuormitettu laa-

kerointi moottorissa ja sen kestöiän lisääminen olisi kyllä edullista kaikissa moottoreissa.

SIJOITUSVAIKEUDET

Levyventtiilin heikkoutena on myös sen mukanaan tuomat hankaluudet kaasuttimen sijoitukselle, sillä RR-moottoreissa käytetty kaasuttimen kiinnittäminen suoraan luistiventtiilin kanteen moottorin kylkeen ei tule sellaisenaan kysymykseen. Tätä on kokeiltu joissakin moottoreissa siten, että koko kaasutin on koteloitu moottorin kylkeen ja kotelo on toiminut samalla ilmakehanavana, mutta tuloksena on ollut suuri, kolhuille altis muhкура moottorin



kyljessä ja rakenteessa on kilpamoottorien osalta luovuttu. Toinen tapa on tehdä pitkä U-muotoinen imukanava moottorin päälle tai takaosaan sijoitettuun kaasuttimeen, ja tästä moottorityypistä onkin saatu hyviä kokemuksia.

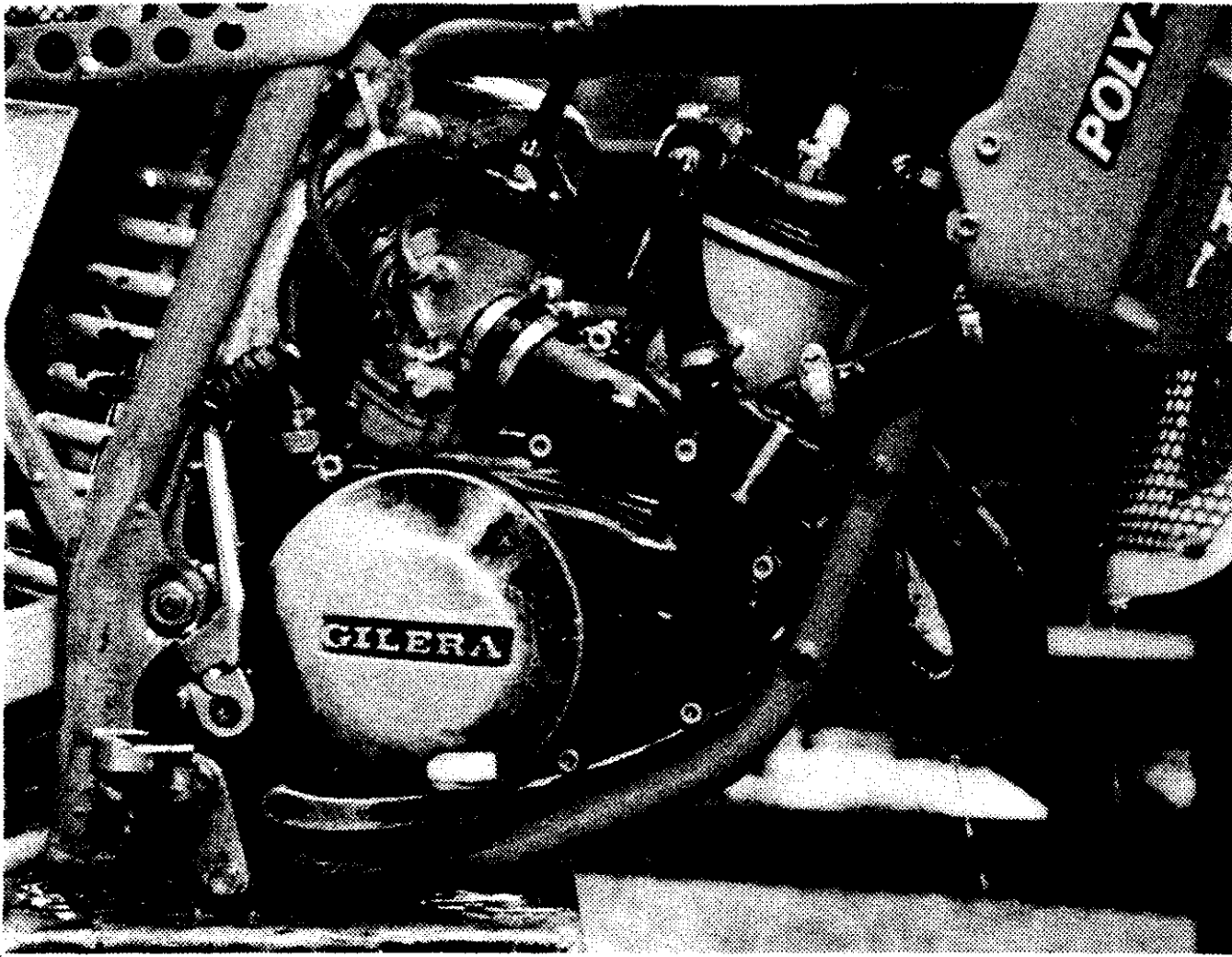
Kaikissa levyluistirakenteissa on kuitenkin sekä veto kytkimelle, että itse luistiventtiili sijoitettava samalle puolelle moottoria ja jos moottori on vielä nestejäähdytetty, on jäähdytysnestepumppukin saatava mahtumaan jonnekin. Ja pahimmassa tapauksessa olisi vielä

pakoaukon korkeusäätolaitteet sijoitettava moottorin samalle puolelle, mutta tällaista moottoria ei toistaiseksi ole vielä rakennettu. Luistiohjatussa, aivan kuten

muissakin tyypeissä, sähkölaitteet vievät toisen pään kampiakselista ja kaikkien muitten apulaitteiden on mahdollista toiseen päähän. Ahdasta on.

POIKITTAISLUISTI TULOSSA

Viimeisen kahden vuoden aikana on rakennettu kaksikin lupaavaa kokeilumoottoria, joissa levyluisti on sijoitettu aikaisemmista konstruktioista poiketen kohtisuoraan asentoon kampiakseliin nähden. Niissä molemmissa on perusrakenne kutakuinkin sama. Luisti pyörii kampikammion takana vaihdelaatikon yläpuolella erillisen kampiakselilta käyttövoimansa ottavan akselin käyttämänä. Tällöin se ei ole leventämässä moottoria, se ei vie tilaa muilta apulaitteilta kampiakselin päässä, sen sijoitus mahdollistaa kaasuttimen edullisemman sijoituksen ja kaiken muun hyvän lisäksi myös kiertokangen alapään laakerin voitelukin tapahtuu aivan yhtä tehokkaasti kuin mäntäohjatussa moottorissa. Myös imukanava on erittäin lyhyt ja pienivastuksinen. Ainoa heikkous on moottorin



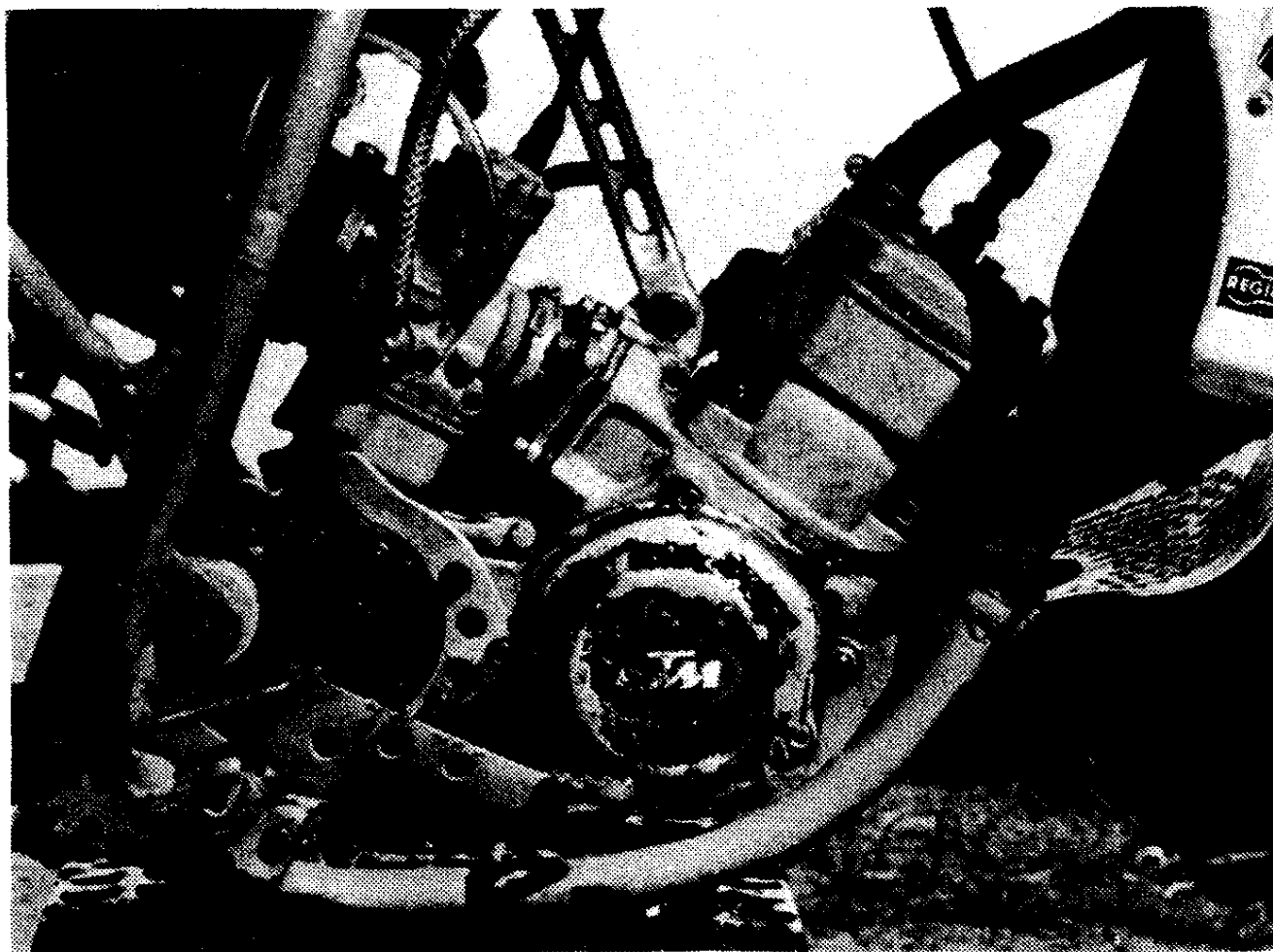
Gileran satapiikin muutokset kaudelle -83 olivat varsin pieniä ja muut menivät ohi. Tällä pyörällä oli Marc Velkeneers kauden lopussa kuudentena.

mekaanisesti monimutkaisempi rakenne ja ehkä hieman vaikeampi moottorin lohkojen yleiskonstruktio.

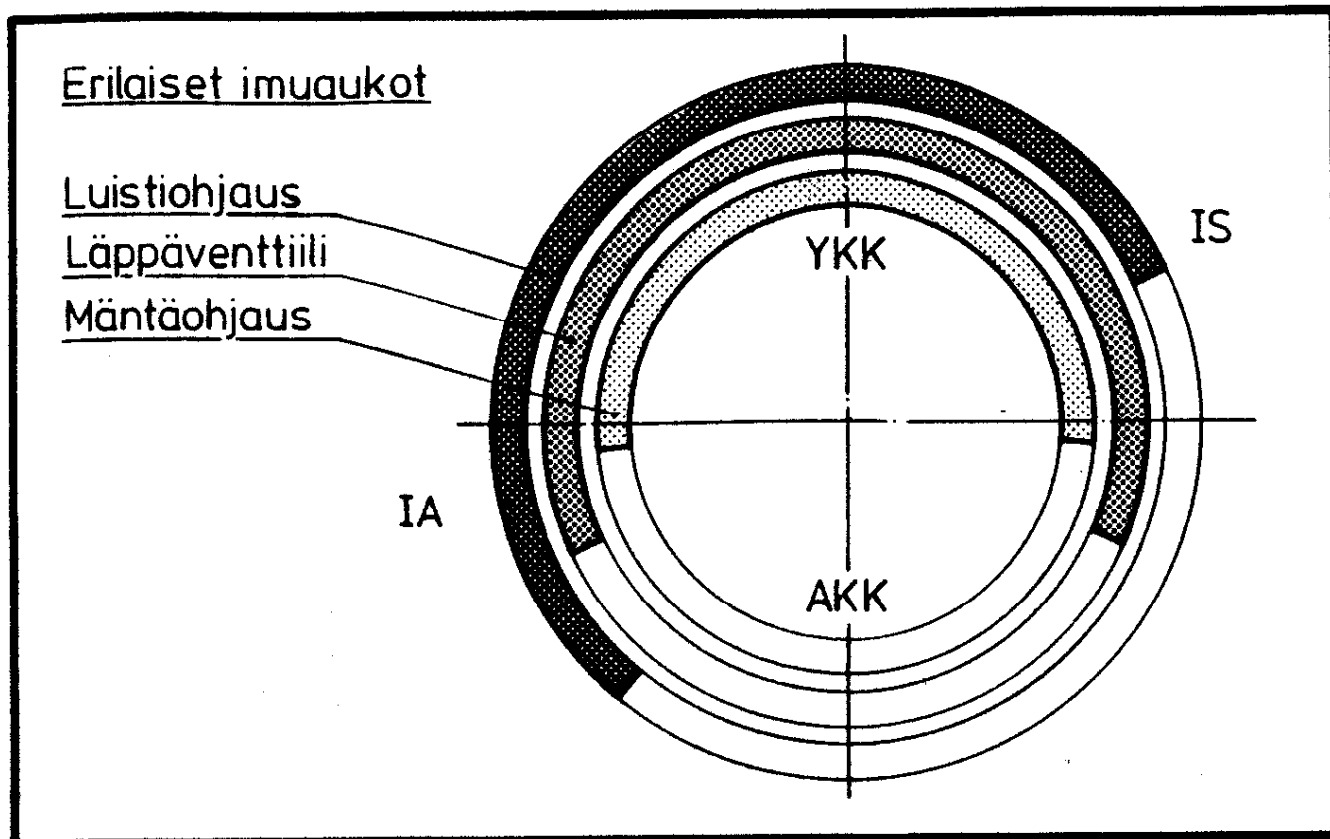
Luistin käyttölaitteet vaativat jonkinlaisen kulmavaihteen ja sen voitelun järjestäminen voi tuottaa päänvaivaa, mutta onnistuu kyllä varmasti. Eräs huomionarvoinen ominaisuus tällä luistikonstruktioilla, aivan samoin kuin normaalilla levyluistillakin, on sen läppäventtiiliä vapaampi imukanavan muotoilumahdollisuus. Läppäventtiili on symmetrisyyden vuoksi pakko sijoittaa sylinteriin nähden suoraan sen taakse, mutta luistiventtiilimoottorissa kaasutin voidaan helposti viedä pois moottorin keskilinjalta. Kaasuttimen siirtyessä pois tieltä voidaan takaiskunvaimenninta kallistaa voimakkaammin eteenpäin, jolloin sen massa laskee alaspäin ja siirtyy lähemmäksi koko pyörän painopistettä, vakauttaen ajo-ominaisuuksia ja parantaen pyörän ajettavuutta. Uskon vakaasti, että tämä kohtisuoralla luistiventtiilillä varustettu moottorityyppi on tulevaisuuden moottori, ei yksinomaan sen erinomaisten teho-ominaisuuksiensa vaan myös paremman ulkomuotonsa ansiosta.

LUISTIN MATERIAALI

Luisti valmistetaan ruostumattomasta teräksestä. Se tehdään noin 0,5 mm paksuksi ja usein lievästi kuppimaiseksi, jolloin sen jäykkyys ja tiivistyskyky on parempi. Kiinnitys kampiakselille on sellainen, että aksiaalinen liike on mahdollista, jolloin se pääsee asettumaan paremmin tilaansa.



KTM:n satapiikki

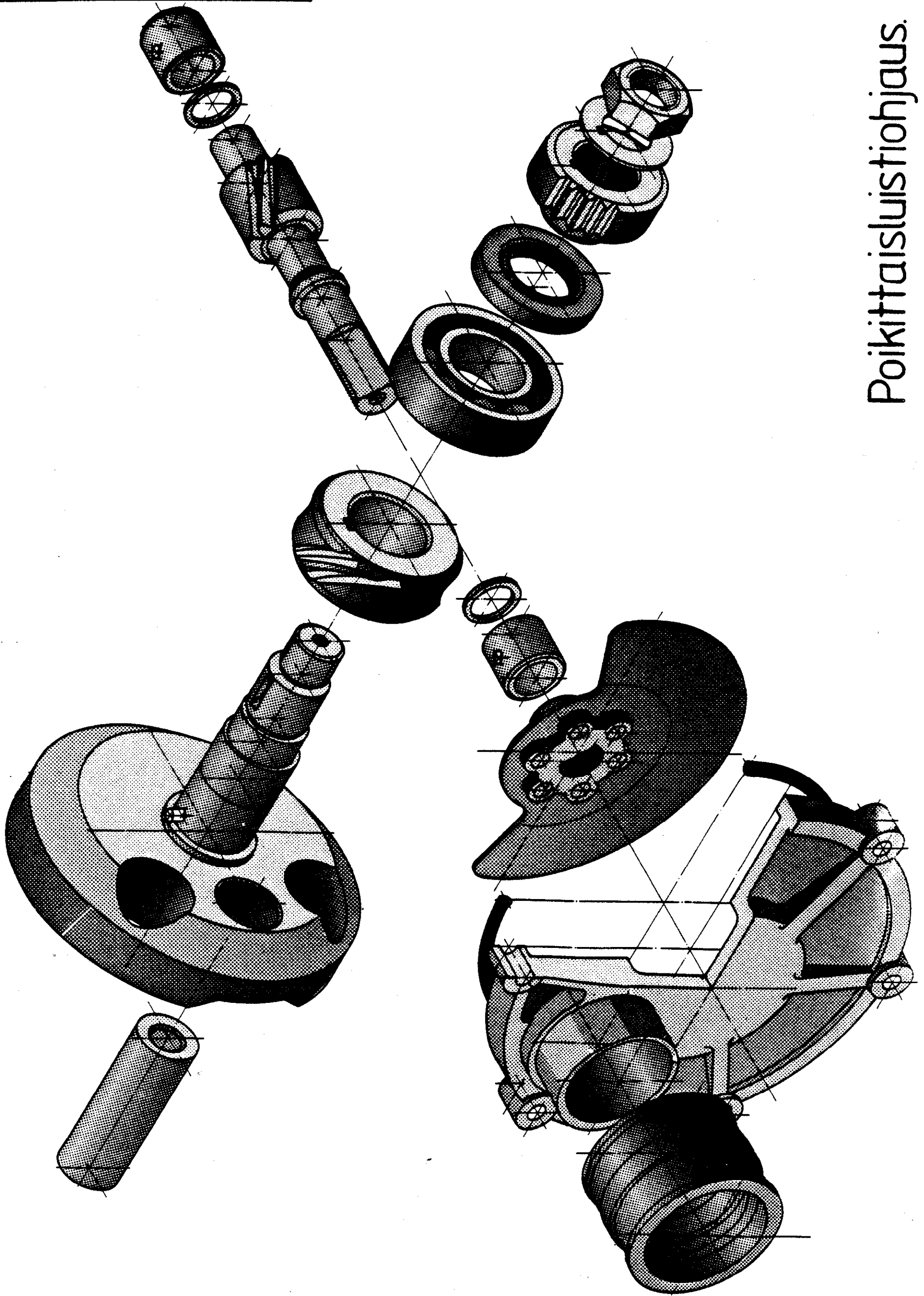


Luistia vastaan tulevat liukupinnat on tehty monessa tapauksessa jostakin laakeriominaisuuksiltaan kevytmetallia paremmasta materiaalista, useimmiten pronssista, mutta kyllä kevytmetalliakin käytetään. Tuleehan rakenteesta tällöin huomattavasti yksinkertaisempi, kun erillisiä liukupintoja ei tarvitse kiinnittää kevytmetallisiin moottorin lohkoihin. Myös muovia on kokeiltu luistin materiaalina. Muoviluisti voidaan valmistaa yhdestä kappaleesta ja se on muutenkin teräksistä halvempi. Muovit muodostavat kevytmetallin kanssa hyvän laakerin ja niinpä luisti voidaan sijoittaa suoraan moottorin lohkoon koneistettuun

luistikammioon eikä erillisiä liukupintoja tarvita. Muoviluisti on riittävän jäykkyyden saavuttamiseksi tehtävä 3...4 mm paksuksi, mutta muovin pienemmän tiheyden vuoksi sen paino ei kuitenkaan nouse teräsluistin painoa korkeammaksi.

LEVYLUISTI

Erilaisista luistiratkaisuista kannattaa mainita ratkaisu, jossa luisti tekee edestakaista liikettä sulkien ja avaten imukanavan aivan männänhelman tapaan. Se saa käyttövoimansa kiertokangesta sivukiertokangen avulla. Ajoitus on epäsymmetrinen, koska luistin ja sylinterin välillä on V-kulma, joka aiheuttaa vaihesiirron niiden välille. Ratkaisu on mielenkiintoinen. Sillä on monia hyviä ominaisuuksia, kuten kapea rakenne ja läppäventtiiliä pienempi virtausvastus. Kuitenkaan se ei ole niin helposti tehtävissä ajoitukseltaan halutunlaiseksi kuin pyörivä luistiventtiili, ja edestakaisin liikkuvat osat ovat aina lyhytikäisempiä kuin pyörivät koneenosat. Myös kampikammion puristussuhteen saaminen riittävän korkeaksi voi tuottaa vaikeuksia sillä sivukiertokangi vaatii oman tilansa.



Poikittaisluistiohjais.

Tehoputki toimii toivotulla tavalla vain tietyllä, hyvin kaarella kierroslukualueella ellei erikoisjärjeslyihin ryhdytä. Eräs mahdollisuus on erilaisten mekanismien avulla säätää pakoaukon

suuntaista pakoaukon korkeuden säätöä, mutta vaadittava korkeudenmuutos on erilainen. Pakoputki vaatisi huomattavasti suurempia

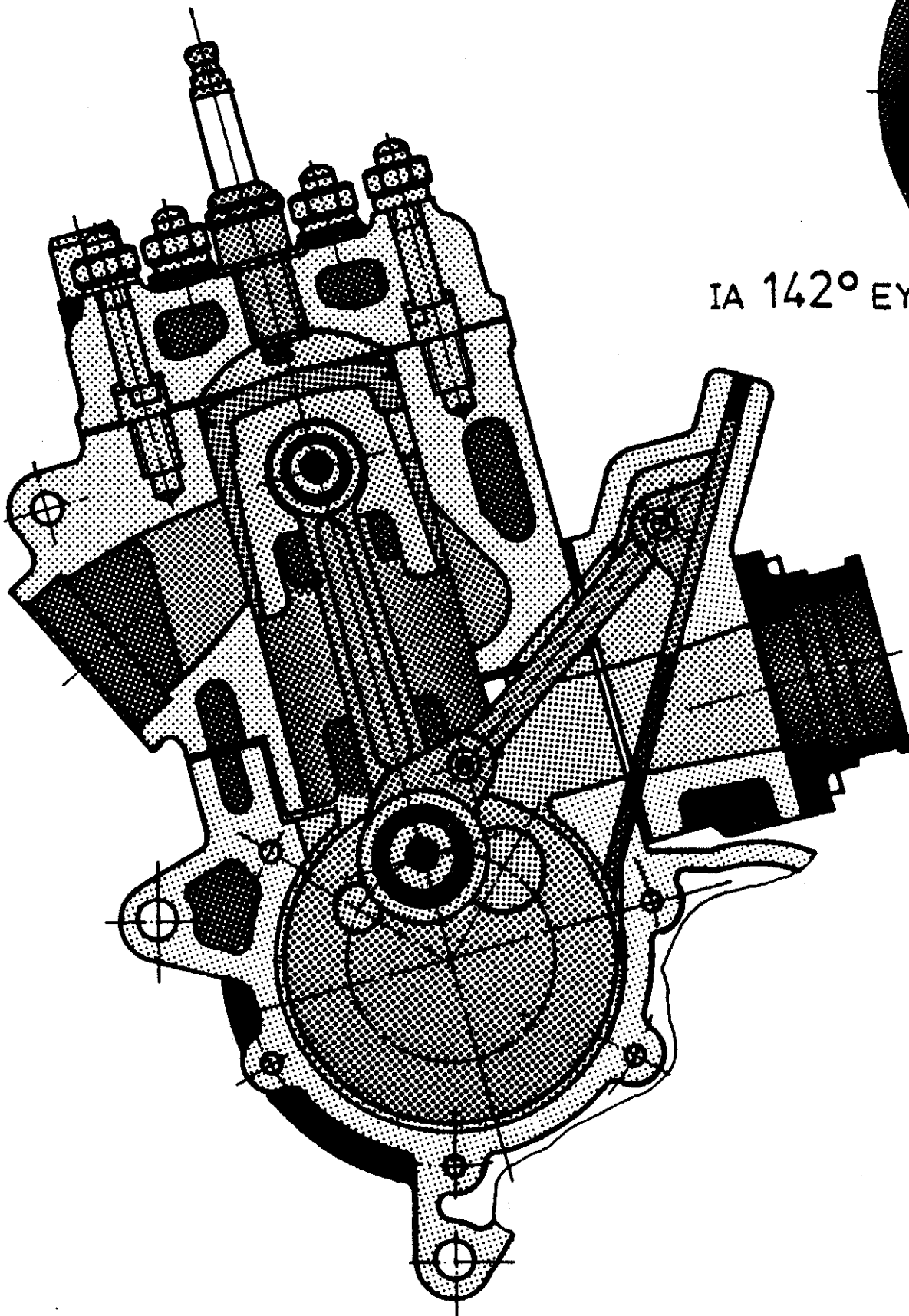
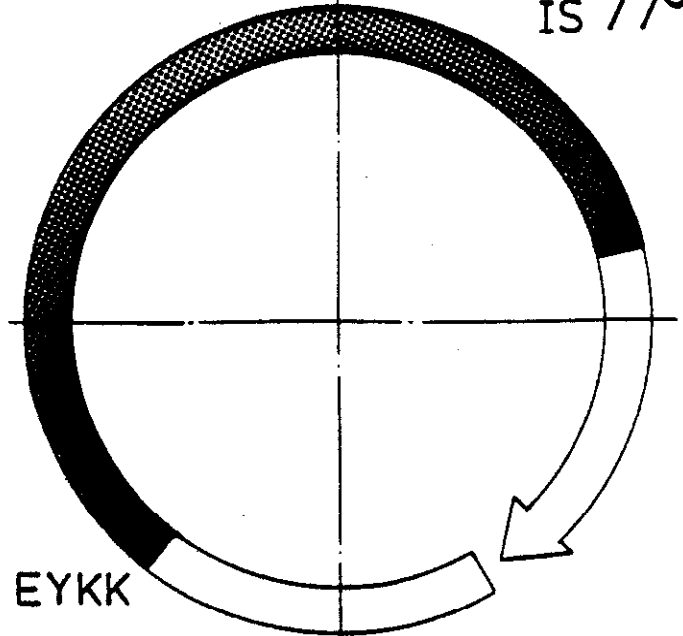
Epäsymmetrinen imuaukon ajoitus

YKK

IS 77° JYKK

IA 142° EYKK

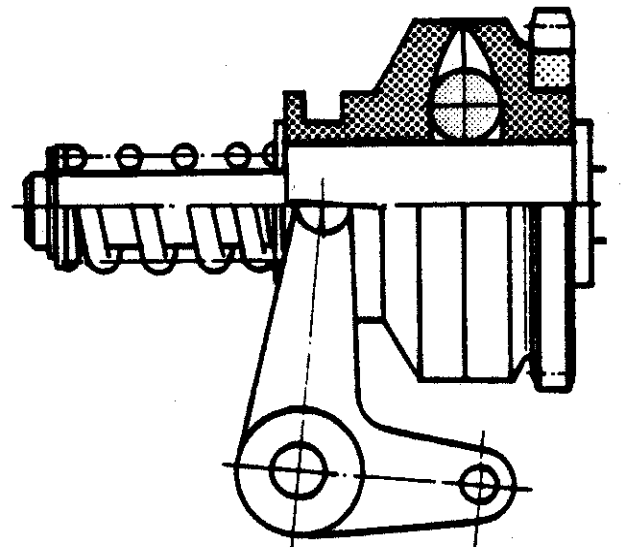
AKK



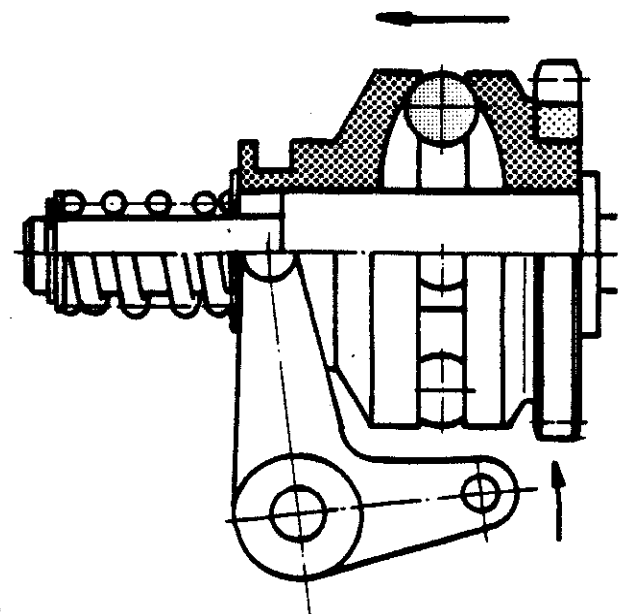
aukiolokulmaa ja sitä kautta muuttaa aukioloaikaa. Tai pikeminkin aika pyritään pitämään mahdollisimman laajalla kierroslukualueella vakiona, jotta pakoputki toimisi hyvin. Tämä on ensimmäinen syy pakoaukon korkeutta säätelevien mekanismien käytölle. Toinen on pyrkimys pitää aukon aika-ala sopivana laajemmalla kierroslukualueella. Tarvittavan aika-alan suuruushan oli suoraan verrannollinen kierroslukuun. Molemmat vaativat saman-

korkeudenmuutoksia kuin aika-alan muuttamiseksi on tarpeen. Kun ensimmäiset pakoaukon säätölaitteet ilmestyivät RR-pyöriin pidettiin, lähinnä voimakkaan mainostuksen ansiosta, sitä täysin mullistavana keksintönä, joka tekee kertatehtävillä muut 2-tahtimoottoriratkaisut vanhanaikaisiksi. Sen avulla uskottiin säävutettävän aivan uskomattoman laajoja tehoalueita ja muutenkin keksintöä pidettiin vallan ihmeellisenä, mutta toisin kävi. Tämän-

n=3000 kierr/min



n=10 000

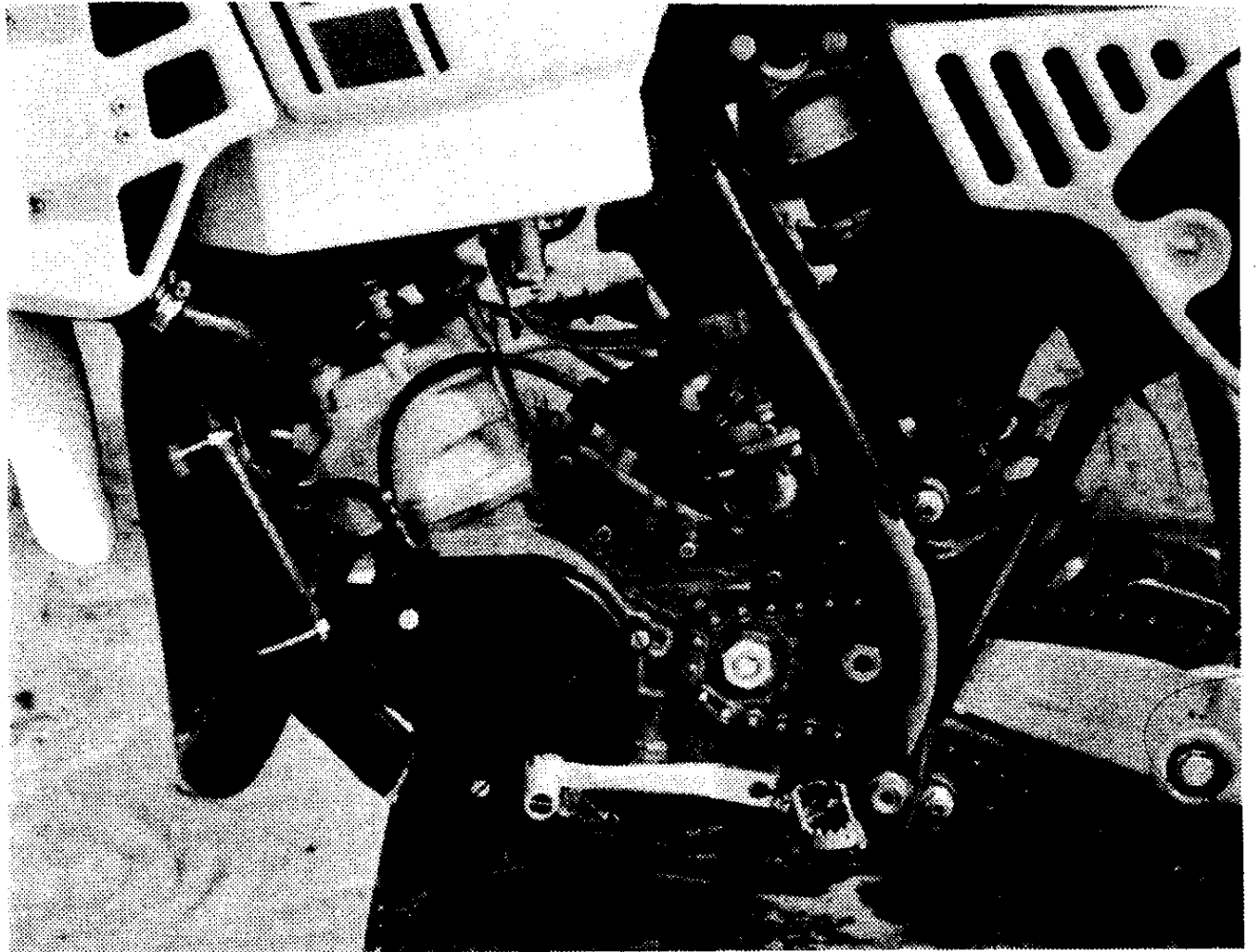
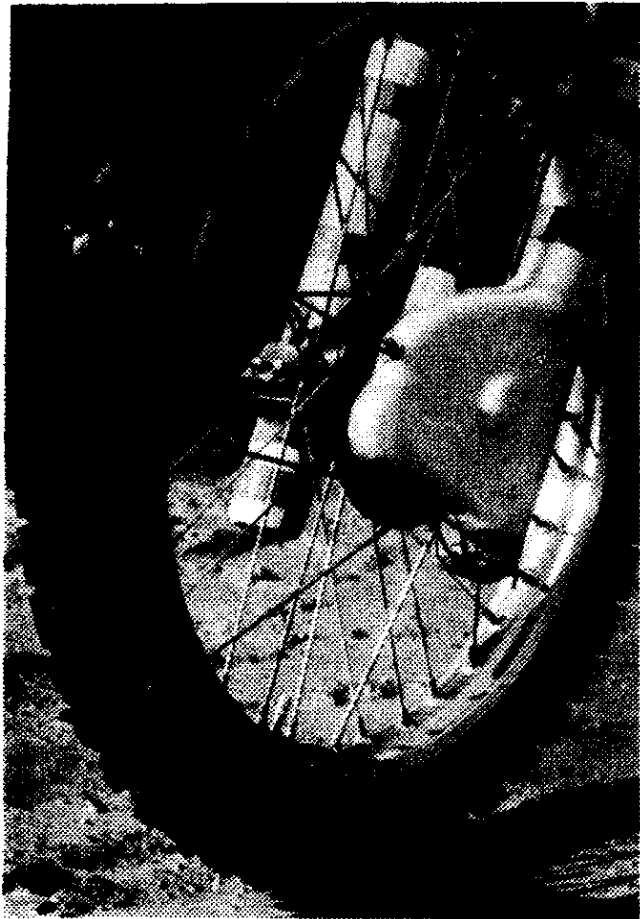
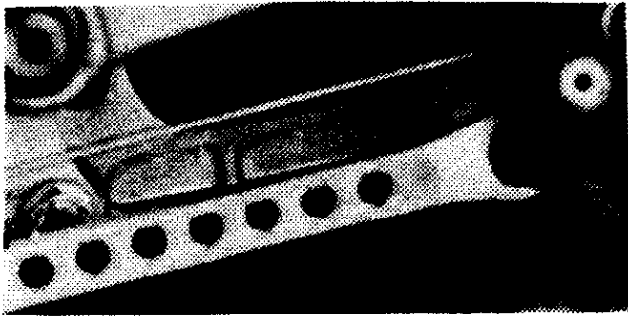


hetkiset moottorit ovat aivan yhtä huonosti vääntäviä kuin kilpailijansakin. En tiedä, onko syynä moottorien muilta osin huono konstruktiio vai onko säätyvä pakoaukko osoittautunut pelkäksi suureksi lupaukseksi, mutta joka tapauksessa kilpailijat ovat pysyneet hyvin kehityksessä mukana.

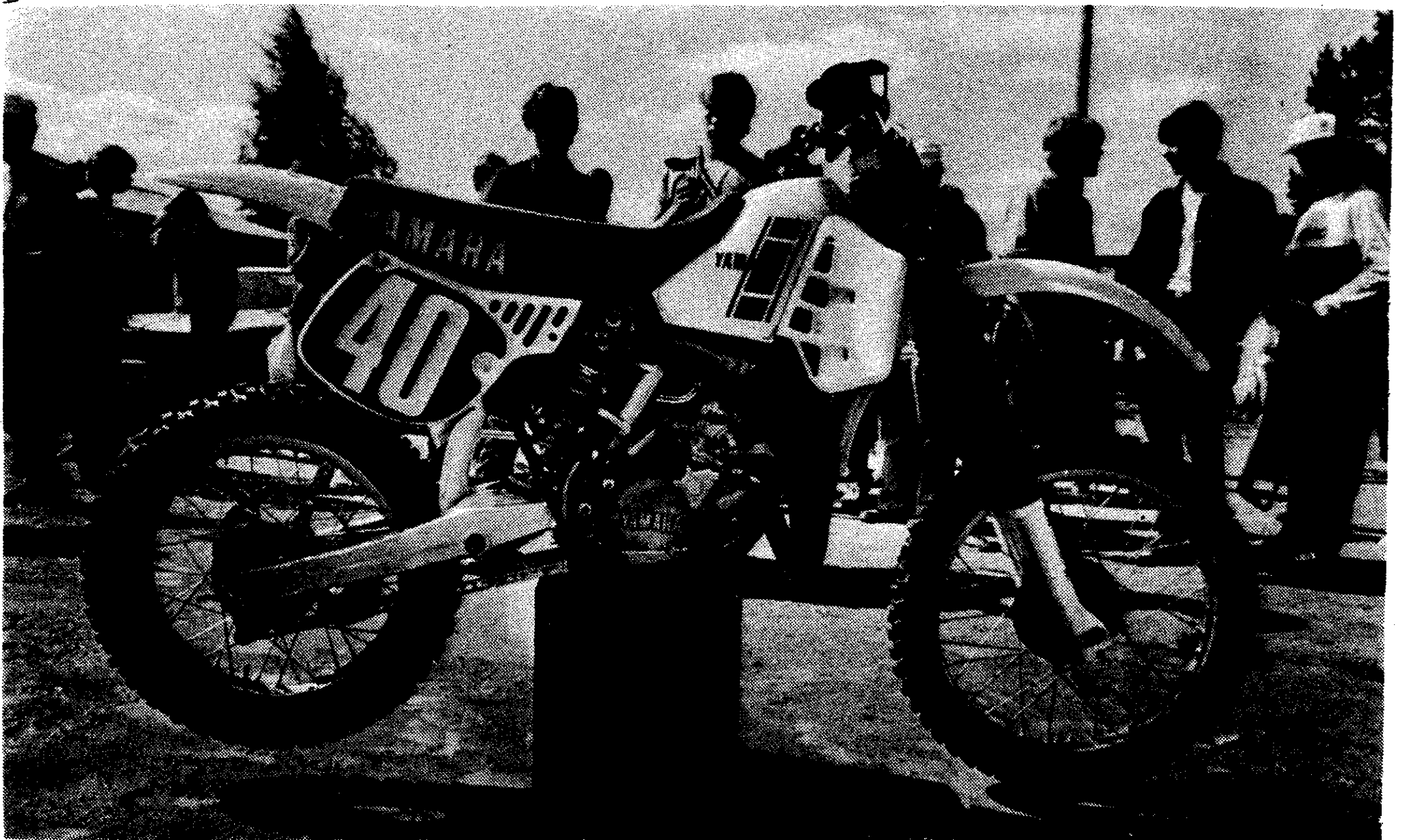
SYLINTERI JA LEVY

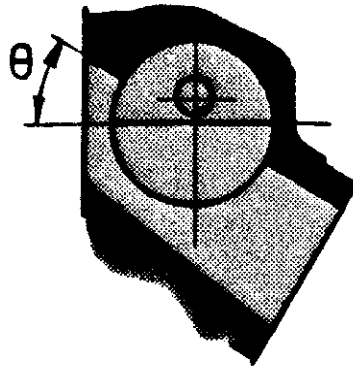
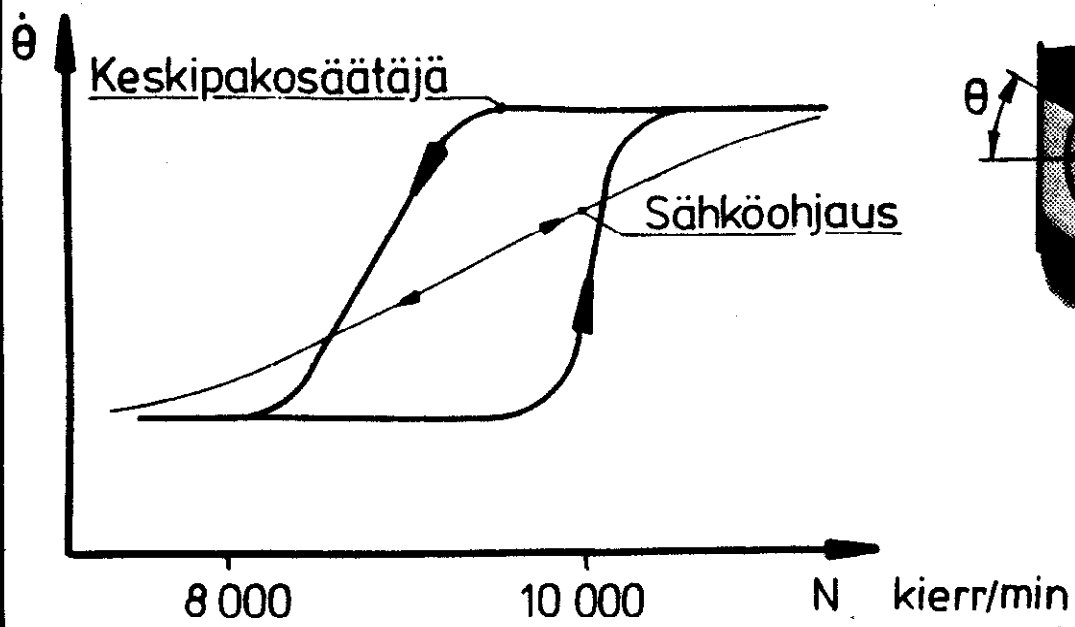
Venttiili voidaan tehdä peri-

aatteessa kahdella eri tavalla. Se voi olla oman akselinsa ympäri kiertyvä sylinteri tai edestakaisin liikkuva levy. Toiminnan kannalta eivät erot ole kovinkaan suuria ja myös rakenteen monimutkaisuus on samaa luokkaa. Motocrosspyörissä käytetään poikkeuksetta mekaanista venttiilin ohjausjärjestelmää, jonka toiminta ei kaikilta osiltaan ole toivotunlaista. Sillä on taipumusta avata venttiili kerralla kokonaan auki, vaikka toiminnan

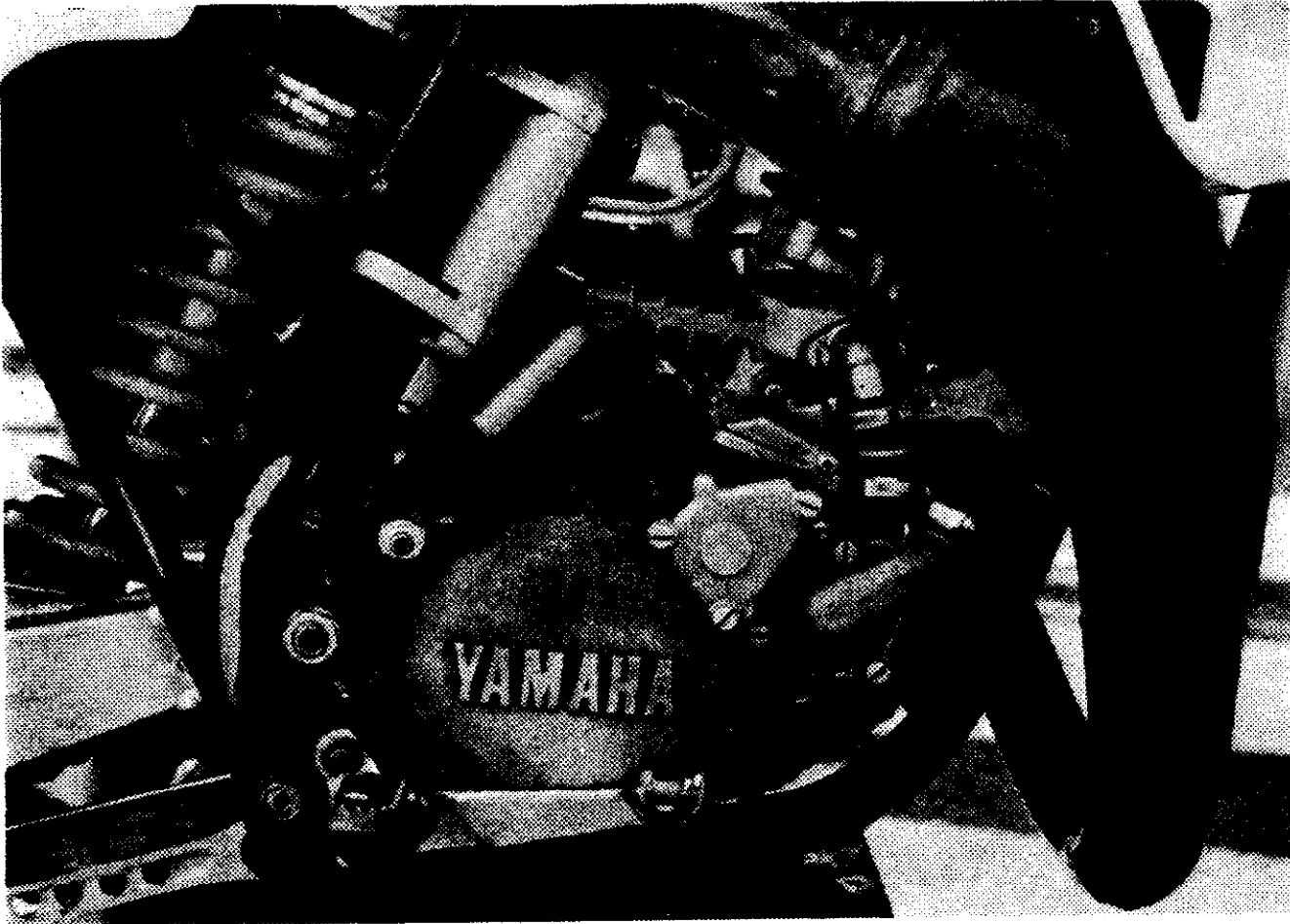


*Pekka Vehkosen Yamaha oli kauden -83 katsotuimpia tehdaspyöriä. Poikittaisluistiohjat-
tu 125 cc kone on todella kaunis tehopakkaus.*





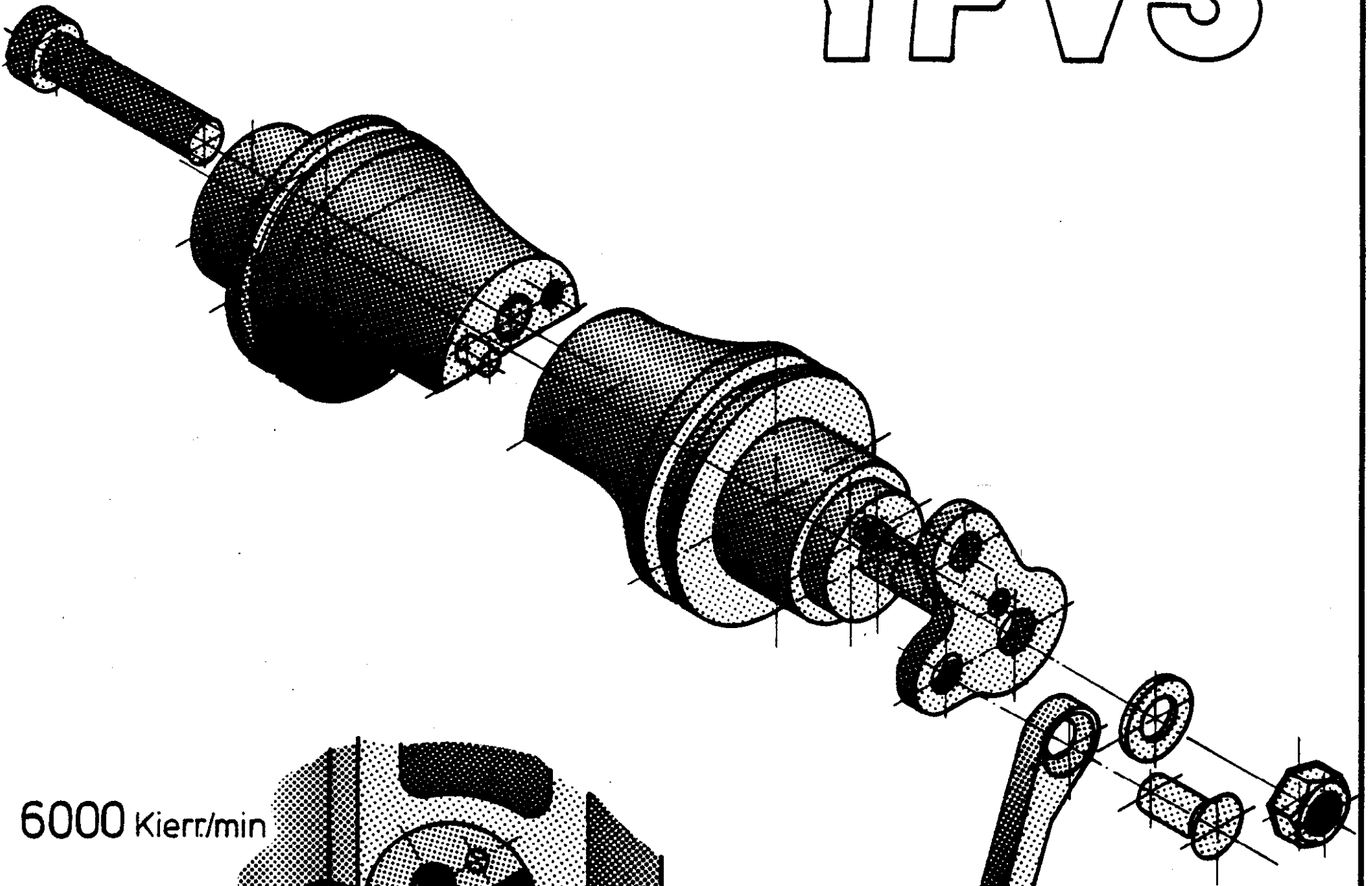
Pakoaukon korkeudensäätäjän toiminta.
Hystereesi.



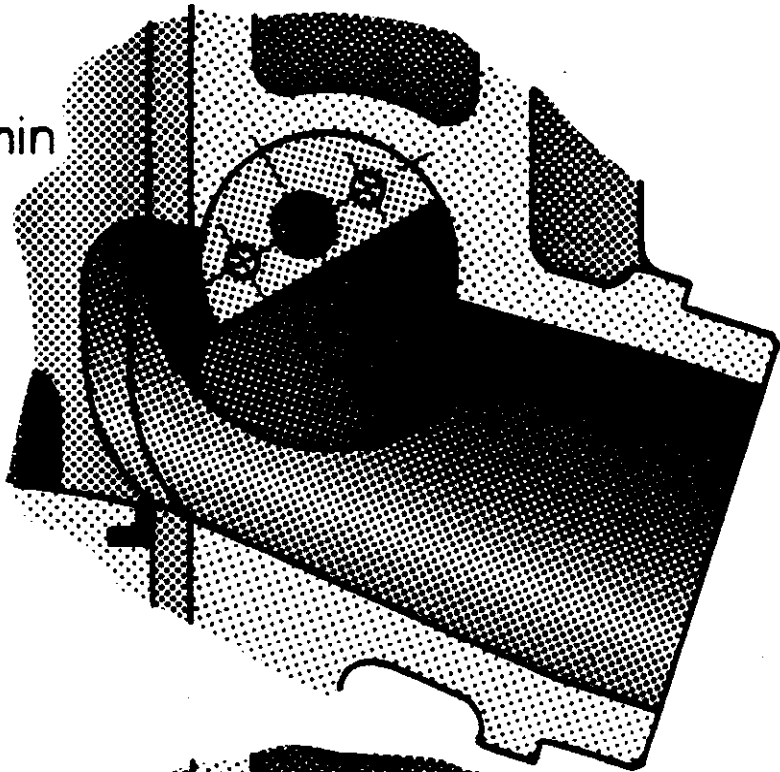
kannalta olisi edullisempaa avata se vähitellen kierrosluvun kohotessa. Toisaalta mekaniikalle ominaisella tavalla sen toimintaan liittyy hystereesi. Sen aukeamispiste kierrosluvun noustessa on eri kohdassa kuin sen sulkeutumispiste kierrosten laskiessa. Paljon parempi ja RR-moottoreissa hyvin toimivaksi havaittu on sähköisesti ohjattu venttiili, joka voidaan tehdä kierrosluvun kohotessa hitaasti avautuvaksi ja sen säätäminen erilaisia olosuhteita vastaavaksi on huomattavasti helpompaa. Mitään hystereesiä ei niin haluttaessa esiinny, toki se voidaan siihen haluttaessa ohjelmoida.



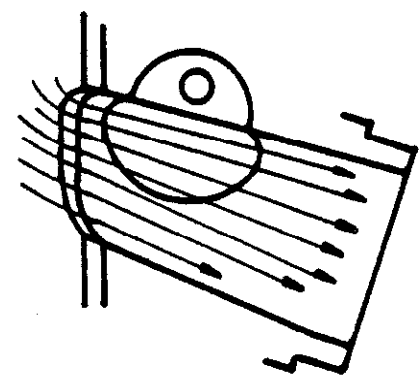
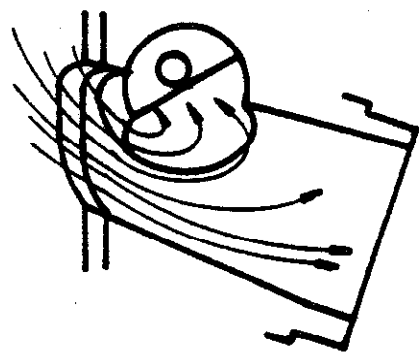
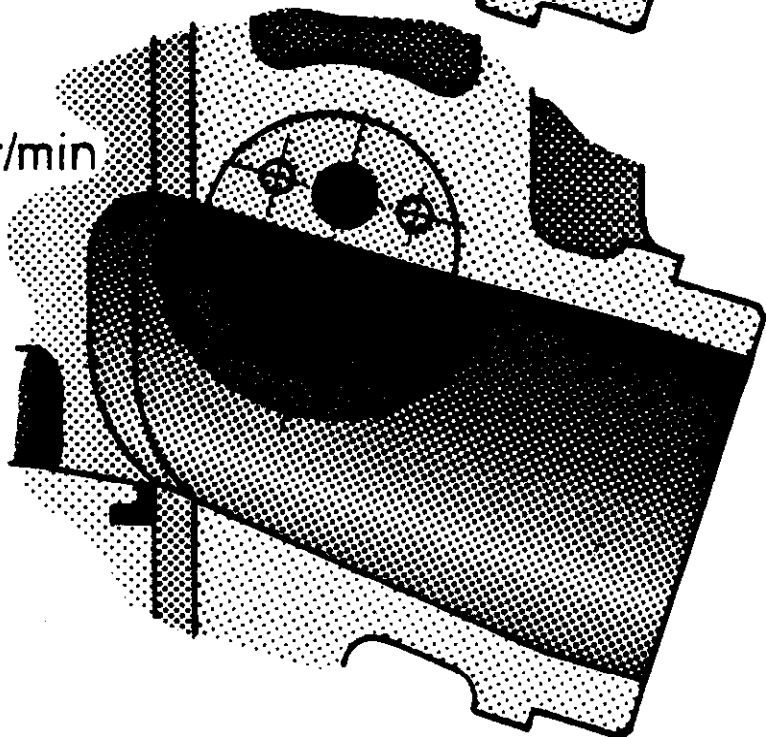
YPVS

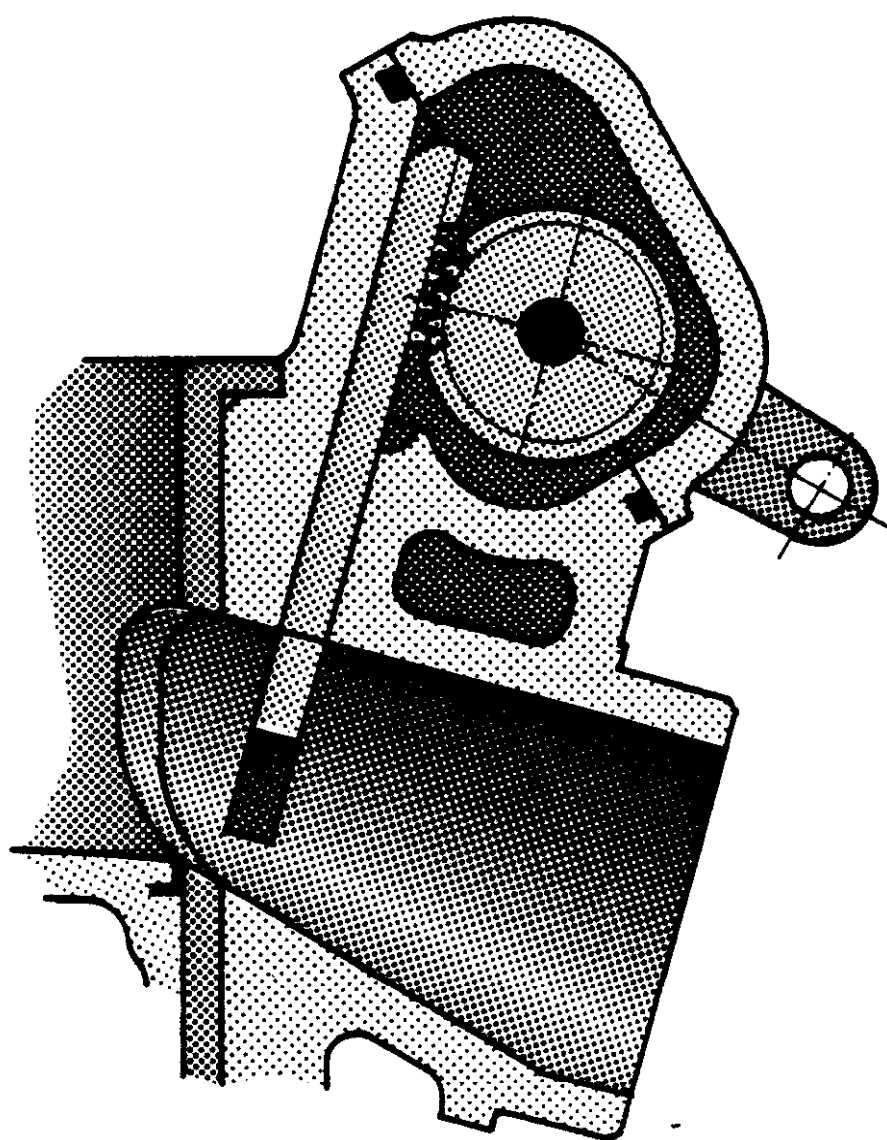
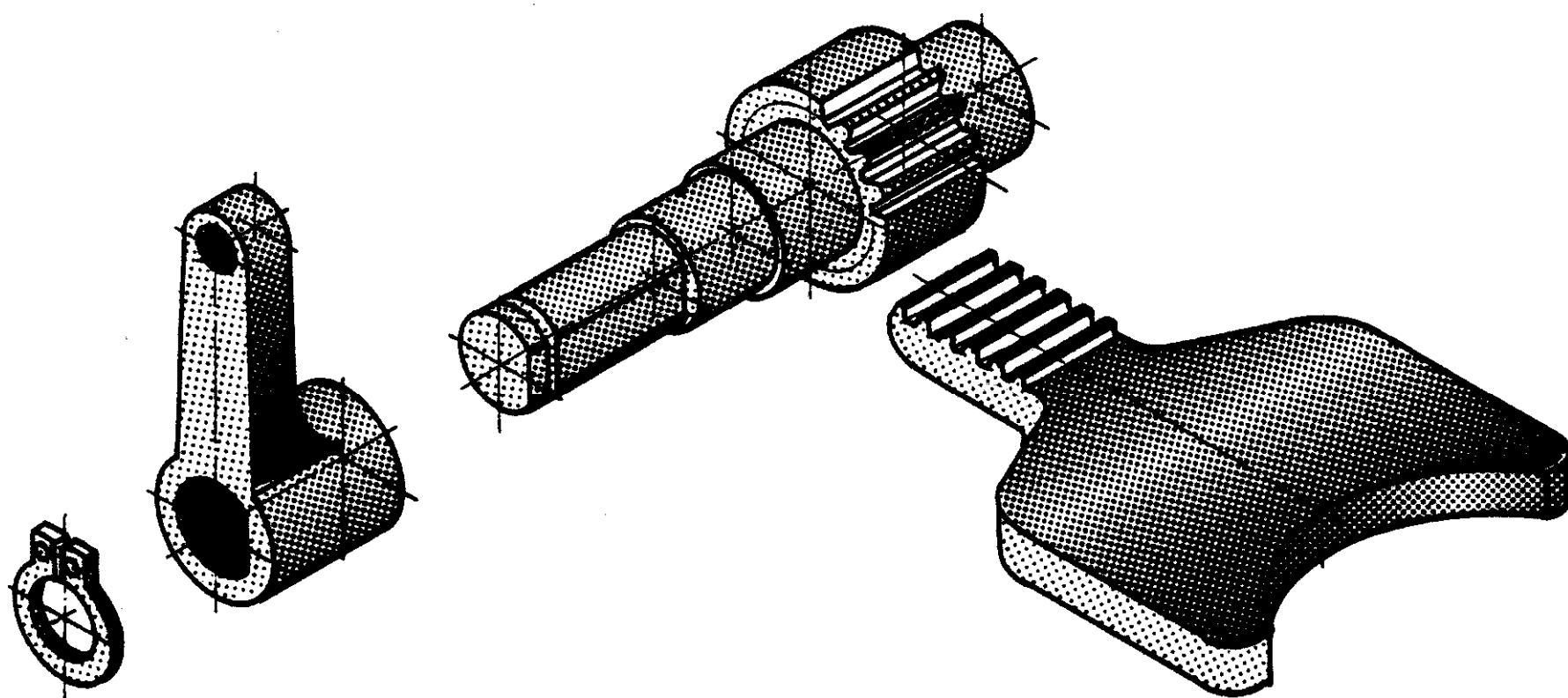


6000 Kierr./min

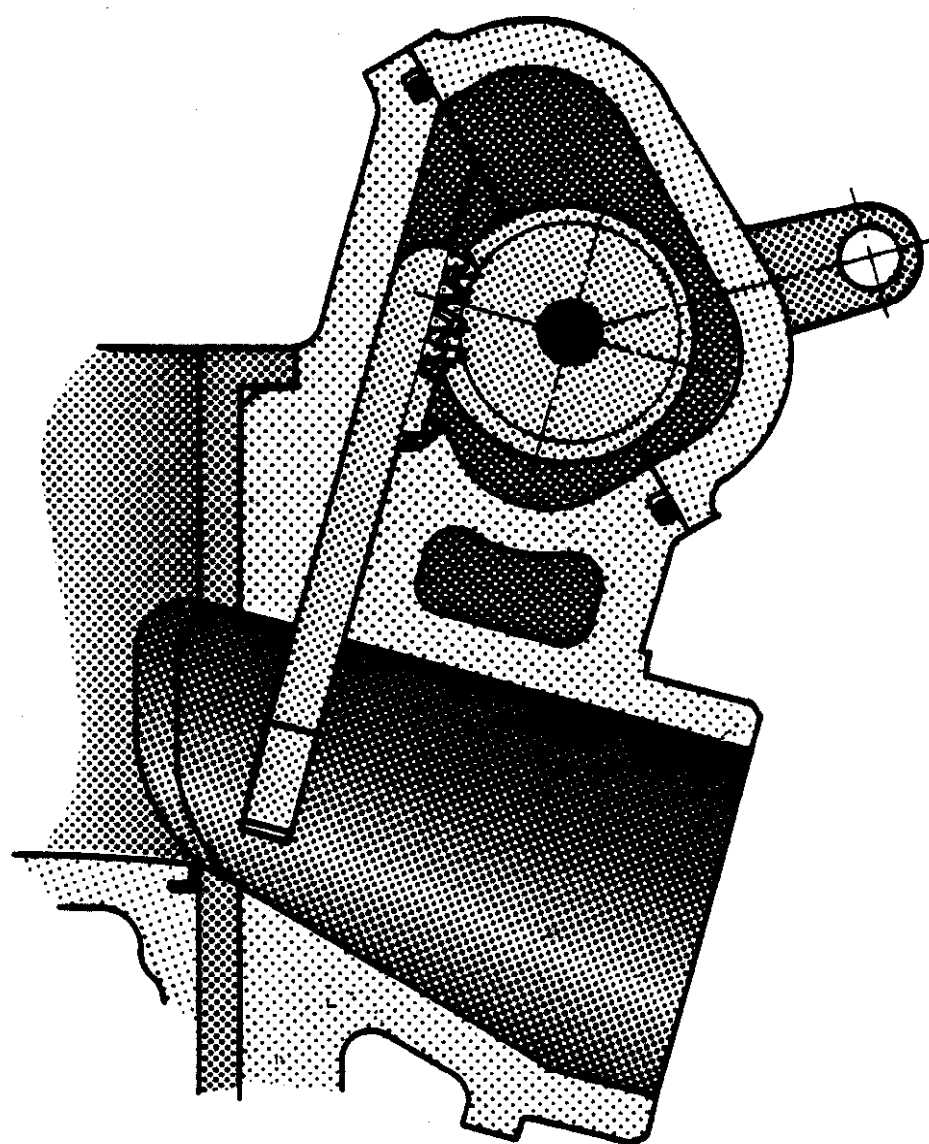


10000 Kierr./min





10 000 Kierr./min



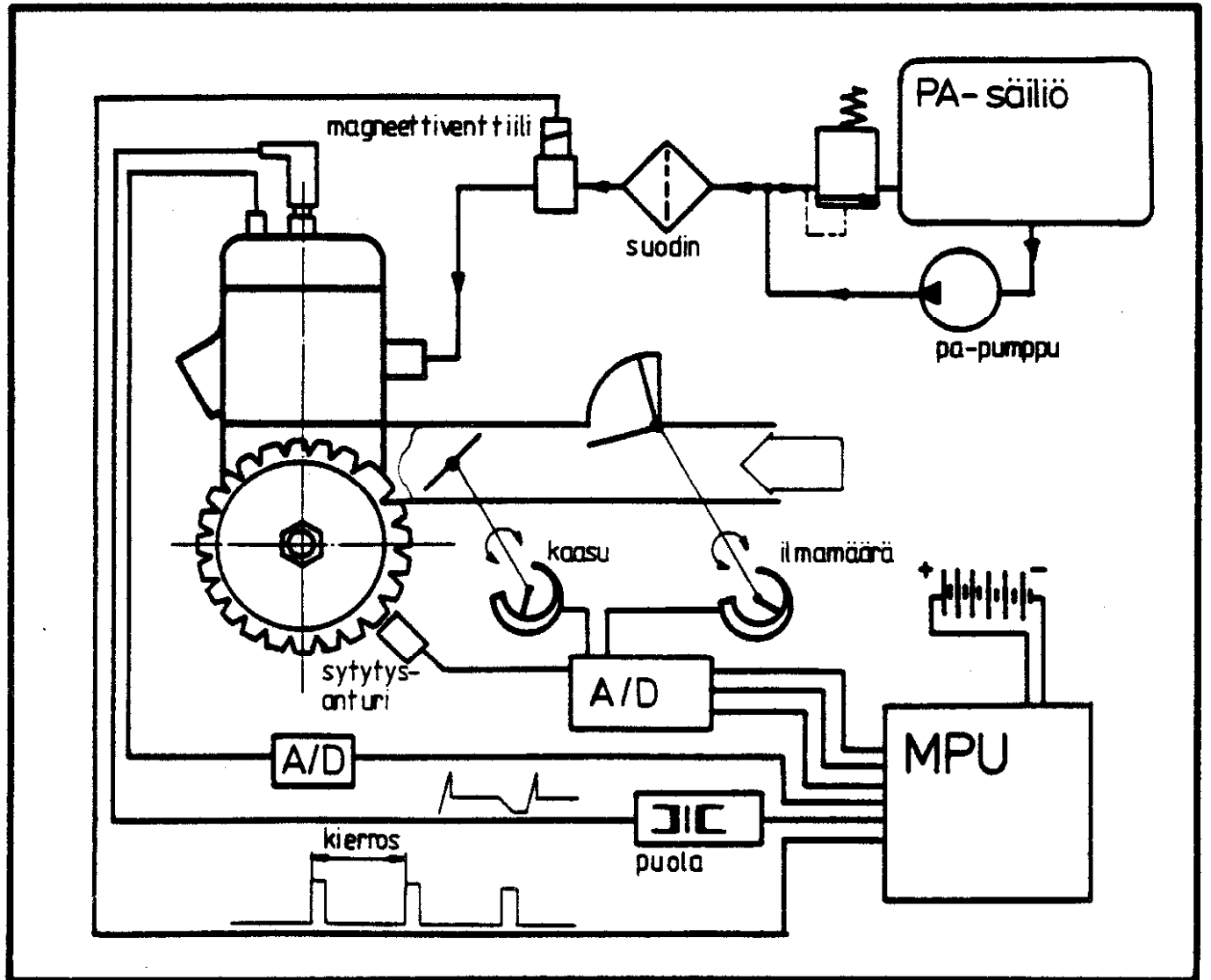
7000 Kierr./min

7 Elektronikkaa

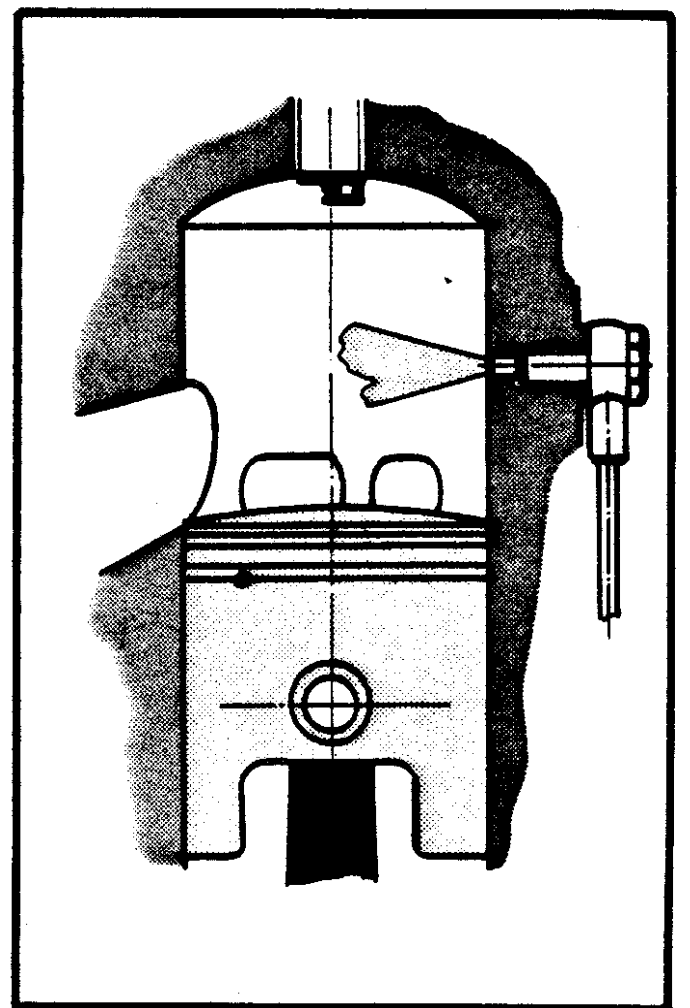
Polttoaineen ruiskutus

Elektronikka ei ole vielä ehtinyt mullistaa 2-tahtimoottoria niinkuin se on tehnyt turboahdetuille nelitahtimoottoreille. Niissähän on nykyisin nakutus-tunnistimia ja monia muita varusteita, joiden toteuttaminen olisi ollut miltei mahdotonta ilman mikroprosessoritekniikkaa. Kaksi-tahtimoottorissa polttoaineen säästäminen olisi suhteellisen helppoa, jos polttoaineensyöttö muutettaisiin toimimaan suihkutusperiaatteella. Imukanavan sijasta polttoaine suihkutetaan suoraan sylinteriin. Sopivilla järjestelyillä suihkutus voidaan ohjata toimimaan jaksottaisesti pakoaukon juuri sulkeuduttua. Sylinterin paine on tällöin vielä alhainen ja suihkutuspaineksi riittää normaalin ottomoottorin suihkun paine. Suutin sijoitetaan pakoaukkoa vastapäätä sylinterin takaseinälle pakoaukon yläreunaa hieman korkeammalle. Tällaisella suuttimen paikalla saavutetaan se etu, että se ei joudu sylinterin korkeiden huippupaineiden kanssa tekemisiin. Moottorin huuhtelu tapahtuu pelkällä ilmalla ja näin ollen pakoputkeen ei karkaa huuhtelutapahtuman yhteydessä palamatonta polttoainetta. Tuloksena on huomattavasti parempi polttoainetalous, ja koska pakokaasujen joukkoon ei pääse palamatonta seosta, myös puhtaamat pakokaasut. Koska huuhtelu tapahtuu ilmalla, voidaan sitä päästää vapaammin karkaamaan pakoaukosta, jolloin sitä voidaan käyttää runsaasti ja pakokaasut saadaan ajettua tarkemmin sylinteristä ulos. Tällöin sylinteriin saadaan enemmän palamiseen tarvittavaa happea ja teho nousee.

Polttoaineen kulutukseen ei kilpapyörissä kiinnitetä juurikaan huomiota, sen vuoksi vaiva olisikin turha. Sen sijaan tiedetään, että kaasuttimella saadaan kyllä palamisen kannalta sopiva seossuhde kautta koko kierroslukualueen, mutta se ei voi ottaa huomioon



suurimman vääntömomentin tie-noilla tarvittavaa ylimääräistä rikastusta, jonka tehtävänä on jäähdyttää moottoria. Tässä vaiheessa voidaan hyödyntää nykyistä mikroprosessoritekniikkaa ja panna elektronikka huolehtimaan moottorin tarpeita. Järjestelmä mittaa imuilman virtausnopeutta, ilmanpainetta, kaasuläpän asentoa, moottorin lämpötilaa ja kierroslukua. Ruiskutusmäärän säätö perustuu pääasiassa imuilman virtausnopeuden mittausarvoon, mutta suurinta tehoa lähellä olevilla kierrosluvuilla annetaan ylimääräinen rikastus. Aivan samoin rikastetaan seosta myös kylmäkäynnistyksessä ja tyhjäkäynnillä. Kun kaasuläppä aukaistaan nopeasti, syöttää suihkutus ylimääräisen polttoainepanoksen. Ilmanpaineanturi on kytketty mukaan, koska ilmanvirtausanturi ei pysty huomioimaan ilmanpaineen vaihteluita, vaan ne pitää kompensoida muuten. Virtausmittarin arvo on verrannollinen arvoon tiheys x nopeus toiseen ja vastaava massavirta arvoon tiheys x nopeus, joten massavirran pysyessä



vakiona ja tiheyden pudotessa puoleen, kasvaa nopeus kaksinkertaiseksi ja samalla kaksinkertaistuu myös tekijä tiheys x nopeus toiseen tekijän tiheys x nopeus pysyessä ennallaan. Kuten

mainittiin, kompensoidaan virhe ilmanpaineanturin takaisinkytkennällä. Jokaista kierrosluku-kaasunvirtaus -yhdistelmää vastaa aina oma suihkutusarvonsa. Ne on tallennettu keskusyksikön muistiin taulukkomuotoon. Tämän taulukon arvoja muuttelemalla voidaan polttoaineen syöttö muuttaa uusia olosuhteita vastaavaksi hyvin helposti.

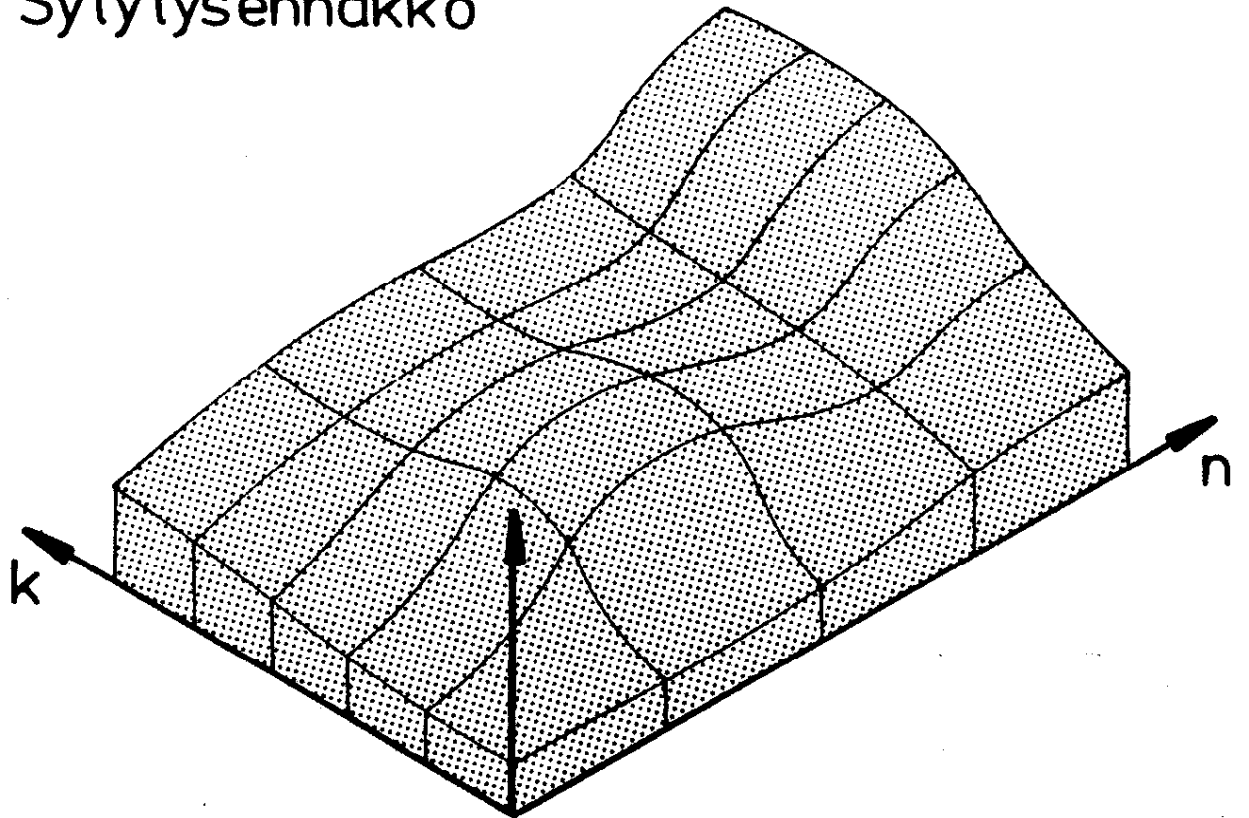
Tietokonesytytys

Kun polttoaineen syöttöä ohjataan jo mikrotietokoneella, voidaan myös sytytys toteuttaa sen avulla ilman, että rakenne suurestikaan monimutkaistuu. Sytytyksen ongelmat ovat hyvin samanlaiset. Sytytysennakkoa tulisi pystyä muuttamaan tilanteen mukaisesti. Se toteutetaan aivan samoin muistiin tallennetun ennakkotiedoston avulla. Ennakoon vaikuttaa imuilman virtausnopeus ja moottorin kierrosluku. Niiden avulla voidaan todeta moottorin kuormitusaste, jonka mukaan sytytysennakko eri kierrosluvuilla määräytyy. Säädön ominaisuuksiin kuuluu ennakon pieneneminen lähellä tyhjäkäyntiä, jolloin käynti tasoittuu. Samaten sitä pienennetään täydellä kaasulla, varsinkin suurimman vääntömomentin alapuolella, jossa moottorin naku-tustaipumus on voimakkaimmillaan. Jos moottori on rakennettu siten, että se ottaa helposti ylikierroksia, on systeemiin syytä liittää myös kierrosluvun rajoitin, joka alkaa katkoa sytytystä kierrosluvun noustessa liian korkeaksi. Sytytyksen ajoitus olisi parasta toteuttaa optisella tai induktiivisella anturilla, joka ohjaa samalla polttoaineen suihkutuksen alkamista.

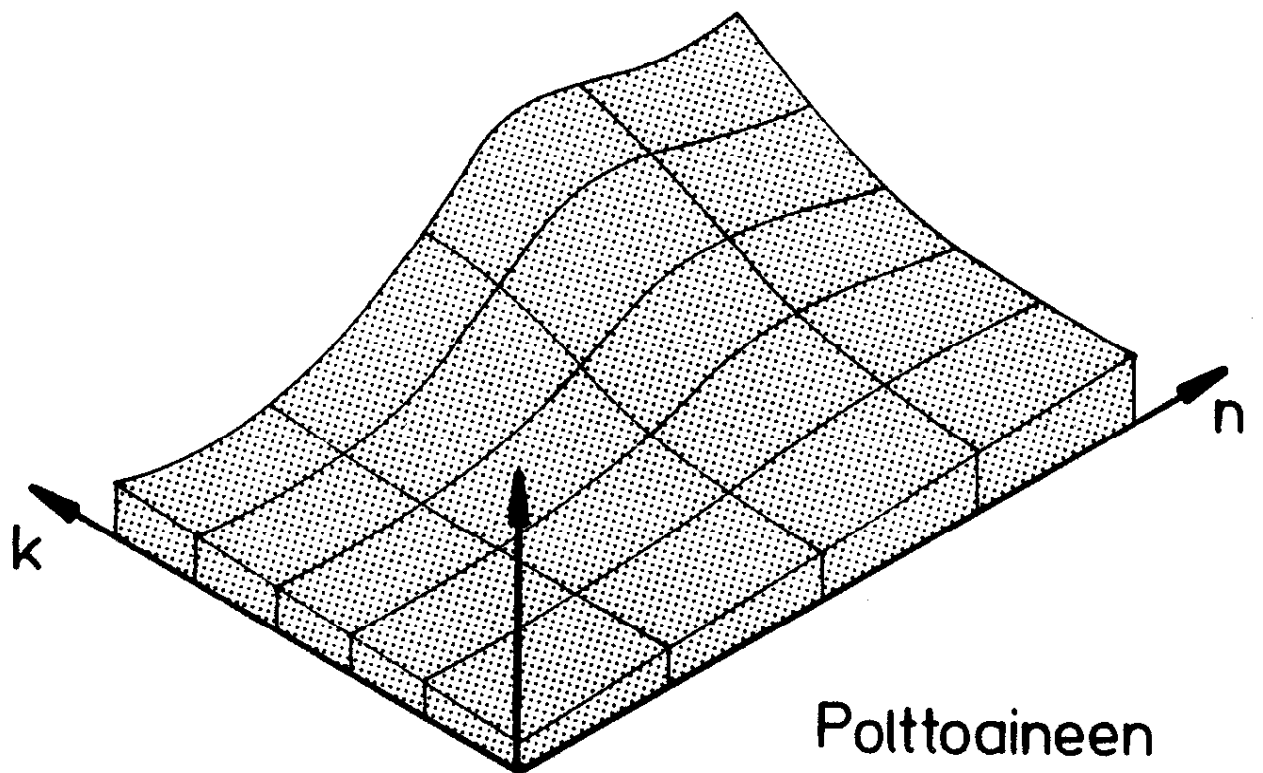
Monia vanhemman polven motoristeja järkyttää syvästi tämä elektroniikan esiinmarssi moottorialalla, mutta katkera totuus on kuitenkin se, että suhteellisen pian kaasuttimen säätö ei enää ole sitä neulan ja suuttimen vaihtamista, johon me vanhoina hyvinä aikoina totuimme. Tulee vielä aika, jolloin säätö tehdään ohjelmoimalla haluttu suihkutustaulukko mikrotietokoneen ROM-muistiin ja se kytketään liittimellä pyörän tietokoneeseen. Uudelleen säätö ja kaikki kokeilut tapahtuvat yksinkertaisesti vain muistikorttia vaihtamalla. Säädot voidaan tallentaa muistiin mukavasti kirjoituspöydän ääressä istuen ja näyttöpäätteen näppäimiä painellen. Se on ajatuksena kiehtova, mutta entäpä jos järjestelmä pettää kesken harjoitusajojen jossain

kaukana tallin korjaamosta. Ainoa mahdollisuus on vaihtaa kaikki pyörän sähkölaitteet yksi kerrallaan ja yrittää etsiä vika sillä tavalla. Se on takuulla vaikeam-

Sytytysennakko



k=Kaasu



Polttoaineen ruiskutusmäärä

paa, kuin ottaa kaasutin auki ja puhaltaa roska pääsuuttimesta. Kaikesta huolimatta kehitys on johtamassa yhä suurempaan tietokoneistumiseen ja esimerkiksi formula 1:ssä tämä on jo todellisuutta. Hirvittää, mutta mukana on mentävä.

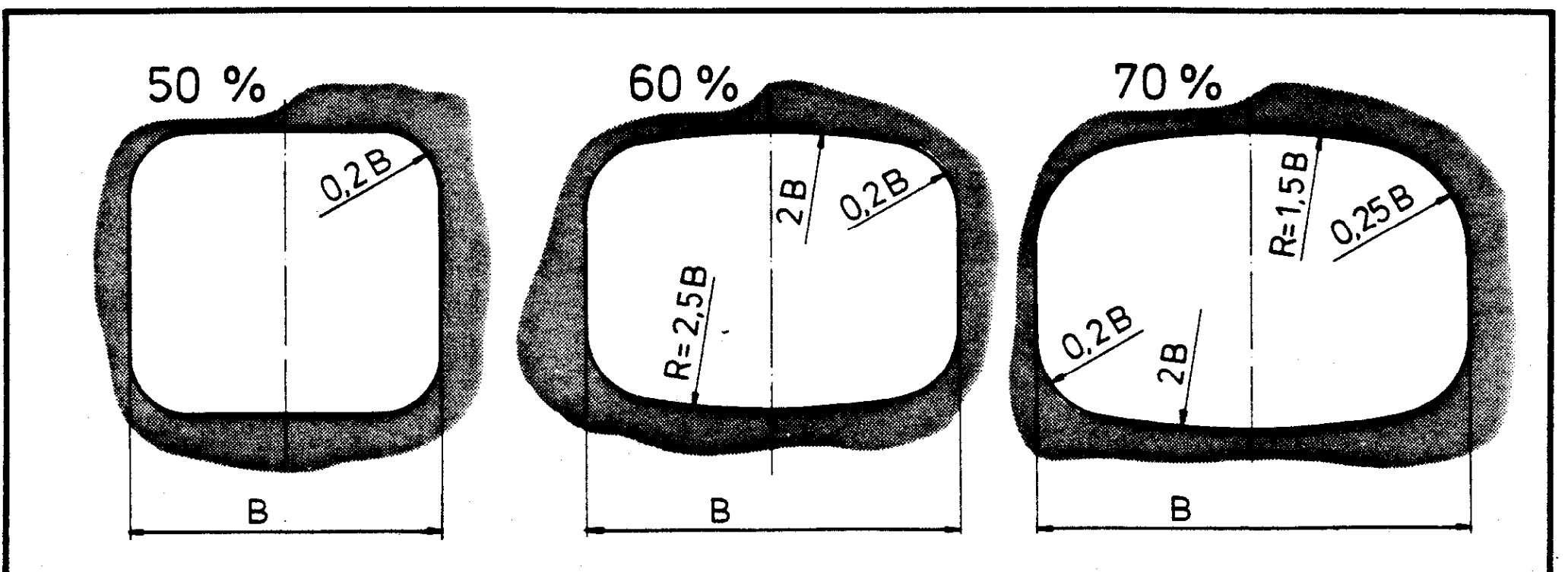
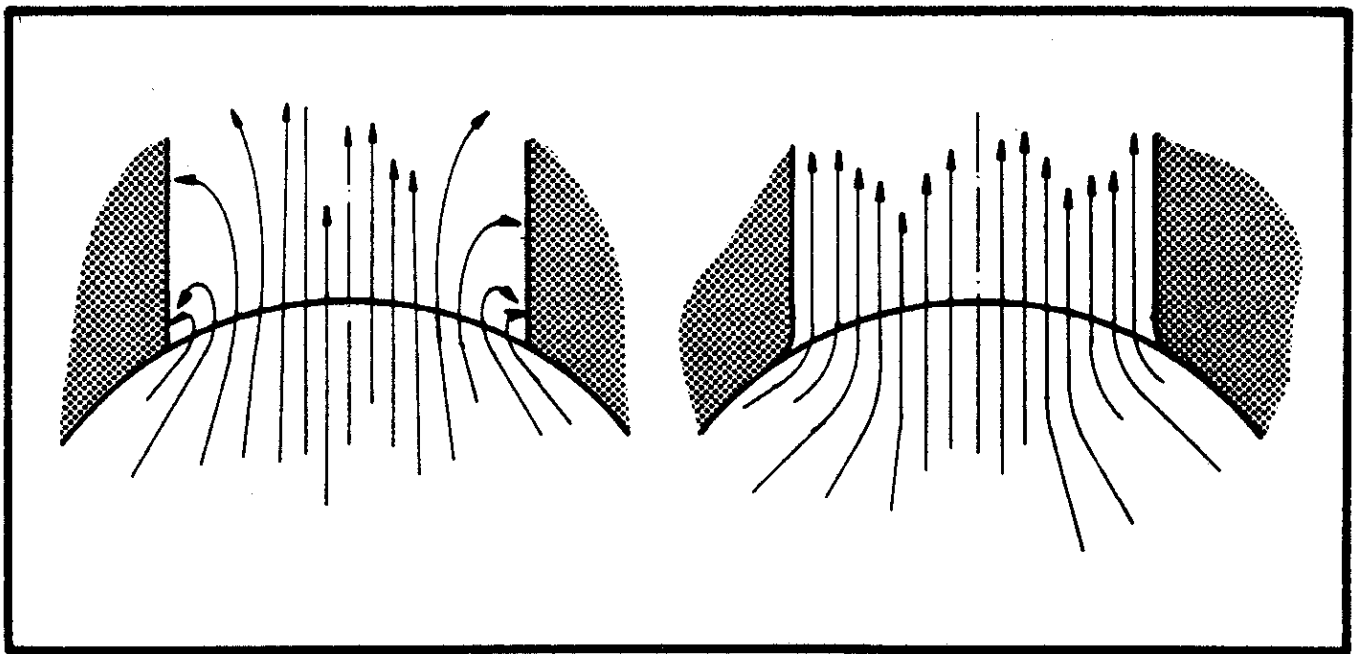
8 Sylinterin kanavat

Käyttöpöyrän moottorissa pakoaukko on tavallisesti suorakaiteen muotoinen ja leveydeltään kutsuunkin puolet sylinterin halkaisijasta. Näin kapeassa aukossa männänrenkaat eivät pääse pullistumaan ulos urastaan juuri lainkaan ja niinpä ne kestävätkin hyvin. Kun aukkoa lähdetään leventämään, lisääntyy renkaiden pullistuma hyvin nopeasti ja samalla niiden kestoikä putoaa jyrkästi. Tilannetta voidaan helpottaa suurentamalla aukon kulmien pyöristyksiä ja tekemällä se yläreunastaan kaarevaksi. Renkaiden kestävyys asettaa kuitenkin lopullisen rajan aukon leveydelle, vaikka niiden rasituksia yritetäänkin aukon reunoja muotoilemalla vähentää. Seinä tulee vastaan jossain 72 %:n tienoilla. Turvallisesti aukko voidaan leventää aina 65 %:iin asti, mutta sen jälkeen vaikeuksia alkaa ilmetä. Ensimmäiset oireet ovat havaittavissa pakoaukon yläreunasta, johon ilmestyy merkkejä renkaan hakkaamisesta. Tämä on jo vakava merkki tulossa olevista hankaluuksista ja on syytä heti tutkia mitä mahdollisuuksia olisi käytettävissä renkaiden ohjaamiseksi pehmeämmin uraansa. Missään tapauksessa aukkoa ei saa enää mennä leventämään, sillä jo nyt on hyvin lähellä moottorin täystuho, jota kukaan ei varmasti toivo. Pälkähästä päästään po-

raamalla sylinteri seuraavaan ylikokoon. Tällöin aukko suhteellisesti ottaen kapenee ja se saattaa riittää renkaiden kestoajan moninkertaistamiseen. Toinen mahdollisuus on aukon yläreunan muuttaminen entistä kaarevammaksi, mutta se tietää myös aukon korottamista ja sehän suurentaa myös aukon aika-alaa ja sitä ei varmasti toivota.

Jos moottorin viritystasetta olennaisesti korotetaan, saattaa tulla vastaan tilanne, jossa pakoaukon seinämä on niin ohut, että se saattaisi puhjeta tai ohentua vaarallisen ohueksi pakoaukkoa suurennettaessa. Tällöin aukon koko tehdään hieman liian pieneksi, mutta sen reunat pyöristetään suurella säteellä. Sen

muoto paranee siinä määrin, että siitä läpi virtaa aivan yhtä paljon pakokaasua kuin suuremmasta aukostakin, mutta pakoaukon seinät ovat edelleen riittävän paksut. Aukon reunan pyöristys on tehtävä melko suureksi, ehkä 4...5 mm säteiseksi, ennenkuin merkittävää parannusta sen virtaukseen saavutetaan. Ei pidä mennä kuvittelemaan, että sama tehoaisi huuhtelu- tai imuaukkoihin, sillä pakoaukon tapauksessa on kysymys virtauksesta sylinteristä aukkoon päin eikä sieltä ulospäin kuten on asian laita muiden aukkojen kohdalla. Niissä terävä reuna on tärkeä, sillä silloin seoksen suuntaus on täsmällisintä ja saavutettava huuhtelun tehokkuus silloin suurin.



Kaksiosainen pakoaukko on hyvin ristiriitainen tapaus. Sillä saavutetaan suuri aika-ala jo hyvin matalalla aukolla, mutta sen keskellä oleva silta on varsin ongelmallinen kohta sylinterissä. Sen molemmilta puolilta virtaa tulikuumia pakokaasuja ja niinpä se lämpenee muita sylinterin osia voimakkaammin. Se laajenee lämmitessään sylinterin sisälle päin, ja jos sitä ei kevennetä, se jumittaa männänrenkaat aivan varmasti. Toisaalta, koska se on kuumin kohta sylinteripintaa, pettää voitelu ensimmäisenä sen kohdalta, ja siksi tällaisella pakoaukolla varustettu moottori on muita herkempi voitelun puutteellisuuksille. Taipumusta on pyritty lieventämään poraamalla männän sivuun voitelureikiä sillan kohdalle, mutta tulokset eivät ole olleet kovinkaan ihmeellisiä. Koska tällainen pakoaukko on poikkeuksellisen leveä, paljastaa se muita enemmän männän vaippapintaa kuumien pakokaasujen lämmitettäväksi. Samaten kuumat pakokaasut pyyhkivät männän päätä leveämmältä alueelta niiden purkautuessa ulos pakoaukosta. Kaiken kaikkiaan tuloksena on männän poikkeuksellisen korkea lämpötila, ja sen laskemiseksi on puristusuhdetta laskettava ja jokainenhan tietää, miten se tuntuu tehossa.

PAKOKANAVA

Joissakin moottoreissa pakokanava laajenee hyvin jyrkästi pakoaukon takana. Se ei ole kovinkaan hyvä asia, sillä tässäkin tapauksessa olisi hillitty poikkipinnan muutos parasta. Jos kanava laajenee liian nopeasti, heijastuu iskuaallon energiasta suuri osa takaisin jo tässä vaiheessa, ja pakoputken teho laskee.

Myös pakokaasuvirtauksen kannalta olisi loivempi muutos parempi. Pakoaukkoa suurennettaessa olisi sitä seuraavan kanavan muotoiluun suhtauduttava maltilla. Jos tavoitteena on laaja vääntö, tehdään pakoputken alkukäyrän liitoskohdan poikkipinta-ala 1,2...1,3 kertaiseksi pakoaukkoon verrattuna. Jos taas metsästetään suurta huipputehoa, on paras pinta-ala 1,1...1,2 kertainen. Jos moottorin viritysaste muuttuu viritettäessä vain hyvin vähän, ei pakoputken alkukäyrän halkaisijaa kannata mennä muuttamaan. Valmistaja on kyllä tutkinut, miten moottori reagoi erikokoisiin putkiin ja on valinnut parhaan vaihtoehdon. Sitä ei kannata muuttaa ilman vahvoja perusteita.

LISÄÄ AUKKOJA

Ensimmäisissä paluuhuhtelumoottoreissa käytettiin kahta huuhteluaukkoa. Näin saavutettiin yksinkertainen ja halpa rakenne, joka toimi erittäin hyvin matalilla viritysasteilla. Sen toiminta on kuitenkin puutteellista, sillä huuhtelutapahtuman aikana sylinteriin muodostuu katvealueita, joista pakokaasuja ei saada poistettua. Tällaisia paikkoja ovat sylinterin takareunalla heti männän päällä, sekä huuhteluaukkojen takana olevat kuolleet kulmaukset. Koska koko huuhteluvirtaus kulkee kahden kanavan kautta, voidaan näistä tehdä suurikokoisia ja niinpä painehäviöt kanavissa pysyvät kurissa.

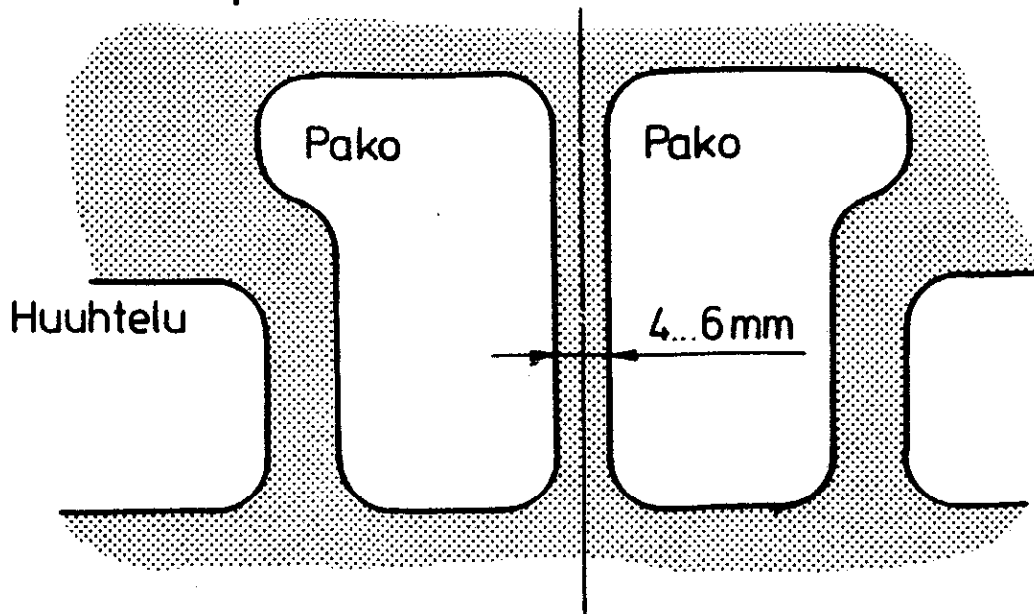
Seuraavassa vaiheessa sylinterin takaosaan lisättiin vielä kolmas huuhteluaukko. Sen takana oleva kanava suunnattiin hyvin voimakkaasti ylöspäin ja se yhdistettiin läppäventtiilillä ohjattuun imukanavaan. Näin voidaan imukanavaan syntyvä ylipaine purkaa suoraan sylinteriin ja samalla kohottaa sen täyttösastetta. Tämän

ylimääräisen huuhtelusuihkun avulla kiihdytetään huuhteluvirtauksen nopeutta sen kohotessa kohti sylinterinkantta. Koska seoksen nopeus on suurempi huuhteluseospatsaan takaosassa, alkaa patsas luonnostaan kaartumaan eteenpäin ja niinpä se kääntyy helposti virtaamaan sylinterin etuosaan alaspäin kohti pakoaukkoa. Yleisenä periaatteena voidaan pitää sitä, että tehoalue kaventuu taka-aukon suuntautuessa enemmän yläviistoon. Kun huuhtelusuuntaa lasketaan alaspäin kohti pakoaukkoa, muuttuu tilanne toiseksi. Moottorin vääntö pienillä kierroksilla paranee ja vääntöalue laajenee. Jos aukon aika-alaa suurennetaan, kohoaa huipputeho ja samalla menetetään osa alakierrosten väännöstä. Siispä hyvään sitkeyteen pyrittäessä on aukosta tehtävä pienikokoinen. Aukkoa suurennettaessa saattaa moottorin luonteen muuttuminen olla yllättävän nopeaa, ja siksi levenämisen on edettävä varovasti ja aina välillä moottoria ajamalla kokeillen.

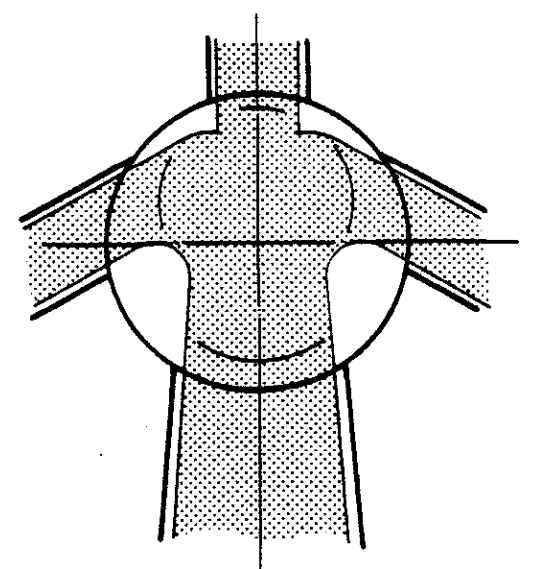
JOS KOLME, MIKSEI KUUSI?

Kun kolme huuhteluaukkoa todettiin paremmaksi kuin kaksi, oli luonnollisena reaktiona kokeilla seuraavaksi neljällä tai viidellä aukolla. Tulokset olivat lupaavia ja niinpä hyvin pian valmistettiin ensimmäinen kuusiauukkoinen sylinteri. Tästä ei huuhteluaukkojen määrää enää kannata lisätä, sillä ne muodostuisivat niin pieniksi, että huuhtelun tehokkuus kärsisi. Kuudella aukollakin saadaan huuhteluvirtaukset suunnattua riittävän hyvin, ja siksi onkin turha alkaa

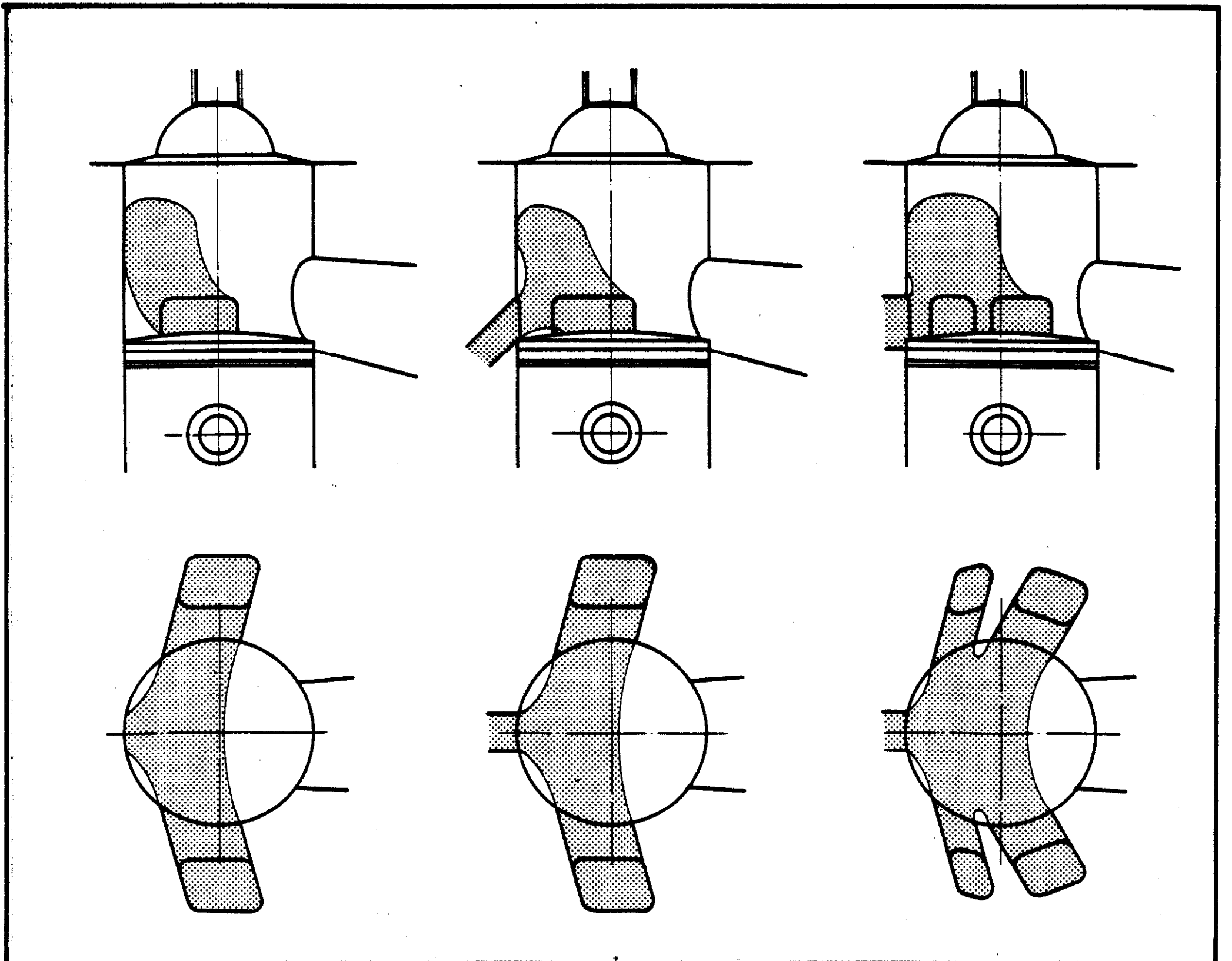
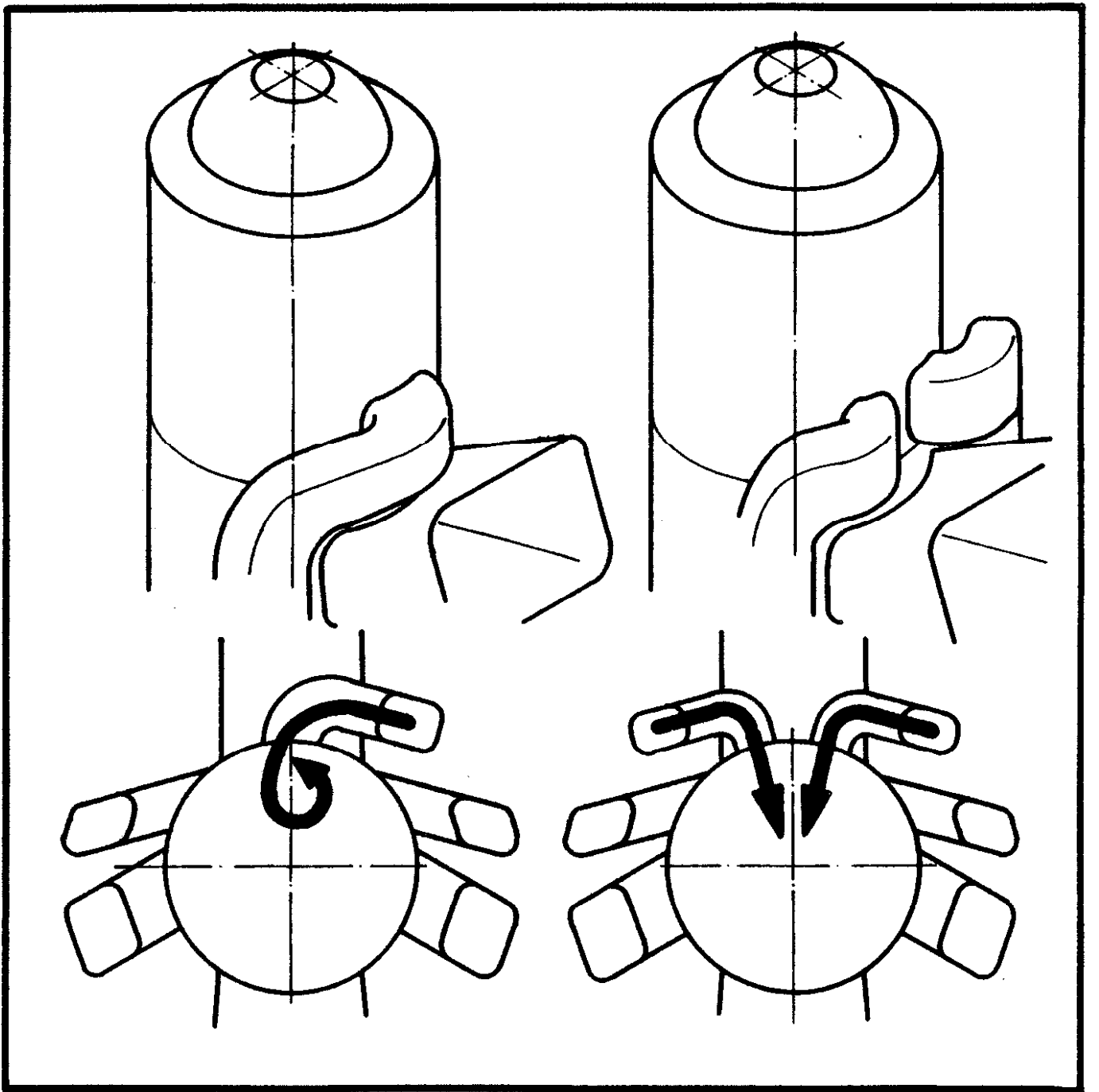
Kaksiosainen pakoaukko.



Kolmas huuhteluaukko.



kokeilemaan useammilla aukoilla. On aivan yksi lysti, tehdäänkö sylinterin takaosaan yksi suurempi vai kaksi pientä aukkoa. Valinta riippu huuhtelukanavien muotoilusta. Jos seos johdetaan kampikammiosta omia kanavia myöten taka-aukoille, niitä tehdään kaksi. Jos sen sijaan seos tuodaan aukolle imukanavasta tai luistiohjatussa moottorissa keskeltä sylinterin takaosaa, riittää yksi suurempi aukko hyvin. Pääasia on symmetrisyys. Erillisten kanavien on kierrettävä imukanavan ympäri ja niihin on tehtävä mutka juuri aukkoa ennen. Jos tässä tapauksessa käytettäisiin vain yhtä aukkoa, suuntautuisi huuhtelusuihku vinosti sylinteriin ja synnyttäisi huuhteluseospatsaaseen pyörimisliikkeen. Kahdella aukolla saadaan vinosuuntaukset kumottua ja niiden yhteinen huuhteluvirtaus suuntautuu pitkin sylinterin keski-
viivaa. Näiden taka-aukkojen



kanssa on oltava tarkkana, sillä niiden huuhtelusuunnat kääntyvät helposti ja niitä ei saa koskaan mennä tekemään liian suuriksi. Seuraukset saattavat olla yllättäviä.

SEOKSEN OHJAAMINEN HUUHTELUSSA

Ensimmäisissä neliaukkoisissa sylintereissä taka-aukot olivat varsin pienet. Niiden tehtävänä oli lähinnä päähuhtelukanavasta tulevan seoksen suuntaaminen, ja ei niinkään ylimääräisen seospanoksen tuominen sylinteriin. Vuosien kuluessa ne ovat suurentuneet ja tänä päivänä ne tuovat seosta sylinteriin aivan yhtä suuria määriä kuin päähuhtelukanavatkin. Takimmaisat aukot ovat säilyttäneet virtausta ohjaavien aukkojen leiman. Niistä sylinteriin tuleva seosmäärä on vähäinen, mutta sen avulla voidaan päävirtausta ohjata hyvinkin tehokkaasti.

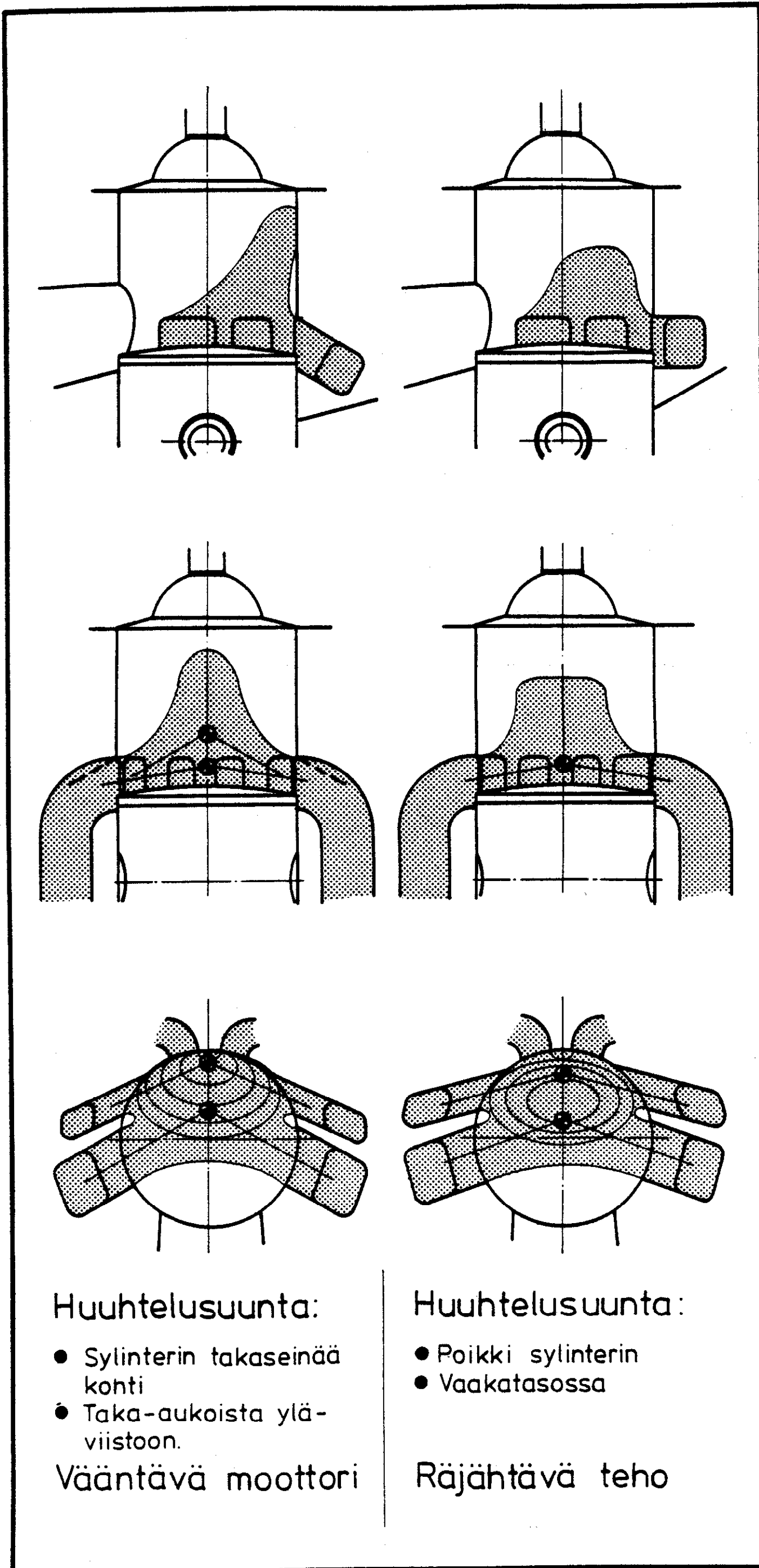
Aikaisemmin pyrittiin tuottamaan seospatsas, joka nousi nopeana ja ohuena pylväänä sylinterin takaseinää pitkin kohti kantta. Se saatiin aikaan suuntaamalla takimmaisat huuhteluaukot ylöspäin ja sivusuunnassakin nuolemaan mahdollisimman läheltä sylinterin takaseinää. Syntyvä huuhteluvirtaus eteni nopeasti sylinterin kannen kautta kiertäen kohti pakoaukkoa. Sylinterin keskiosaan oli kuitenkin taipumus syntyä pyörteinen tila, josta pakokaasut eivät poistuneet. Huuhteluaukoista oli pakko tehdä korkeita, koska kanavan kohtauskulma oli jyrkkä ja sen vuoksi saavutettu tehollinen aukkopinta-ala pieni. Takimmaisat sylinterin sivulla olevat huuhteluaukot saatettiin suunnata jopa 40...500 yläviistoon ja etummaisissakin käytettiin 10...20° kulmia. Kaikkein hurjimmat kohtauskulmat löytyvät kuitenkin sylinterin takaseinän huuhteluaukoista, joka saattoi olla jopa 70° kulmassa vaakatasoon nähden.

HUUHTELUPYLVÄS

Kuusiaukkosylinterin kehittyessä on huuhtelumenetelmää muutettu aikaisemmasta. Nykyisen käsityksen mukaan huuhteluvirtauksen tulee nousta rauhallisena patsaana sylinterin takaosassa kohti kantta. Sen yläosa pyritään tekemään tasaiseksi ja näin sen toivotaan täyttävän myös sylinterin keskiosan. Huuhtelun kuluessa patsaan tulisi vähitellen tulla paksummaksi, ja näin se täytäisi sylinterin takaosan työntäen edellään pakokaasuja sylinterin reunaosien

kautta ulos pakoaukosta.

Huuhtelupylvään muodostumisesta puhuminen tuntuu teoreettiselta hienostelulta, jolla ei ole mitään käytännön merkitystä.

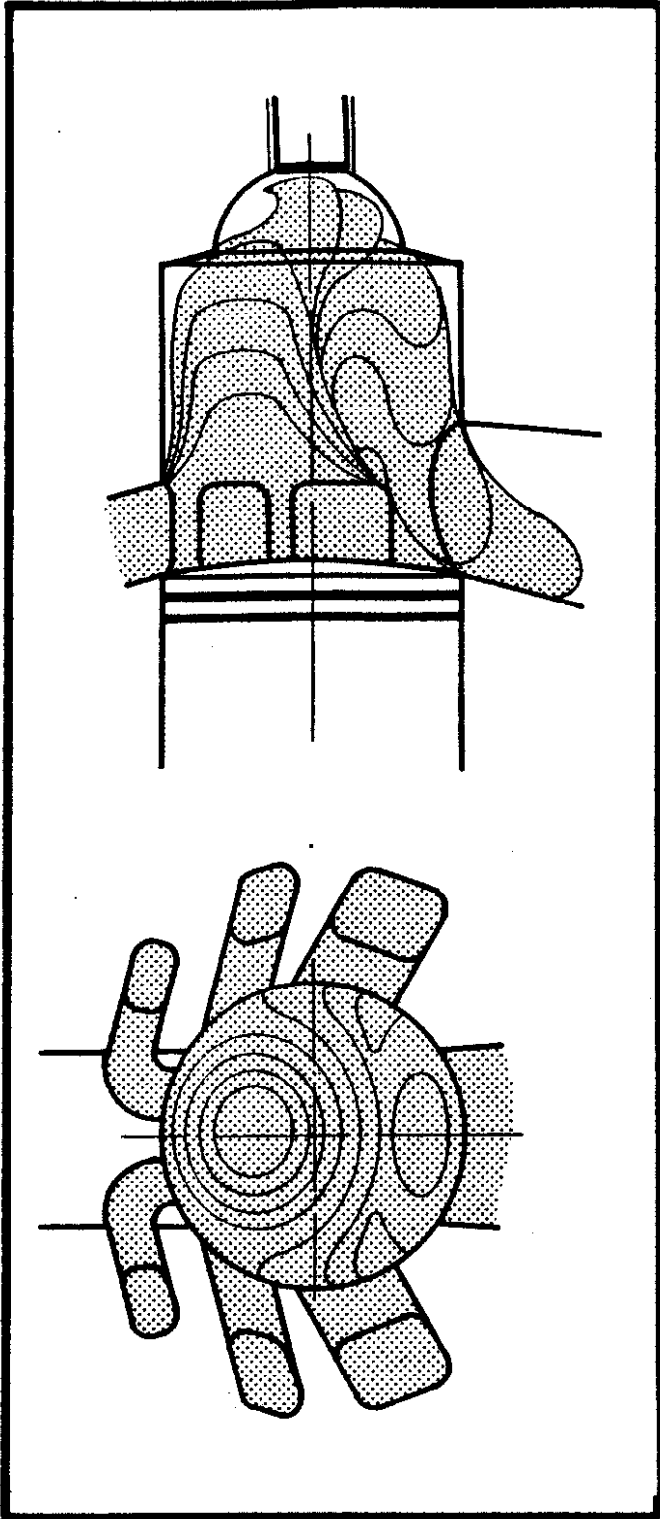


kainenhan ymmärtää, että se ei ole eduksi huuhtelulle. Toinen virhe on aukkojen erilaiset korkeudet. Jos toisen puolen aukot aukeavat aikaisemmin, siirtyy seospatsas luonnollisesti sivuun sylinterin keskiviivalta. Kaikki tällaiset mitta- tai muotovirheet vaikuttavat voimakkaimmin ala-

kierroksilla ja osakaasulla. Täydellä teholla ero virheettömyyden sylinteriin on pienempi, kuitenkin myös huipputeho laskee.

VIRTAUKSEN SUUNTAUS

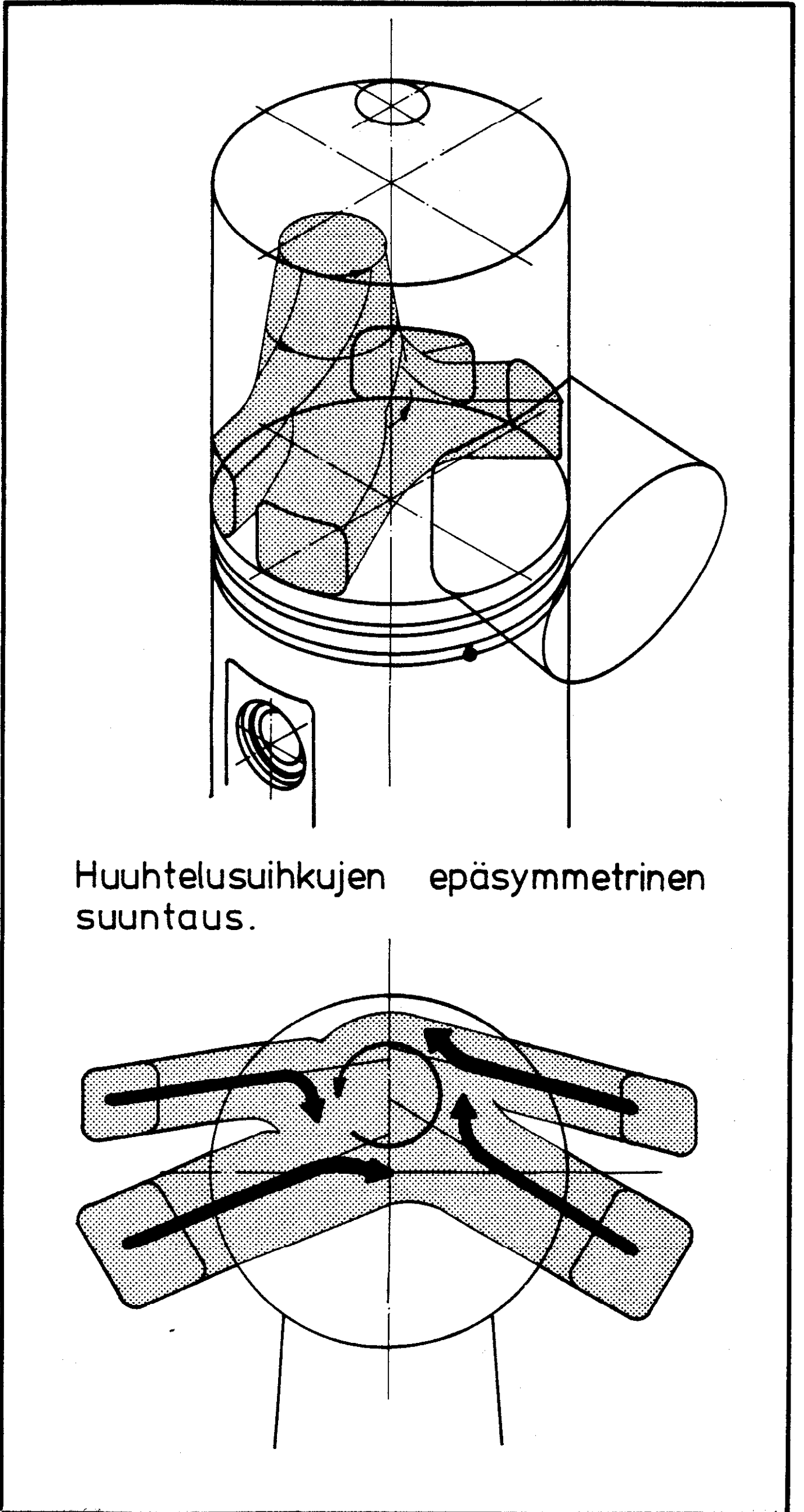
Huuhteluvirtausten tulisi siis törmätä toisiinsa tietyssä pisteessä



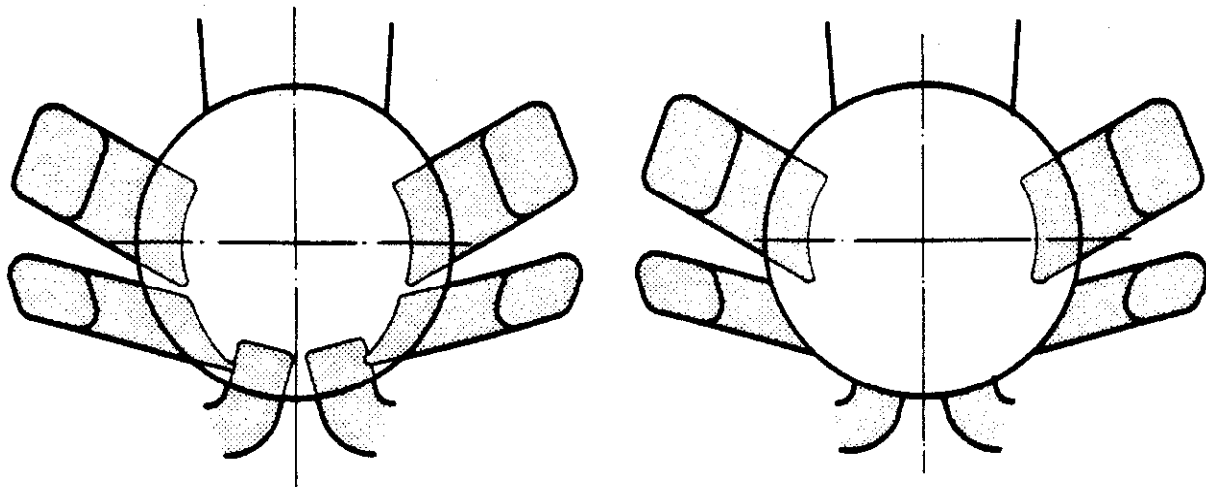
Todellisuudessa moottorista saatava teho on kutakuinkin suoraan verrannollinen sylinterin täytökseen. Huuhtelutapahtuman tehokkuus on siis aivan ratkaiseva tekijä moottorin tehoa ajateltaessa. Sen merkitystä ei pidä aliarvioida. Viimeisen kymmenen vuoden aikana tapahtunut moottoritehon lisääntyminen voidaan laskea hyvin suurelta osin parantuneen huuhtelutapahtuman hallinnan tiliin. Yksi osoitus asian tärkeyden tiedostamisesta on virtauspenkkiä kohtaan herännyt valtava kiinnostus. Sen päätehtävänä on helpottaa huuhtelun tasapainoittamista ja se onkin käytännössä ainoa laite, jolla huuhtelun kulkua voidaan tutkia.

SYMMETRISYYS

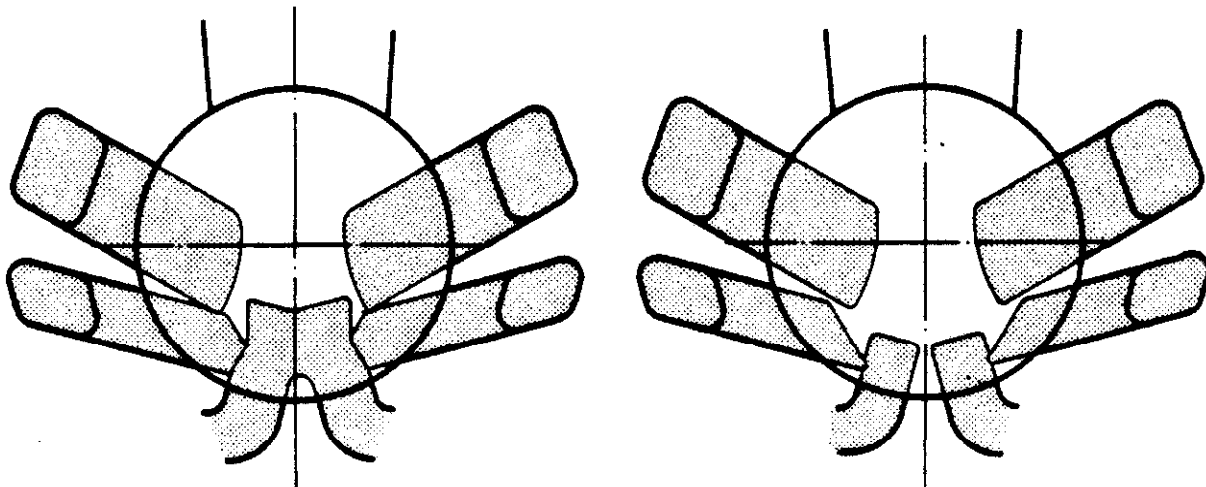
Huuhtelussa symmetrisyys on kaikki kaikessa. Huuhtelusuuntien on leikattava pareittain samalla pystyakselilla. Jos yksikin aukko suuntaa huuhtelusuihkunsa ohi tältä akselilta, lähtee seospatsas pyörimään sylinterin sisällä ja jo-



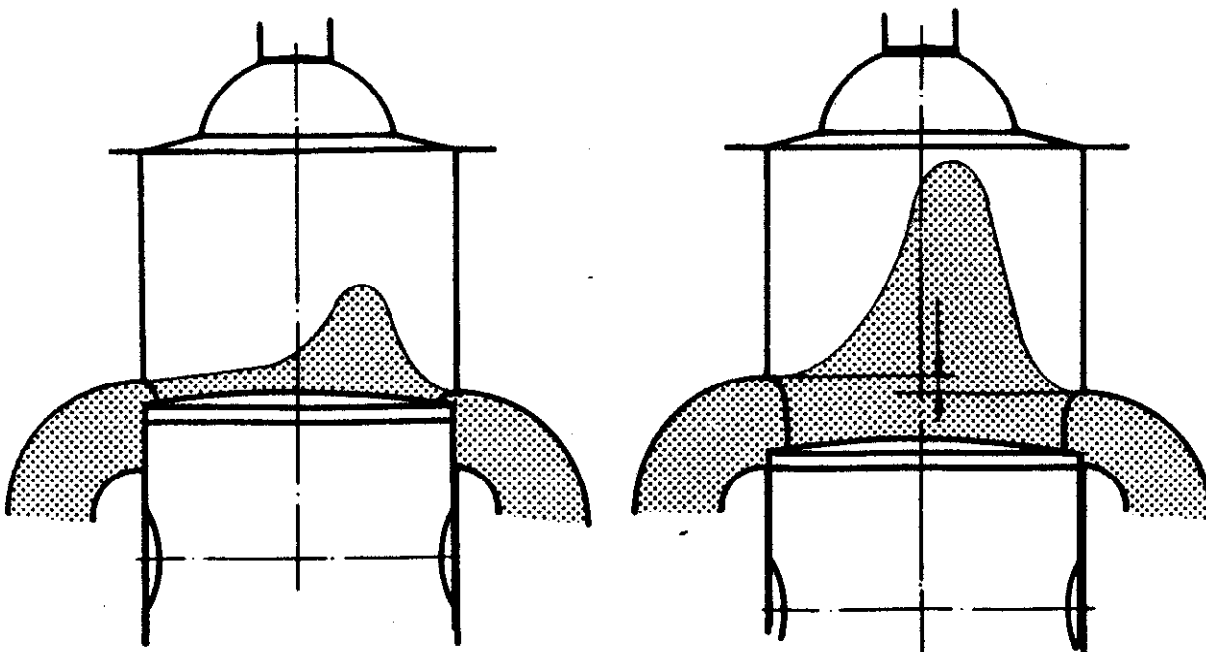
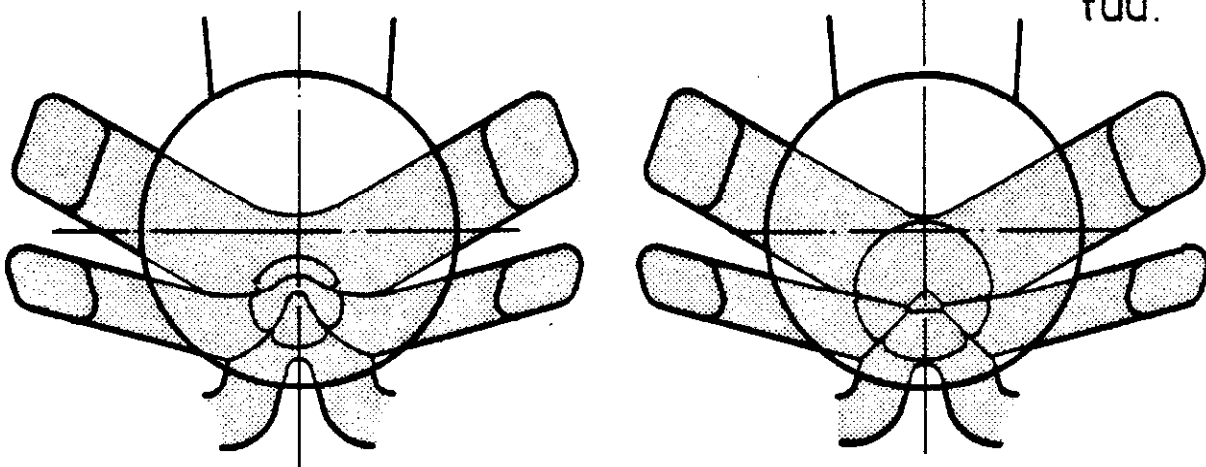
Huuhtelusuihkujen epäsymmetrinen suuntaus.



Oikeanpuolimmaisessa moottorissa päähuhteluaukot avautuvat ennen muita huuhteluaukkoja. Niistä syöksyvä seosvirta on jo matkalla kohti sylinterin takaosaa kun toiset aukot avautuvat.



Koska päähuhteluaukoista on pitempi matka törmäyspisteeseen tapahtuu virtauksien törmäys yhtäaikaaisesti ja muodostuu hallittu patsas. Vasemmassa sylinterissä aukot avautuvat yhtäaikaisesti ja törmäys epäonnistuu.



Huuhteluaukkojen korkeudet erilaiset.

sylinterin takaosassa. Matka törmäyspisteestä etummaisiin huuhteluaukkoihin on kuitenkin merkittävästi pitempi kuin takahuhteluaukkoihin. Jotta seos ehtisi jokaisesta aukosta täsmälleen yhtäaikaisesti tähän törmäyspisteeseen, on päähuhteluaukkojen avauduttava muita aikaisemmin. Niistä tehdään siis muita korkeammat. Tämä ei ole mitään teoriaa, vaan käytännössä kokeiltu ratkaisu, joka on toiminut erittäin hyvin. Ratkaisu on mukana rauhoittamassa huuhtelutapahtumaa ja samalla parantamassa sylinterin täytöstä.

Huuhteluaukkojen jakaminen sylinterin kehälle on vaikea tehtävä. Käsitykseni mukaan nykyaikaisessa monihuhteluaukkoisessa sylinterissä päähuhteluaukot voidaan sijoittaa siten, että niiden etäisyys pakoaukosta on 4...7 mm ja niiden yhteinen osuus kokonaishuuhtelualasta 40...50 %. Huuhteluaukkojen välinen kannas on 3...5 mm ja lisähuhteluaukkojen suuruus sellainen, että takaseinän aukkojen kooksi jää 15...20 % yhteisestä aika-alasta. Huuhtelusuuntien risteämisakselin tulee olla sylinterin keskitasossa. Erityisesti on varottava tekemästä päähuhteluaukkoja liian lähelle pakoaukkoa. Seurauksena voi olla seoksen karkaaminen suoraan pakoaukosta ulos pakoputkeen. Toinen virhe on huuhteluaukkojen keskittäminen liian taakse sylinterin seinämällä. Huuhteluvirta olisi edullista suunnata kohti sylinterin takaseinää, jolloin kunnollinen huuhtelupatsas pääsee muodostumaan. Jos päähuhteluvirratt suunnataan sylinterin poikki ja vielä lisäksi taka-aukoista tehdään liian suuret, siirtyy huuhtelupatsas sylinterin etuosaan ja huuhtelu on pilalla.

VAAKAAN VAI YLÖS?

Huuhtelusuunnan kääntäminen yläviistoon pienentää aukon tehollista pinta-alaa. Mikäli aukkoja ei haluta suurentaa, mutta tarvitaan kuitenkin suurempi aika-ala, voidaan tehdä päinvastainen muutos ja käännetään huuhtelusuuntia alaspäin. Se tapahtuu muotoilemalla huuhtelukanavan kattoa ja aukon virtauskyky paranee sangen nopeasti. Yleisen käsityksen mukaan moottorin vääntöominaisuudet tällöin kuitenkin huononevat ja siitä tulee

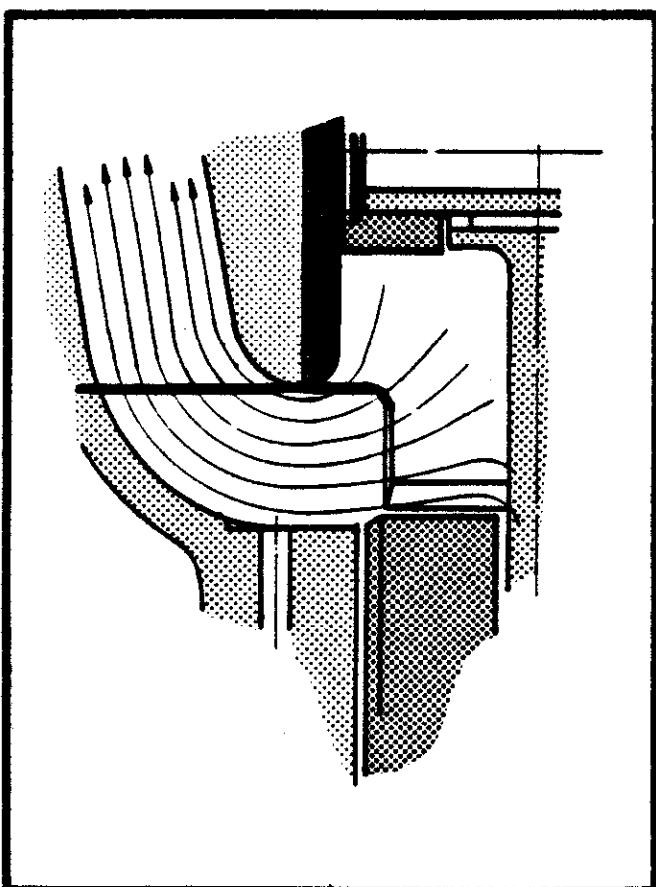
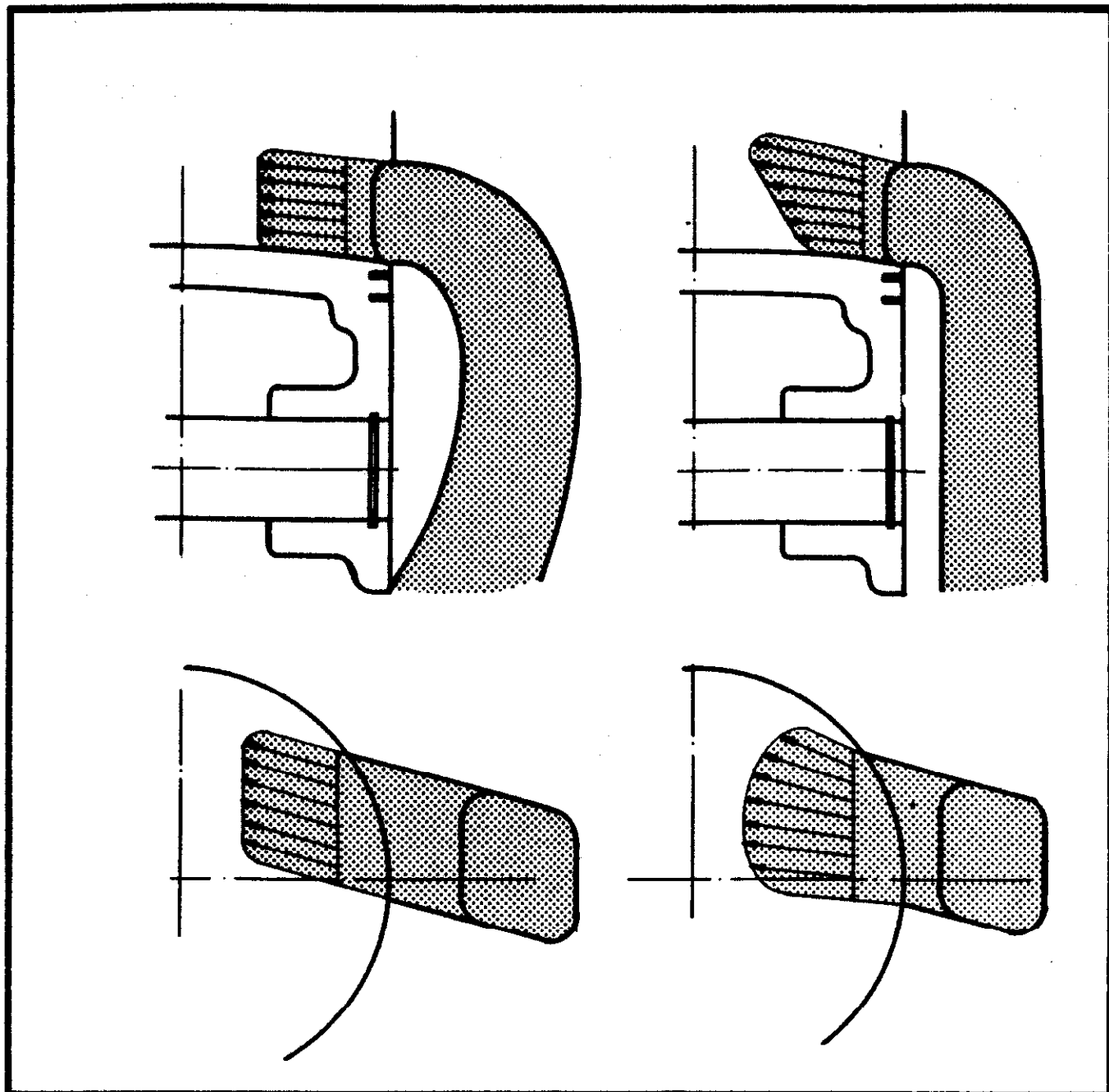
RR-tyyppinen tehopakkaus, joka ei anna tehoa kuin hyvin kapealla kierroslukualueella.

HUUHTELUKANAVA SUURENEE

Ei ole kovinkaan pitkä aika siitä, kun huuhtelukanaava oli alaosastaan täysin suora ja sen yläpäässä oli sitäkin jyrkempi mutka. Tällainen kanava on helppo valmistaa, koska kanavan sisäpinnan muodostaa sylinteriputki, mutta sen muoto on kaikkea muuta kuin edullinen kaasuvirtauksille. Uusissa sylintereissä kanava kiertää laajassa kaaressa kampikammioista sylinteriin ja se on jokseenkin suora ennen aukkoa. Seos purkautuu huuhteluaukosta paremmin suunnattuna ja terävämpirajaisena suihkuna kuin vanhemman mallisista kanavista. Virtaus on paremmin hallittavissa ja sen nopeus on suurempi. Seoksen virratessa loivaa kaarta pitkin, se ei joudu törmäämään huuhtelukanaavan kattoon samalla tavalla kuin se teki vanhoissa kanavissa. Sen sisältämä liike-energia säilyy, ja niin myös kanavan vastus pysyy pienempänä sen suuremmasta pituudesta huolimatta. Valitettavasti se vie kampiakselin suunnassa enemmän tilaa. Niinpä useampisylinterisissä moottoreissa täytyy moottorin leveyden kurissapitämiseksi tyytyä perinteiseen kanavamuotoon. Loivan kanavan edut tulevat erityisen hyvin esille matalilla kierroksilla, sillä vääntömomentti lisääntyy merkittävästi.

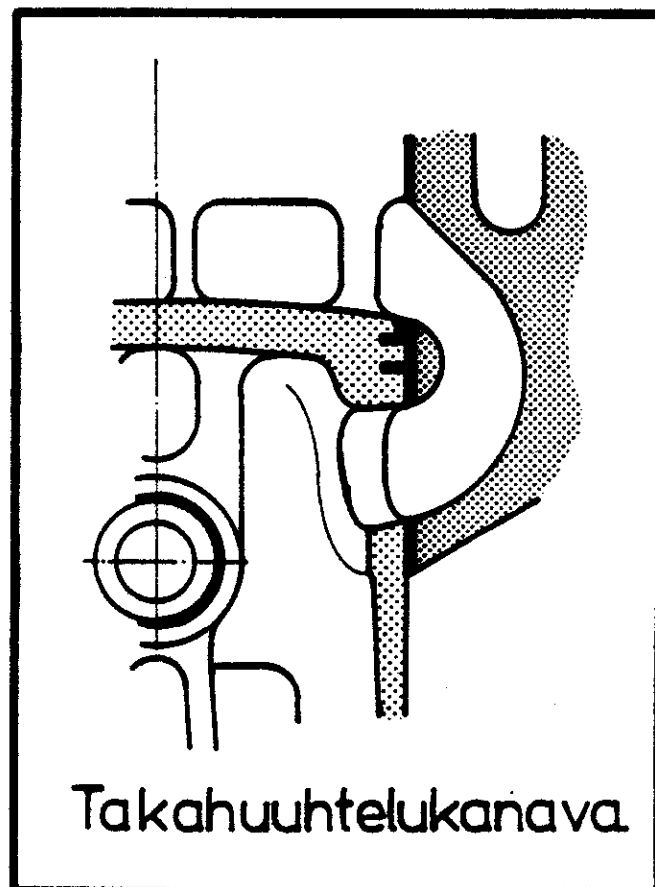
Huuhtelukanaavan muotoilussa on otettava huomioon sen poikkipinta-alan muutokset. Kampikammiossa oleva seos on korkeassa paineessa, mutta se ei juuri liiku. Huuhteluaukoista purkautuvalla seoksella tämä paine-energia on muuttunut liike-energiaksi. Tunnetustihan tällainen energiatilan muutos onnistuu parhaiten loivasti supistuvassa kartiossa. Tästä syystä huuhtelukanaavan tulisi pienentyä mentäessä kampikammioista ylös huuhteluaukoille. Tärkeintä on tasainen muutos, mitään portaita ei sallita.

Olen usein ihmetellyt sylinterin alaosan muotoilua. Käsittääkseni suuri osa seoksesta tulee huuhtelukanaaviin männän sisältä. Miksi missään moottorissa ei sylinterin helmassa olevaa lovea ole pyritty pyöristämään siten, että virtaus



olisi tehokkaampaa ja pyörteetömämpää?

Moottorin yksi rasitetuimmista osista on mäntä. Kaikki mitä voidaan tehdä sen käyntiolosuhteiden helpottamiseksi, huomataan välittömästi moottorin kestoajan lisääntymisenä. Tästä näkökulmasta katsoen tuntuisi järkevältä pyrkiä jäähdyttämään sitä sisäpuolelta. Kaksitahtimoottorissa se ei onnistu öljysuihkulla, kuten se toteutetaan turboahdetuissa nelitahtisissa, vaan ainoa käytettävissä oleva jäähdyttävä väliaine on polttoaineseos. Varsinainen ongelma on se, miten seos saadaan virtaamaan männän



sisällä. Eräs tapa on tehdä kampiakselin kiekkojen ulkopintaan pyällys, joka toimii eräänlaisena puhaltimena ja sekoittaa siten kampikammion seosta. Se saa myös männän sisällä olevan seoksen liikkeelle ja auttaa täten männän jäähdytyksessä. Se kuluttaa kuitenkin niin paljon tehoa, että sitä ei voi pitää järkevänä ratkaisuna. Kokemus on osoittanut hyväksi keinoksi takimmaisen huuhteluaukon seoksen ohjaamisen mäntään tehdyn aukon kautta huuhtelukanaavaan. Tätä kautta virtaava seos tuo mukanaan öljyä kiertokangen yläpään laakeriin ja vie mukanaan lämpöä männästä.

Takimmaisen aukon seoksen vieminen tätä kautta on järkevää, mutta kun aletaan porailla reikiä myös männän sivuille, ollaan kyllä jo hätävarjeluun liiottelun puolella. Kyllä sivuhuhtelaukkojen seos on parasta johtaa sylinteriin erillisiä kanavia pitkin. Kun seos pannaan virtaamaan männän sisäpintaa hipoen, on se käännettävä hyvin jyrkästi takaisin sylinteriin huuhtelukanavassa ja sehän ei tunnetusti tapahdu häviöittä. Toiseksi tällaisen lyhyen ja jyrkämätkäisen kanavan tuottama huuhtelusuihku on epämääräinen ja hidas. Se menettelee takahuhtelaukossa, mutta ei muualla.

Männän läpi huuhtelevan taka-aukon tekeminen ei onnistu aivan yksinkertaisesti. Varsinainen konstruktiivinen ongelma on imuaukko. Se ei nimittäin saa ulottua kovin ylös. Tällöinhän huuhtelukanava ei mahtuisi sen päälle. Ainoa järkevä ratkaisu on tehdä männästä normaalia pitempi, jolloin imuaukko voidaan mitoittaa normaalisti ja kuitenkin jää riittävästi tilaa lisähuhtelukanavalle sen yläpuolelle. Parhaiten tämä onnistuu pienissä moottoreissa, joissa mäntä ei tule liian painavaksi, vaikka sitä hieman jatketaankin. Käytännössä sama seikka rajoittaa männänrenkaiden

lukumäärän yhteen. Mäntään tehtävä aukko on saatava mahdollisimman ylös, jolloin mäntä lyhenee. Jos männässä on ennestään kaksi rengasta ja alempi poistetaan, on huolehdittava ettei seos pääse karkaamaan rengasuran kautta huuhtelaukoista pakoputkeen. Rengasura on tukittava hitsaamalla tai putkisokilla, jotka asetetaan männänrengasuraan porattuihin reikiin.

9 Kampikammionpumppu

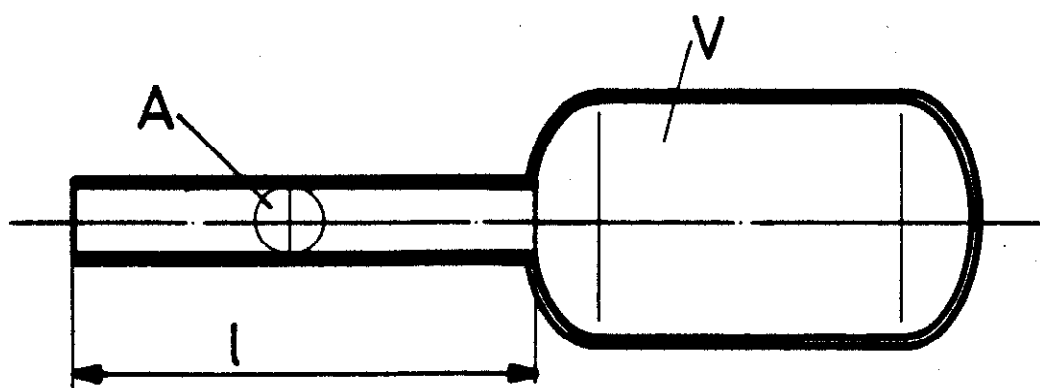
IMUKANAVARESONANSSI

Kampikammion täytöstä voidaan parantaa olennaisesti, jos imukanavaan saadaan synnytettyä sopiva värähtely. Värähtelyille ominaisella tavalla tämäkin toimii vain tietyillä kierroksilla, mutta kun se saadaan viritettyä tapahtuvaksi suurimman vääntömomentin tienoilla, on tehonlisäys huomattava. Värähtelyn synnyttää imukanavan ja kampikammion yhdistelmä. Niitä voidaan verrata putkeen ja sen toisessa päässä olevaan pulloon. Imuaukon avautuessa pullossa on putkea alhaisempi paine ja niinpä kaasu alkaa virrata putkesta pulloon. Pullon paine nousee pian ympäristön paineen suuruiseksi, mutta putkea pitkin virta yhä kaasua pulloon. Kaasua ajaa sinne kaasupatsaan oma hitaus. Se siis virtaa matalammasta paineesta korkeampaan. Virtaus hidastuu tietysti koko ajan ja lopuksi kääntyy takaisinpäin. Tässä vaiheessa sulkeutuu imuaukko ja kampikammio on ylipaineinen. Imukanavassakin seoksen paine on ulkoilman painetta korkeampi ja niinpä värähtely jatkuu siellä vielä imuaukon sulkeuduttuakin. Nyt sen tilavuus on pienempi, koska kampikammio kytkettiin irti siitä ja niinpä värähtely onkin nopeampaa. Oikein mitoitettuna imukanavavärähtely on imuaukon jälleen avautuessa siinä vaiheessa, että paine imuaukolla on juuri noussemassa ja virtaussuunta kampikammioon päin. Seoksen virtaus kampikammioon alkaa nopeammin, koska imukanavan sisältämää seos-

patsasta ei tarvitse kiihdyttää vauhtiin ja kampikammion täytyminen on nopeampaa. Fujio Nagao on antanut imukanavan resonanssille kaavan, jonka perusteella värähdystaajuus saadaan selville. Hänen mukaansa imuaukon aukiolon aikana pitäisi imukanavassa tapahtua 0,75 värähdystä, jotta paras täytös saataisiin aikaan.

Imuresonanssin vaikutusta moottorin tehoon on parasta tutkia

ilman tehopakoputkea. Pakoputki vain sotkee tuloksia. Pakoputkea ei kuitenkaan saa mennä poistamaan kokonaan, vaan sen tilalle on asetettava lyhyt suora putki, joka estää moottoria imemästä ilmaa pakoaukon kautta moottoriin. Putken pituus tulisi olla 8...12 % pakoputken viritetystä pituudesta, ja sen pituushan mitataan tietenkin männän reunasta aivan samoin kuin tehopakoputkenkin. Moottoria ajetaan dynossa



$$f = \frac{v_s}{0.236 \cdot \pi} \sqrt{\frac{A}{V(l + 0.5 \cdot \sqrt{\pi \cdot A})}}$$

f = Resonanssi taajuus , 1/s = Hz

v_s = Äänen nopeus , m/s

A = Putken poikkipinta-ala , mm²

V = Kammion tilavuus , mm³

l = Putken pituus , mm

ja kaasuttimen ja sylinterin välistä imukaulaa lyhennetään tai jatketaan tarpeen mukaan, kunnes toivottu teho saadaan aikaan. On syytä huomauttaa jo tässä vaiheessa, että resonanssihuippuja saattaa esiintyä useita kierroslukukaistan alueella. Resonanssin vaikutus on niin suuri, että se ei kyllä jää huomaamatta, näin sanoo Gordon Jennigs ja varmasti tietää mistä puhuu.

KAASUTTIMEN PAIKKA

Koskaan ei pidä mennä tekemään niin, että kiinnittää kaasuttimen mahdollisimman lähelle sylinteriä ja jatkaa resonanssi-putkea kaasuttimen toiselle puolelle kiinnitettävillä jatkeilla. Syynä tähän ehdottomaan kieltoon on se tosiasia, että värähdellesään putkessa kaasu kulkee edestakaisin neulasuuttimen ohi ja joka kerta imee sieltä lisää polttoainetta. Seos rikastuu voimakkaasti juuri parhaan resonanssin

kohdalla. Rikastuminen saadaan pidettyä kurissa, kun kaasutin sijoitetaan putken ulommaiseen päähän, mutta silloinkin se saattaa muodostua ongelmaksi. Jos kaasutin olisi keskellä värähtelevää patsasta, olisi aivan varmaa, että kaasutinta ei saisi millään konstilla säädettyä toimimaan tyydyttävästi kaikilla kierroksilla. Vaikka jatkokappaleiden tekeminen onkin vaikeampaa kaasuttimen ja sylinterin väliin, on ne kuitenkin sinne tehtävä.

Resonanssikierroslukuun voidaan vaikuttaa kaasuttimen etäisyydellä imuaukosta tai imukanavan poikkipinta-alalla. Siihen vaikuttaa myös kampikammion tilavuus siten, että pienetessään se nostaa resonanssikierroslukua. Korkealla kampikammion puristussuhteessa siis resonanssi siirtyy suuremmille kierroksille. Imukanavan poikkeikkaus on hyvin pitkälle määrätty imuaukon ja kaasuttimen kurkun halkaisijan toimesta, ja sitä ei kannata mennä muuttamaan miksikään, vaan on paljon helpompaa säädellä resonanssia imukanavan pituudella. Kaikkein helpoin tapa on tehdä kaasuttimen tiivisteen kokoisia välilevyjä, joiden avulla kaasutinta siirretään

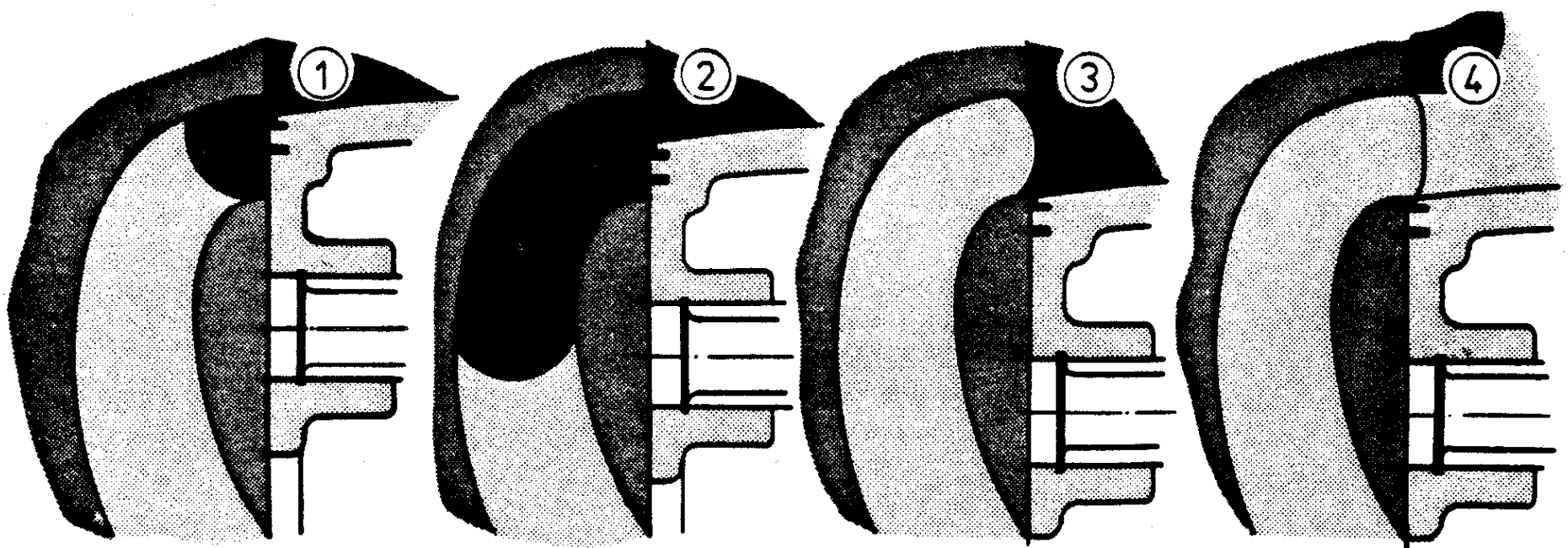
kauemmaksi tarpeellinen määrä.

KAMPIKAMMION PURISTUSSUHDE

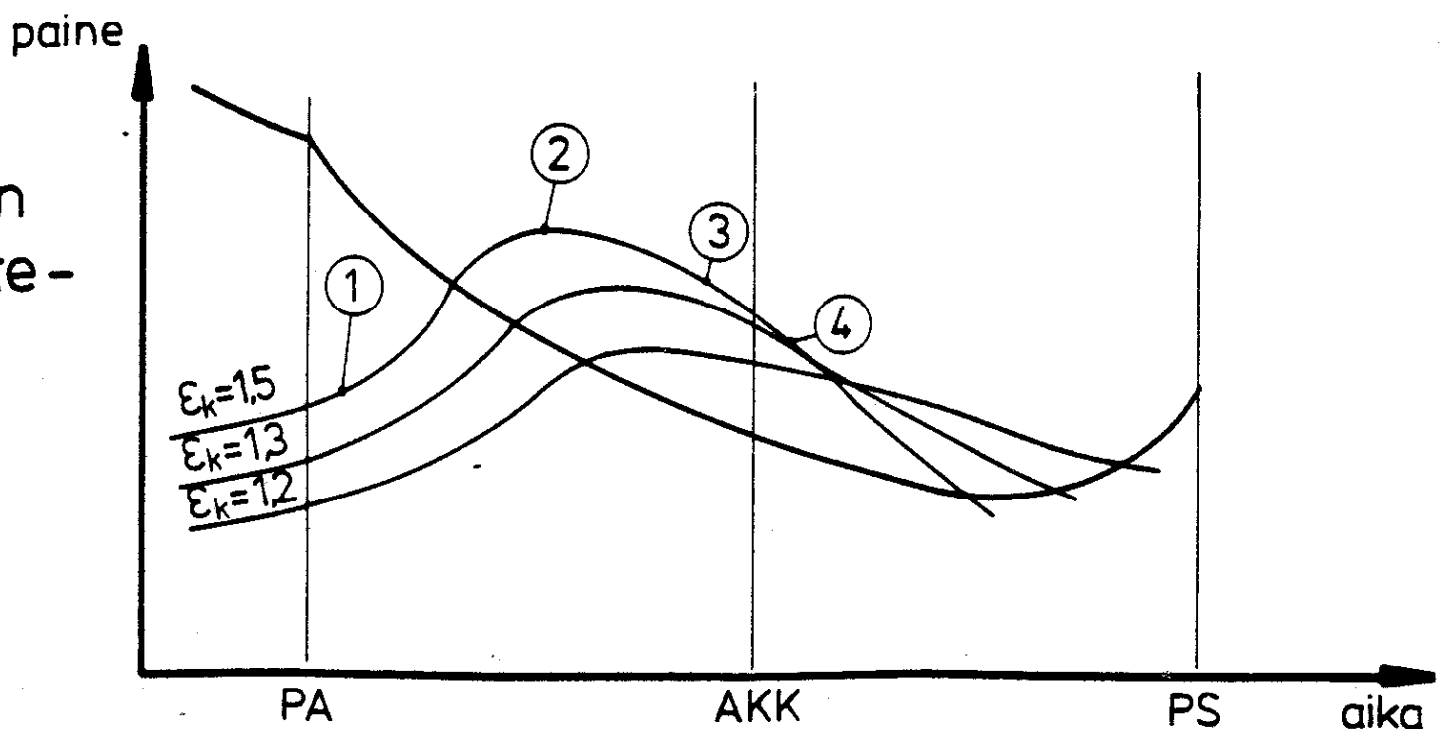
Vanhoina hyvinä aikoina viritäjät yrittivät epätoivoisesti täyttää kampikammiota, jotta sen puristussuhde kohoaisi. Uusimmat tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että sitä ei kannata kohottaa tiettyä rajaa korkeammaksi. Parhaat tulokset saavutetaan korkeakierroksisessa 125 cc moottorissa silloin, kun kampikammion puristussuhde pyörii jossakin 1,5:n tienoilla ja suuremmissa koneissa, joissa alakierrosten vääntö on ratkaisevan tärkeä, se saisi olla 1,3. Niinpä nykyisissä tuotantokilpakoneissa puristussuhdetta ei kannata muuttaa. Se on jo tehtaalta tullessaan sopiva. Vain 50 cc moottorissa se saattaa olla liian matala ja tässä kokoluokassa kampikammion täyttäminen saattaa tulla kysymykseen.

KAMPIKAMMIO HUUHTELUPUMPPUNA

Tutkitaanpa kampikammion toimintaa huuhtelupumppuna hieman tarkemmin. Sen täytökseenhän



Kampikammion puristussuhteen vaikutus huuhtelun viiveeseen.



$$\epsilon_k = \frac{V_i + V_k}{V_k}$$

ϵ_k = Kampikammion puristussuhde

V_i = Iskutilavuus, mm³

V_k = Kampikammion tilavuus männän ollessa alakäntökohdassa, mm³

vaikutti ratkaisevasti imukanavan resonanssi. Onnistuneella imukanavan mitoituksella aikaansaattava värähtely saattaa ahtaa kampikammioon jopa 500 kPa ylipaineen. Toisaalta sen tyhjenemistä voidaan tehostaa pakoputkella jopa niin paljon, että sen paine huuhteluaukkojen sulkeutuessa on ulkoilman painetta alhaisempi. Parhaassa tapauksessa se on siis pumpannut lävitseen iskutilavuutta huomattavasti suuremman tilavuuden seosta. Tämä ei tapahtunut korkean puristussuhteen ansiosta, vaan ulkopuolisten resonanssikanavien vaikutuksesta. Molemmissa tapauksissa, sekä imuvaiheessa että huuhtelussa, seosvirtauksen määrä ei ollut riippuvainen puristussuhteesta, vaan kampikammion tilavuudesta. Suureen kampikammioon mahtuu enemmän ylimääräistä seosta silloin, kun imukanavan painesysäykset sitä kampikammioon työntävät. Aivan samoin seosta myös sieltä runsaammin irtoaa, kun pakoputki alkaa imemään. Siispä suuri kampikammion tilavuus on etu silloin, kun ulkopuoliset resonanssit toimivat oikein, mutta entä kun ne toimivat huonosti tai jopa väärin.

Matalalla puristussuhteella kampikammion paine laskee vähemmän männän noustessa yläkäntökohtaan. Tämän seurauksena imukanavan virtaus kiihtyy hitaammin, ja kampikammio täyttyy hitaammin. Sen paine nousee hitaasti ja se on ulkoilman tasolla vasta männän ollessa hyvin alhaalla. Täytös huononee ja imuajoitus venyy pitkäksi.

PAKOPUTKI JA HUUHTELU

Huuhtelussa esiintyy myöskin vaikeuksia. Jos pakoputki ei ime pakokaasuja riittävän hyvin ulos pakoaukosta, ei sylinterin paine laske tarpeeksi nopeasti ja huuhteluaukkojen avautuessa se on

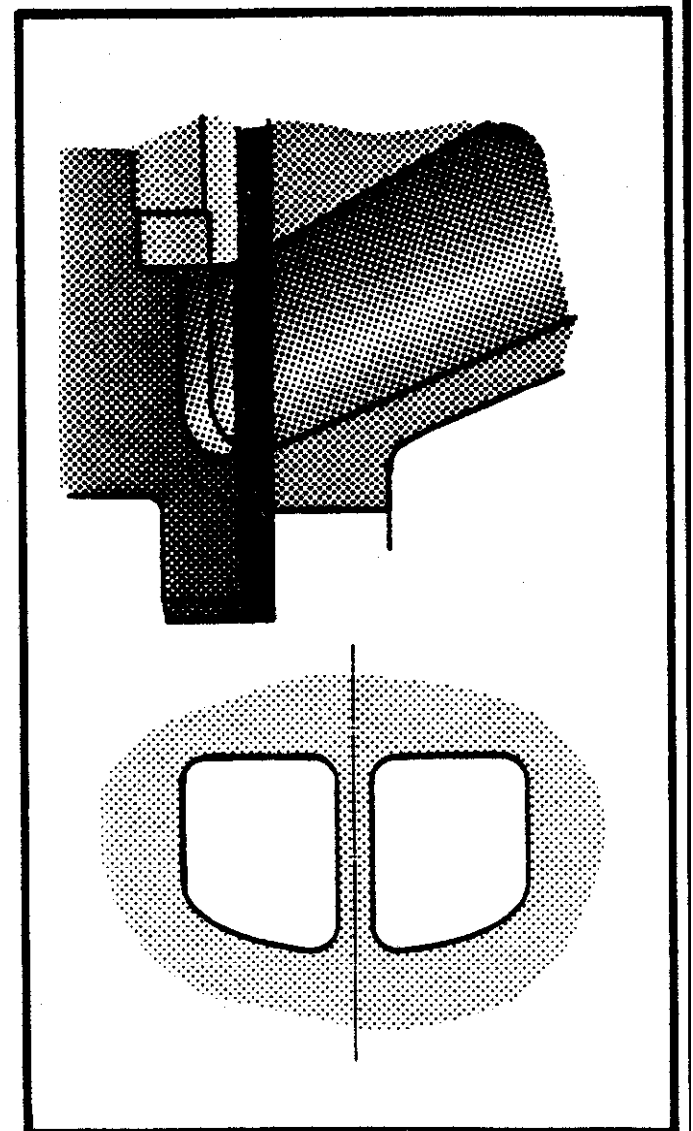
vielä kampikammion painetta korkeampi. Pakokaasut purkautuvat huuhtelukanaviin, ja jos kampikammion puristussuhde on alhainen ja paine siellä tämän vuoksi alhainen, työntyvät pakokaasut kampikammioon saakka. Kestää pitkään ennenkuin virtaussuunta kääntyy ja varsinainen huuhtelu pääsee käyntiin. Korkeammalla puristussuhteella varustetussa moottorissa huuhtelun alkupaine on niin suuri, että se hidastaa pakokaasun virtausta kampikammioon. Toisaalta pienemmän kampikammion tilavuuden johdosta myös sen paine nousee nopeammin pakokaasujen virratessa sinne. Nämä seikat yhdessä nopeuttavat virtaussuunnan kääntymistä, huuhtelu pääsee alkamaan aikaisemmin ja se saadaan vietyä loppuun ajoissa ilman pakoputken apuakin. Se saattaa tapahtua liiankin nopeasti kierroslukukaistan alapäässä. Puristussuhteella voidaan vaikuttaa tähän pakokaasujen takaisinlyöntinopeuteen. Suurella puristussuhteella se tapahtuu sopivalla tavalla moottorin korkeilla kierroksilla, ja pienemmällä puristussuhteella moottori huuhtelee hyvin alakierroksilla.

IMUAUKON MUOTOILU

Imuaukko, kuten kaikki muutkin aukot, kannattaa tehdä mahdollisimman leveäksi. Leveyttä rajoittaa männänhelman kestävyys. Aukon levetessä sen saama tuki huononee, ja se alkaa hakkaamaan aukon alareunaan. Mäntä pääsee hyvin monessa moottorissa keikahtamaan siten, että sen yläpää työntyy pakoaukkoon ja helma toisella puolella sylinteriä sijaitsevaan imuaukkoon. Eihän se tietysti ihan poikittain pääse, mutta kuitenkin niin paljon, että liikkuessaan ylös tai alas se iskeytyy jomman kumman aukon reunaan. On itsestään selvää,

ettei se kolauksesta ainakaan parane ja männän ohjaus tulisi hoitaa siten, että sen keikkuminen vähenisi. Eräs tapa parantaa männänhelman ohjausta on tehdä imuaukosta kaksiosainen, jolloin aukkojen välinen silta tukee hyvin männänhelmaa. Silta ei imuaukossa tuota sellaisia ongelmia kuin se pakoaukossa saattaa aiheuttaa. Sehän ei lämpene sylinteriä viileämpänä, koska imukanavassa virtaava seos on kylmää. Seos on tässä vaiheessa ulkoilmaa kylmenpää, koska höyrystyvä polttoaine sitoo lämpöä ja sehän tietysti on peräisin imuilmasta.

Aukon yläreuna on parasta muotoilla jokseenkin suoraksi. Sen tulisi noudatella männän helman muotoa ja sehän on tunnetusti useimmissa tapauksissa suora. Aukon alareuna sen sijaan on edullista tehdä kaarevaksi, koska silloin männän ohjaus aukon sulkeutuessa on parempaa, ja osien kestävyys lisääntyy. Toinen syy reunan kaarevaan muotoon on näin saavutettava aukon hitaampi aukeneminen, imuääni pienenee ja avautuessa syntyvä harvennusaalto pehmenee. Harvennusaalto ei siis ole yhtä voimakas kuin tasapohjaisen aukon aiheuttama, mutta sen kestoaika on pitempi. Sen tuottaman imukanavaresonanssi ahtava vaikutus ulottuu lajemmalla kierroslukualueelle tasoittaen moottorin vääntömomenttikäyrää.



Aukon muodon tulisi olla pyöreäkulmainen, sillä virtaushan tapahtuisi vaivattomammin pyöreästä aukosta. Pyöreäksi sitä ei kuitenkaan kannata tehdä, sillä pyöreän aukon aika-ala suhteessa sen korkeuteen on varsin huono. On löydettävä kompromissi suorakaiteen ja ympyrän väliltä.

LÄPPÄVENTTIILI IMUAUKKOSSA

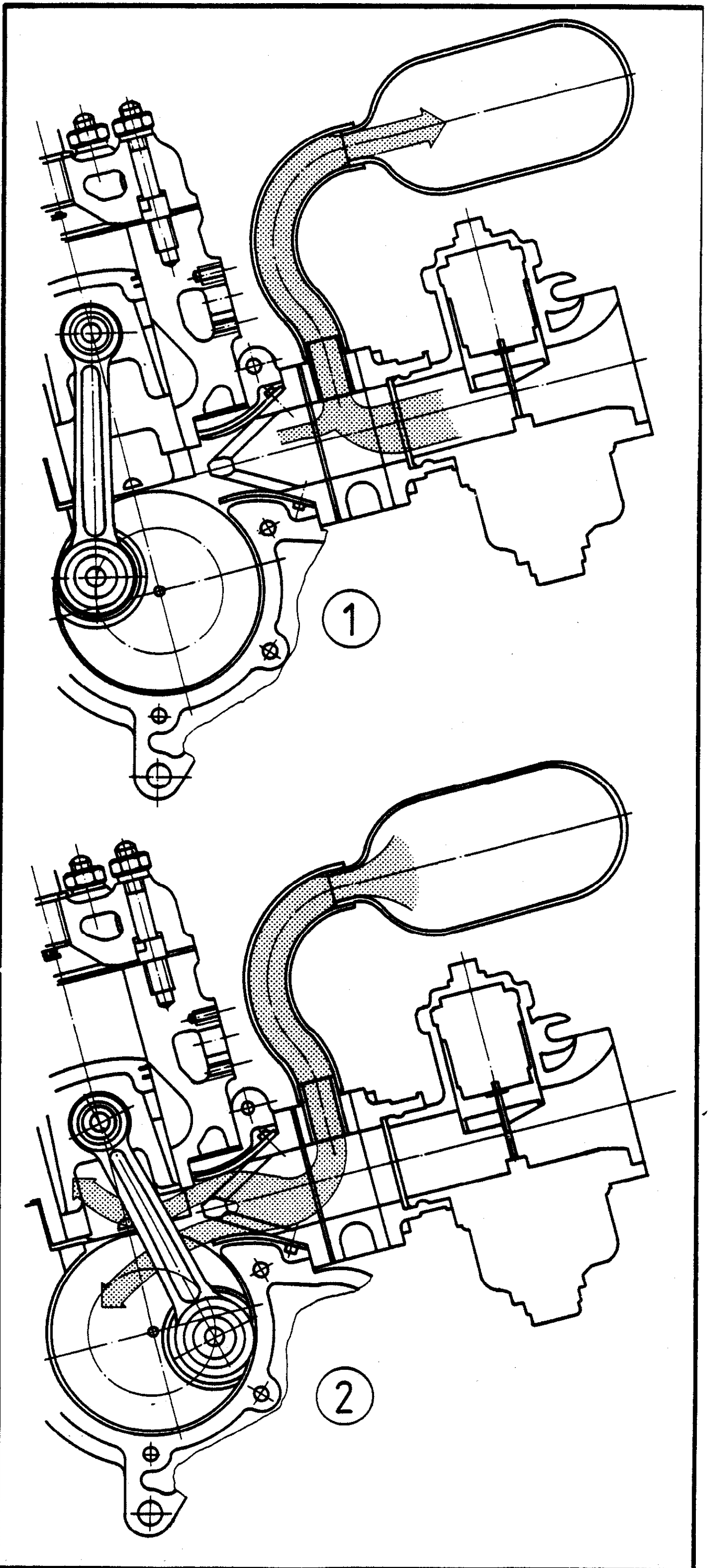
Läppäventtiiliohjattu moottori on taas oma tapauksensa. Sen imuaukko tehdään niin suureksi kuin se suinkin on mahdollista osien kestävyyttä vaarantamatta ja kampikammion puristussuhdetta liiaksi laskematta. Imuaukko on parasta tehdä kaksiosaiseksi ja jos mahdollista rakentaa ylimääräiset kanavat suoraan läppäventtiililtä huuhtelukanaaviin. Aukon muodolla ja koolla ei ole suurtakaan merkitystä, kunhan se vain on riittävän avara. Itse läppäventtiili tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle sylinteriä ja imukanavan pituus lyhentää pienimpään mahdolliseen. Läppäventtiilin pesän muotoilusta ei voi antaa sen tarkempia ohjeita, koska muoto riippuu lähes pelkästään läppäventtiilin mitoista ja juuri mitään ei ole tehtävissä.

MIKSI KEUHKO?

Minua on aina kiusannut läppäventtiilin uusi nimi, keuhko. Mitä tekemistä läppäventtiilin kaltaisella takaiskuventtiilillä on keuhkojen kanssa, ei niin mitään. Jos resonanssikammioita, energy bottlea haluttaisiin sanoa keuhkoksi minulla ei olisi mitään sitä vastaan, mutta miksi läppäventtiiliä? En ymmärrä. Onkohan joku tarpeeksi korkealla motoristien hierarkiassa oleva erehtynyt aparaatissa, kun on päästänyt suustan hienolta kuulostavan nimen.

HELMHOLZIN RESONAATTORI

Yksi viimeisistä villityksistä virityksen alalla on resonanssikammio imukanavassa. Se tunnetaan ehkä paremmin nimellä Boost bottle tai Energy bottle, kysymys on kuitenkin samasta asiasta. Sen tarkoitus on varata kaasuttimen läpi virtaavan seospatsaan liike-energiaa seuraavaan imuvai-

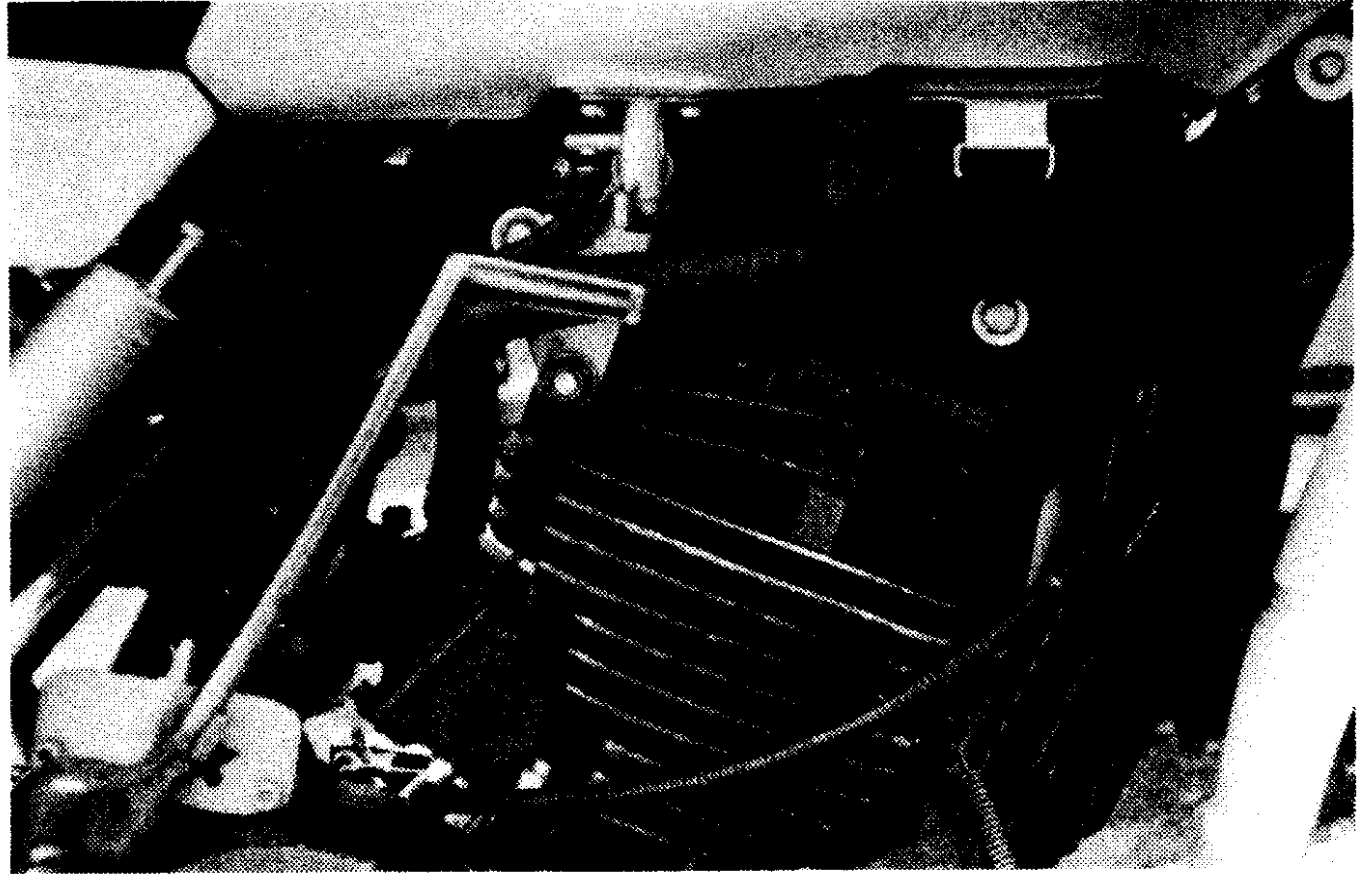


heeseen asti. Rakenteeltaan se on hyvin yksinkertainen; vain tyhjä pullo, joka on yhdistetty kaasuttimen ja läppäventtiilin väliseen kumikurkkuun letkulla. Tämän letkun mitoilla on ratkaiseva merkitys sen resonanssikierroslukuun, ja sitä ei pidä missään tapauksessa mennä lyhentämään tai vaihtamaan toisenlaiseen. Toinen määräävä tekijä on tietenkin pullon tilavuus.

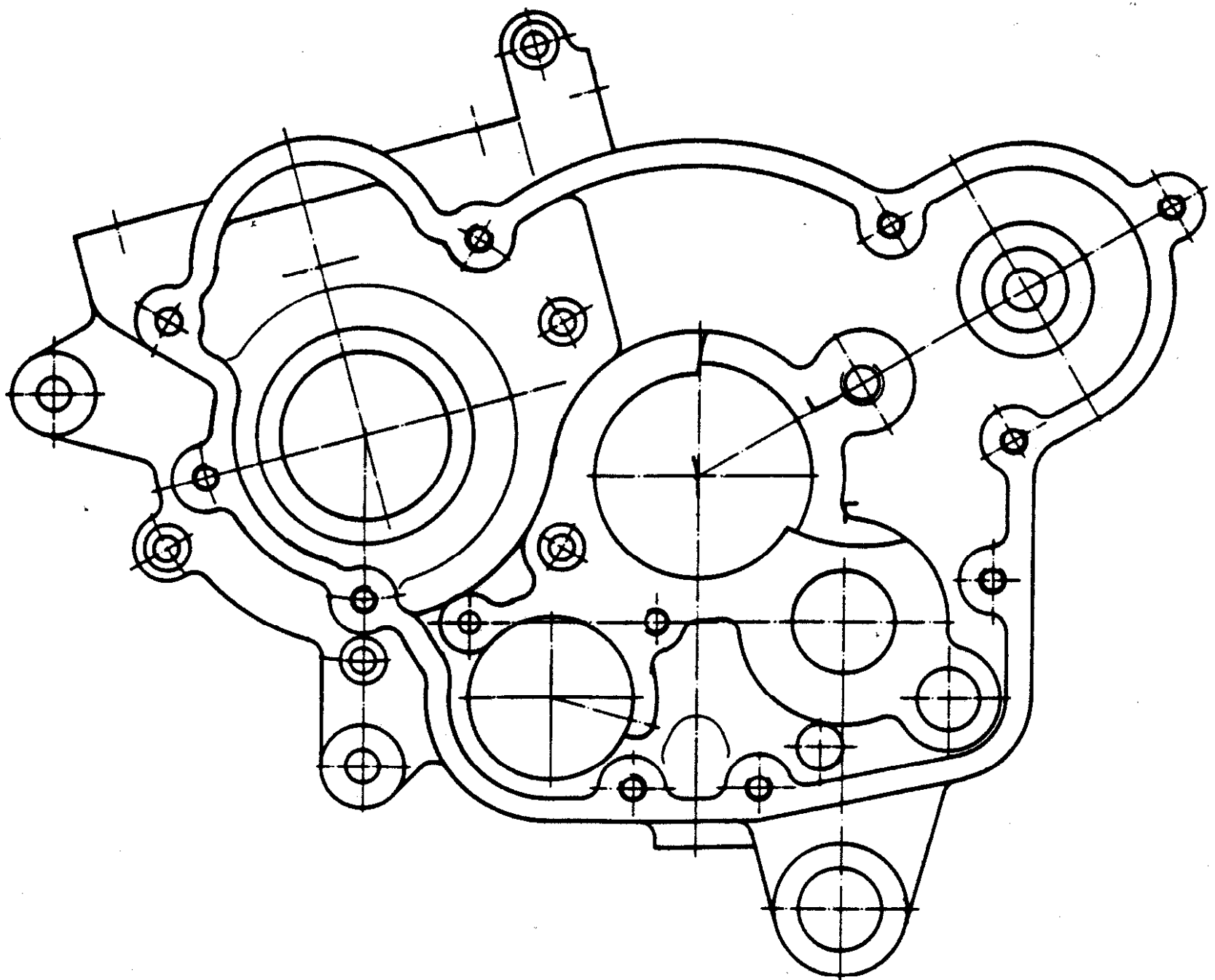
Resonanssikammion toiminta on seuraavanlainen. Kun läppäventtiili päästää seoksen virtaamaan lävitseen, syntyy putken suulle alipaine, koska nopeuden kasvaesahan paine laskee. Tämä imee seosta pullosta ulos ja näin kamppikammion täyttymisnopeus suurenee. Kun läpät sitten aikanaan sulkeutuvat, on resonanssikammiossa alipaine ja se alkaa täyttymään vetäen seosta kaasuttimesta sisäänsä. Virtausnopeus alkaa hidastua, kun pullon paine nousee, ja kun se ylittää kaasuttimen paineen, virtaussuunta pyrkii kääntymään takaisin kaasuttimeen. Tässä vaiheessa läppäventtiili jälleen avautuu ja seosvirta suuntautuu kamppikammioon. Näin saadaan sekä sylinterin täytöstä parannettua, että virtaussuunta kaasuttimessa pysymään

aina samana. Jos ilma pääsisi virtaamaan kaasuttimen läpi useita kertoja edestakaisin, siihen imeytyisi liian paljon polttoainetta ja se tulisi liian rikkaaksi. Moottori kävisi huonosti pienillä kierroksilla ja varsinkin silloin, kun kaasu avataan nopeasti, moottori empisi ennenkuin lähtisi kiihtymään. Resonanssikammion avulla voidaan moottorin kaasuun vastaamista

parantaa pienillä kierroksilla, ja se on parhaimmillaan juuri 250 cc moottorissa, jossa alakierrosten vääntö on tärkeää ja kuitenkin suhteellisen suuri kaasutin.



VEIS-resonanssikammio.



TEHON NOSTAMINEN

TEHON NOSTAMINEN VAIKEAA

Vielä kymmenen vuotta sitten moottorin suorituskykyä korotettaessa voitiin saavuttaa erittäin hyviä tuloksia hyvinkin summittaisilla kanavien avarrustöillä. Nykyisin tilanne on toinen. Moottorivalmistajat ovat paneutuneet suorituskyvyn korottamiseen tarkokkaasti, ja niinpä moottorien virityksaste on jo tehtaalta tullessaan erittäin korkea. Yhä useammin tokaisu "itse tehty viritys on erittäin onnistunut, jos teho ei laske enempää kuin 20 prosenttia" pitää paikkansa. Monissa tapauksissa minkäänlainen virtausaukkojen suurentaminen ei tuo tehonlisäystä. Sen sijaan se nostaa huipputehon kierroslukua ja tätä kautta seurauksena on pelkästään moottorin kestoajan aleneminen. Nykyiset moottorit toimivat niin suurilla männännopeuksilla, että kierrosluvun korottamiseen ei useinkaan ole varaa.

Tehon lisäämisen tulee perustua vääntömomentin kasvattamiseen, ja sehän ei tunnetusti ole lähellekään yhtä helppoa kuin kierrosluvun korottaminen. Pakoputken ja imukanaviston oikealla mitoituksella voidaan saada ihmeitä aikaan, mutta kaikkein tärkeintä koko prosessissa on eri komponenttien yhteensovittaminen. Koskaan ei saada kunnollista lopputulosta yhdistelemällä eri virityspajojen osia toisiinsa ja kuvittelemalla, että näistä jokainen toisi lisää tehoa yhtä paljon, kuin ne yksinään vakio moottoriin asennettuna saattaisivat tuoda.

Moottorissa on aina kysymys kokonaisuudesta, ja sehän on tunnetusti juuri niin hyvä, kuin sen heikoin lenkki. Siispä ennen moottorin virittämistä se on laitettava mekaanisesti moitteettomaan kuntoon. Siihen on uusittava kaikki hiemankin epäilyttävät osat, sillä mitä iloa on tehokkaasta moottorista, joka ei kestä ajamista. Ylensäkin ottaen on pidettävä pää kylmänä ja tehtävä niin kuin oma järki sanoo, eikä kannata suin päin rynnätä tekemään mitä joku, muka

hyvin kokenut, kaverisi väittää. Virityksen tiimoilla pyörii paljon pelkkiin perättömiin uskomuksiin perustuvaa "tietoa", jonka voi asiaa hieman miettimällä todeta suoranaiseksi valheeksi. Koskaan ei saa mennä tekemään muutoksia sillä perusteella, että "naapurin poika korotti omasta pyörästään pakoaukkoa, kyllä se minunkin pyörääni auttaa". Kaikki muutokset täytyy etukäteen miettiä ja tutkia mahdollisimman tarkkaan, sekä suorittaa laskelmat asiasta jos se vain on mahdollista. Näin vältetään turhilta erehdyksiltä ja monesti säästetään melkoinen tukku rahaakin.

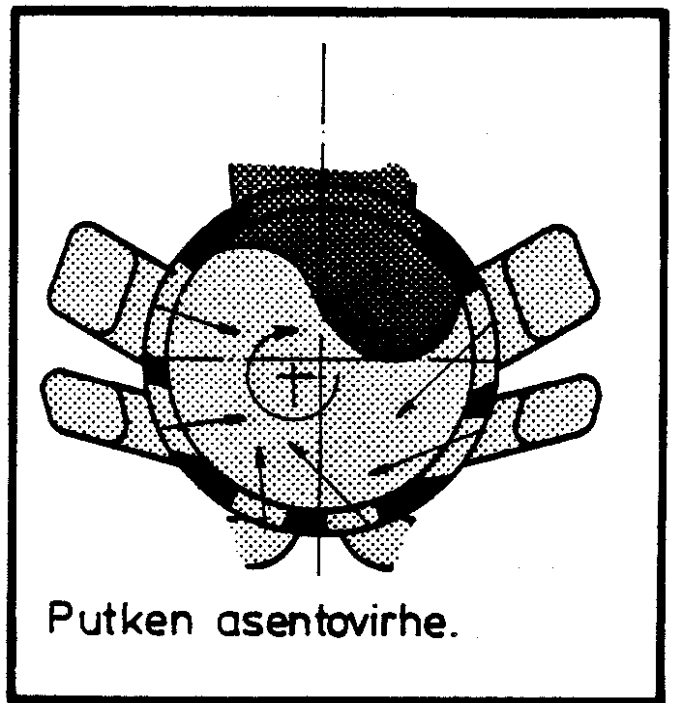
ÄLÄ LASKE KANTTA

Yksi näistä muutaman vuoden takaisista erittäin sitkeässä olleista uskomuksista oli vankka usko puristussuhteen korottamisen mukana tulevaan tehon lisääntymiseen. Nykyisin jo huomattavasti harvempi aloittaa virityksen ennen niin tuttuun "puoli millia pois kannesta"-tyyliin. Useissa moottoreissa voidaan joutua jopa laskemaan puristussuhdetta käytettäessä tehokkaampaa pakoputkea. Pakoputki saattaa nimittäin nostaa puristuksen alkupainetta siinä määrin, että nakutusraja saavutetaan ja nakutuksen kurissapitämiseksi on puristussuhdetta laskettava. Tästä syystä RR-moottoreissa, joissa on kireämpi pakoputki, on myös matalampi puristussuhde kuin mitä MX-pyörissä käytetään samassa kokoluokassa.

OSIEN SOVITTAMINEN

Moottorin suorituskykyä kohotettaessa on ensimmäisenä tehtävänä aina osien toisiinsa sovittaminen. On aivan turha yrittää parantaa kanavien virtausominaisuuksia tasoittamalla niiden seinämiä, jos osien yhtymäkohdissa on selvä porras, johon muodostuu voimakkaita pyörteitä. Tärkeimmät sovituskohdat ovat sylinterin ja kampikammion yhtymäkohta ja ennenkaikkea sylinterivalun ja valurautaisten sylinteriputkien

liitokset huuhtelukanaavissa. Joskus sylinteriputki on puristettu väärään, kiertyneeseen, asentoon sylinterivalun sisälle ja tällöin saattaa aukossa olla jopa yli 1 mm asentovirheitä. On aivan selvää, että niillä on huomattava vaikutus kaasun virtaussuuntiin ja -määriin. Moottorista saatava teho



Putken asentovirhe.

saattaa laskea yli 10 % pelkästään tämän asentovirheen vuoksi. Yhtä suuren tehonlisäyksen aikaansaaminen on varmasti paljon vaikeampaa muilla keinoilla kuin aukkojen yhteensovittamisella. Kaiken lisäksi tällainen kiertymä aiheuttaa epäsymmetrisyyttä huuhtelutapahtumassa. Sylinterin takaosaan syntyvä tuoreseospatsas siirtyy sivuun keskilinjalta ja tuloksena saattaa pahimmassa tapauksessa olla jopa seoksen karkaaminen suoraan huuhtelukaudesta pakoputkeen. Tätä tapahtuu suuremmissa mittakaavassa tietysti vasta hyvin pahoilla asentovirheillä, mutta mahdollisuus on joka tapauksessa olemassa. Pahinta on kuitenkin syntyvä ylimääräinen pyörteily. Huuhtelutapahtuman kannalta olisi edullista, että tuoreseospatsas kohoaisi sylinterin takaosassa mahdollisimman rauhallisesti kohti sylinterinkantaa, sillä tällöin sekoittuminen pako kaasun kanssa olisi mahdollisimman vähäistä ja hyötysuhde parhaimmillaan.

Aiemmin aukkojen viimeistely tehtiin silmämääräisesti, mutta nyt on useimmilla virittäjillä käytössään virtauspenkki, jonka avulla päästään tutkimaan virtauksia todellisia olosuhteita muistuttavissa simuloituissa tilanteissa.

Parin viime vuoden aikana on maailmalla levinnyt sellainen käsitys, että niinsanottu FLOW-BENCH -viritys on aivan ylivoimainen menetelmä muihin verrattuna. Tämä on jonkinlainen muoti-ilmiö, sillä useimmat eivät edes tiedä mistä virtauspenkin käytössä on kysymys. Todellisudessa virtauspenkki ei ole mikään uusi keksintö, sillä sitä on käytetty jo pitkään tutkittaessa nelitahtimoottorin sylinterinkansien virtausominaisuuksia. Se on tullut kuitenkin vasta nyt suuren yleisön tietoisuuteen muutaman suuren viritystöihin erikoistuneen yrityksen voimakkaan mainostuksen myötä. Kuten niin monessa muusakin yhteydessä, niin myös tässä tulee esille tehokkaan mainoskampanjan vaikutus meihin tavallisiin kuluttajiin.

MAINOSMIEHET!

Motocrossissa ovat mainosmiehet saaneet kiinnitettyä ostajien huomion liian monta kertaa johonkin aivan mitättömään sivuseikkaan tai yksityiskohtaan, jonka merkitys kokonaisuutta ajatellen on ollut aivan toisarvoinen. Erääseen aikaan se oli kevytmetallinen takahaarukka, hieman myöhemmin kaasukahva, josta vaijeri lähtee ohjaustangon suuntaisesti, sitten taittuva vaihepolkimen pää, seuraavaksi kevytmetallinen äänenvaimennin, tämän jälkeen istuin, jonka etureuna nousee polttoainesäiliön päälle ja aivan viimeinen villitys on etujarrun muovisuojus.

KÄYTÄNTÖ VOITTA A TEORIAN

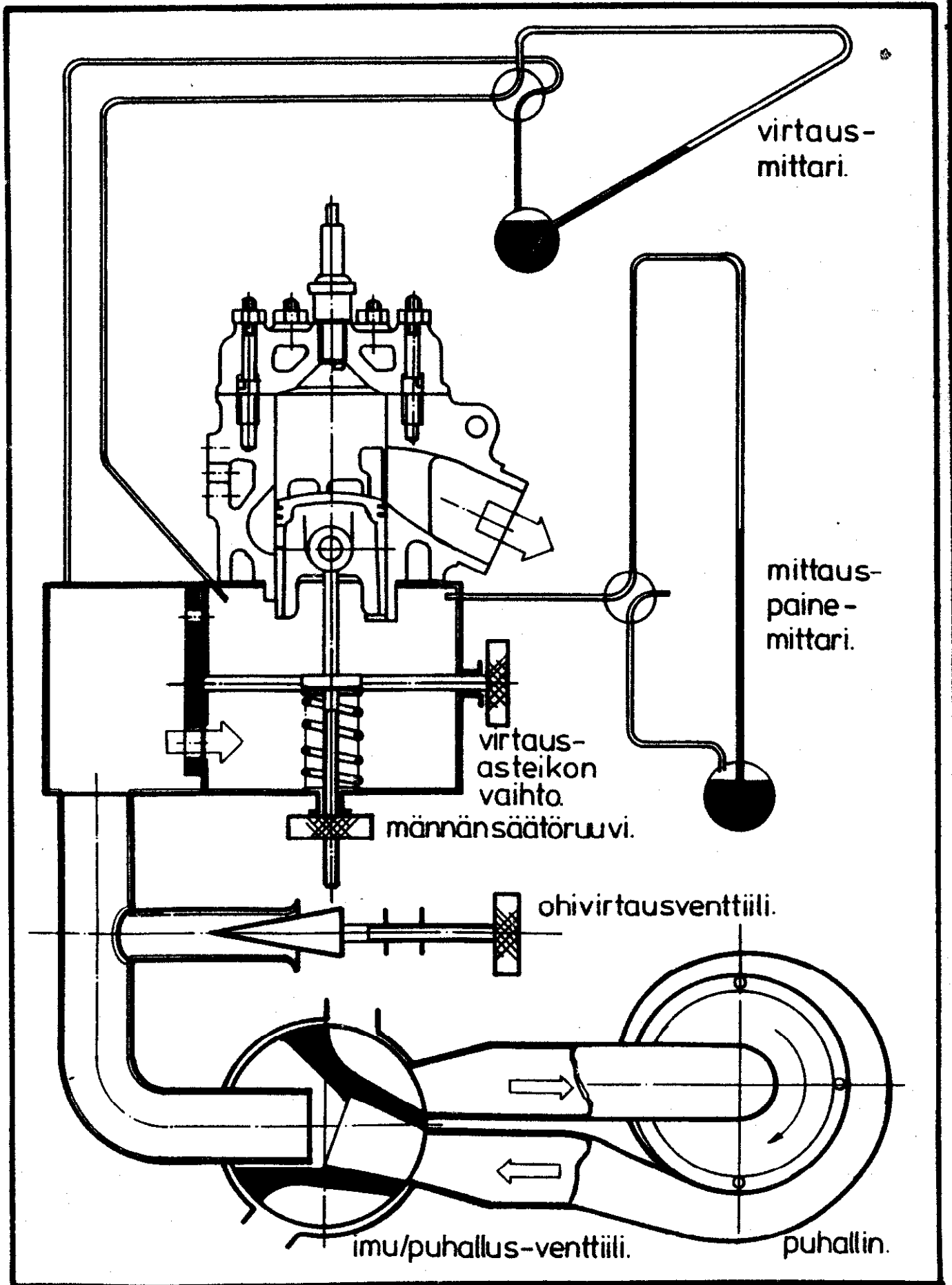
No niin, palataanpa virtauspenkkiin. Aukkojen kokojen määrittäminen puhtaasti laskennallisoin keinoin on mahdollista, mutta laskukaavoista on tehtävä hyvin pitkälle yksinkertaistettuja ja ne pakostakin jättävät huomioonottamatta monia tärkeitä tekijöitä. Olisikin parempi päästä jollakin keinolla mittaamaan todellisia kaasuvirtausnopeuksia sylinterin kanavissa. Virtausmäärien mittaaminen käyvästä koneesta on käytännöllisesti katsoen mahdo-

tonta ja siksi on täytynyt kehittää laite, jolla voidaan jotenkin simuloida tapahtumia moottorissa. Virtauspenkin sylinterin alapuolelle sijoitetussa kammiossa pidetään vakioaine ja ilman annetaan virtata huuhtelukanaavien kautta männän yläpuolelle. Kun tämä tilavuusvirta mitataan, on saatu jonkinlainen vertailuluku huuhtelukanaavien virtauskyvyille. Sama toistetaan pako- ja imuaukolla ja lopuksi saatuja arvoja verrataan aikaisempien kokeiden avulla saatuihin ohjearvoihin. Tämän jälkeen tehdään tarvittavat muutokset, ja mitataan virtausmäärät uudelleen. Menetelmä ottaa ehkä kaikkein parhaiten huomioon kaikki huuhtelutapahtumaan liittyvät tekijät ja antaa luotettavimman kuvan sylinterin todellisista virtausominaisuuksista. Moottorin tehollinen keskipaine on erittäin suuresti riippuvainen huuhtelutapahtuman tehokkuudesta ja siihen

taas vaikuttaa kaasujen ulosvirtausuunnat huuhtelukanaavista.

MUOTOILU RATKAISEE

Virtauspenkin eräisiin parhaista ominaisuuksista kuuluu se, että siinä voidaan tutkia kaasun pyörteilyä huuhtelun aikana. Huuhtelusuuntia muuttamalla pyörteilyä voidaan estää, ja täten muodostaa mahdollisimman rauhallinen seospatsas sylinterin takaosaan. Tällä on erittäin suuri vaikutus moottorin tehoon, ja useimmiten kilpamoottoria viritettäessä itse aukkoihin ei kosketakaan, vaan pyritään haluttuun tulokseen huuhtelukanaavan yläpään mutkaa muotoilemalla, jolloin huuhtelu-



suunnat asettuvat kohdalleen. Tavallisesti sylinterin virtauskykyä pystytään korottamaan 12...20 %, mutta joissakin 500 cc luokan moottoreissa nousu on huuhtelukanaavien osalta ollut jopa 20 %. Kaikki tämä on saavutettu pelkästään muotoilemalla huuhtelukanaavia, ja itse aukkojen kokoja ei ole muutettu. Huuhtelutapah-tuman kannalta symmetrisyys on ensiarvoisen tärkeää, ja yksi tärkeimmistä virtauspenkkityös-kentelyn vaiheista on virtausmäärien tasapainoittaminen molempien puolien välillä. Virtauspenkki on suhteellisen halpa laite, mutta työskentely sen kanssa voi aluksi olla kallista lystiä. Kun alkuvaiheessa ei valmiita ohjearvoja ole saatavana, on kaikki kokeiltava itse, ja on aivan varmaa, että lukuisia sylinterejä menee pilalle. Tarkoitukseni ei kuitenkaan ole peloitella, sillä virtauspenkillä on niin paljon annettavaa virittäjälle, että sen hankkiminen varmasti kannattaa, jos on riittävästi halua perehtyä kaksitahtimoottorin salaisuuksiin.

UNOHDA AUKEAMISKULMAT

Eräissä lähteissä annetaan ohjearvoja eri aukkojen aukeamis- ja sulkeutumishetkille. Arvot mitataan kammenkulma-asteina joko YKK:sta tai AKK:sta. Tietysti on hyvä, että pystytään antamaan edes jonkinlaisia ohjearvoja aukkojen suuruuksille, mutta on huomattava, että pelkkä aukeamisajankohta ei määrää aukon kokoa täydellisesti, vaan myös sen leveydellä on yhtäläinen merkitys huuhtelukykyyneen. Tosin eri aukkojen suhteelliset leveydet eri moottorityyppien ja jopa -valmistajien sylintereissä ovat jokseenkin samat, sillä aukkojen leveydet määräytyvät pako- ja imuaukon osalta lähes pelkästään männänrenkaiden kestävyuden perusteella siten, että aukot pyritään tekemään mahdollisimman leveiksi lyhentämättä silti moottorin osien kestoikää liiaksi. Tästä johtuen aukot ovat lähes täsmälleen yhtä leveät kaikissa koneissa. Huuhteluaukkojen koko ja määrä vaihtelee moottorista toiseen siinä määrin, että pelkkiin aukeamiskulmiin tuijottamalla niiden mitoitus epäonnistuu aivan varmasti. Kammenkulma-arvojen heikkoutena on myös se, että ne annetaan aina tietylle kierrosluvulle ja niiden

muuttaminen jotakin toista kierroslukua vastaavaksi on mahdotonta. Totuus näistä arvoista onkin se, että ne voi unohtaa kaikessa rauhassa ja ei menetä yhtään mitään.

Aika-ajat

AIKA-ALA KÄSITE

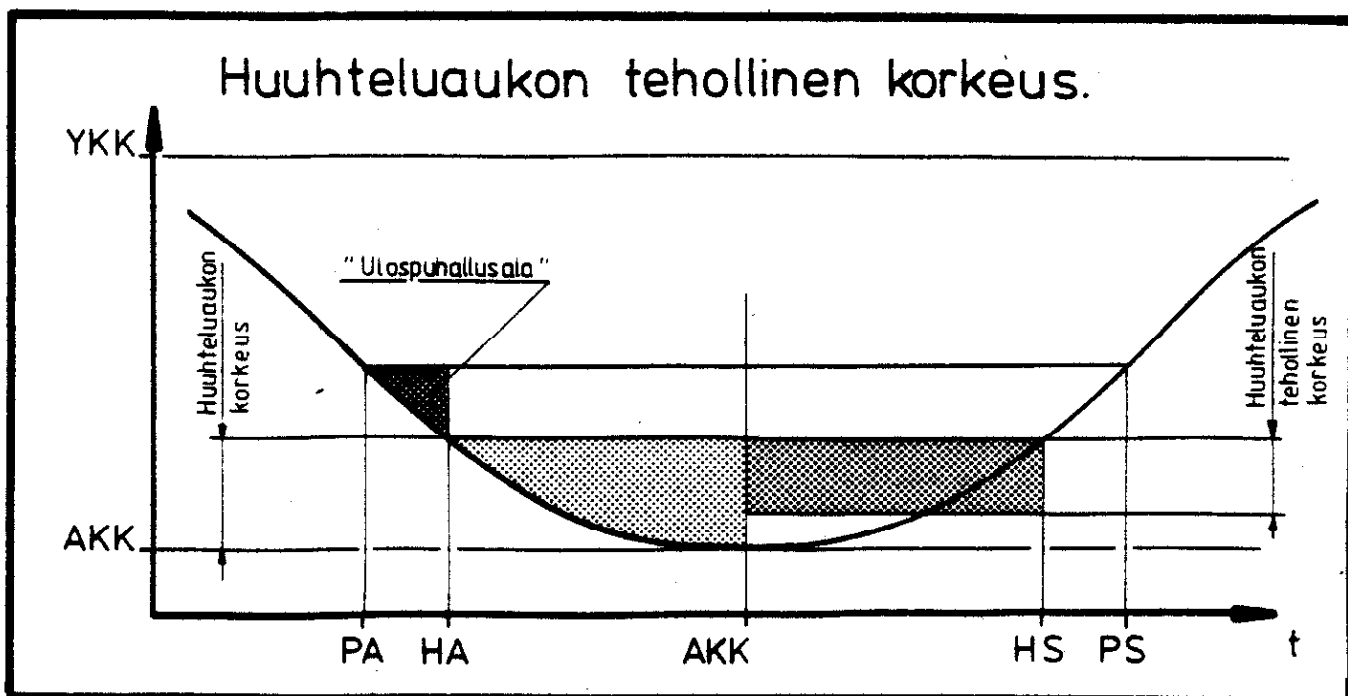
Sylinterin aukkojen kokoja määritettäessä pyritään tasapainoittamaan niiden läpi virtaavia kaasutilavuuksia. Aukosta olisi ensiarvoisen tärkeää saada selville, miten suuri tilavuusvirta siitä ehtii mennä läpi työkierron aikana. Tilannetta tarkastellaan laskemalla aukon aika-ala. Sen laskemiseksi voidaan kampiakselia kuvitella pyöritettävän esimerkiksi yksi aste kerrallaan ja jokaisessa välissä lasketaan aukon auki oleva korkeus. Tätä lähdetään tekemään aukon aukeamispisteestä sen sulkeutumiseen saakka. Kaikki aukeamat lasketaan yhteen, ja lopuksi summa jaetaan havaintojen lukumäärällä. Toisin sanoen aukon voidaan kuvitella olevan keskimäärin niin paljon auki sen aukeamisen ja sulkeutumisen välisenä aikana. Graafisesti tehtävä voidaan ratkaista piirtämällä ensin männän liikettä kuvaava viiva. Seuraavaksi otetaan tavalla tai toisella selville aukon aukeamis- ja sulkeutumispisteitten väliseltä matkalta männän liikkeen ja aukon reunan väliin jäävän alueen pinta-ala. Lopuksi piirretään suorakaide, joka on pinta-alaltaan yhtäsuuri kuin äsken mitattu alue. Se ulottuu aukon aukeamispisteestä sen sulkeutumispisteeseen ja korkeudeltaan näin ollen aukon tehollisen korkeuden suuruinen. Aukon aika-alaan päästään käsiksi, kun tehollinen korkeus kerrotaan aukon tehollisella leveydellä ja se vielä aukon auki olemalla ajalla. Tässä vaiheessa on vielä syytä huomauttaa, että männän liike ei

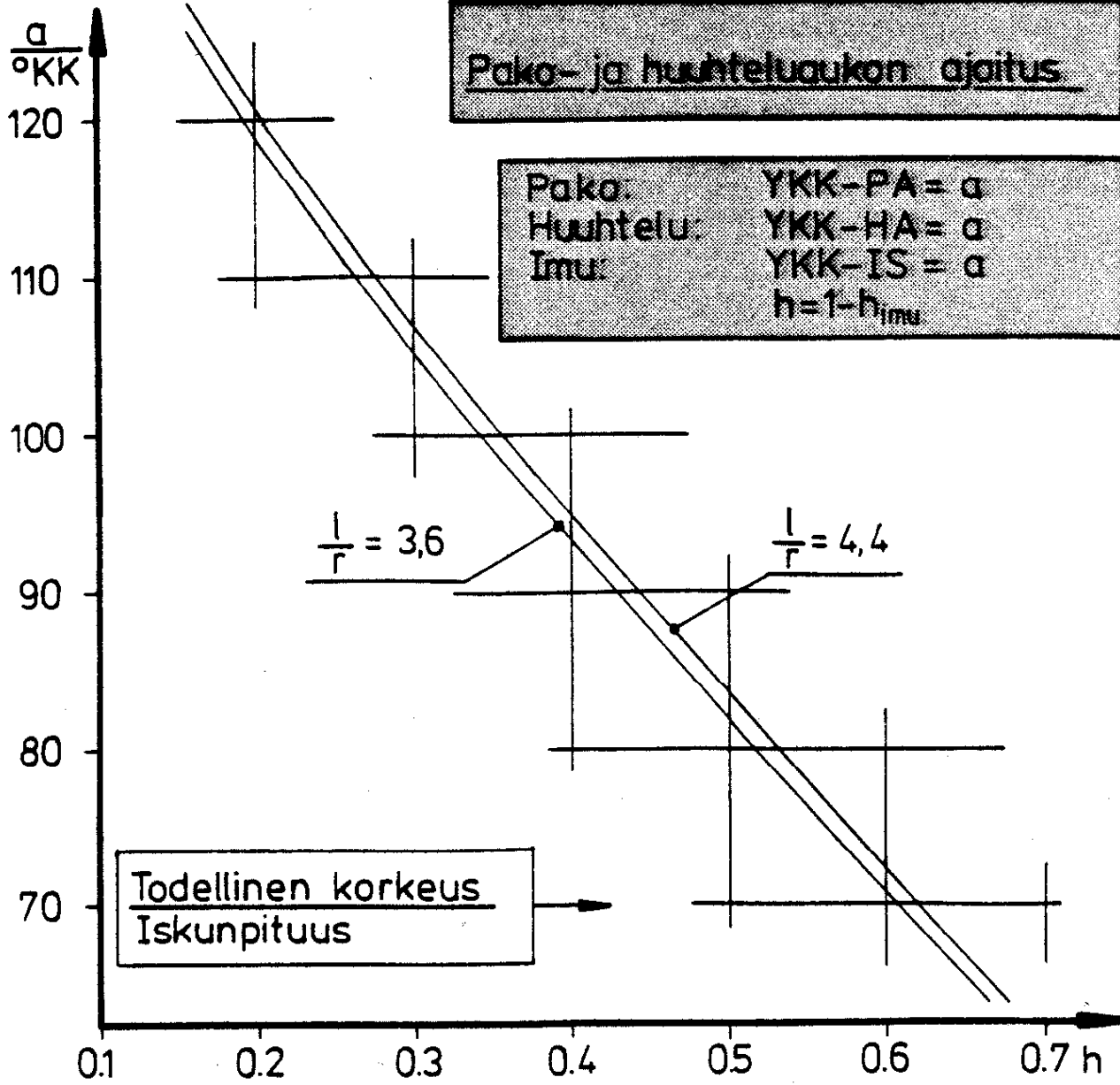
missään tapauksessa ole sinimuotoista, vaan kiertokangen äärellinen pituus vääristää sitä joskus melko voimakkaastikin.

MUOTOILIJAI EI TARVITSE AIKA-ALAA

Aukon aika-ala ei siis ole mikään tuulesta temmattu lukuarvo, vaan sillä on hyvin yksiselitteinen perusteensa. Sen avulla pyritään kuvaamaan kaasuvirtausten suuruuksia. Se on yllättävää kyllä varsin luotettava mittaustapa, vaikka teoriapohjalta sen käytökelpoisuus tuntuukin kyseenalaiselta. Virtausmääriinhän vaikuttaa suuresti aukon muoto. Tottakai pyöreästä aukosta virtaa kaasua huomattavasti enemmän kuin samansuuruisesta suorakaiteesta. Tilanne olisi vielä hallittavissa, jos aukon koko ja muoto olisivat ainoat vaikuttavat tekijät, mutta kun aukon takana olevalla kanavistolla on aivan ensiarvoisen tärkeä vaikutus virtaukseen, onkin kaikki tarkempi laskeminen turhaa. Vain hyvin kehittyneellä kaasudynamiikalla olisi toivoo saada luotettavia tuloksia asiasta, ja se ei liene juuri kenenkään resurssien rajoissa. Pelastuksena on kuitenkin mitä ilmeisemmin se, että eri moottorikonstruktioiden välillä aukkojen ja kanavien mitasuhteet vaihtelevat niin vähän, etteivät ne vielä kovinkaan paljon vaikuta kanavien virtausominaisuuksiin. Toisaalta nykyisten moottorien aukkojen suuruudet ovat niin lähellä oikeita jo tehtaalta tullessaan, ettei kaavojen laskutarkkuuden puitteissa ole mahdollista löytää niihin yksiselitteistä parannusta.

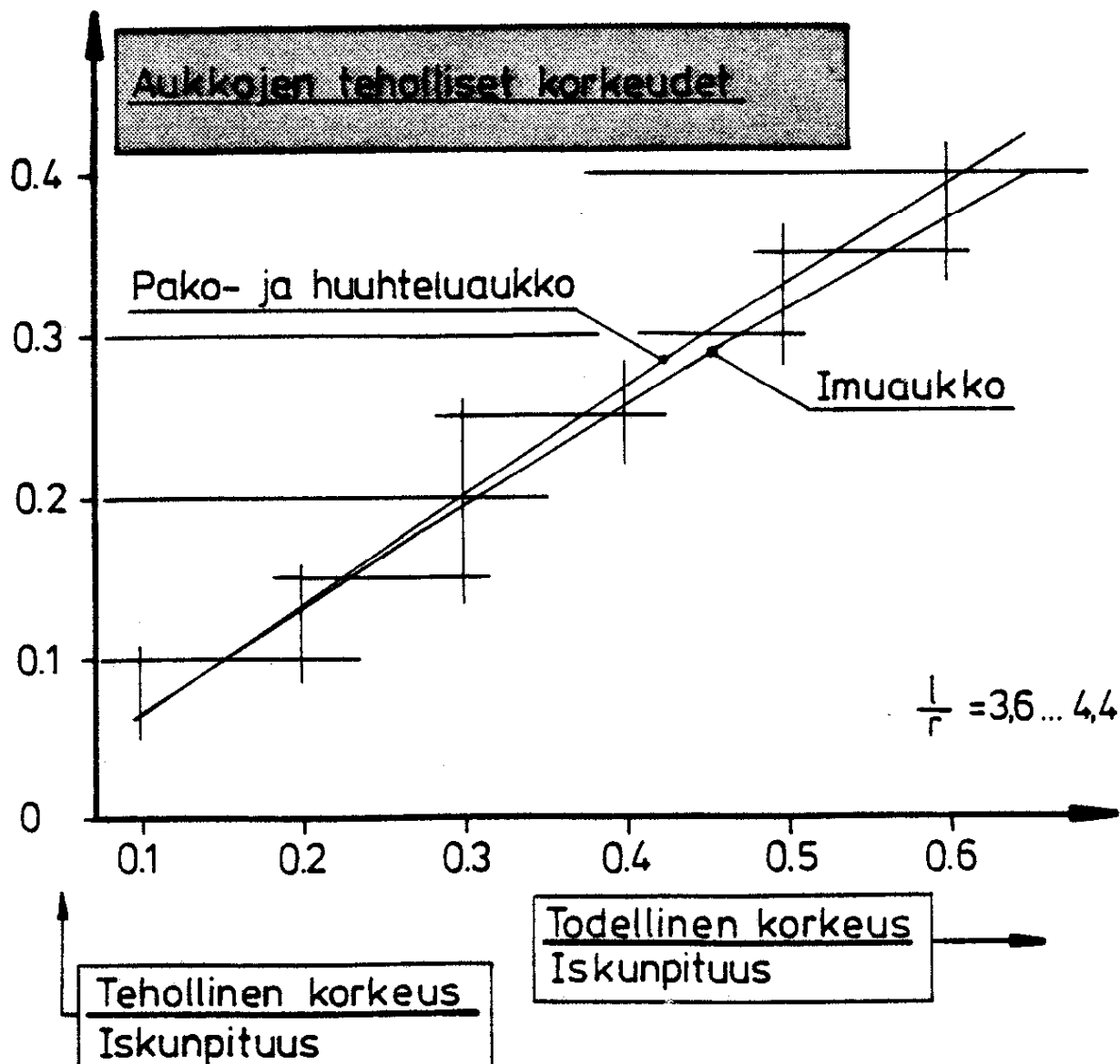
Tilanne on kuitenkin toinen silloin, kun moottorin käyttötarkoitusta tai viritystasetta ratkaisevasti muutetaan. Tällöin aika-ala -käsite on kyllä arvoinen ja sen avulla voidaan turhia vahinkoja vähentää. Asiaan kannattaa kyllä perehtyä, vaikka ei olisikaan





Käyrästä 1

Käyrästä 2



tarkoitus sen perusteella tehdä muutoksia mihinkään, sillä sen avulla oppii ymmärtämään taas jotain uutta moottorin toiminnasta.

MITATAAN ENSIN, LASKETAAN SITTEN

Käytännössä aukkojen aika-alojen tutkiminen tapahtuu tähän tyyliin.

Sylinterin aukkojen muutostarpeen suunnittelu aloitetaan mittaamalla siinä jo olevien aukkojen suuruudet mahdollisimman tarkasti ja laskemalla eräillä ehkä teorian hivenellä höystetyillä laskukaavoilla niiden suuruudet. Saatujen tulosten perusteella arvioidaan muutostarve, ja vasta sen jälkeen muutetaan tulokset takaisin aukkojen mitoiksi. Tämän jälkeen voidaan sylinteriin tehtävät muutokset suorittaa turvallisella mielellä, sillä ne eivät varmasti mene pahasti pieleen. Itse aukkojen muuttamisesta on oma kappaleensa muualla tässä kirjassa ja tässä yhteydessä käsitellään vain sitä miten saadaan selville aukkojen oikeat mitat.

Aukkojen aika-aloja laskettaessa on ensimmäiseksi arvioitava moottorin maksimitehon kierrosluku. Tämän jälkeen katsotaan käyrästä 1 aukon aukemiskulma, minkä avulla saadaan selville sen aukiolokulma kammengkulma-asteissa. Näiden tietojen avulla voidaan laskea sen aukioloaika.

Seuraavaksi tutkitaan kyseisen aukon tehollinen virtauspoikkipinta-ala. Se on aukosta virtaavan kaasuvirran poikkipinta-ala eikä suinkaan sylinterin seinämässä olevan aukon ala. Kun vielä otetaan huomioon, että aukko ei ole koko aikaa täysin auki, vaan avautuu ja sulkeutuu vähitellen, on meidän käytettävä aukon korkeutena sen tehollista korkeutta, joka saadaan käyrästä 2.

Kertomalla aukon aukioloaika ja tehollinen virtauspoikkipinta-ala keskenään saadaan sen aika-ala.

KÄYTÖNNÖN AIKA-ALAT

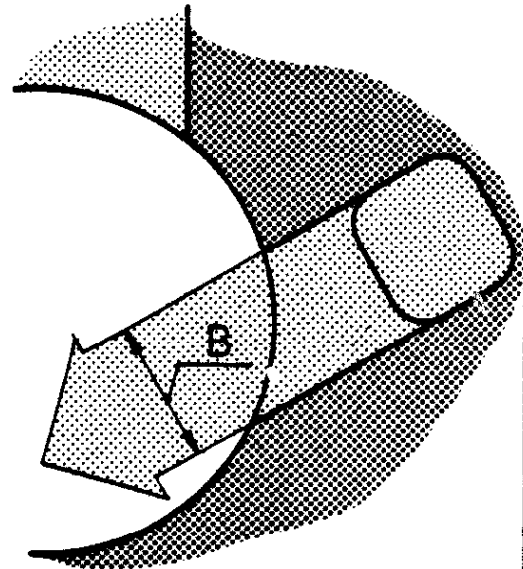
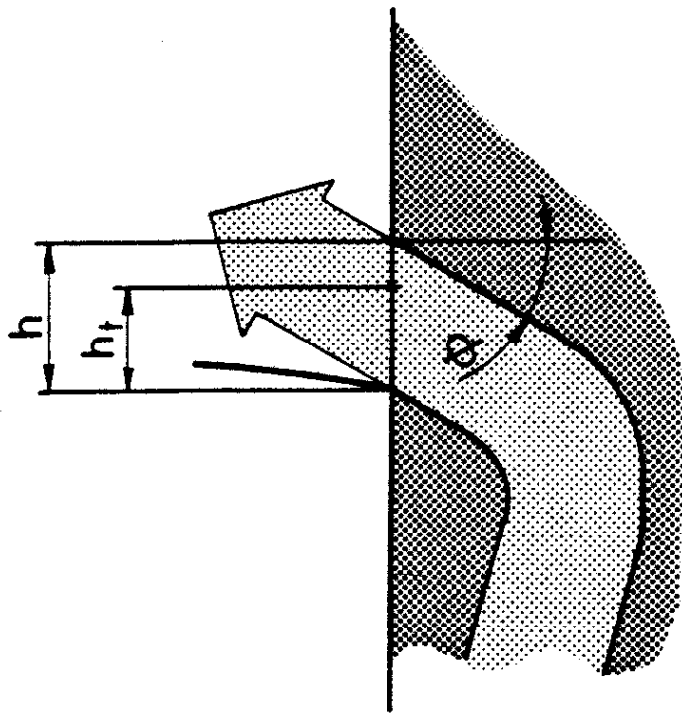
Haluttaessa vertailla erikoisten moottorien aukkojen suuruuksia keskenään, on meidän eliminoitava aika-alaan vaikuttava iskutilavuus. Se tapahtuu jakamalla aika-ala iskutilavuudella, jolloin tuloksena on ominaisaika-ala. Siihen vaikuttaa moottorikoko vain hyvin vähän ja sen avulla voidaankin moottorin luonteesta päätellä hyvin paljon. Pakoaukon OMA-A:n tulisi olla välillä (1,4...1,5) 10^{-5} s/m ja se on alueen ylärajalla pienissä, korkeaviritteisissä moottoreissa, joissa suuri huipputeho on laajaa vääntöaluetta tärkeämpi. Moottorissa, jossa on yksi huuhteluaukko OMA-A:n tulisi olla (0,7...0,9) 10^{-5} moottorissa on useampi

huuhteluaukkoa, tulee OMA-A:aa kasvattaa $0,05 \cdot 10^{-5}$ s/m jokaista aukkoparia kohti, sillä huuhtelun tehokkuus kärsii jaettaessa sama ala useampaan pieneen aukkoon kahden sijasta. Tämä johtuu suuremmasta kanavien seinämäpinta-alasta. Lähellä kanavan seinämää kaasun virtausnopeus laskee ja aivan sen vieressä kaasu pysähtyy. Yhdessä aukossa tätä hitaasti virtaavaa kaasua on suhteellisesti vähemmän, ja kaasun keskinopeus on korkeampi kuin useammassa pienessä aukossa.

HUUHTELUAUKOILLA VAIKUTETAAN MOOTTORIN LUONTEESEEN

Huuhteluaukkojen muotoilussa on pääsääntönä se, että pyrittäessä mahdollisimman laajaan vääntö-alueeseen tulisi niiden aika-alan painottua etummaisiin aukkoihin. Suurimmat arvot löytyvät moottoreista, joissa pyritään laajaan, tasaiseen vääntömomenttikäyrään huipputehon kustannuksella. Varsinkin pienissä motocross-moottoreissa on viime vuosina ollut havaittavissa selvää huuhteluaukkojen OMA-A:n suurenemista.

Hyvin yleinen yhdistelmä 250 cc moottorissa on pako 1,43 ja huuhtelu 0,84 sekä 125 cc moottorissa pako 1,47 ja huuhtelu 0,76. Mäntäohjatun imuaukon OMA-A:n tulisi periaatteessa olla luokkaa $(1,3...1,5) \cdot 10^{-5}$, mutta nykyisin käytännöllisesti katsoen kaikissa moottoreissa on läppäventtiili ohjaamassa imupuolta ja tällöin aukosta tehdään aina suurempi. Tällöin virtausvastukset kanavistoissa pienenevät ja kampikammion täytös paranee. Luistiohjatun imuaukon kokona $1,6 \cdot 10^{-5}$ on sopiva. Arvoon vaikuttaa ajoituksen symmetrisyys, ja niinpä sitä ei pidä mennä noudattamaan järeäpäisesti, jos terve järki sanoo jotakin muuta.



$$t_a = \frac{180^\circ - \alpha}{180^\circ \cdot n}$$

$$A_t = h_t \cdot B \cdot \cos \theta$$

$$A_k = A_t \cdot 2(180^\circ - \alpha)$$

$$A_a = A_t \cdot t_a$$

$$A_{oma} = \frac{A_a}{V_i}$$

A_t = Aukon tehollinen virtausala, mm^2

A_k = Kulma-ala, $^\circ\text{mm}^2$

A_a = Aika-ala, mm^2s

A_{oma} = Ominaisaika-ala, mm s/cm^3

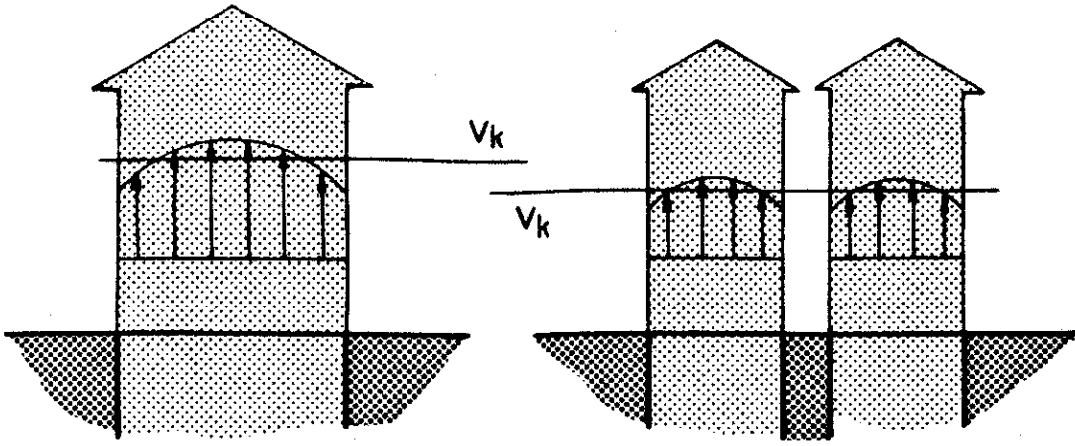
V_i = Iskutilavuus, cm^3

B = Aukon tehollinen leveys, mm

α = YKK-Aukko auki, $^\circ$

n = Kierrosluku, kierr/s

t_a = Aukon aukioloaika, s



Aukkojen ominaisaika-alat.

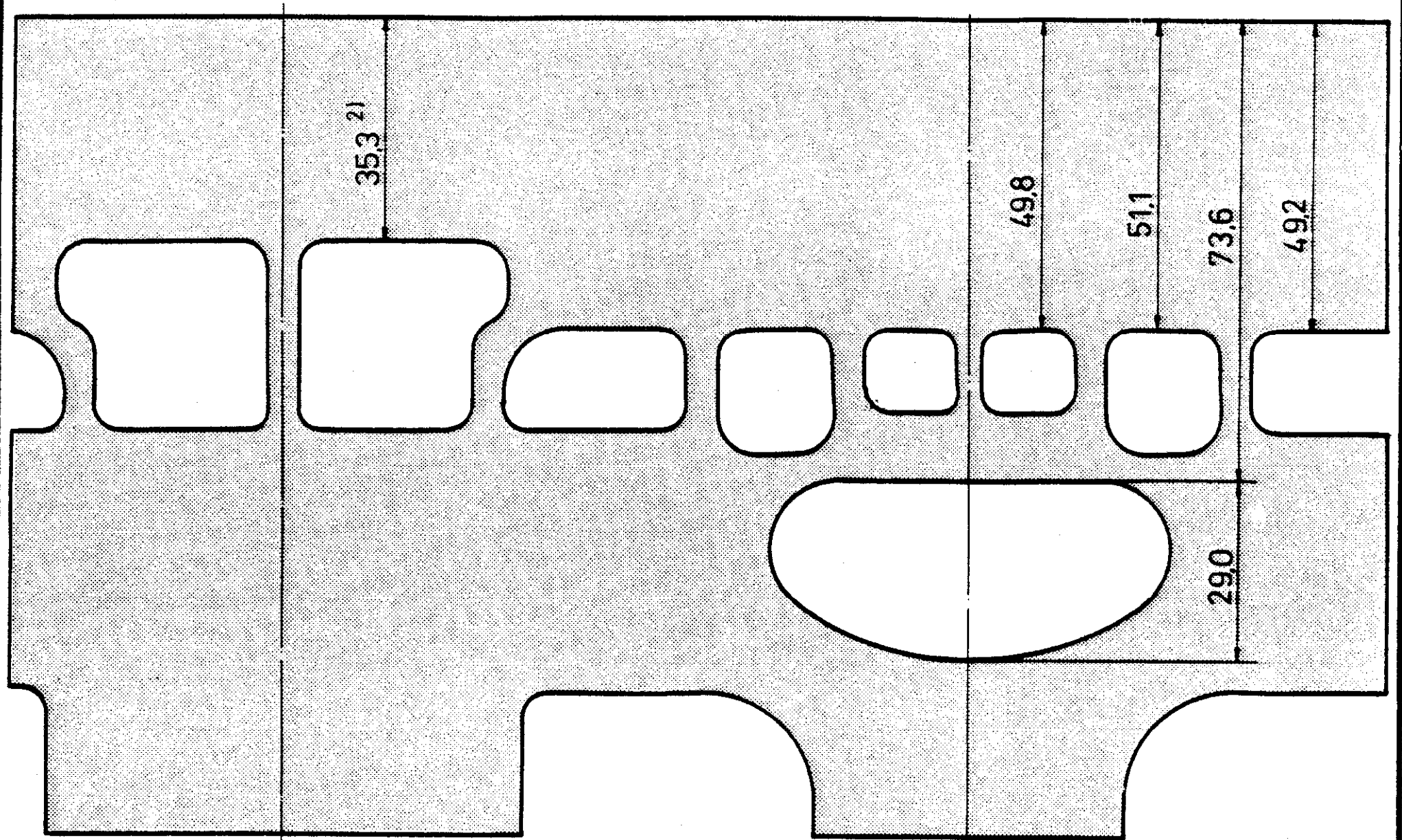
Pakoaukko:		1,40	1,50
Huhteluaukot;	2 kpl	0,90	0,70
	4 kpl	0,95	0,75
	6 kpl	1,00	0,80
Imuaukko:	mäntäohjattu	1,30	1,50
	luistiohjattu	1,55	1,65
	läppäventtiili	1,80	1,80

$\times 10^{-5} \text{ s/m}$

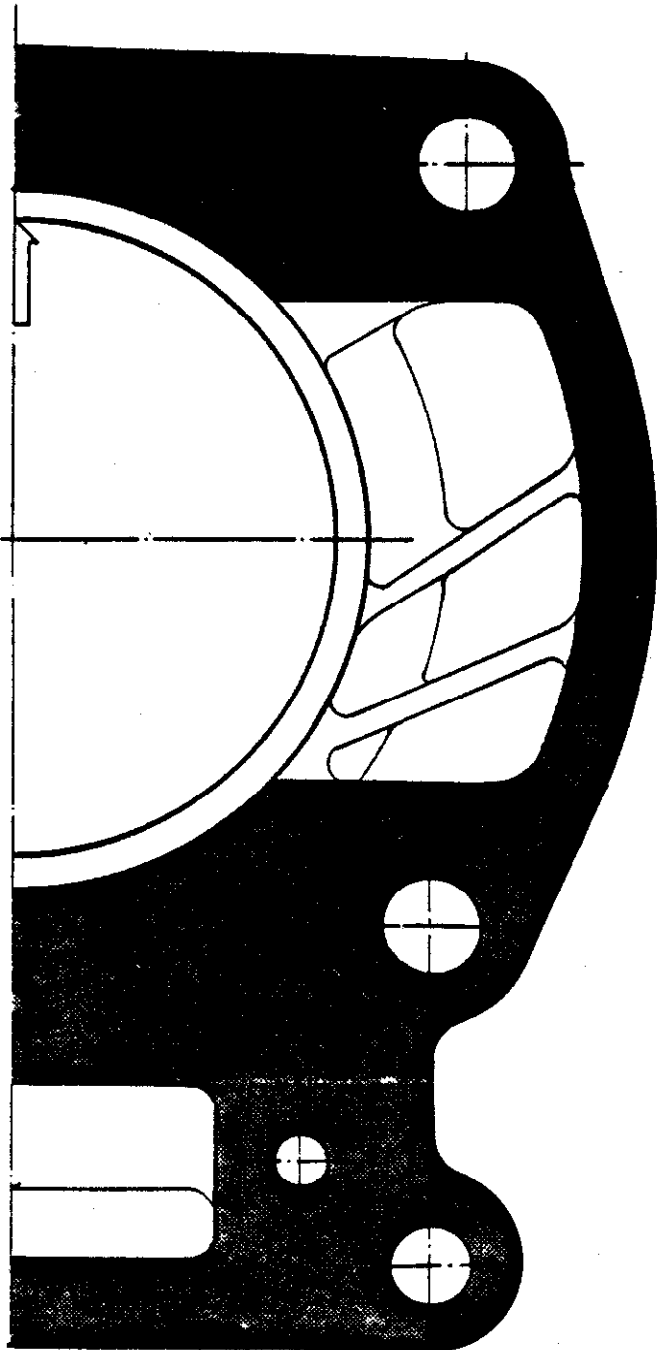
250cc 125cc
 ←—————→
 vääntävä kireä



White Powerin Henkin auto on juuri sellaisen näköinen, kuin se tulisi olla: tilava, valoisa ja hyvässä järjestyksessä. Tuolla olisi ilo tehdä töitä.



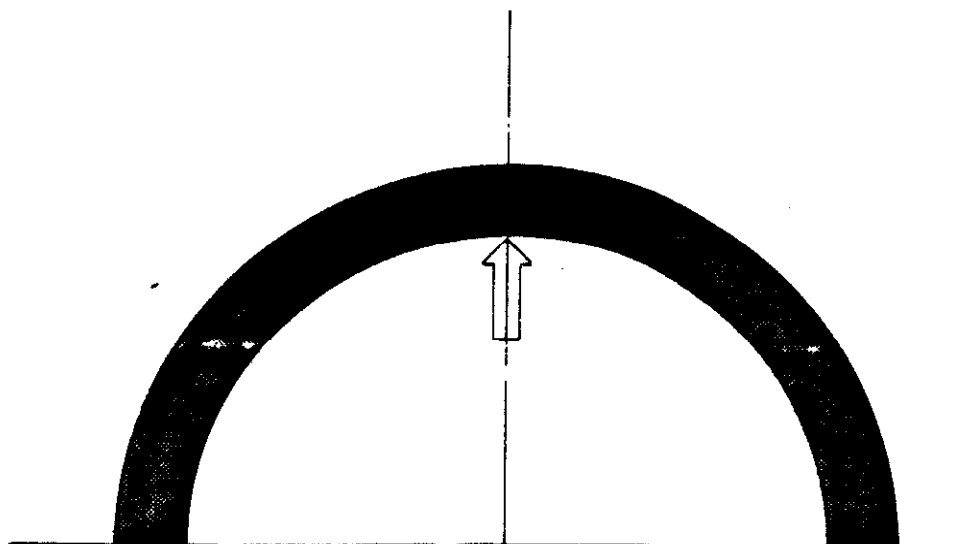
SUZUKI RM250A -76

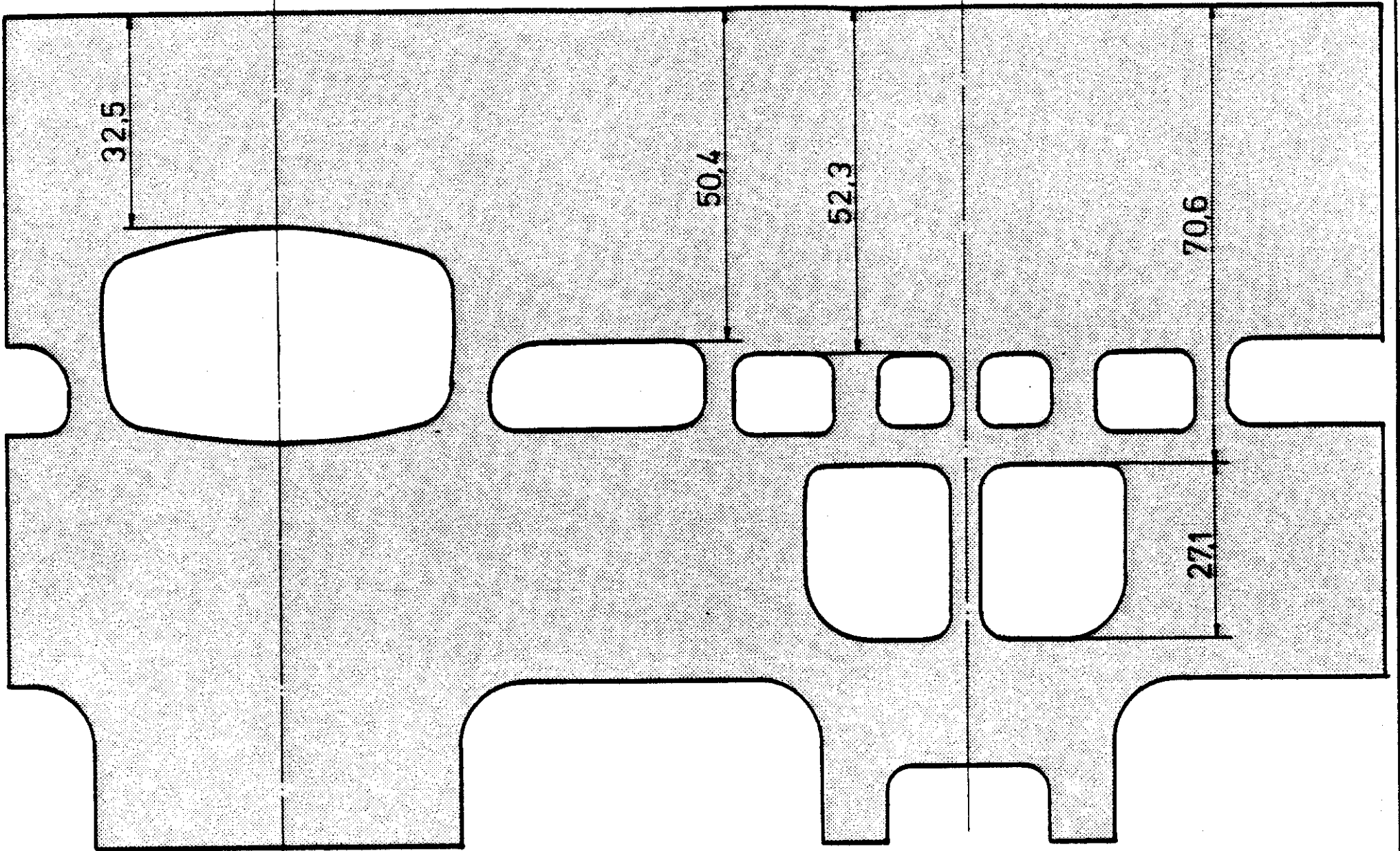


Sylinterin halkaisija x iskunpituus	70x64 mm
Männän pituus	72,4 mm
Männänrenkaat	2 kpl 1,04 mm
Kiertokangen pituus (silmäväli)	130 mm
Männäntapin halkaisija	18 mm
Ominaisaika-alat:	
(8000kierr/min)	
Pakoaukko	$1,46 \cdot 10^{-5} \text{ s/m}$
Huuhteluaukot	$0,89 \cdot 10^{-5} \text{ s/m}$
Imuaukko ¹⁾	$1,12 \cdot 10^{-5} \text{ s/m}$
Painoja:	
Sylinteri	3450 g
Sylinterinkansi	2500 g
	Σ 5950 g

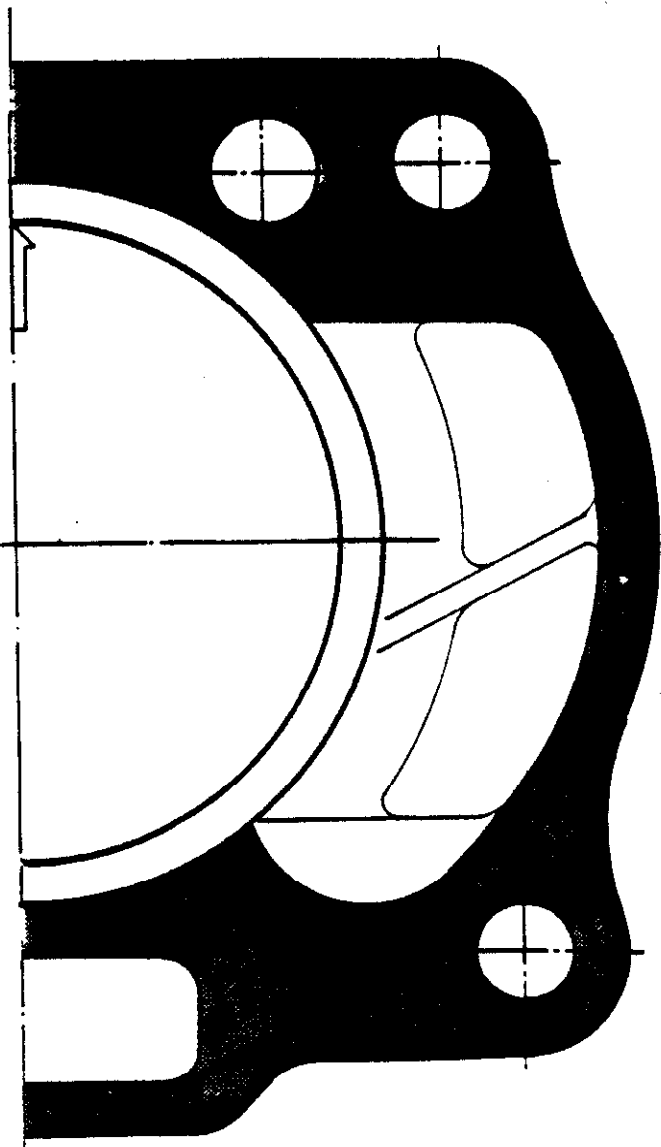
1) Lämpäventtiilin kautta kulkeva seoksenosa menee suoraan kampikammioon.

2) Vähennettävä näistä 0,5 mm. Tiivistepinta - männänpää YKK:ssa.

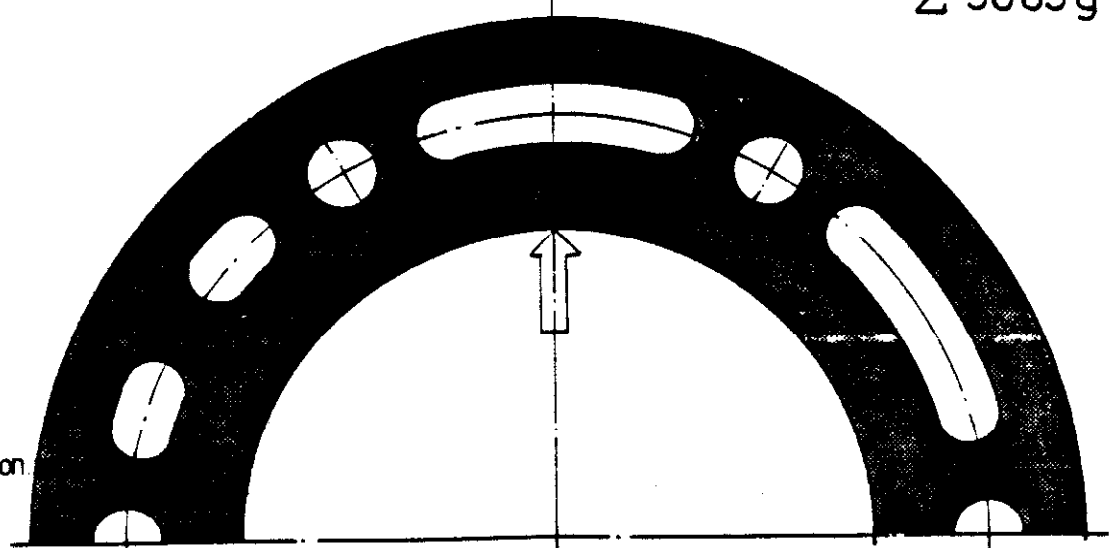




Suzuki RM250Z -82

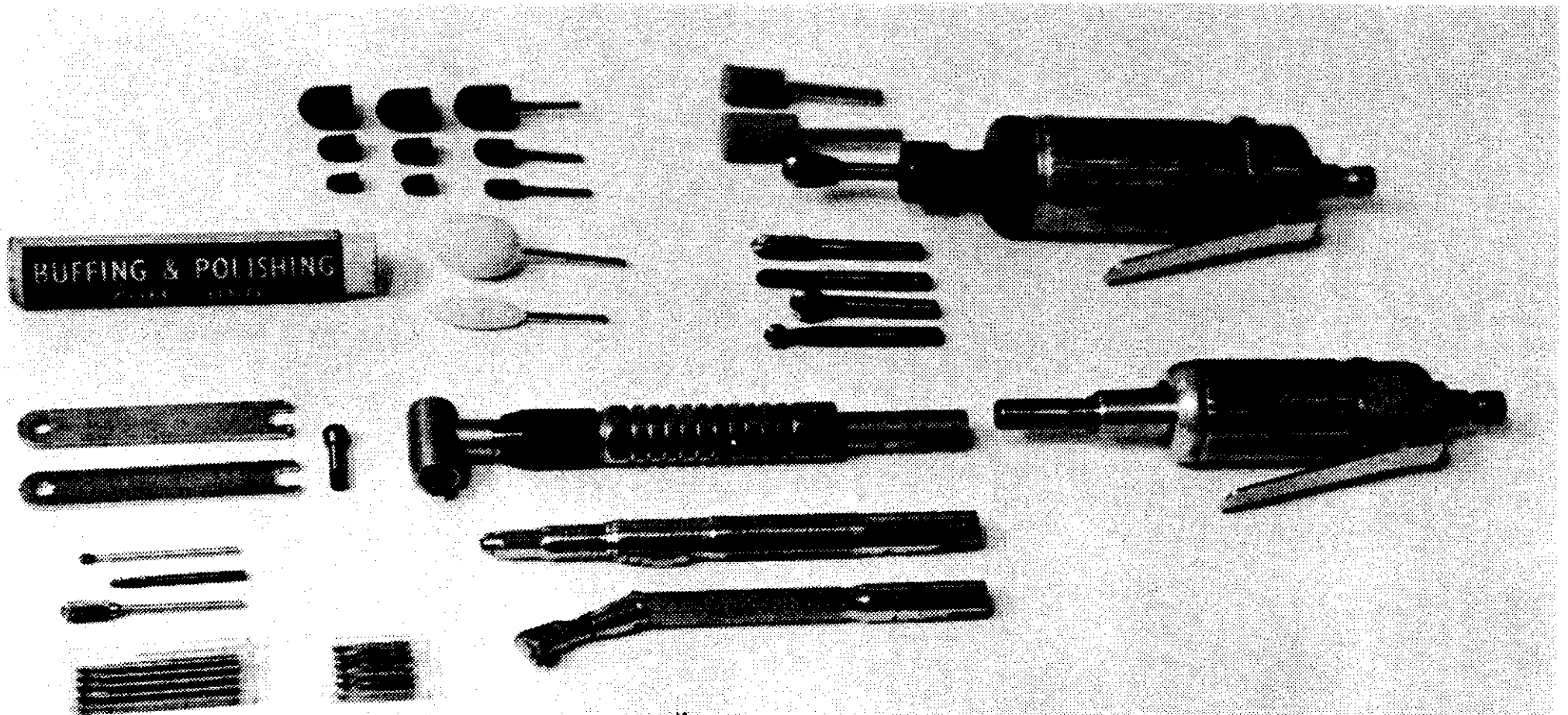


Sylinterin halkaisija x iskunpituus	70x64 mm
Männän pituus	69 mm
Männänrenkas	1kpl 1,2 mm
Kiertokangen pituus (silmäväli)	120 mm
Männäntapin halkaisija	18 mm
Ominais aika-alat: Pakoaukko	$1,47 \cdot 10^{-5} \text{s/m}$
(8250kierr/min) Huuhteluaukot	$0,88 \cdot 10^{-5} \text{s/m}$
Imuaukot ¹⁾	$0,94 \cdot 10^{-5} \text{s/m}$
Painoja:	
Sylinteri	2085 g
Sylinterinkansi	450 g
Jäähdyttimet+neste ²⁾	1950 g
Pumppu+letkut ³⁾	600 g
	Σ 5085 g



1) Lämpäventtiililtä myös suora yhteys kampikammioon.
 2) Nestetilavuus 950cm³.
 3) Arvio.

1 Viritystyö



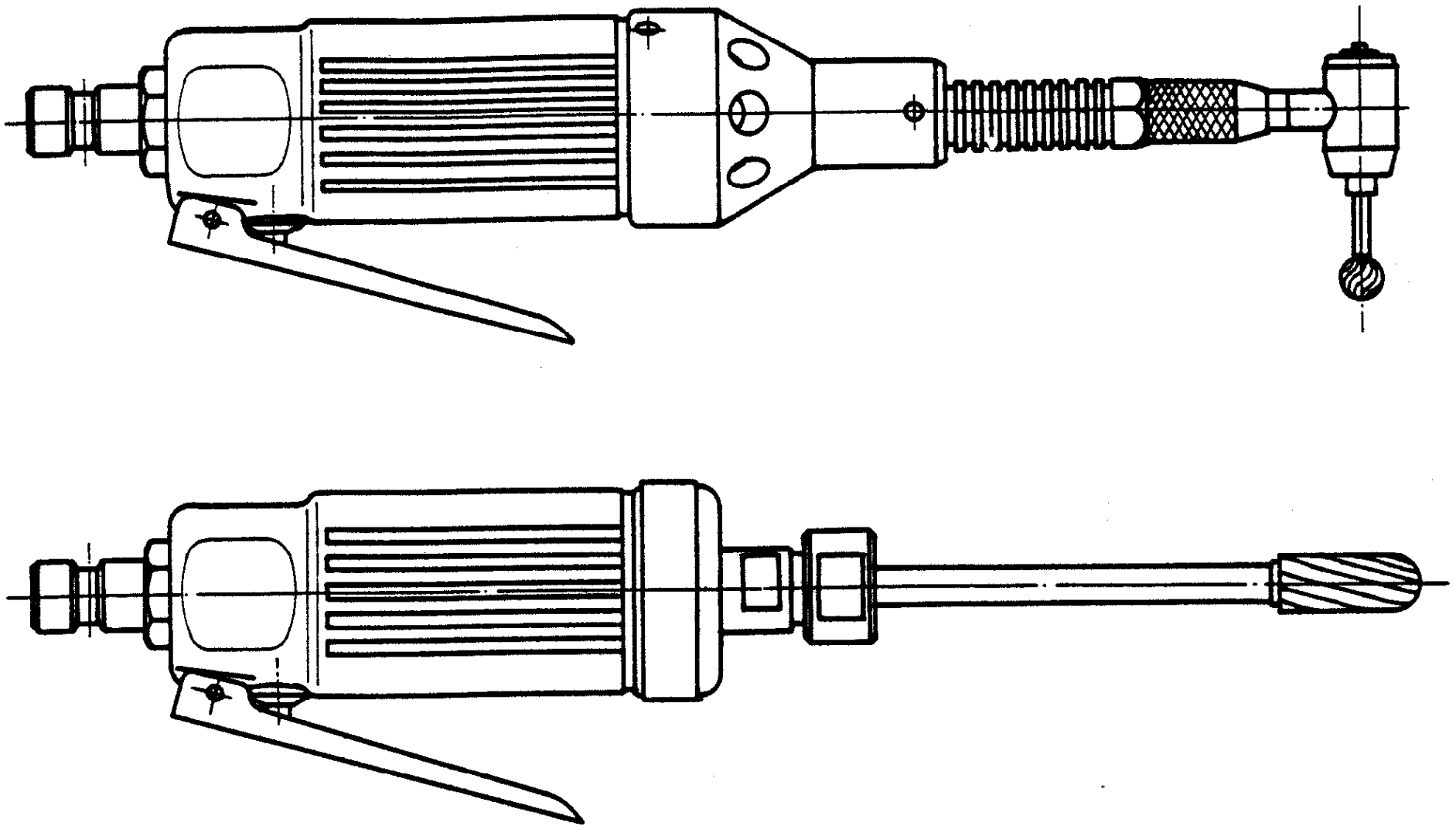
Virityksen perustyökalu on paineilmakäyttöinen suorahiomakone, jonka pyörimisnopeus on 20,000...25 000 kierrosta minuutissa. Useimmilla virittäjillä on jo ennestään paineilmalaitteet, jolloin paineilmakäyttöinen hiomakone on kevytensä, pienen kokonsa ja edullisen hintansa ansiosta sähkökonetta edullisempi vaihtoehto. Koneessa on parasta käyttää kovametalliviiloja, koska pikateräsviilojen on havaittu tylsytävän niin nopeasti, että niiden käyttö alhaisemmasta hankintahinnasta huolimatta tulee ajanmittaan kalliimmaksi. Viila tukkeutuu jokseenkin varmasti, ellei minkäänlaista leikkuunestettä käytetä. Tavallinen moottoriöljy toimii erittäin hyvin leikkuunesteenä, ja sitä tarvitaan vain sen verran, että viila pysyy koko ajan kosteana. Suorahiomakoneella voidaan suurentaa ja muotoilla vain imu- ja pakokanavat sekä huuhtelukanavien alaosat, mutta se ei sovellu huuhtelukanavien yläpään mutkien työstämiseen. Tähän tehtävään on oltava kulmakappaleella varustettu työkalu, ja sen on oltava niin pieni, että se mahtuu terän kanssa sy-

linterin sisään. Tällaisia koneita on erittäin vaikea löytää ja useimmat virittäjät ovatkin hankkineet itselleen hammaslääkärin porakoneen, ja siihen sekä suoria että kulmakäsikappaleita. Käsikappaleiden mekaaninen kestävyys ei kuitenkaan ole kovinkaan hyvä, ja jos aikoo tehdä enemmän alan töitä, onkin viisainta hankkia työkaluviilaajalle tarkoitettu tukevarakenteinen käsikappale. Alan ammattilaiset liittävätkin sen suoraan ilman väliskappaleita paineilmahiomakoneen moottoriin, jolloin työkalusta tulee pienikokoinen, yksinkertainen ja tukeva. Käsikappaleeseen sopii joko 3 tai 2,35 mm varrella oleva terä. Suorassa käsikappaleessa terän varsi on lieriö ja kulmakappaleeseen sopii terä, jonka lyhyen varren päässä on vetolovi. Sekä näihin tukeviin ammattimalleihin että tavalliseen hammaslääkärin poran käsikappaleeseen sopivat täsmälleen samat terät. Tavallinen pikateräspora maksaa tusinan pakkauksessa pari kymppiä tusina ja kovametallinakin vain kymppinä kappale, joten terät eivät ole kovin kalliita. Suorahiomakoneessa käytettävät 6

mm vartiset viilat maksavatkin jo sata markkaa kappale kovametallisena, mutta sellaisella työstäkin jo monta sylinteriä. Kanavien lopullinen viimeistely tehdään hiomalla. Se voi tapahtua joko samaisella käsikappaleella tai erillisellä hiomakoneella. Käsikappaleeseen on saatavana hiomakangastuppeja ja huopalaikkoja, joiden avulla viimeistely suoritetaan. Mikäli rahaa riittää, voi hankkia erikoisvalmistetun nauhahiomakoneen, jolla kanavien seinämistä saa tasaisia ja aaltoilemattomia helposti. Kone maksaa kuitenkin pari tuhatta markkaa ja en usko, että niitä kovinkaan monen hyllystä löytyy.

PAKOKANAVA

Virittäminen on parasta aloittaa sovittamalla pakokanava pakoputken alkukäyrään. Niiden liitoskohdasta on poistettava pykälä, ja jos mahdollista, on seinämien suunnat tehtävä sellaisiksi, että liitoskohta ei muodostu kulmaa. Pakokanava on laajeneva ja pakoputken alkukäyrä taas lähestulkoon lieriö, joten niiden yhtymäkohta on



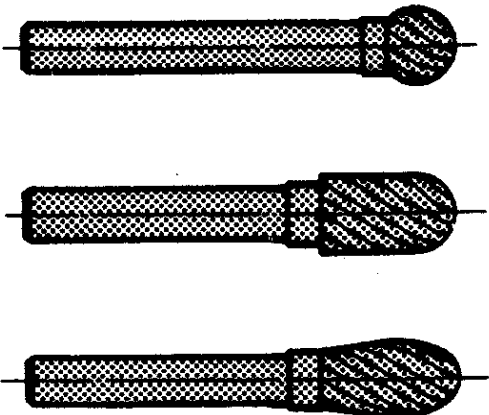
tässäkin suhteessa tehtävä sula-
valinjaiseksi. Muotoilu onnistuu
parhaiten suorahiomakoneella,
johon on asennettu suhteellisen
suurikokoinen päärynänmuotoinen
jyrsin. Suurella jyrsimellä ei voi
toheloidessakaan tehdä teräviä
kuoppia ja tulos on pehmeämuo-
toinen ja siksi virtausten kannalta
hyvä. Pakokanavaa ei hiota tai
kiilloteta vielä tässä vaiheessa
vaan siirrytään imuaukon kimp-
puun.

IMUKANAVA

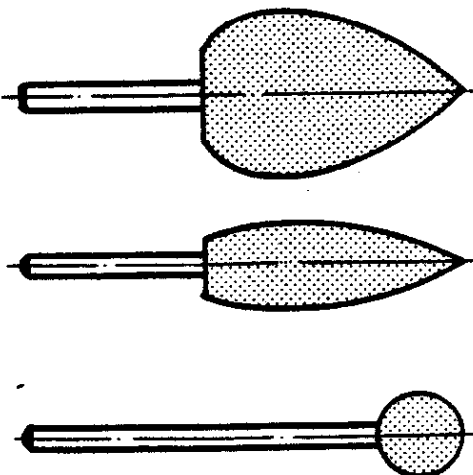
Imukanavassa tilanne on hyvin

samankaltainen kuin pakokanavan-
kin kohdalla. Sen sovittaminen
kaasuttimeen on yhtä tärkeää, ja
työkin voidaan tehdä samoilla
välineillä. Kanava muodostaa usein
loivan kulman kaasuttimen kanssa
ja sulavan muodon aikaansaaminen
voikin tuottaa ongelmia. Koko ajan
on muistettava, että kanavan
poikkipinnan on laajennuttava
tasaisesti kampikammiota kohti
mentäessä ja heittoa ei sallita.
Imuaukon kokoa ei tavallisesti
tarvitse muutta, sillä pienet
muutokset on helpointa tehdä
männän helmaa lyhetämällä. Jos
kuitenkin on kysymys suurista

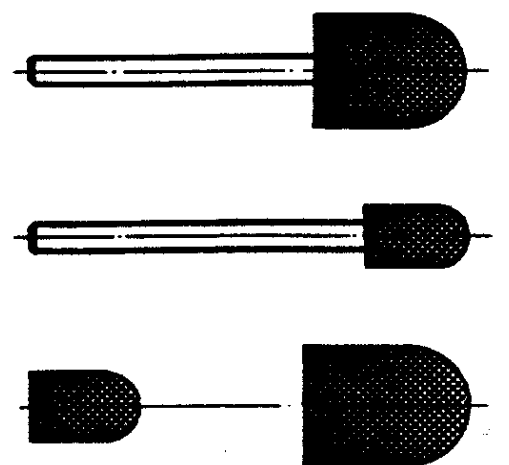
muutoksista, on ensin parasta
tutkia aukeaako imuaukko täysin
männän ollessa yläkääntökohdassa
ja mikäli näin tapahtuu, on pa-
rasta suurentaa imuaukkoa it-
seään. Jos taas männänhelma peit-
tää aukkoa yläkääntökohdassakin,
on helmasta ensin poistettava liika
pituus, ja vasta sen jälkeen ale-
taan korottamaan imuaukkoa.
Imuaukon ja siihen liittyvän imu-
kanavan karkeatyöstön jälkeen
jätetään sekin odottamaan vii-
meistelyvaihetta.



Kovametalliviilat.



Huopakiillottimet.



Hiomakangastupit pitimineen.

HUUHTELUKANAVAT

Viimeisenä ja vaikeimpana ovat huuhtelukanaavat. Ne avarretaan ensin sylinterin alatiivisteiden kohdalta oikeaan kokoonsa ja tämän jälkeen lähdetään eteneämään kanavaa ylöspäin. Koko ajan on oltava tarkkana, ettei huuhtelukanaavan kattoa jursitä, sillä silloin ollaan todella pahassa pulassa. Tämä kattopinta nimittäin ohjaa huuhteluvirtauksen suuntaa, ja jos sen muoto muuttuu ylimääräisten kuoppien vuoksi, voi huuhteluvirtaus häiriintyä siinä määrin, että virityksen vaikutuksesta moottorin teho vain laskee. Kanavat avarretaan siis kattoon asti. Työkaluna on vielä tässäkin vaiheessa suorahiomakone, vain jyrsin on pienempi tällä kertaa. Kun kanavan alkuosa on avarrettu, siirrytään työskentelmään sylinterin sisältä käsin. Tässä vaiheessa tarvitaan kulmakäsikappaletta ja siihen kiinnitettyä pyöreää jyräintä. Nytkin on viisainta käyttää mahdollisimman suurta jyräintä, sillä pinnasta on saatava aaltoilematon ja sehän onnistuu parhaiten suurella työkalulla. Ensimmäisenä avarretaan itse huuhteluaukot oikeaan mittaansa ja vasta tämän jälkeen siirrytään vaikeimpaan kohteeseen, huuhtelukanaavan mutkaan. Mutkassakin on poikkipinnan pysyttävä tasaisena ja mitään laajentumia ei sallita. Kattopinnan on oltava ehdottoman tasainen ja sen on suunnattava seosvirta oikeassa kuimassa sylinteriin. Jälleen kerran on korostettava symmetrisyyden merkitystä. Huuhtelusuuntien on oltava sylinterin molemmilla puolilla täsmälleen samantyyppiset sekä vaaka- että pystysuunnassa.

TURBULENSSI PAHASTA

Jokaisessa vaiheessa on varottava tekemästä aaltomaista pintaa. Pieni karheus ei haittaa, siitä on jopa etua, mutta laajamuotoinen epätasaisuus rikkoo virtauksen. Se aiheuttaa erittäin haitallista turbulenssia ja sitä kautta pienentää kaasun virtausnopeutta. Voimakkaasti turbulentsinen virtaus ei myöskään suuntaudu niin selväräjaisena ja voimakkaana suihkuna ulos huuhteluaukoista kuin lähes pyörteetön virtaus sileästä kanavasta.

VIIMEISTELY VIE AIKAA

Karkean työstön jälkeen aletaan kanavia vähitellen viimeistelemaan. Ensimmäisenä toimenpiteenä on aukkojen nurkkien viimeisteleminen hyvin pienellä jyrsimellä. Kaikkien aukkojen kulmat käydään läpi ja niissä mahdollisesti olevat pykälät poistetaan. Seuraavaa operatiota varten suorahiomakoneeseen ja kulmakäsikappaleeseen kiinnitetään kumipitimet ja niiden päälle hiomakangastupit. Niitä apuna käyttäen kanavien pinnat hiotaan sileiksi. Ensin suurella tupilla pako- ja imukanavat, ja koko ajan tuppia pienentäen edetään yhä pienempiin muotoihin kunnes kaikki pinnat ovat sileäksi hiotut.

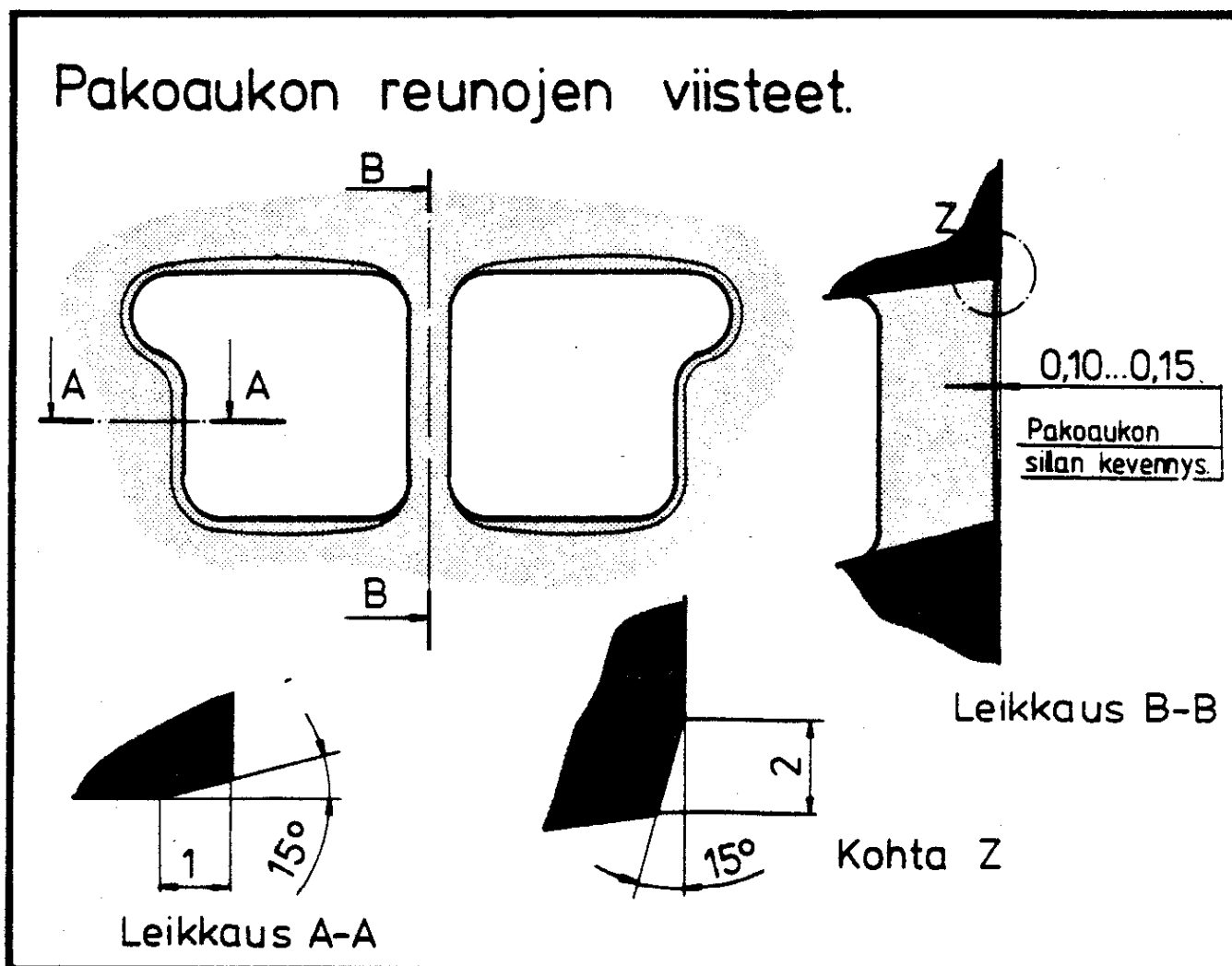
Hiomisen jälkeen käsitellään huuhtelukanaavia. Niistä olisi edullista saada mattapintaiset, ja ammattilaiset viimeistelevätkin ne hiekkapuhaltamalla, ei tietenkään kovin karkeaksi, mutta matakasi kuitenkin. Tällainen pinta auttaa vakauttamaan virtausta, ja vaikka koko kanavan pinnalle muodostuu hyvin pientä pyörteilyä, haittaa se huomattavasti vähemmän, kuin kiillotetussa kanavassa helposti syntyvä laajamittainen turbulenssi. Toinen tapa kanavien viimeisteleminen on hiomatahnan pursottaminen niiden läpi. Tällä tavoin myös mutkan sisäreuna tulee käsitellyksi, hiekkapuhalluksessahan se jää helposti karhentamatta. Tätä menetelmää voi soveltaa myös kotiloissa. Auton venttiilien hiomiseen tarkoitettua tahnaa käyttäen hangataan kanavat mattapintaisiksi.

Viimeisenä ovat jäljellä pako- ja

imukanavat, joiden pinta on parasta kiillottaa. Pakokanavassa kiillotus on erityisen tärkeää, sillä niin varmistetaan, että karsta ei tartu sen pintoihin. Työ tehdään huopakiillottimia ja kiilotustahnaa apunakäyttäen. Se suoritetaan aivan kuten hiontakin, ensin isolla työkalulla ja sen jälkeen kiilloitinta koko ajan pienentäen kunnes kaikki pinnat kiiltävät. Lopuksi ylimääräinen tahna poistetaan liuotinpesuaineella.

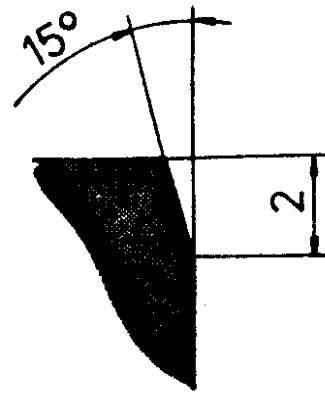
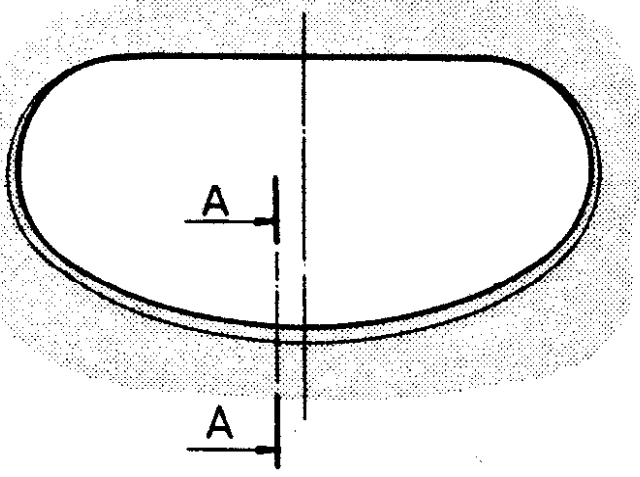
REUNOJEN VIISTÄMINEN

Männänrenkaiden kestävyyttä voidaan lisätä huomattavasti, jos aukkojen reunoihin tehdään viisteet. Tämä perustuu siihen, että rengas pullistuu leveän aukon kohdalla ulos urastaan ja aukon yläreunan tullessa vastaan se iskeytyy voimakkaasti reunaa vastaan, mikäli viisteitä ei ole tehty. Sen sijaan, jos aukon yläreunassa on viiste, rengas painuu sen ohjaamana pehmeästi takaisin uraansa ja ymmärrettävistä syistä se kestää huomattavasti paremmin. Koska huuhteluaukot ovat pieniä, ei niihin myöskään tarvitse tehdä suuria viisteitä. Niissä viisteiden leveydeksi riittääkin 1,0 mm. Tilanne on toinen pakoaukossa, jonka leveys on moninkertainen huuhteluaukkoihin verattuna. Siihen tehtävän viisteiden tulee olla 2,0 mm leveä ja se on tehtävä erittäin huolellisesti, sillä männänrenkaiden kestävyys riippuu hyvin suurelta osin sen valmistustarkkuudesta. Jos viiste on toiselta reunalta leveämpi, saattaa männänrenkas pyrkiä kiertymään uraansa ja painaa voimakkaasti lukitustappiaan vasten ja tarpeeksi



Imuaukon viisteet.

85

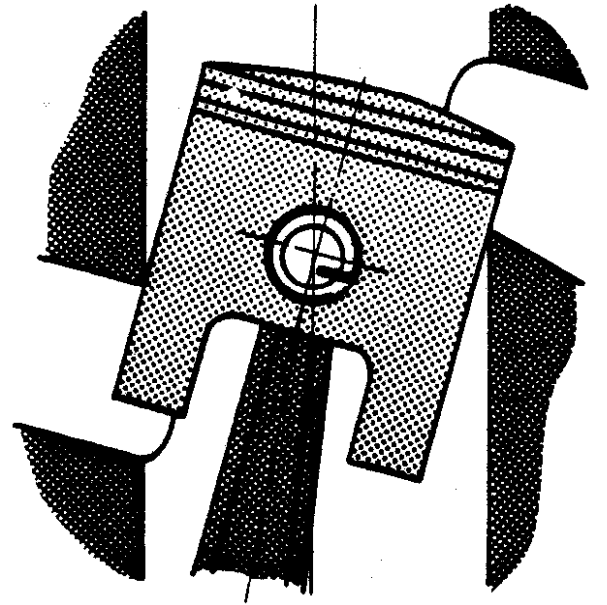


Leikkaus A-A

kauan tätä tehtyään saattaa irroittaa tapin tai tehdä muuta vahinkoa.

PAKOAUKON SILLAN KEVENNÄMINEN

Jos pakoaukko on kaksiosainen, on aukkojen välinen silta aina kevennettävä. Sen kohdalta hiotaan sylinteripinnasta pois 0,08...0,12 mm. Tämä sen vuoksi, että sillan molemmilta puolilta virtaava



Näinkin saattaa käydä.

pakokaasu kuumentaa siltaa ja se pullistuu lämpölaajenemisen vaikutuksesta sylinterin sisään päin. Ellei sitä kevennettäisi, leikkaisi mäntä melko varmasti kiinni sen kohdalta. Tämä silta saattaa joskus olla melkoinen kiusankappale, sillä sen kohdalta tahtovat männänrenkaat jumittua kiinni uraansa, jos kevennys ei ole onnistunut.

Imuaukon reunoja ei viistetä muualta kuin alareunasta. Siellähän ei ole männänrenkaita katkeamassa, viiste on vain ohjaamassa männänhelmaa ohi aukon reunan.

REUNOJEN PYÖRISTYKSET

Pakoaukon reunoihin olisi edullista muotoilla pyöristykset, sillä siten sen virtausominaisuuksia saataisiin merkittävästi parannettua. Aukon alareunaan pyöristystä ei tietenkään kannata tehdä, sillä männänpään pysähtyy sen tasalle ja siksi alhaaltapäin ei pakokaasua pääse virtaamaan pakoaukkoon. Aukon terävä reuna aiheuttaa pyörteen pakokaasuvirtaukseen, ja siten pakokanavan tehollinen poikkipinta pienenee. Kun reunat pyöristetään, ei virtaus enään irtoa kanavan seinämästä, vaan pysyy kiinni siinä ja kanava tulee käytettyä tehokkaasti hyväksi.



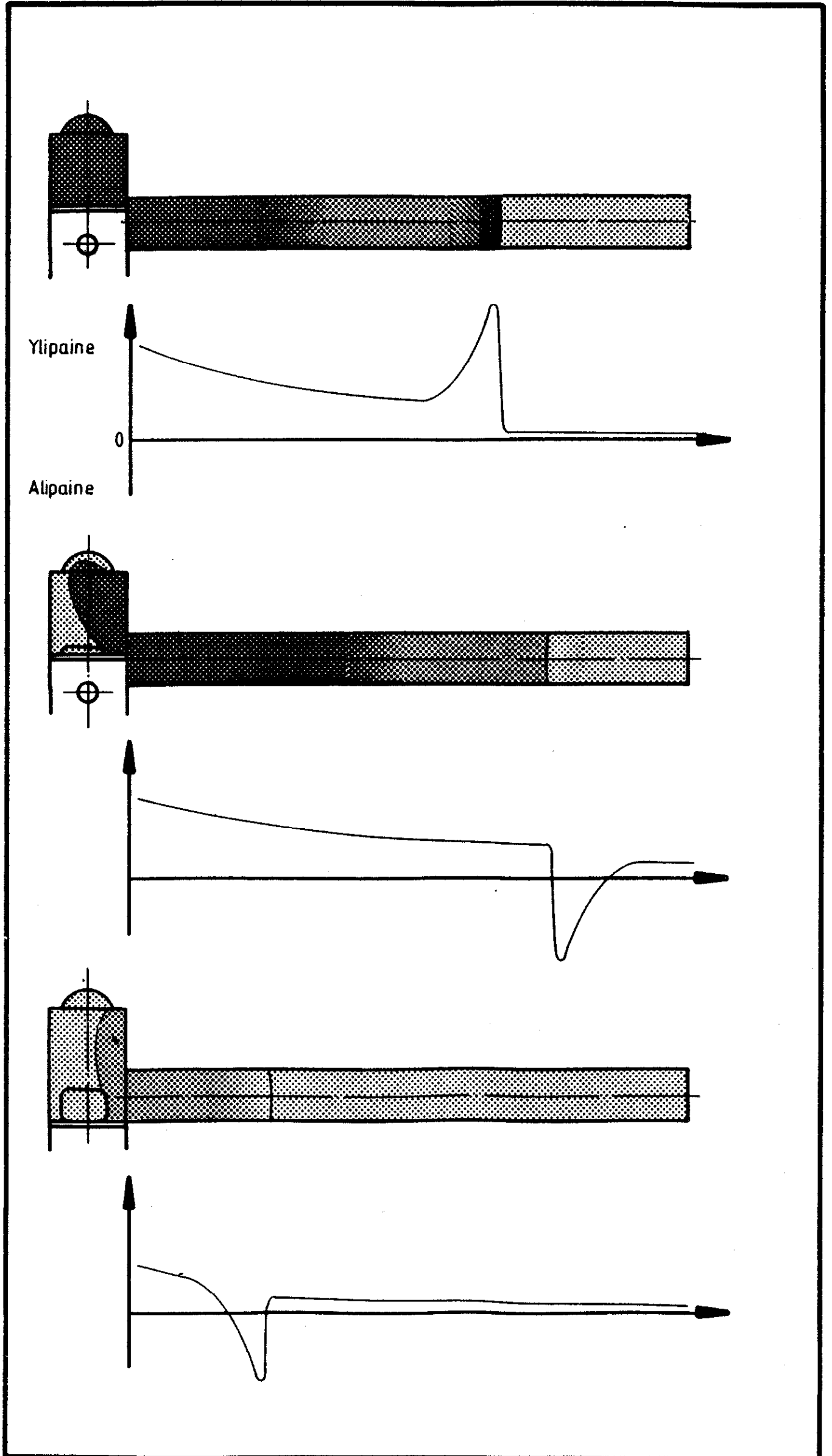
2 Pakoputki

TIETOA, TAITOA JA HARKINTAA

Pakoputkityyppi on yksi kaikkein voimakkaimmista moottorin luonteeseen ja suorituskykyyn vaikuttavista tekijöistä. Sen avulla voidaan vaikuttaa alakierrosten sitkeyteen, huipputehoon, tehoalueen laajuuteen ja vieläpä moottorin kierrosherkkyyteenkin. Voidaan ajatella moottorilla olevan tietyn perustehokäyrän, jonka eri ominaisuuksia voidaan korottaa kuhunkin tarkoitukseen erikseen tehdyllä putkella. Pakoputkella voidaan lisätä kierroslukualueen ylpäähän pari tuhatta kierrosta lisää, tai tehdä keskikierroksille kohta, jossa moottori vetää kuin veturi. Sen avulla saadaan vääntökäyrästä tasainen tai käyrästä voidaan tehdä jyrkkä kuhmu huipputehon kohdalle. Vaikutusmahdollisuudet ovat suuret, mutta haluttujen ominaisuuksien saaminen ei käytännössä ole aivan helppoa, sillä pakoputken teko on ala, jossa kokemus merkitsee paljon ja pelkkiä laskukaavoja seuramalla ei tuloksiin aina päästä. Putken valmistuksessa on paljon asioita, joita on vaikea toiselle selittää. Todellinen taitaja onkin kuin taiteilija, jonka jokainen työ on yksilöllinen ja johon hän panee jotakin itsestään. Hyvää putkea ei tehdä urakalla, sen valmistaminen vaatii malttia ja rauhallista harkintaa, sillä lopullinen teho on usein hyvin suuressa määrin kiinni putken sisäpinnan viimeistelystä ja korkean mittatarkkuuden ja sulavan muodon saavuttaminen vaatii tarkkuutta ja huolellisuutta kaikissa työvaiheissa.

ISKUAALTO SUORASSA PUTKESSA

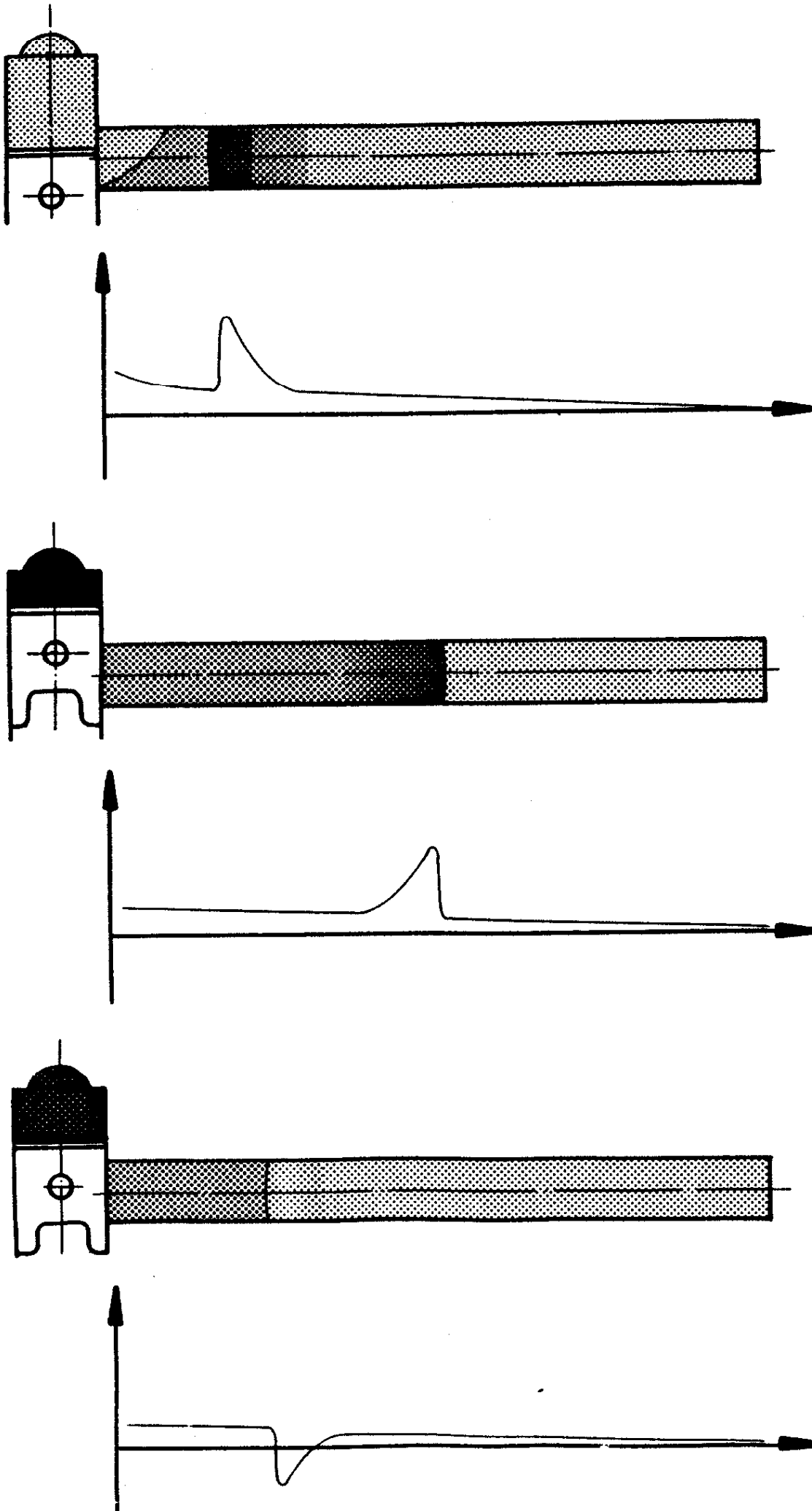
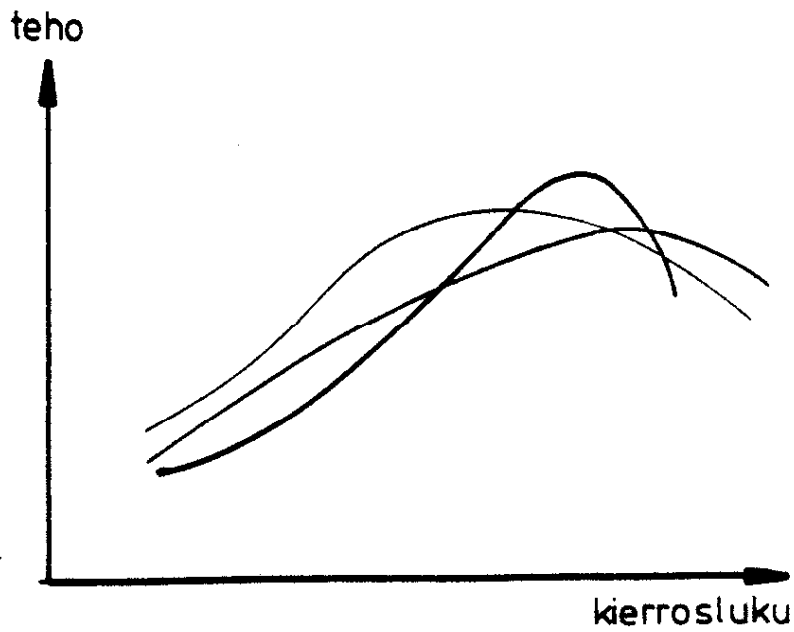
Vuosisadan alun valmistajista ainakin Scott on tutkinut erilaisten pakoputkien vaikutusta kilpamoottoriensa tehoon. Tuolloin käytettiin suoraa putkea, jossa ei ollut minikäänlaisia laajennuksia eikä supistuksia, ja ainoa tapa vaikuttaa putken ominaisuuksiin oli joko



Erilainen pakoputki - erilainen tehokäyrä.

- 125cc
- 250cc
- 500cc

Käyrät eivät ole samassa mittakaavassa.



muuttaa sen halkaisijaa tai pituutta. Scottilla havaittiin putken pituuden vaikuttavan suurimman tehon kierros-lukuun, ja he pystyivätkin lisäämään kilpamoottoriensa tehoa valmistamalla niihin sopivan mittaiset putket. Pakoputken toiminnan todettiin perustuvan sen sisälle syntyvään värähtelyyn, joka saa alkunsa pakoaukon avautuessa syntyvästä paineiskusta. Sylinterissä oleva korkeapaineinen pakokaasu alkaa purkautua pakoputkeen ja samanaikaisesti muodostuu iskuaalto, eräänlainen paineaalto, joka lähtee etenemään pakoputkea pitkin äänen nopeudella. Saavuttaessaan putken avoimen loppupään muuttuu tämä ylipaineinen tiivistysaalloksi alipaineiseksi harvennusaalloksi, joka lähtee etenemään takaisin kohti pakoaukkoa. Edetessään se tavallaan imee pakokaasua ulospäin sylinteristä helpottaen huuhtelutapahtumaa laskemalla sylinterin painetta. Saavuttaessaan sylinterin puolipään, se ei muutukaan takaisin tiivistysaalloksi, vaan lähteekin etenemään harvennusaallona kohti putken loppupäätä. Iskuaallon on todettu vaihtavan merkkiään, toisin sanoen muuttuvan harvennusaallosta tiivistysaalloksi tai päinvastoin, putken avoimessa päässä ja merkin pysyvän ennallaan aallon heijastuessa umpinaisesta päästä. Harvennusaallon edetessä on huuhtelu päässyt sylinterissä käyntiin ja kun aalto on saavuttanut putken loppupään, alkavat huuhteluaukot sulkeutumaan. Samanaikaisesti takaisin tiivistysaalloksi muuttunut iskuaalto etenee kohti sylinteriä, työntäen pakoputkeen karannutta seosta takaisin sylinteriin. Juuri, kun aalto on saavuttanut putken alkupään sulkeutuu pakoaukko, ja sylinterissä on hieman tavallisella putkella saavutettavaa korkeampi paine puristusvaiheen alussa. Iskuaalto lähtee tekemään jälleen kerran mutkan putken loppupäässä ja sen sieltä palatessa avautuu pakoaukko ja syntynyt harvennusaalto auttaa pakokaasujen purkamista ulos sylinteristä.

Kuten huomasimme, tekee iskuaalto kolme edestakaista matkaa pakoputken läpi yhden työkierron aikana, ja tunnetusti aallon energiasta vain osa säilyy sen heijastuessa putken avoimesta päästä, joten iskuaalto on jo miltei sammunut sen saapuessa viimeiseltä

matkaltaan ennen uutta työkiertoa.

MEGAFONI TEHOSTAA HUUHTELUA

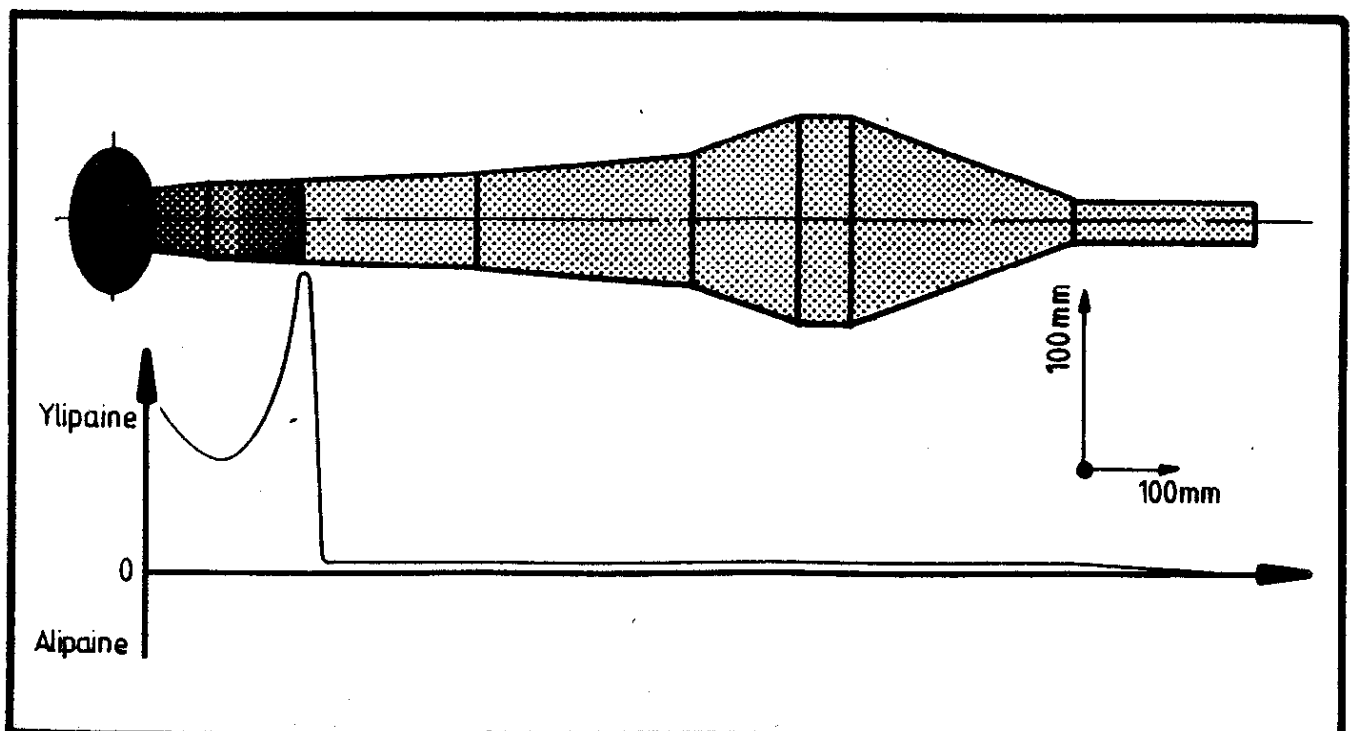
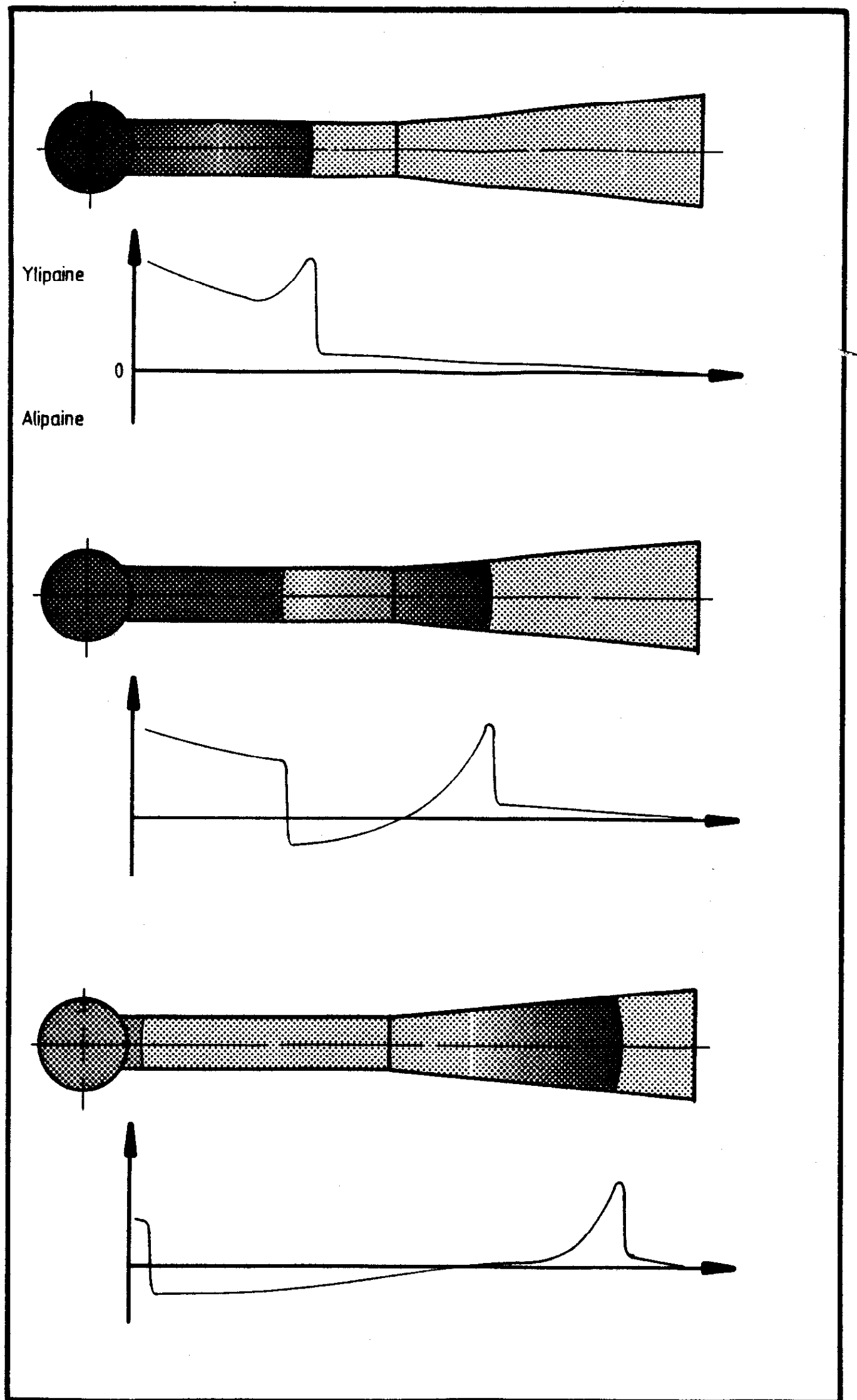
Kun tutkittiin, miten aallon energiasta saataisiin suurempi osa käytettyä hyväksi, keksittiin Greevesillä laittaa putken päähän loiva kartio-osa ja huomattiin sen olevan erittäin tehokas tiivistysaallon harvennusaalloksi muuttaja. Sen avulla pystyttiin pakokaasu imeämään ulos sylinteristä ja saatiin huuhtelu käyntiin paljon entistä tehokkaammin, mutta ongelmaksi tulikin sen liian tehokas toiminta, sillä sen taipumus on vetää tuoretta seosta ulos sylinteristä ja megafoni ei pysty palauttamaan sitä takaisin sylinteriin. Moottori päästi huomattavan osan polttoaineesta lävitseen polttamatta sitä ja sen polttoaineen kulutus nousi jyrkästi, mutta teho parani vain hyvin vähän.

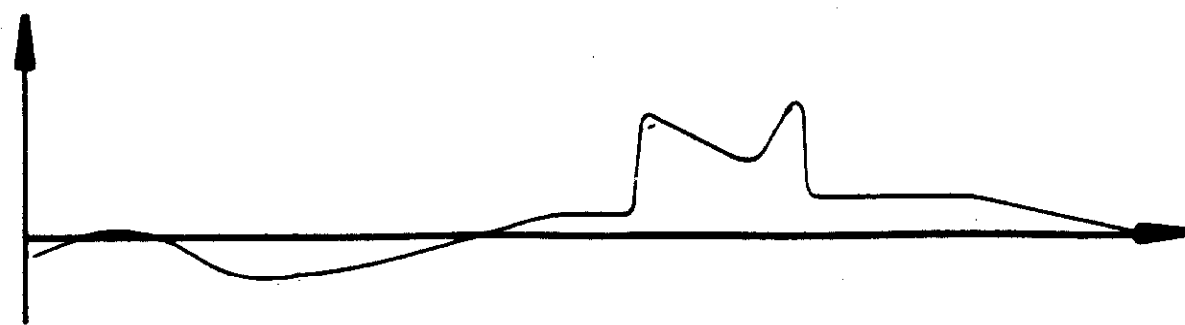
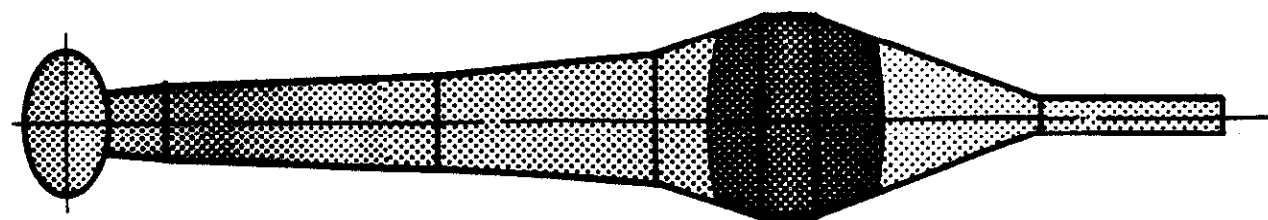
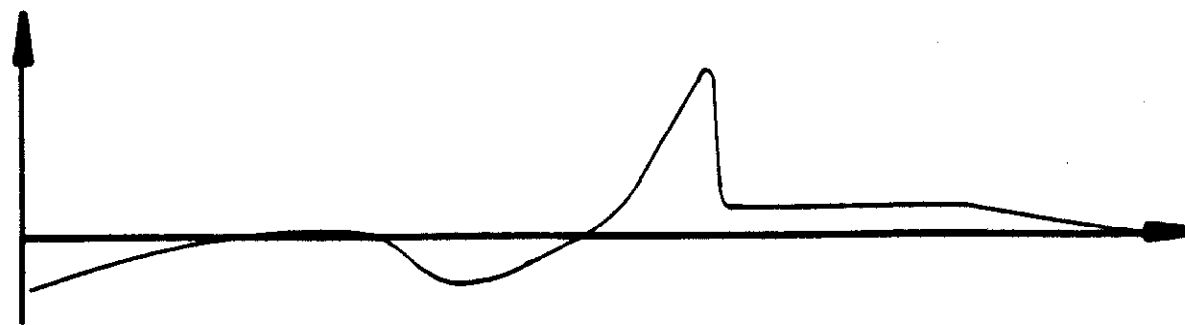
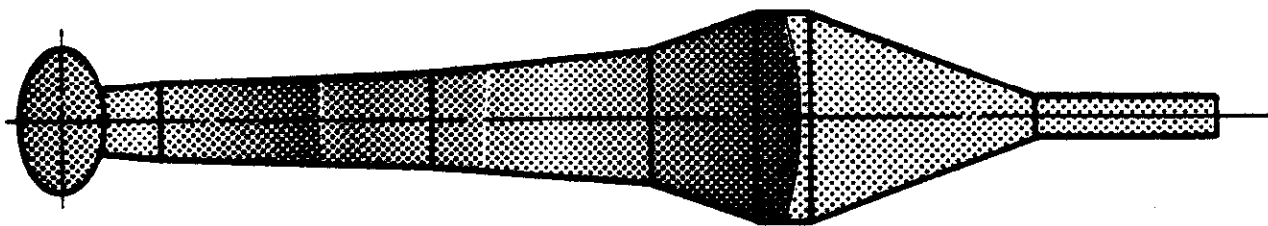
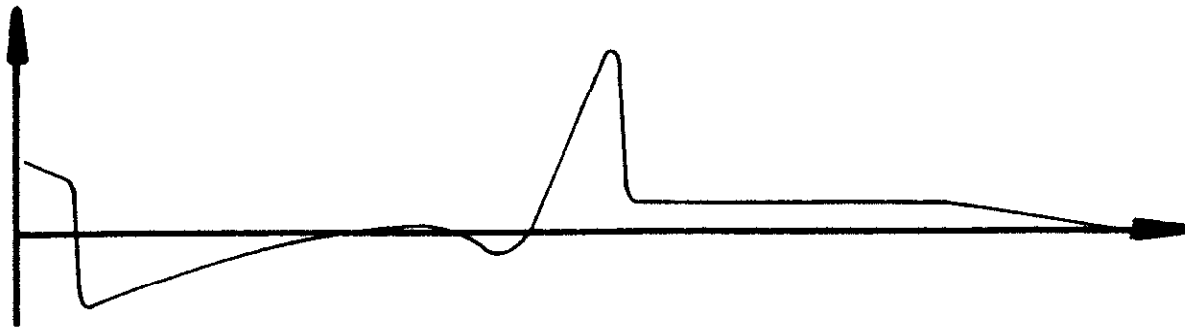
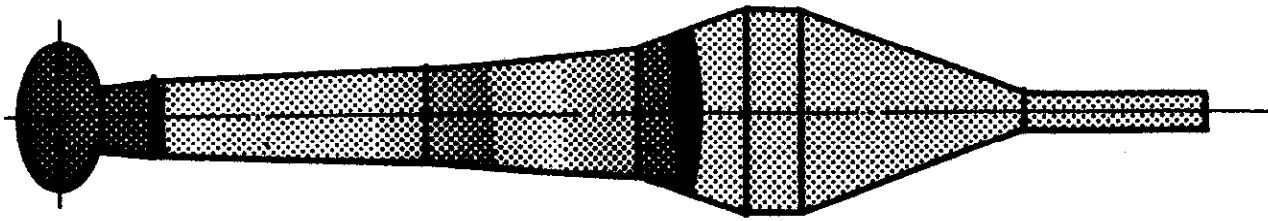
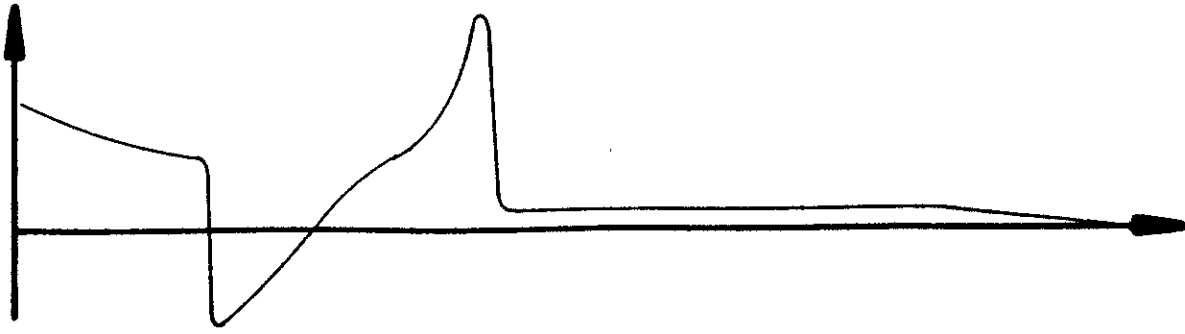
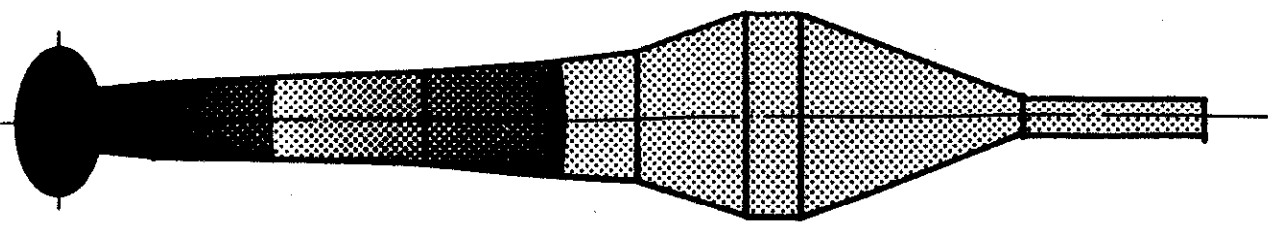
VASTAKARTIO AHTAA MOOTTORIA

Myöhemmin MZ:n TT-kilpamoottoreita viritellessään tehtaan kilpailuosastolla pääinsinööri Walter Kaaden keksi kokeilla supistavaa kartiota megafonin jatkeena ja kuten tiedätte, tuloksena oli putki, joka toimi paljon megafonia paremmin. Se kykeni työntämään megafoniosan pakoputkeen imevän tuoreen seoksen takaisin sylinteriin ja seurauksena oli parantunut polttoainetalous sekä huomattavasti korkeampi huipputeho.

PAKOPUTKEN TOIMINTA

Tehoputken pääpiirteittäinen toiminta on sylinterin huuhtelun kannalta hyvin samanlainen kuin vuosisadan alun suorien putkienkin, mutta nykyaikainen paisuntakammio on huomattavasti tehokkaampi ja rakenteeltaan aivan toisenlainen kuin varhaiset sukulaisensa. Sen toiminta alkaa aivan samoin kuin suoran putkenkin, siitä kun pakoaukko aukeaa ja syntyy pakoputken alkukäyrää pitkin etenevään lähtevä tiivistysaalto. Sen annetaan edetä lieriömäisessä alkukäyrässä, kunnes sylinterin paine on laskenut lähelle ulkoilman painetta. Tällöin pakokaasun ulosvirtausnopeus sylinteristä hidastuu ja olisi edullista kehittää pako-





putkeen alipaine imemään loput pakokaasuista ulos sylinteristä. Tämä saadaan aikaan johtamalla tiivistysaalto laajenevaan diffuuseriosaan, joka lähettää harvennusaallon etenemään pakoaukkoa kohti. Diffuuseri tehdään niin pitkäksi, että sen lähettämä harvennusaalto loppuu, kun alakulokohta on juuri ohitettu ja mäntä on nousemassa ylöspäin. Tällöin se on ehtinyt auttaa ei ainostaan pakokaasujen poistumista ulos sylinteristä, vaan myös tuoreen seoksen tuloa kampikammiosta huuhtelukanaavien kautta ylös palotilaan. Seuraavana on vuorossa lieriöosa, jonka aikana sylinterin kaasuvirtaukset hidastuvat ja huuhtelukanaavat sulkeutuvat. Tuoretta seosta virtaa kuitenkin pakoputkeen koko ajan. Tämä virtaus käännetään takaisin sylinteriä kohti vastakartion heijastaman tiivistysaallon avulla ja pakoaukon sulkeutuessa sylinterissä on ulkoilman painetta korkeampi paine, jolloin seurauksena on huomattava tehon nousu verrattuna muihin pakoputkiratkaisuihin. Pakoputken viimeisenä osana on peräpilli, jonka tehtävänä on ylläpitää sopivaa painetta pakoputken sisällä ja sen toiminta on lähinnä pelkkänä kuristuskohtana olemista, painealtoihiin sillä ei ole juurikaan vaikutusta.

ALKUKÄYRÄ

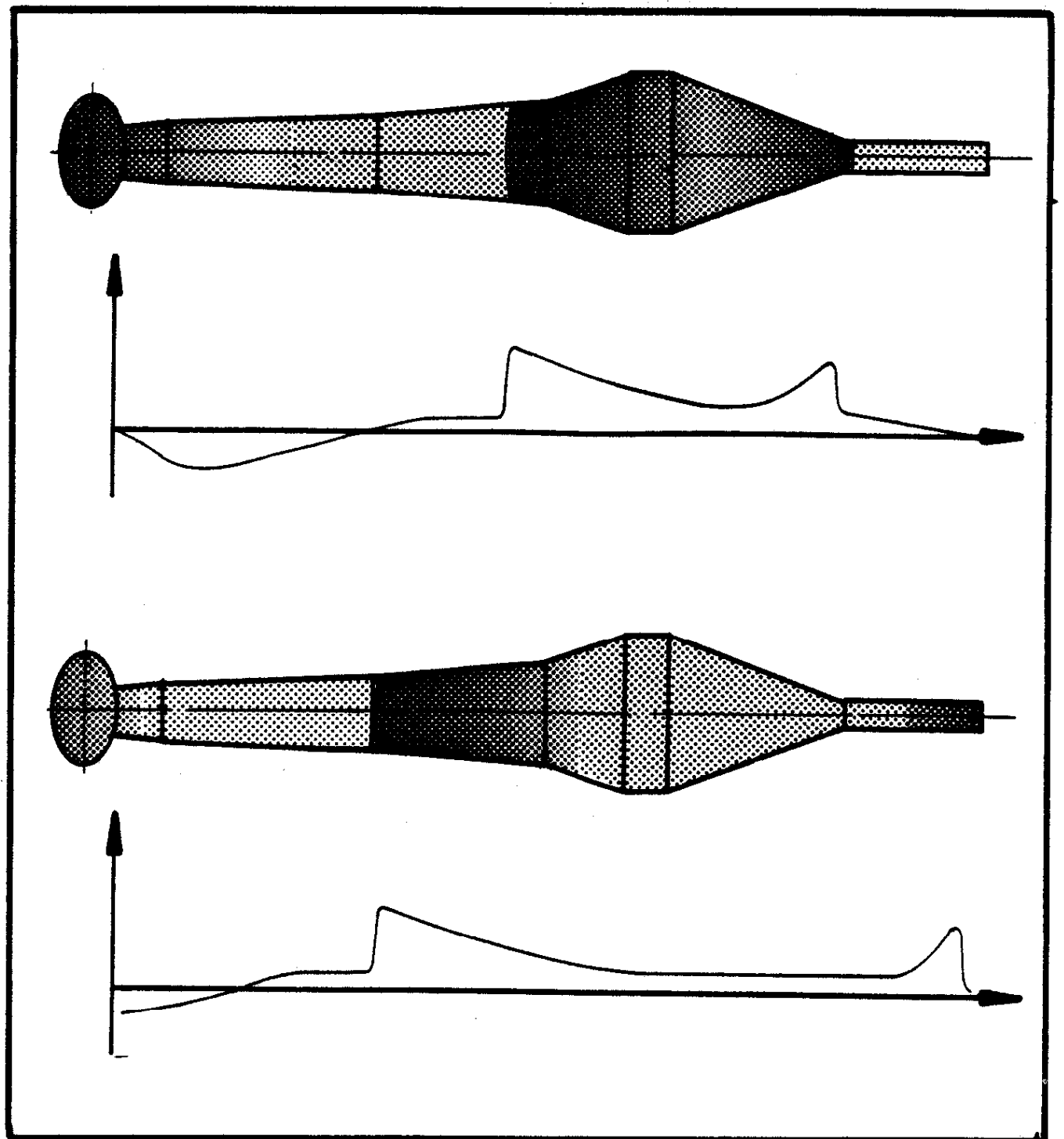
Alkukäyrän tehtävänä on siirtää tiivistysaalto diffuseeriin mahdollisimman voimakkaana. Tämän saavuttamiseksi se on tehtävä mahdollisimman saumattomasti pakokanavaan ja diffuseeriin liitettäväksi, sillä missään vaiheessa ei saa olla jyrkkiä poikkipinta-alan muutoksia. Nämä muutokset vaikuttavat erittäin haitallisesti iskuaaltoon ja ehkä vieläkin pahemmin ne rikkovat pakokaasuvirtauksen putkessa. Seurauksena on pakokaasun pyörteilyä ja sen kautta kasvaneita virtausvastuksia pakokaasuvirtaukselle. Vielä kymmenen vuotta sitten oli alkukäyrä lieriö, mutta nykyisin se tehdään poikkeuksetta 1...3 asteen kartioksi, jolloin virtausvastus on minimissään ja se toimii lisäksi diffuseerin tavoin imien pakokaasuja ulos sylinteristä. Valmistusteknillisesti kartiomainen alkukäyrä on hankalampi kuin lieriö, varsinkin yksittäistuotannossa, mutta sen mukaantuoma etu on

sitä luokkaa, että kehitys on johtanut sen yksinomaiseen käyttöön.

DIFFUSEERI

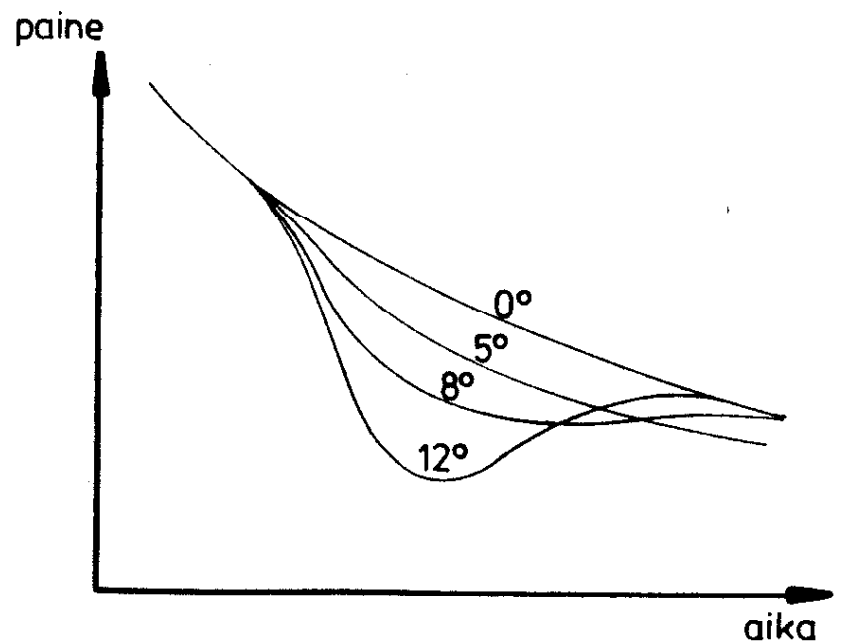
Diffuseerin kartiokkuudella on ratkaiseva merkitys moottorista saatavaan tehoon ja tehoalueen laajuuteen. Yleensä pyrittäessä korkeaan huipputehoon, tehoalue pyrkii kaventamaan tehokäyrän ollessa vain terävä piikki huipputehon kohdalla ja moottorin voimavarojen tehokas käyttö vaatii jatkuvaa vaihtamista ollen erittäin raskasta kuljettajalle.

Diffuseerin läpi kulkiessaan tiivistysaalto lähettää taakseen harvennusaallon, jonka voimakkuus ja kestoaika on riippuvainen diffuseerin kartiokkuudesta. Liian loivassa kartiossa syntyvä harvennusaalto ei ime tarpeeksi tehokkaasti pakokaasuja ulos sylinteristä ja huuhtelun tehokkuus kärsii. Toisaalta jos kartiokkuus on liian suuri, on seurauksena voimakas, mutta lyhytaikainen imuvaikutus ja hyvin alkanut pakokaasujen poistuminen sylinteristä tyrehtyy liian aikaisin. Yleensä 80° diffuseeriä voidaan pitää 250 cc motocross-pyörässä sopivana ja ison luokan pyörässä 6...70° on sopiva, koska suurissa koneissa loivemman kartion mukanaan tuoma laajempi vääntöalue on korkeata maksimitehoa tärkeämpi. 125 cc pyörässä 100° ja 80 cc pyörässä jopa 110° on tullut nykyisten 6-vaihteisten ansiosta mahdolliseksi. Pienissä moottoreissa pyritään mahdollisimman suureen huipputehoon ja sen saavuttamiseksi diffuseerin kartiokkuudesta on tehtävä suuri. Diffuseeri voidaan tehdä 2- tai 3-osaiseksi, jolloin kartiokkuudet valitaan loppua kohti suureneviksi. Tällöin saavutetaan pitempään kestävä imuvaikutus, joka ei ole alkuvaiheessaan kovin tehokas, mutta se säilyttää tehonsa poistovaiheen loppuun asti. Tällainen exponentiaalitorvea muistuttava diffuseeri on yksikartioista lyhyempi ja sitä käytettäessä on mahdollista jatkaa alkukäyrää, jolloin moottorin alakierrosten vääntömomentti kasvaa. Samoin pakokaasujen virtauksen kannalta se on parempi, koska se liittyy huomattavasti yksiosaista sulavammin alkykäyrään, ja täten pienentää virtauksen seinämistä irtoamismahdollisuutta tässä kriittisessä liitoksessa. Uusimmissa putkissa on kartiomainen alkukäyrä

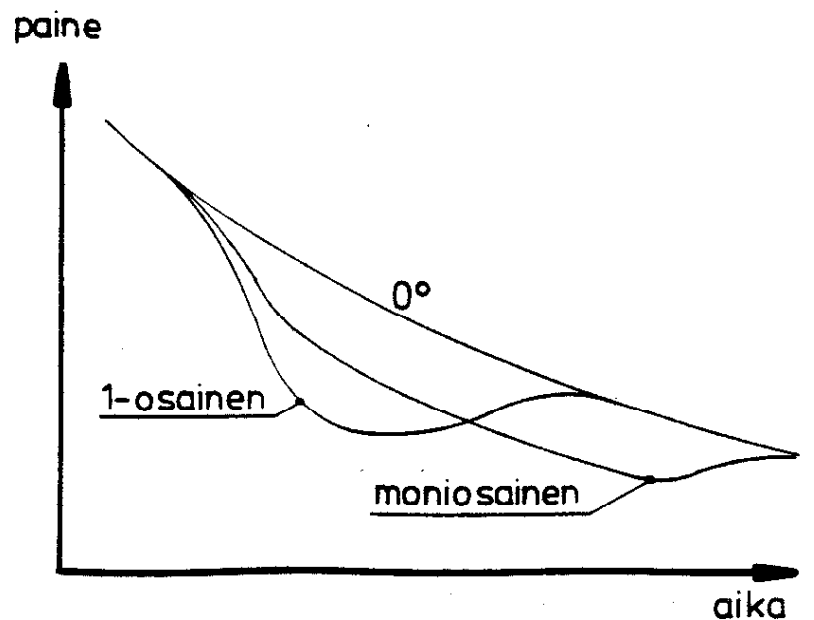


Diffuseerin imuvaikutus.

Kartiokkuus 0..12°

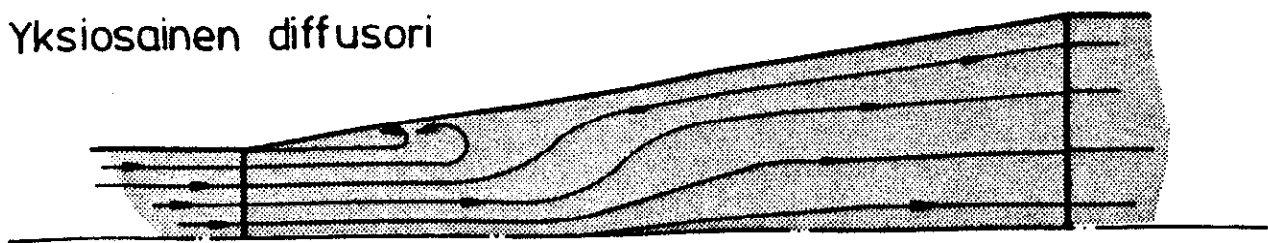


Moniosaisen diffuseerin imuvaikutus.

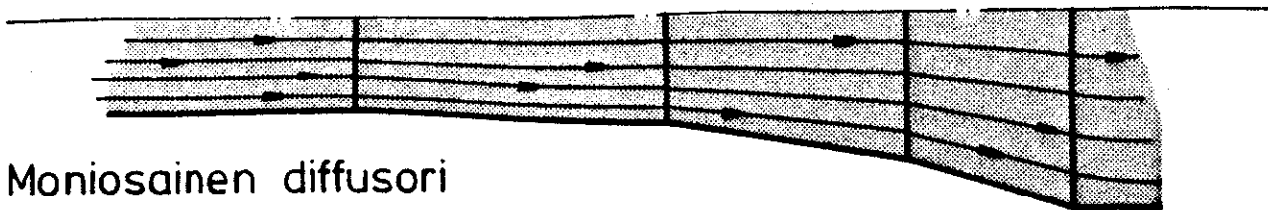


Virtauksen irtoaminen diffusorin alkuosassa.

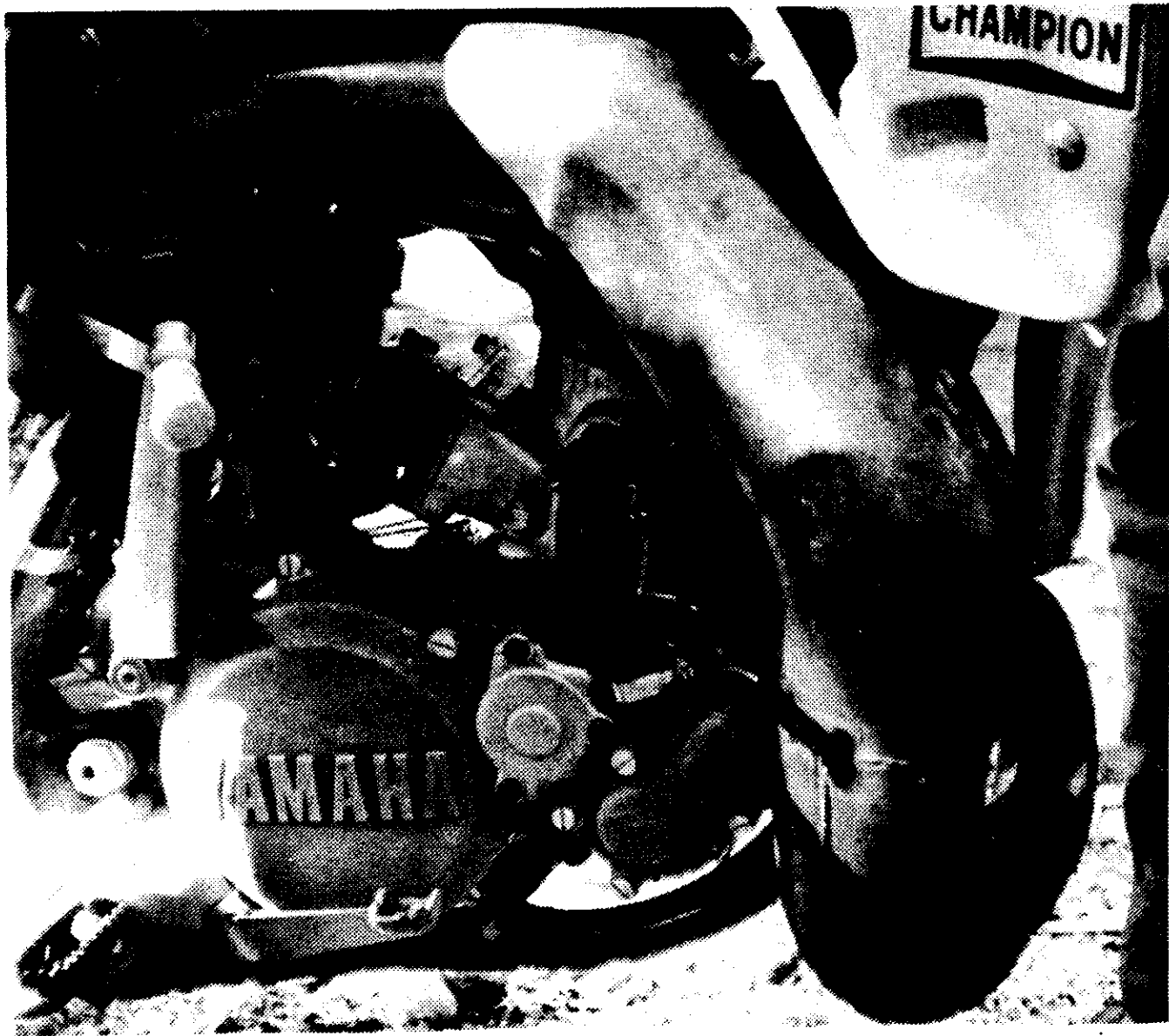
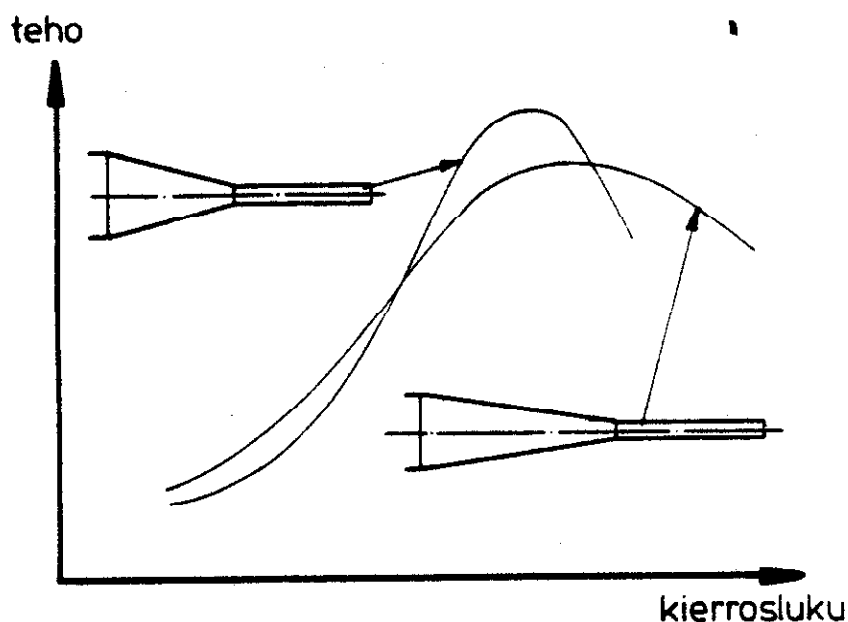
Yksiosainen diffusori



Moniosainen diffusori



Vastakartion vaikutus tehoon.



Danny La Porten 250 cc Yamaha OW kesällä -83.

ja exponentiaalitorvea muistuttava diffuseeri liitetty yhteen niin saumattomasti, ettei voida sanoa missä alkukäyrä loppuu ja diffuseeri alkaa. Aivan samoin on tilanne myös putken muissakin osissa ja useasti mittojen ottaminen valmiista putkesta onkin vaikeaa. Tällöin on turvaututtava profiilin mittaamiseen esimerkiksi 25 mm:n välein ja kun niiden mittojen mukaan piirretään kuva, voidaan siitä aproksimoida putken keskeiset mitat.

KESKILIERIÖ

Tiivistysaalloon edetessä keskiliieriön läpi ei minkäänlaista paineaaltoa heijastu taaksepäin vaan huuhtelutapahtuman kaasuvirtausten annetaan tasaantua ennenkuin pakoputkeen karkaavaa tuoretta seosta aletaan työntämään takaisin sylinteriin. Jos lieriöosa on hyvin lyhyt, tehdään diffuseerin loppuosasta heijastuneella harvennusaallolla turhaa työtä, sillä juuri, kun se on kiihdyttänyt pakokaasun ja tuoreen seoksen virtaamaan ulos sylinteristä, loppuu lieriö, ja seosta aletaan työntämään takaisin sylinteriin. Tähän perustuen moottorin teho yleensä nousee jatkettaessa lieriöosaa, sillä näin iskuaallon energia saadaan paremmin käytettyä hyväksi eikä sitä tuhjata harvennusaaltoon, jota ei pystytä kunnolla hyödyntämään. Samalla joudutaan alkukäyrää lyhentämään, ettei putken kokonaispituus muuttuisi ja seurauksena on alakierrosten vääntömomentin putoaminen ja moottorin muuttuminen kireämmäksi. Lieriön halkaisijalla määritellään koko putken viritystapahtuman, että mitä suurempi on halkaisija sitä suurempi on teho putken lasketulla kierrosluvulla, mutta sitä nopeammin sen antama teho myös laskee kierrosluvun joko noustessa tai laskiessa.

VASTAKARTIO

Tehoputken kontraktio-osan tehtävänä on lähettää tiivistysaalto kääntämään seoksen virtausuunta takaisin sylinteriin päin. Vastakartion kartiokkuus tehdään tavallisesti diffuseerin kartiokkuuteen nähden kaksinkertaiseksi eli 80 diffuseeria vastaa 160 vastakartio. Tämä on nyrkkisääntö ja siitä voidaan poiketa puoleen tai

tiedoista voimme päätellä, että liian loivasta vastakartiosta ei ole juurikaan haittaa mutta liian jyrkkä kartio saattaa tuhota moottorin nopeasti.

toiseen, mutta käytäntö on opettanut tämän kaksinkertaisen kartiokkuuden olevan hyvä kompromissi. Kartiokkuuden pienentäminen laajentaa vääntöaluetta ja sitä käytetäänkin yhä useammin ison luokan pyörissä alakierroksien väännön lisäämiskeinona, mutta samalla kun se tuo vääntöä alas se vie sitä huipputehon kierroksilta. Toisaalta se parantaa moottorin venyvyyttä huipputehoa korkeammilla kierroksilla mahdollistaen moottorin käyttämisen ylikierroksilla, mikäli tilanne sitä hetkellisesti vaatii. Pyrittäessä ainoastaan mahdollisimman suureen huipputehoon käytetään niin jyrkkää vastakartiota kuin olosuhteet suinkin sallivat. Ensinnäkin tehoalue kapenee nopeasti kartiota jyrkennettäessä, toiseksi odotettavissa on moottorin taipumusta nakuttamiseen maksimikuormalla ja vielä lisäksi mäntä kuumenee voimakkaasti, aivan samoin kuin koko moottorikin, mutta teho nousee huomattavasti. Näistä

Toisaalta pyrittäessä maksimoimaan moottorin suorituskyky on jossain määrin pakko ottaa riski ja tehdä vastakartiosta jyrkkä. Seurauksena olevaa nakutusta voidaan vähentää laskemalla puristusuhdetta, mutta tällöin terminen hyötysuhde heikkenee ja teho laskee. Männän ylikuumentumiseen on vaikea löytää lääkettä, lähestulkoon ainoa keino on muuttaa huuhtelukanavajärjestelyjä siten, että huuhteluseos saadaan virtaamaan männän alapintaa myöten jolloin se jäähdyttää mäntää. Se on mahdollista käyttämällä ylimääräisiä huuhteluaukkoja, mutta näin suuren muutoksen tekoon ryhdyttäessä on mielestäni oltava jo muitakin syitä kuin ainoastaan halu käyttää jyrkempää vastakartiota pakoputkessa. Eräs huomionarvoinen ominaisuus jyrkällä vastareaktiolla on sen kyky toimia kierrosluvun rajoittimena. Erittäin korkeasti viritetyssä moottorissa tarvittava jyrkkävastakartiainen pakoputki aiheuttaa moottorin tehon välit-

tömän lopahtamisen huipputehon jälkeen ja juuri tällaisessa huippuunsaviritetyssä moottorissa ovat kampikoneiston rasitukset äärimmäisen suuret jo huipputeholla ja jo pienikin kierrosluvun ylitys saattaa aiheuttaa murtumia liikkuviin osiin. Tällöin putken toiminta saattaa jatkaa moottorin käyttöikä suuressi ylikierrosten käytön vähentyessä. Aivan samoin aloittelevalla kuljettajalla, jolla on vielä selkiintymätön käsitys sopivasta kierrostenkäytöstä, tai joka ei vielä omaa riittävän kehittyneitä vaihtamisrefleksejä, saattaa tästä kierroksia rajoittavasta putkesta olla hyötyä.

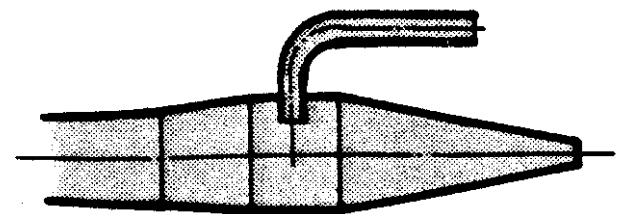
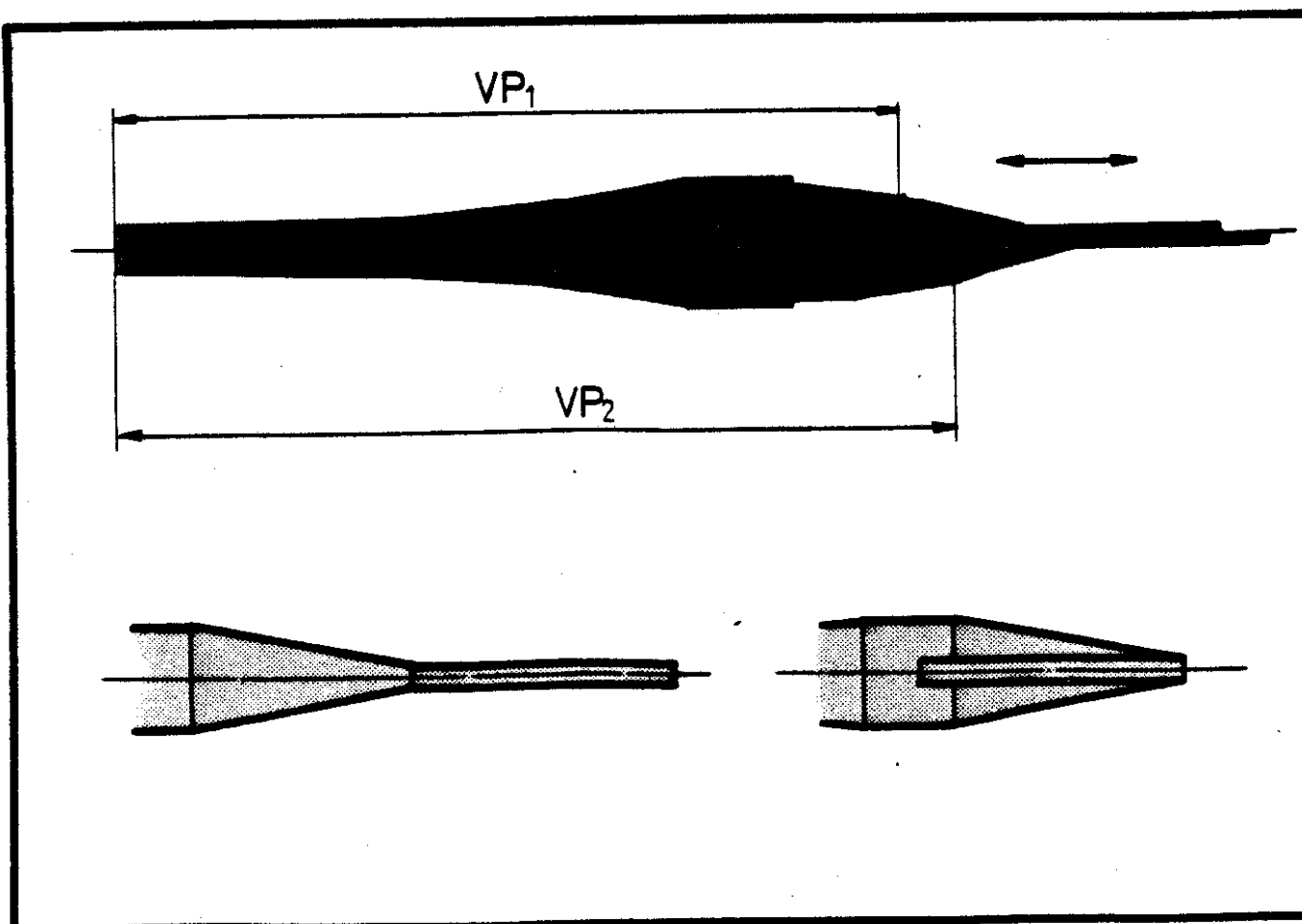
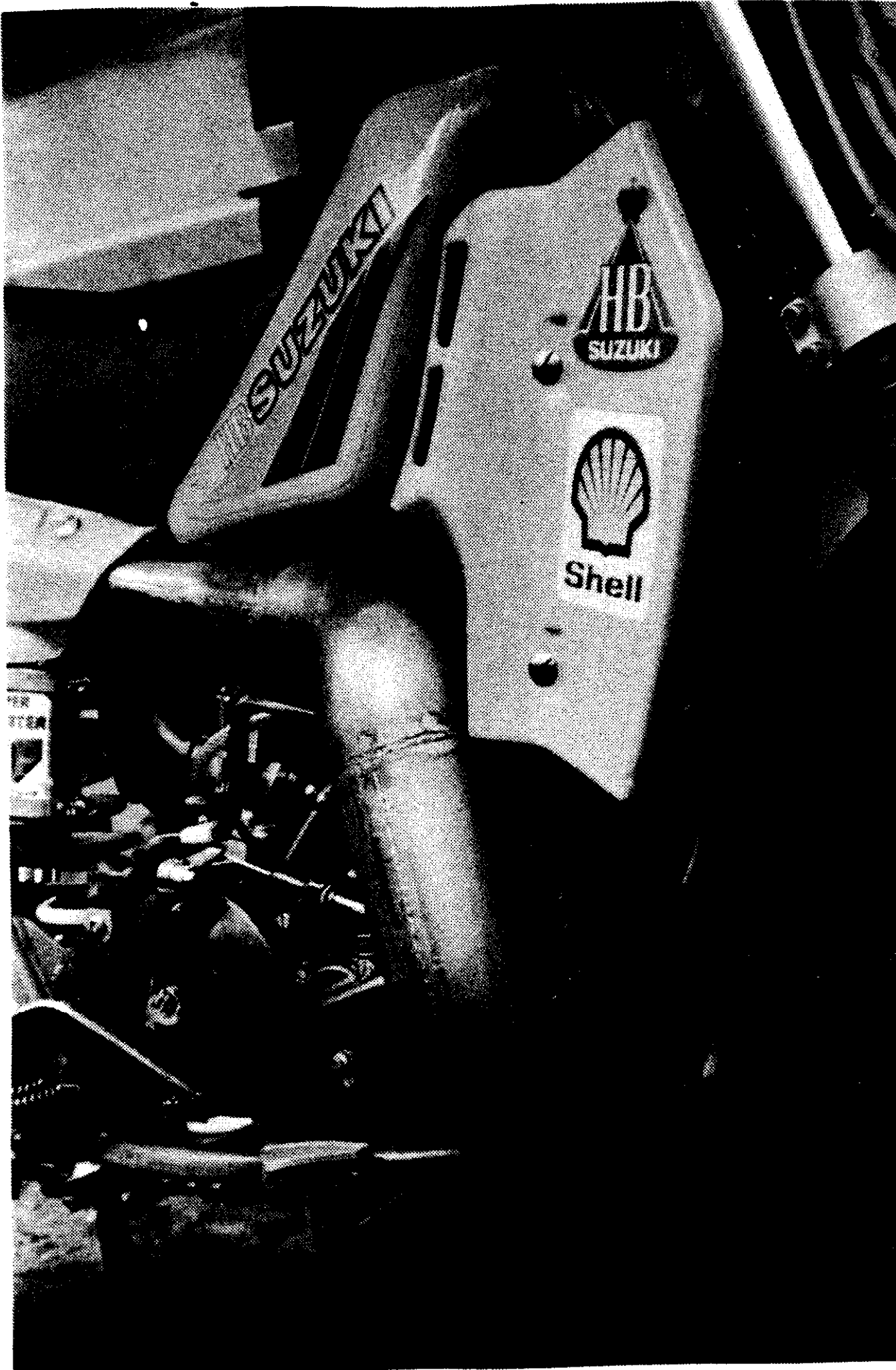
Vastakartio voidaan tehdä moniosaisena joko kuperaksi tai koveraksi. Kupera vastakartio on yleinen Suzukin kaikkien kokoluokkien pyörissä ja kovera vastakartio löytyy esimerkiksi Husqvarnaan tehdystä Asch-viritysputkesta. Omissa kokeissani en vielä ole löytänyt selvää eroa niiden tyyppien välille ja enkä tästä johtuen vielä pystykään kertomaan muodon merkityksestä.



Viuhka kotimaisia pakoputkia.

PERÄPILLI

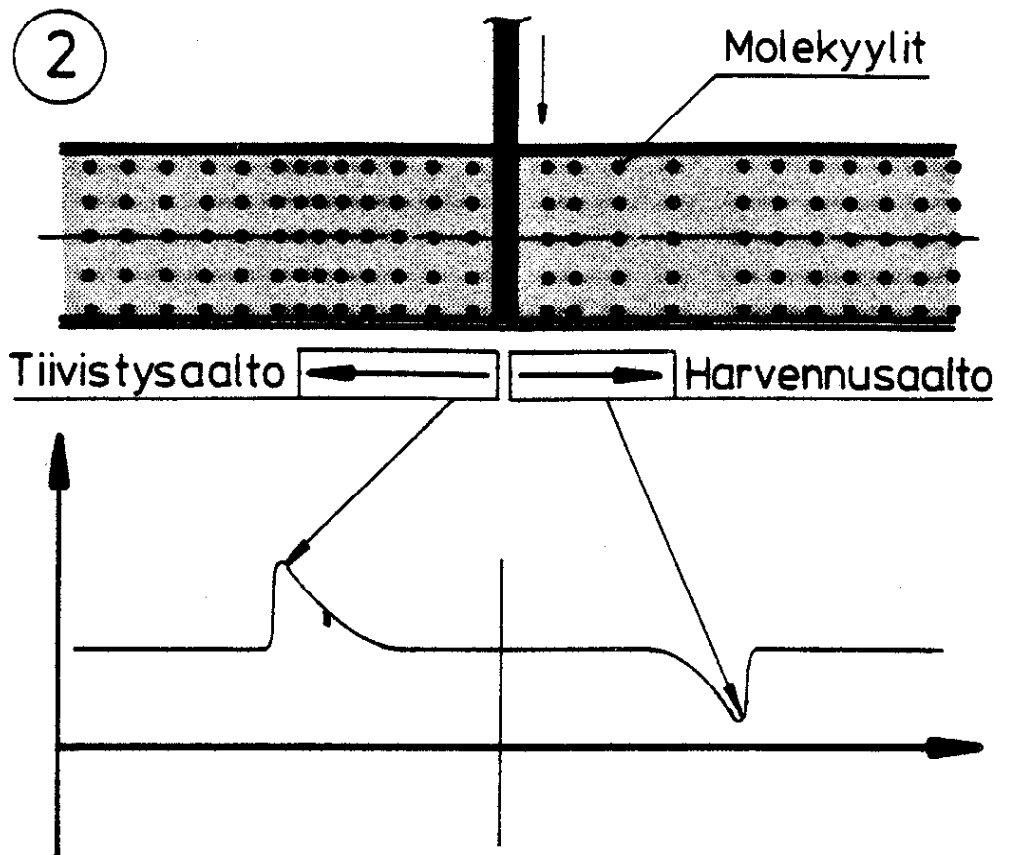
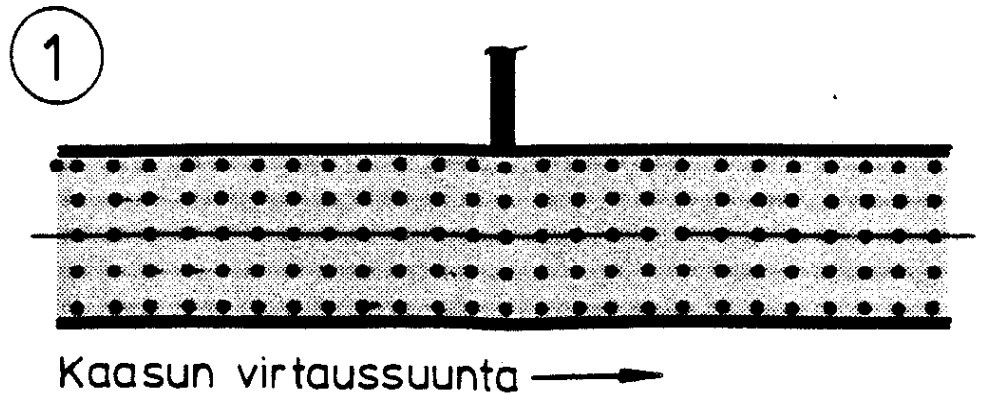
Peräpillissä ei tiivistysaallolle tapahdu mitään ennen sen loppua. Lopussa aalto sammuu ja se lähettää sammuessaan vielä heikon harvennusaallon sylinterin suuntaan. Joissakin pyörissä saattaa peräpilli-äänenvaimennin -yhdistelmä olla yhteispituudeltaan sellainen, että sen lopusta heijastunut harvennusaalto on pakokaudella juuri kun se avautuu ja täten on mukana auttamassa pakokaasujen poistoa. Jos pituudet ovat tällaiset, sitä voidaan pitää satumana, sillä käsittääkseni tämä harvennusaalto on niin heikko, että sen vaikutus on merkityksetön, eikä sen ajoittamisen takia kannata edes pilata pyörän muotoilua tekemällä äänenvaimentimesta tökerön näköinen. Useiden lähteiden mukaan peräpillin halkaisijalla voidaan vaikuttaa moottorin huipputehoon ja tehoalueeseen siten, että laaja alue saavutetaan peräpillillä, jonka halkaisija on 62...68 % alkukäyrän halkaisijasta ja korkeaan huipputehoon pyritessä halkaisijaksi valitaan 50...58 %. Peräpillin pituuden tulisi olla 10 kertaa halkaisija, mutta koska pillin pääasiallinen tarkoitus on toimia pakokaasuvirtauksen kuristimena, voidaan sen halkaisijaa ja pituutta muuttaa mielivaltaisesti siten, että sen virtausvastus pysyy ennallaan. Jos putken sijoittaminen välttämättä sitä vaatii, voidaan peräpilli sijoittaa putken sisälle ja tarvittaessa jopa suunnata se ulos putken kyljestä keskilieriön kohdalta. Putken pään on ulotuttava keskilieriön kohdalle, eikä sen päämissään tapauksissa saa olla vastakartion puolivälin lähellä. Tehoon tällä ei oikein tehtynä ole suurtaakaan vaikutusta ja sisäänvedetyn peräpillin on todettu pehmentävän jonkin verran pakoääniä.



VIRITETTY PITUUS JA PUTKEN MITAT

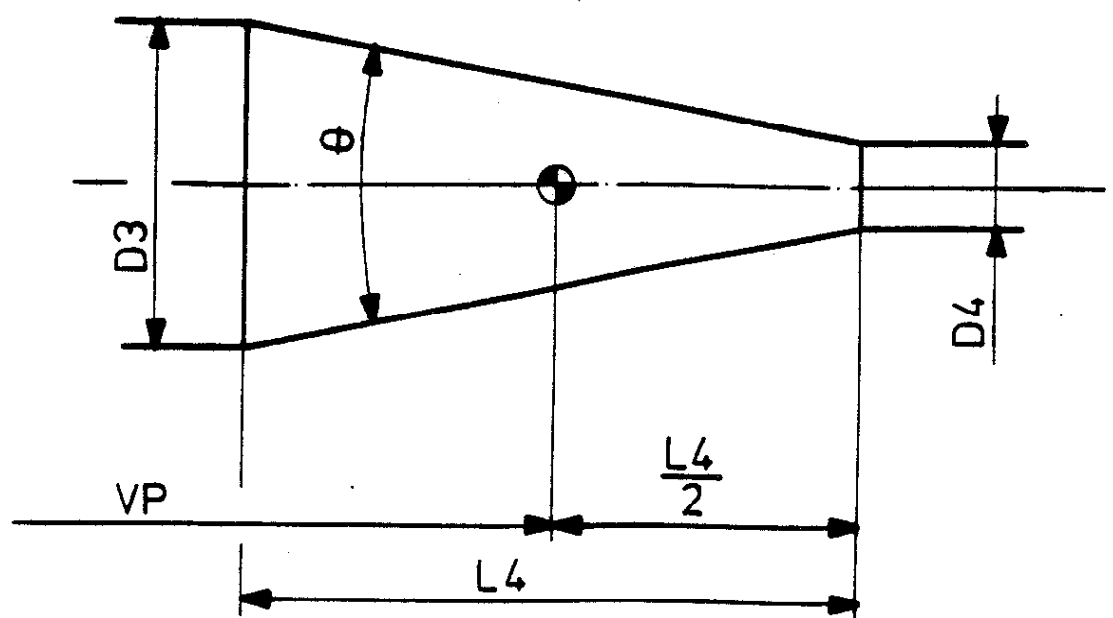
Pakoputken pituuteen vaikuttaa pakoaukon aukioloaika ja keskimääräinen äänennopeus pakokaasussa putken sisällä. Pakoaukon aukioloaika on riippuvainen moottorin kierrosluvusta ja aukon aukiolokulmasta, joka ei välttämättä pysy vakiona, sillä esimerkiksi Yamaha käyttää moottoreissaan pyörivää luistia, jolla muutetaan pakoaukon korkeutta. Tällaisessa moottorissa voidaan pakoaukon korkeus tehdä siten muuttuvaksi, että pakoputki toimii tehokkaasti sylinterin kanssa yhteen laajalla kierroslukualueella. Viritettyyn pituuteen vaikuttavan äänennopeuden arvoksi on parasta ottaa 465...490 m/s, koska mittaukset ovat osoittaneet sen pysyvän sopivana arvona erittäin monenlaisissa putkissa ja moottoreissa. Tieteellinen lämpötilamittauksiin perustuva todellisen äänennopeuden tutkiminen on erittäin vaikeaa, koska lämpötilat vaihtelevat hyvin voimakkaasti putken eri osissa. Pakokaasut jäähtyvät laajentuksessaan diffuseerissa ja kuumenevat uudelleen vastakartiossa ollen useita kymmeniä asteita kylmempiä keskilieriön kohdalla kuin putken muissa osissa. Putken pituutta määritettäessä lähdetään ajatuksesta, jonka mukaan pakoaukon avautuessa syntyvän tiivistysaallon tulisi ehtiä vastakartion puoliväliin ja sieltä heijastuvan tiivistysaallon takaisin pakoaukolle sen juuri sulkeutuessa. Heijastuspisteeksi otetaan kontraktiososan puoliväli, koska tällöin putki toimii vielä kierrosluvun hieman poiketessakin laskenta-arvosta. On periaatteessa mahdollista rakentaa teleskooppimainen pakoputki, jonka pituutta muutetaan kierrosluvun mukaan. Sitä käytetään joissakin kilpavenemoottoreissa, mutta sen mahdolluttaminen motocross-pyörän runkoon on mahdotonta, ja lisäksi sen liikuttelu vaatisi monimutkaisen laitteiston, joka olisi vika-altis ja painava. Kun lisäksi saavutettu hyöty on kuitenkin varsin vaatimaton, ei niin monimutkaisiin rakenteisiin ole menty.

Keskilieriön halkaisijaksi otetaan 1,8...2,9 kertaa pakoputken alkukäyrän halkaisija siten, että pienimmät arvot antavat laakean vääntökäyrän ja suurilla arvoilla tähdätään korkeaan huipputehoon alueen laajuudesta piittaamatta.

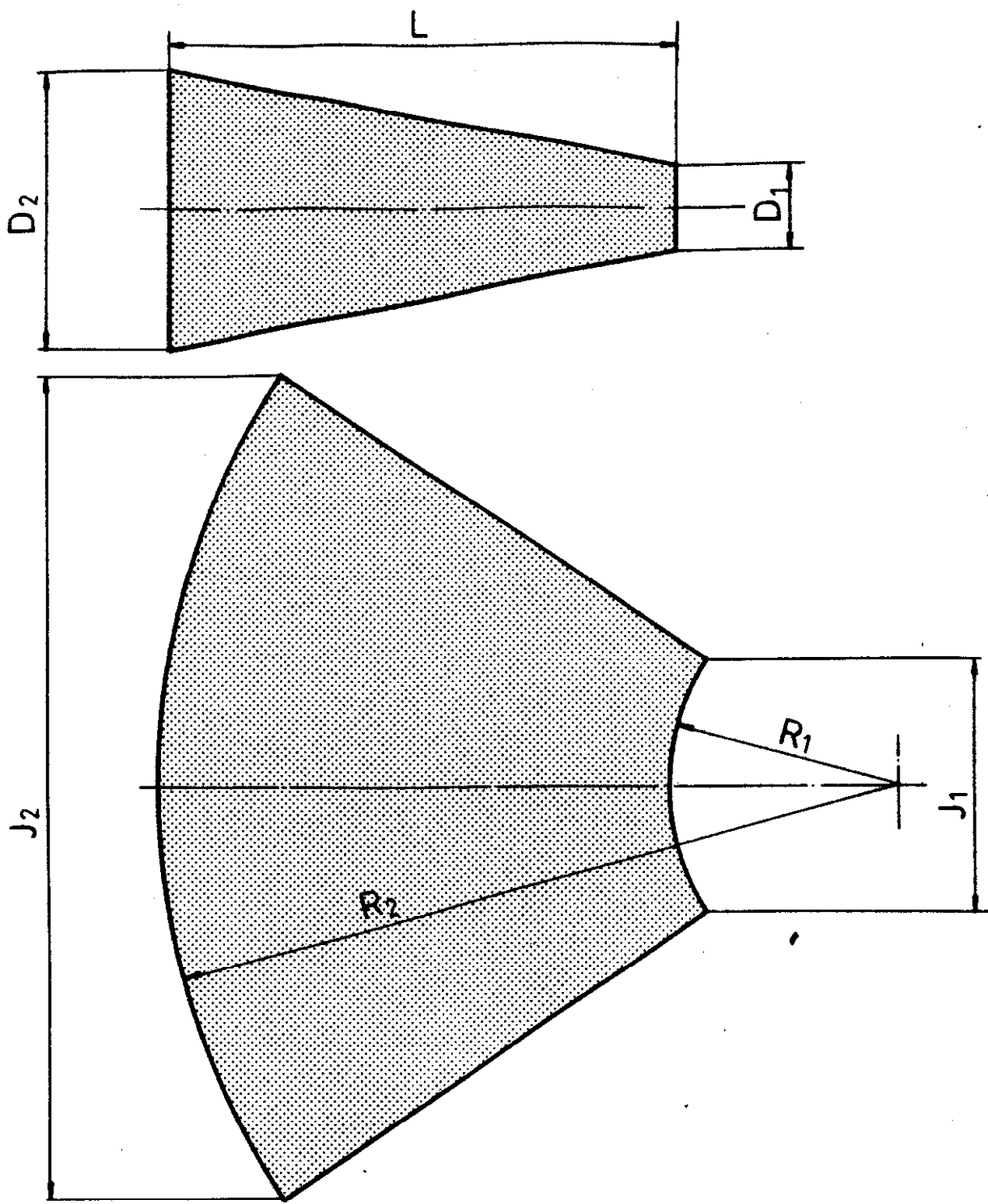


$$\text{Vilma} = 340 \sqrt{\frac{T}{288\text{K}}} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Vilma = Äänen nopeus ilmassa ,m/s
T = Ilman lämpötila , K



$$L_4 = \frac{D_3 - D_4}{2 \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)}$$



$$R_1 = \sqrt{\left(\frac{D_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{L \cdot D_1}{D_2 - D_1}\right)^2}$$

$$R_2 = \sqrt{\left(\frac{D_2}{2}\right)^2 + \left(\frac{L \cdot D_1}{D_2 - D_1} + L\right)^2}$$

$$J_1 = 2 R_1 \cdot \sin\left(90^\circ \cdot \frac{D_1}{R_1}\right)$$

$$J_2 = 2 \cdot R_2 \cdot \sin\left(90^\circ \cdot \frac{D_2}{R_2}\right)$$

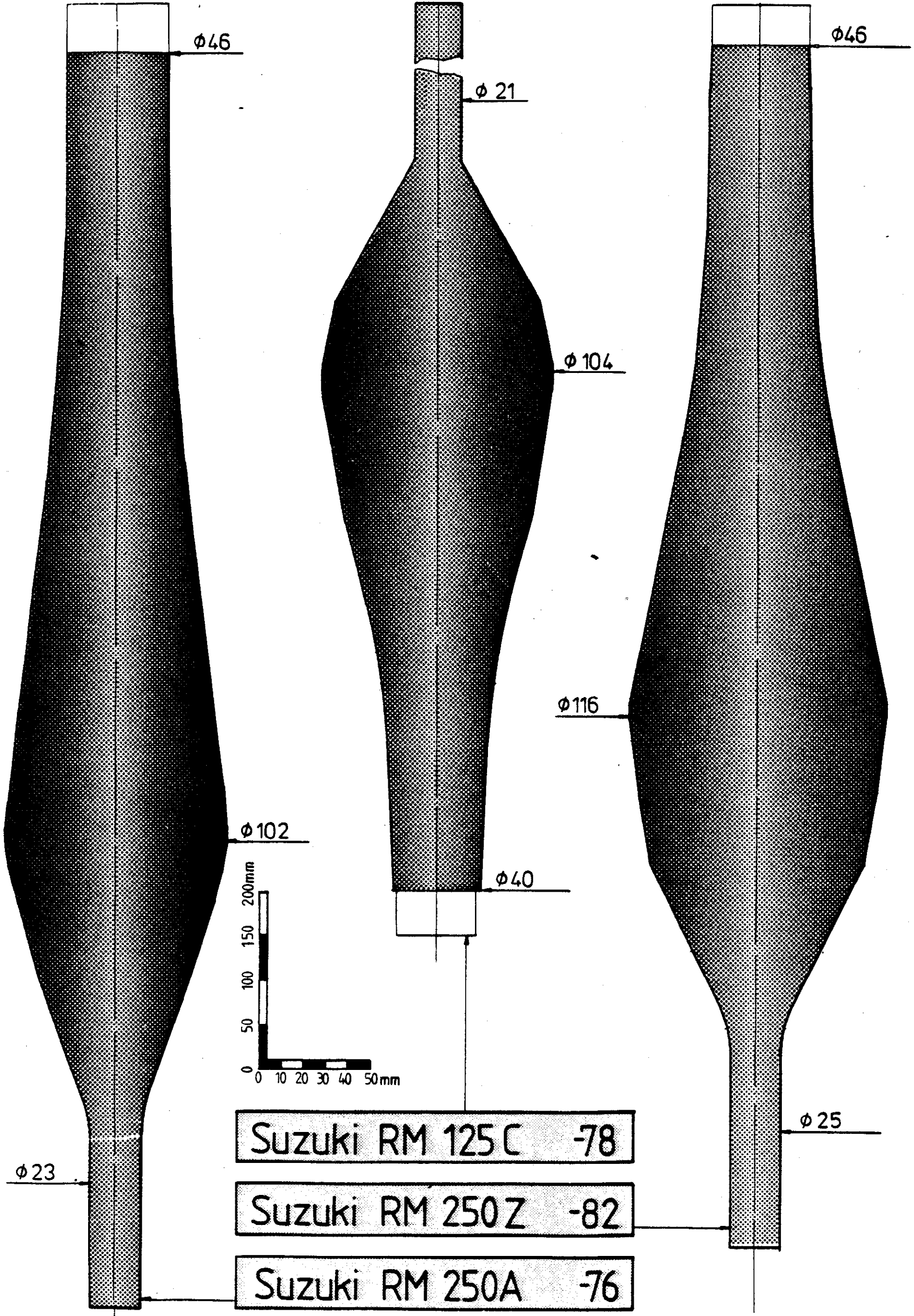
$$L = \frac{D_2 - D_1}{2 \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)}$$

Yleensä 125 cc luokassa kerroin on 2,4...2,9 ja 250 cc luokassa 2,3...2,6 sekä isossa luokassa 1,8...2,2.

Vastakartion pituus määräytyy halutusta kartiokkuudesta ja keskierion halkaisijasta.

PAKOPUTKEN VALMISTAMINEN

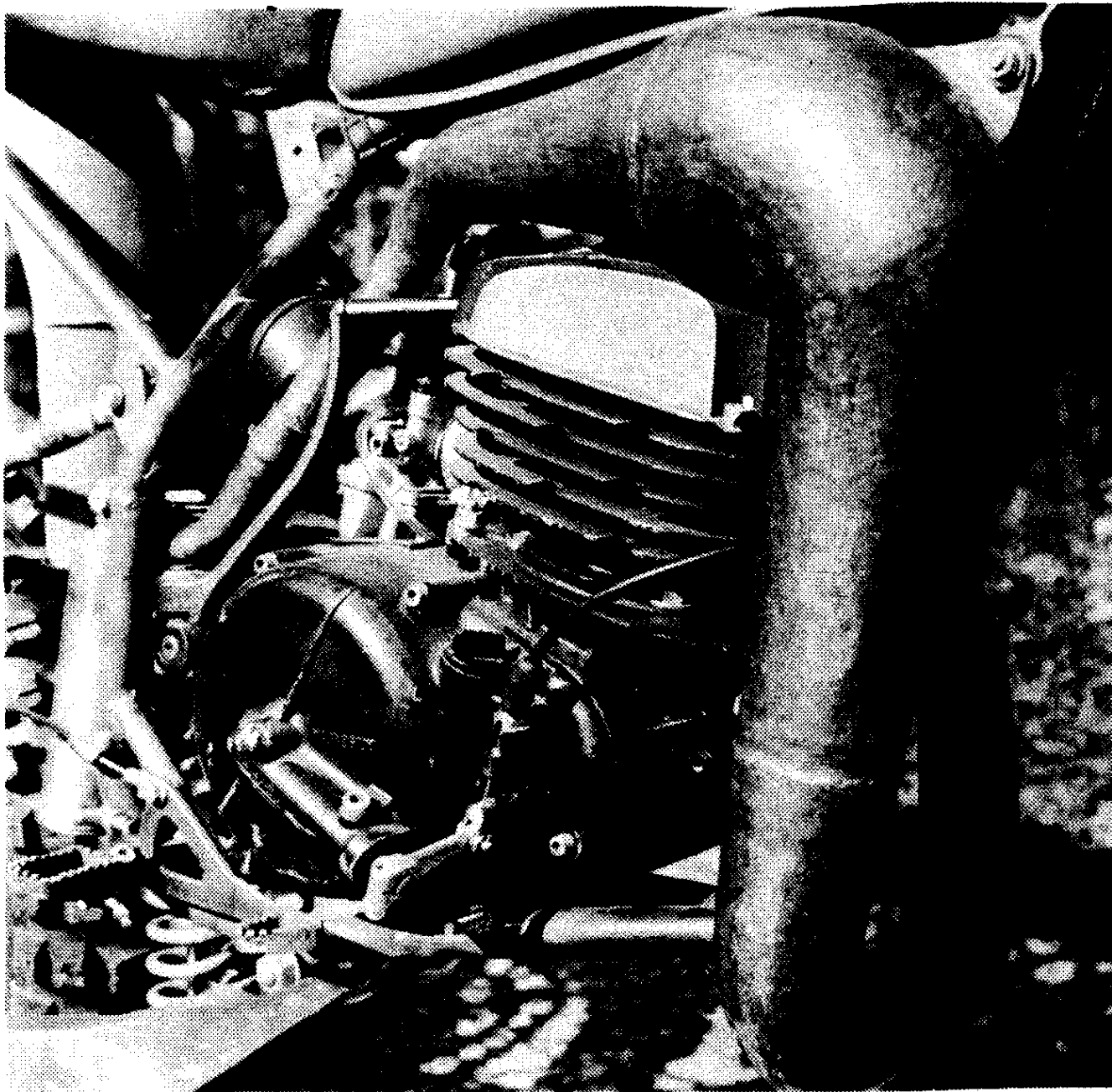
Tehoputki valmistetaan yleensä 0,75...1,0 mm teräslevystä hitsaamalla. Jos ei voida olla ehdottoman varmoja kaikkien osien yhteensopivuudesta ja on odotettavissa 0,5...1 mm ilmarakoja railoihin ei 0,75 mm levyä pitäisi mennä käyttämään, sillä sen hitsaaminen on erittäin vaikeaa virheettömässä railossakin. Osien valmistamisessa on oltava huolellinen, sillä pienetkin valmistus-epätarkkuudet näkyvät rumasti valmiissa putkessa. Kartioiden osien teossa on paljon hyötyä seuraavista laskukaavoista, sillä niiden avulla voidaan osat saada sopimaan yhteen niin tarkasti, että mitään sovittamista ei suoraa putkea tehtäessä tarvita. Todellisuudessa vain hyvin harvoin saadaan putkesta tehdä suora. Useimmissa tapauksissa, ja aina motocrosspyörissä, putkesta on tehtävä erittäin hankalan muotoinen, käytännöllisesti katsoen jatkuvaa mutkaa oleva taideteos. Motocross-putkea tehdessä minulla on tapana tehdä ensin paksuseinäisestä hitsattavista teräsputkikäyristä oikean muotoinen, tarkasti pyörän runkoon sopiva putki. Seuraavaksi otan 1...1,5 mm teräslevyä, josta takomalla tämän tukevan mallin päällä valmistan varsinaisen putken. Pieninä osina valmistettaessa kunkin levyn reunoja ei joudu tyssäämään, eikä venyttämään lähellekään niin paljon, kuin jos putki muodostettaisiin vain muutamasta suuresta kappaleesta. Jos levynreunaa joutuu venyttämään runsaasti, on seurauksena helposti repeämiä ja aivan varmasti reuna ohenee niin paljon, että osien yhteenhitsaaminen on hankalaa. Käsitykseni mukaan paljon helpommin erehtyy tekemään liian suuria osia kuin liian pieniä, joiden ainoana huonona puolena on kokoamisvaiheessa suurempi hitsaustyö. Putki on aina kiinnitettävä vähintään kahdesta kohdasta runkoon. Kiinnitys on toteutettava joustavasti, sillä tärinä rikkoo helposti liian jäykät



Suzuki RM 125 C -78

Suzuki RM 250 Z -82

Suzuki RM 250A -76



kiinnikkeet tai irrottaa kiinnityskorvakkeet putken kyljestä. Putken seinämää on joko vahvistettava tai kiinnikkeen tuoma rasitus on jaettava jollain muulla tavalla laajemmalle pinnalle.

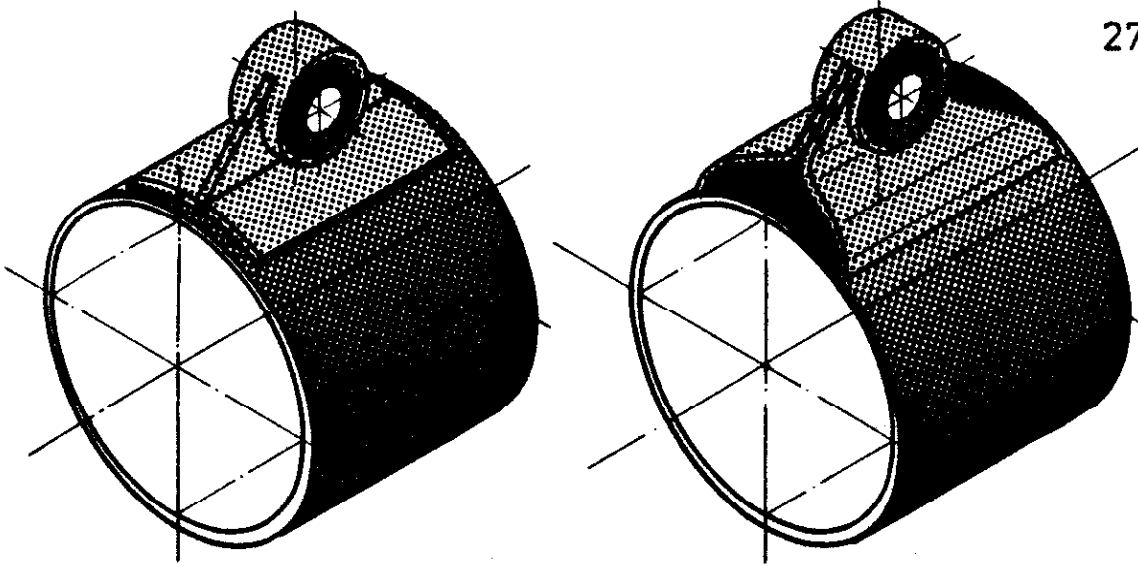
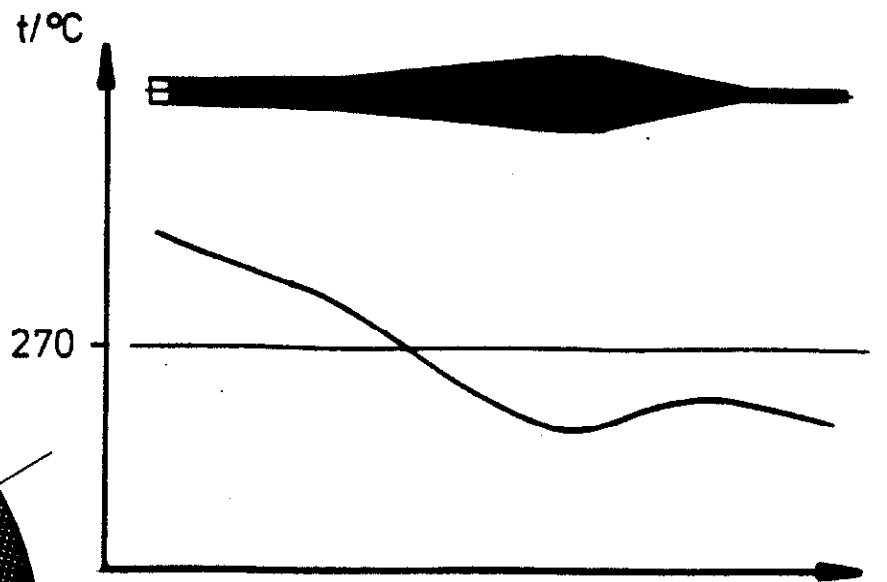
ÄÄNENVAIMENNIN

Äänenvaimennus on parhaiten toteutettavissa absorptio-tyyppisellä äänenvaimentimella, jossa rei'itetyn putken ulkopuolella on huokoista, ääntä imevää materiaalia. Sopiva aine vaippaosan täytteeksi on lasikuituvanu, joka on kuitenkin aika-ajoin vaihdettava, sillä se joko paineaaltojen vaikutuksesta murenee tai pikeentyvän öljyn kovettamana menettää äänenimemiskykynsä. Äänenvaimentimen uudelleenpakkaus on tehtävä huolella, sillä sopivalla tiukkuudella on vaikutusta sekä äänenvaimennuskykyyn, että vai-

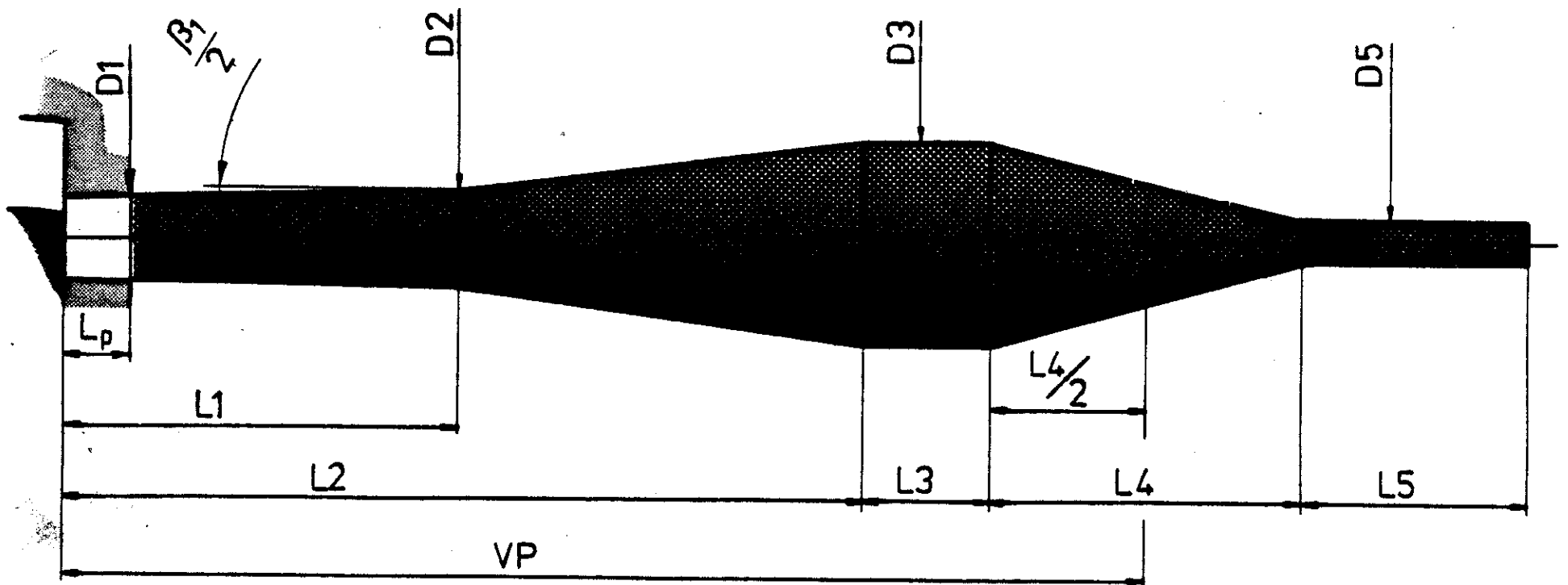


Taipuu se mutka pakoputkeen kotikonsteillakin.

Pakokaasun lämpötila.



mentimen aiheuttamaan vastukseen pakokaasuvirtaukselle. Nykyisin äänenvaimennin rakennetaan yhä useammin kevytmetallista ja onpa kevlaria ja hiilikuituakin kokeiltu tehtaiden prototyypeissä.



$$D1 = \sqrt{(11L13)A_{pa} \frac{4}{\pi}}$$

$$D2 = D1 + 2 \cdot \tan\left(\frac{\beta_1}{2}\right) \cdot (L1 - Lp)$$

$$D3 = K \cdot D1 \quad , \quad K = 1,8 \dots 2,9$$

$$D5 = P \cdot D1 \quad , \quad P = 0,53 \dots 0,62$$

$$L1 = (0,5 + 0,03 \beta_1 - 0,07 K) \cdot VP$$

$$L2 = (0,81 - 0,03 K) \cdot VP$$

$$L3 = VP - L2 - 0,5 \cdot L4$$

$$L4 = (0,4 - 0,05 \cdot K) \cdot VP$$

$$L5 = 10 \cdot D5$$

$$VP = \frac{180^\circ - \alpha_p}{0,36 \cdot n} \cdot v_{sp}$$

$$v_{sp} = 470 \text{ m/s}$$

A_{pa} = Pakoaukon pinta-ala, mm^2

L_p = Pakokanavan pituus, mm

α_p = YKK-Pakoaukko auki, $^\circ$

v_{sp} = Äänen nopeus pakokaasussa, m/s

n = Kierrosluku, kierr/s

3 Kaasutin

SÄÄTÄMINEN YLIVOIMAISEN VAIKEAA

Kaasutin on ainakin minulle vaikea kapistus. Sen toiminta on periaatteessa yksinkertaista, ja se on myös helppo säätää, jos vain tietää mihin suuntaan säätöjä halutaan muuttaa. Mutta siinäpä se temppu onkin. On tietysti helppo pelata pääsuuttimella siten, että aloitetaan suurella suuttimella ja pienennetään sitä pykälä kerrallaan, kunnes moottori alkaa käymään puhtaasti. Sitten päätellään, että nyt on pääsuutin oikein valittu tai pudotetaan sitä vielä yhtä kokoa pienemmäksi ja ollaan tyytyväisiä. Näinhän se yleensä tapahtuu, suuritöistä mutta helppoa, eikä totta. No niin, kyllä pääsuuttimen kanssa vielä pärjää, mutta oletko koskaan vaihtanut neulaa tai neulaputkea, tai oletko tutkinut erilaisilla tyhjäkäyntisuuttimilla? Tuskin. Aivan varmasti sinulla ei ole erilaisilla leikkauksilla varustettuja luisteja suutinlaatikossasi. Mutta yhtä varmasti olet kyllä puuhailut polttoainepinnan kanssa ja korvat punoittaen ajattelet, että onkohan se liian alhaalla ja sulaakohan seuraavalla helteellä mäntä. Aivan, sellaista koheltamistahan se on, minullakin. Jos kaasuttimen säätäminen ei ole vaikein tehtävä mekaanikon uralla, on sen opettaminen toiselle sitä varmasti. Kuinka pystyy selittämään moottorin ääntä eri tilanteissa toiselle? Se on vaikeaa, mutta yrittää vain täytyy. Tehtävä on epätoivoisen vaikea, mutta jokainen pitemmälle ehtinyt motoristi joutuu kyllä enemmän tai myöhemmin sen eteen.

SEOSSUHDE

Kaasuttimen tehtävänä on valmistaa ilmasta ja polttoaineesta sopivaa seosta moottorille ja annostella sitä sille kulloinkin tarvittava määrä. Sellaista seosta, jossa polttoainetta on täsmälleen niin paljon, että kaikki ilman happi tulee poltetuksi, mutta ei

liikaa, sanotaan stökiometriseksi seokseksi. Bensiinillä tämä seos on 15 kilogrammaa ilmaa yhtä hensiinikiloa kohti. Tätä seossuhdetta sanotaan myös teoreettiseksi seossuhteeksi. Nimi on siinä mielessä oikeaan osunut, että sitä ei todellakaan esiinny juuri muussa yhteydessä kuin teoreettisissa pohdiskeluissa. Todellisuudessa seossuhde poikkeaa tästä aina johonkin suuntaan. Suurinta tehoa tavoitellessa seossuhde on jossain 12...13 paikkeilla, ilmajähdytyssä moottorissa jopa 10 saattaa olla mahdollinen. Toisaalta paras taloudellisuus saavutetaan 16 tienoilla.

Täydellä kaasulla seos on rikas, silloinhan halutaan paljon tehoa ja osakuormalla on jo taloudellisuuden mielessä, siispä osakaasun seos on laihempi. Tyhjäkäynnillä se on jälleen rikas, koska silloin palpatilassa on seoksen mukana edelliseltä työkierrolta jäänyttä pakokaasua, ja polttoainemolekyylin on vaikeampi löytää happimolekyylejä. Kylmäkäynnistyksessä polttoaineen höyrystyminen on puutteellista, ja siitä osa tiivistyy imukanavan kylmille pinnoille. Seosta rikastamalla varmistetaan, että riittävä määrä kaasuuntunutta seosta pääsee sylinteriin asti.

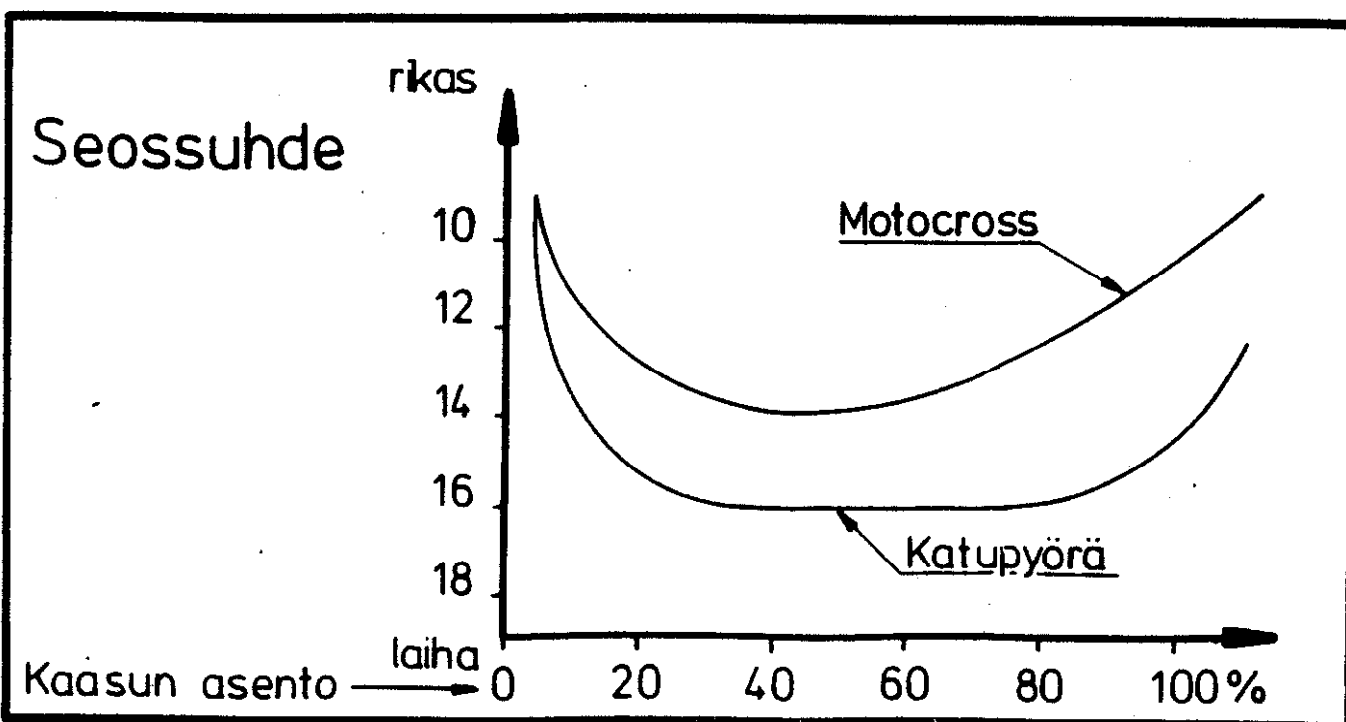
Mikuni VM

yleisimpiä motocrosspyörissä ja Keihiniä, jota myös käytetään, pidetään yleisesti Mikunin kopiona. Suoraan sanottu ja ehkä joitakin loukkaavastikin, mutta näin on. Bingin säätö noudattelee samoja periaatteita kuin Mikunikin ja ensiksi puutu siihen erikseen.

JOUTOKÄYNTIPIIRI

Aloitetaanpa tyhjäkäynnistä, tai sanotaan sitä sitten vaikka joutokäynniksi.

Mikunissa on erillinen joutokäyntipiiri, joka toimii kaasun ollessa suljettuna ja sitä vielä hieman raotettaessakin alueella 0...0,25 kaasua. Siihen kuuluu ilmaruuvi ja tyhjäkäyntisuutin, sekä kaasuttimen runkoon poratut kanavat. Kaasuttimen kurkkuun on porattu kaksi reikää luistin etureunan kohdalle, yksi kummallekin puolelle sen reunaan. Tyhjäkäyntipiiri muodostaa seosta ilmaruuvin ja tyhjäkäyntisuuttimen mittaimista ilma- ja polttoainevirroista tyhjäkäyntisuuttimen yläosan emulsioputkessa. Sieltä se imetään moottoriin luistin etureunan kohdalla olevien reikien kautta. Alkuvaiheessa, kun kaasu on täysin kiinni, taaimmaisesta reiästä virtaa ilmaa emulsioputken yläpuoliseen kammioon. Siellä se sekoituu tyhjäkäyntipiirin tuottamaan seokseen laihentaen sitä. Muodostunut seos virtaa etummaisesta aukosta kaasuttimen kurkkuun.

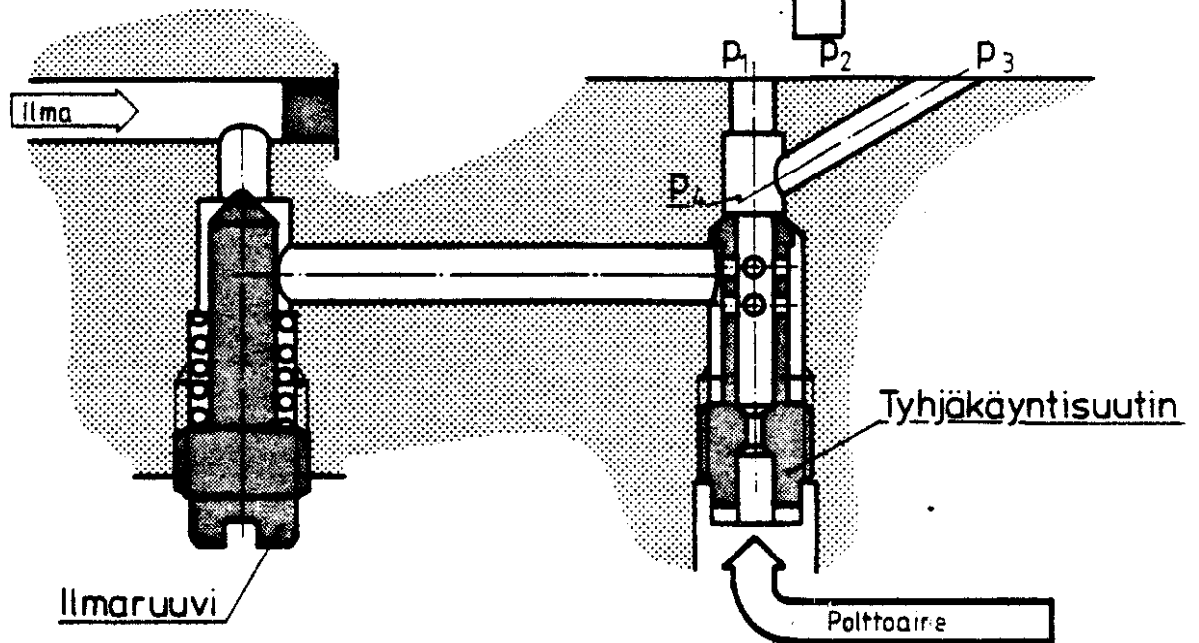
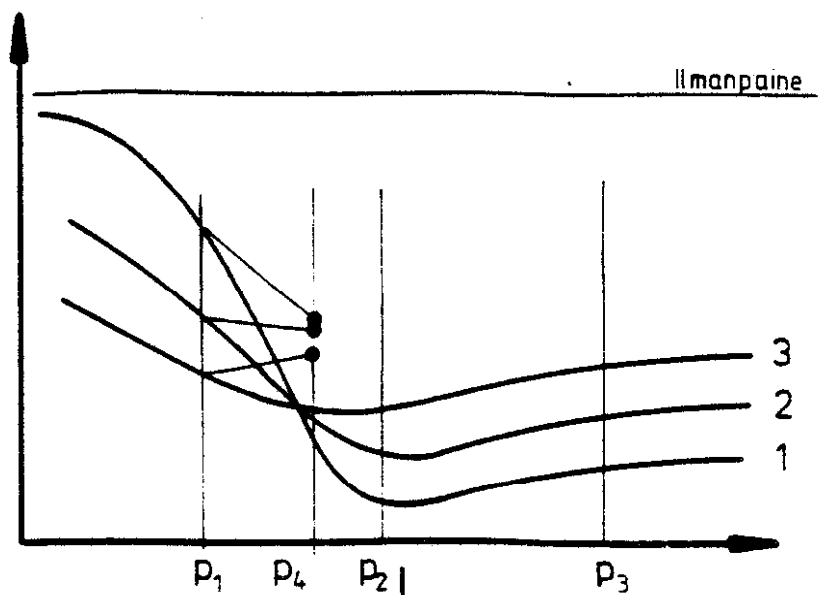
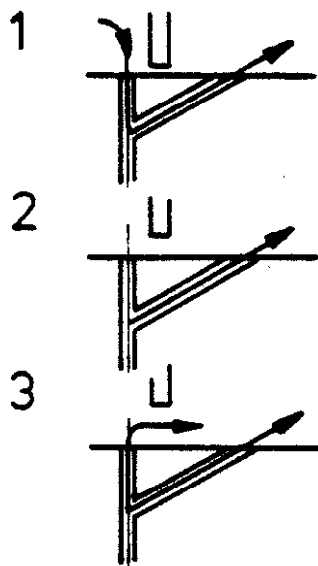


Siellä se sekoittuu luistin alta virtaavaan ilmaan, ja muodostaa lopullisen polttoaineseoksen. Kun kaasua hieman raotetaan, kääntyy virtaussuunta taaimmaisessa reiässä ja seosta, nyt aikaisempaa rikkaampaa, alkaa virrata molemmista aukoista kurkkuun. Samalla luistin alta virtaavan ilman määrä kasvaa. Se sekoittuu entistä runsaampana tyhjäkäyntipiirin seosvirtaan, ja muodostaa yhtä rikkaan seoksen kuin pienemmällä kaasulakin. Tällä nerokkaalla järjestelyllä on tyhjäkäyntiseoksen seossuhde saatu pysymään sopivana laajalla alueella ilman rakenteen monimutkaistumista. Joutokäyntipiirin toiminta heikkenee kuitenkin lähestyessä 0,25 kaasua, ja seoksen muodostaminen siirtyy vähitellen pääpolttoainejärjestelmän tehtäväksi. Siirtymävaiheessa seoksen rikkauteen vaikuttaa luistin leikkauksen avulla. Sitä suurentamalla voidaan pääpolttoainejärjestelmän mukaantuloa viivyttaa, ja niin myös seos laihenee tällä kaasun alueella. Leikkauksella vaikutetaan lähinnä luistin alle muodostuvan tilan paineeseen, ja tätä kautta neulajärjestelmässä vaikuttavaan paine-eroon. Tästä paine-erostahan tietysti polttoaineen virtausnopeus neulaputkessa riippuu.

PÄÄPOLTTOAINEPIIRI

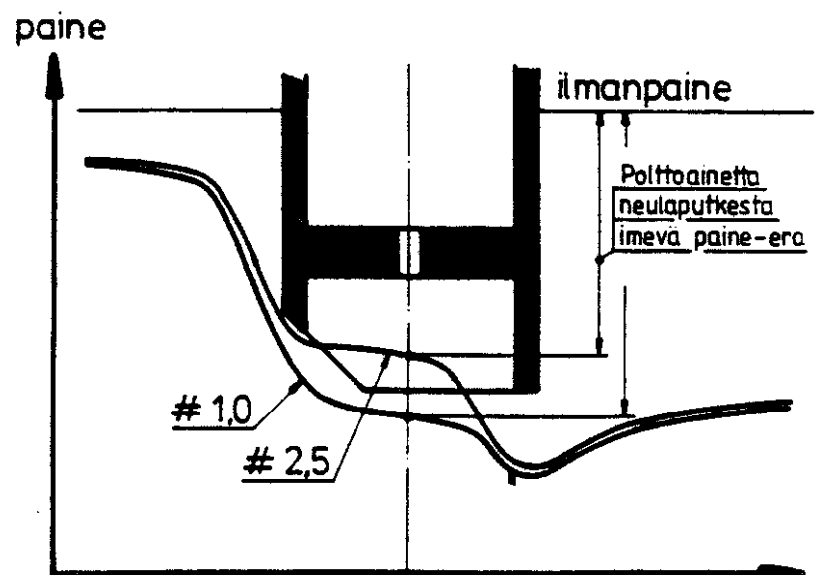
Kun kaasua on yli 0,25 auki, seoksen tuottajana on pääpolttoainejärjestelmä, sillä tyhjäkäyntipiirin toiminta lakkaa hyvin pian kaasua avattaessa. Tämä järjestelmä koostuu ilmasuuttimesta, neulaputkesta, neulasta ja pääsuuttimesta. Luistin nousun alussa polttoainevirtausta säätelee neulan ja neulaputken väliin jäävä rako. Raon suuruutta voidaan muuttaa vaihtamalla joko neula tai neulaputki erikokoiseksi. Neulan vaihtaminen ei yleensä auta, sillä kaikissa neuloissa tyviosan halkaisija on kutakuinkin samansuuruinen. Hienosäätöä voidaan kyllä tehdä neulaa vaihtamalla. Neulan vaikutus on voimakkaimmillaan puolen kaasun tienoilla, ja se vähenee taas mentäessä kohti täyttä kaasua. Lähellä täyttä kaasua voimistuu pääsuuttimen vaikutus seoksen rikkauteen, mutta täydelläkään kaasulla se ei suinkaan ole yksinomainen vaikuttaja, vaan toimii sarjassa neulajärjestelmän kanssa aivan kuten ennen-

Tyhjäkäyntipiiri.

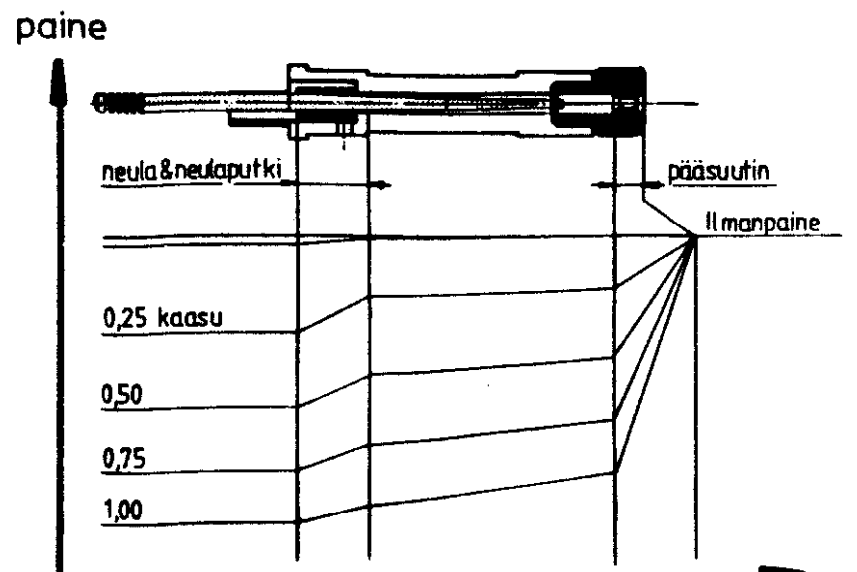


Luistin leikkaus.

Leikkauksen vaikutus pääpolttoainejärjestelmän paineeseen.



Pääpolttoainejärjestelmän painehäviöt.

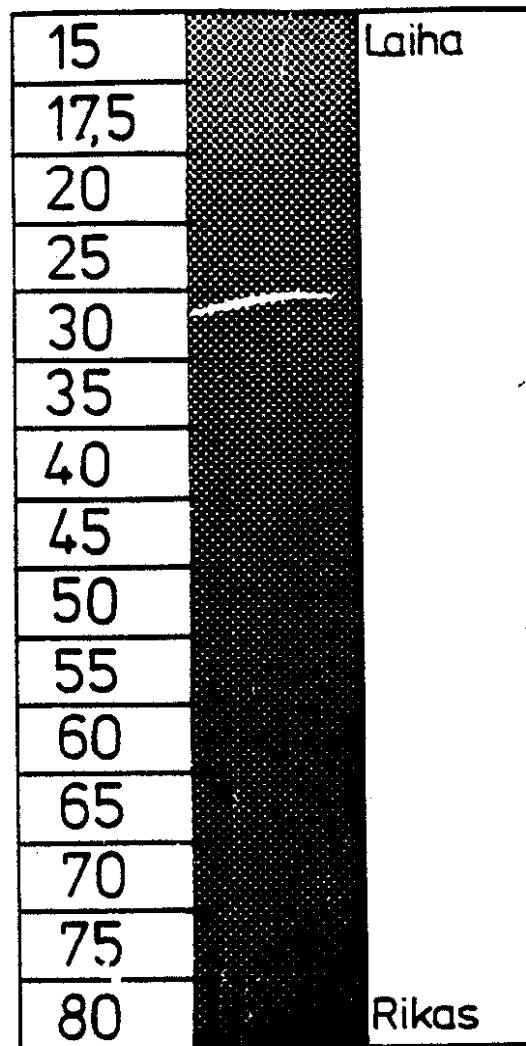


Neulaputket.

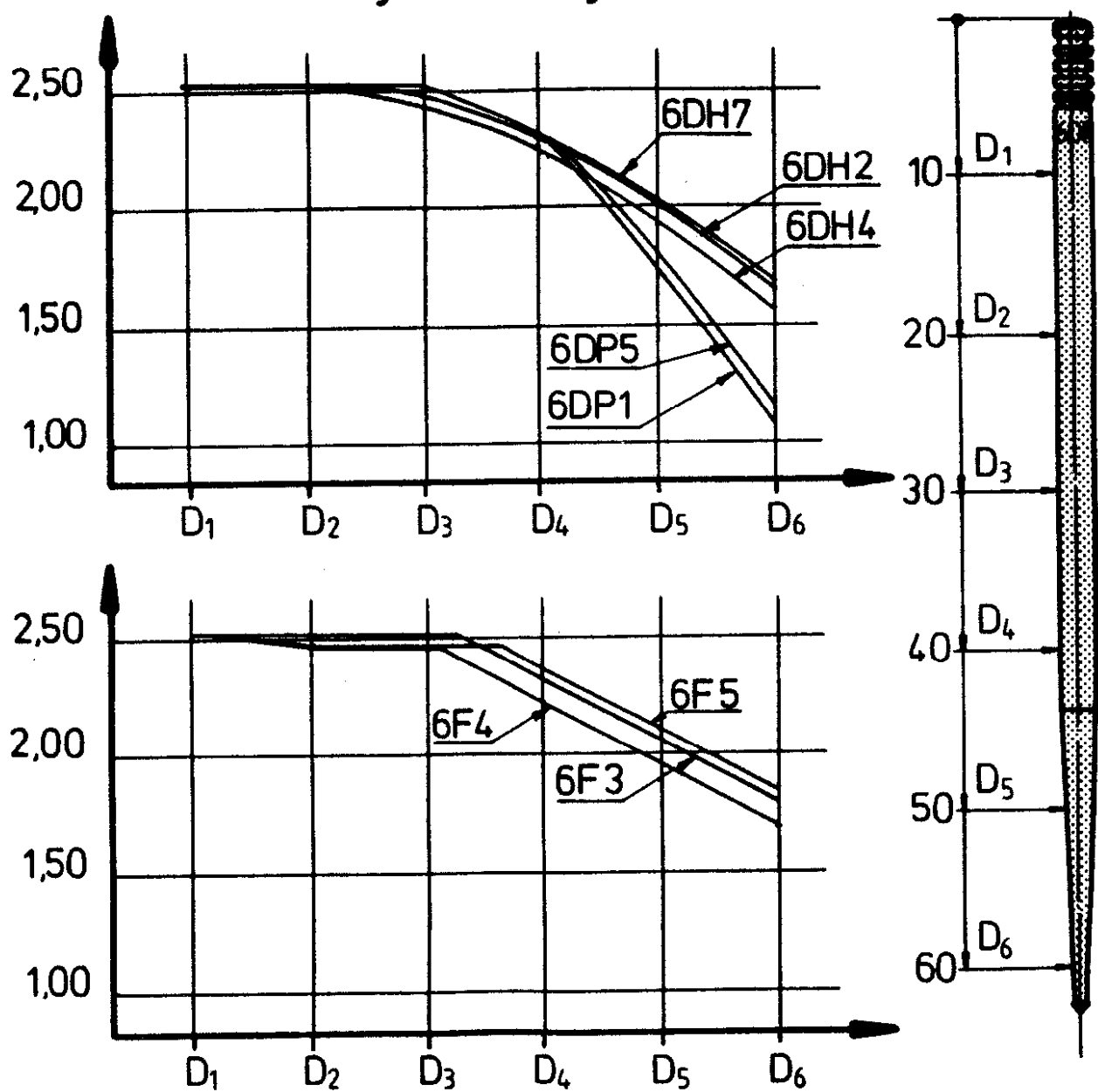
	-0	-2	-4	-6	-8
N	2,55	2,56	2,57	2,58	2,59
O	2,60	2,61	2,62	2,63	2,64
P	2,65	2,66	2,67	2,68	2,69
Q	2,70	2,71	2,72	2,73	2,74
R	2,75	2,76	2,77	2,78	2,79

Taulukko sisältää tärkeimpien neulaputkien halkaisijat.

Tyhjäkäyntisuuttimet.



Esimerkkejä neulojen muodoista.

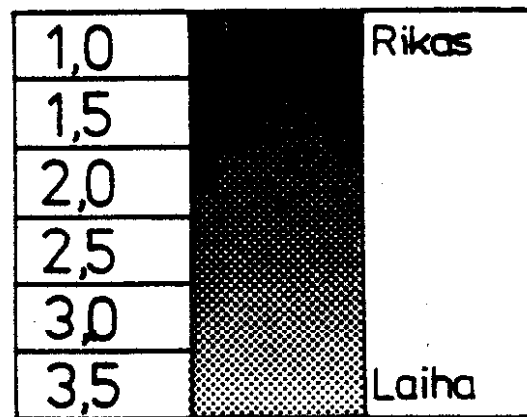


kin ja myös neulalla on sanansa sanottavana seossuhteeseen. Ilmasuuttimella on suuri merkitys täyden kaasun seokseen, mutta se ei yleensä ole vaihdettavissa, vaan koko määrätään jo tehtaalla ja se valmistetaan kaasuttimen kiinteäksi osaksi.

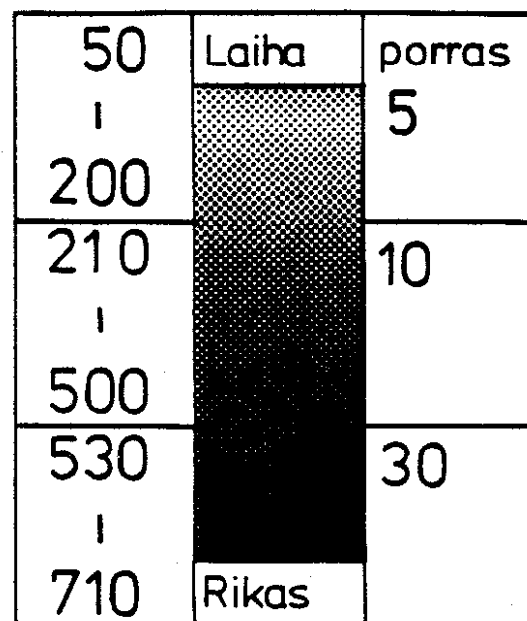
Kylmäkäynnistyksessä tarvitaan erikoisen rikas seos, koska polttoaineen höyrystyminen on poikkeuksellisen epätäydellistä. Silloin otetaan käyttöön kaasuttimeen rakennettu erillinen käynnistyskaasutin. Se on sijoitettu siten,

että sen kautta kulkeva ilmavirta ohittaa luistin, toisin sanoen se on kytketty varsinaisen kaasuttimen rinnalle. Moottoria käynnistettäessä nostetaan käynnistyskaasuttimen luisti yläasentoon, jolloin se alkaa syöttö erittäin rikasta seosta kaasuttimen kurkkuun, jossa se sekoittuu pääkaasuttimen seokseen rikastaen sitä. Käynnistyskaasuttimen seossuhdetta ei voi muuttaa, vaan se on tehtaalla valmiiksi säädetty antamaan sopivaa seosta mahdollisimman monissa erityyppisissä moottoreissa. Koska käynnistystilanteessa ei moottorista pyritäkään saamaan korkeata tehoa, on aivan yhden-

Kaasuluistin leikkaus



Pääsuutin.



tekevää millainen seossuhde on, jos moottori vain käy.

POWER-JET

Uusimmissa kaasuttimissa on perinteisten piirien lisänä Power-jet, lisäpolttoainesuutin. Sen kautta saadaan ylimääräinen polttoaineannos moottoriin suurilla kierroksilla kiihdytyksen jälkeen. Sen avulla seos saadaan suhteellisen laihaksi matalilla kierroksilla, mutta sen ansiosta yläkierroksille tulee ylimääräinen rikastus pitämään moottorin lämpötilan kurissa. RR-moottoreissa se on hyvin yleinen, mutta motocrossissa, jossa moottorin tulee vastata tasaisesti kaasuun, se ei ole saavuttanut suosiota.

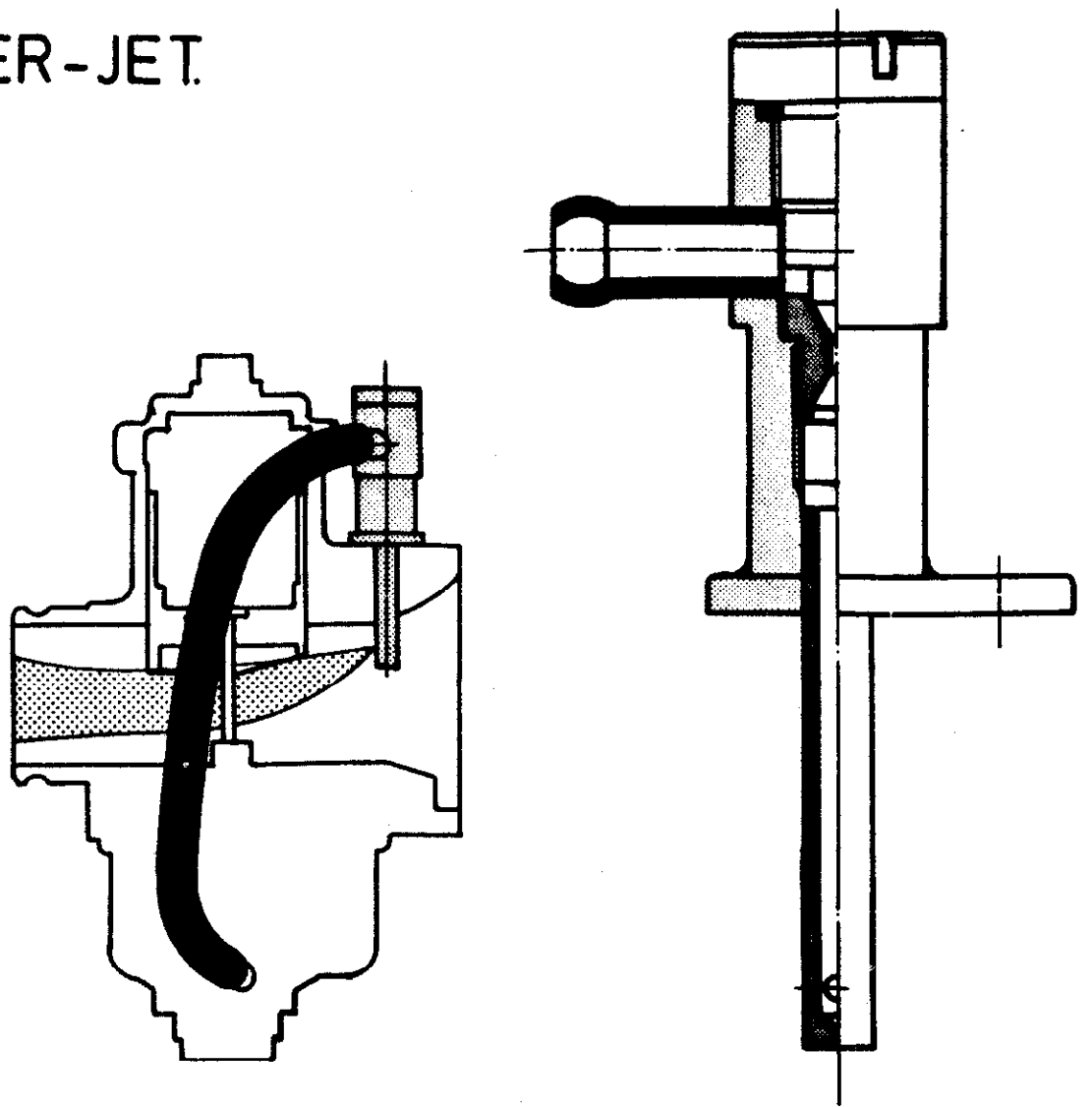
Joissakin RR-koneissa on kokeiltu O-luistikaasutinta, jossa ei ole lainkaan tyhjäkäyntipiiriä. Sen luistissa ei ole lainkaan leikkausta, ja niinpä sen pääpolttoainepiiri toimiikin aivan tyhjäkäynniltä alkaen. Väitetään, että tällöin se vastaa nopeammin kaasuun ja sen toiminta on muutoinkin täsmällisempää pienellä kaasulla.

LITTEÄLUISTINEN MIKUNI

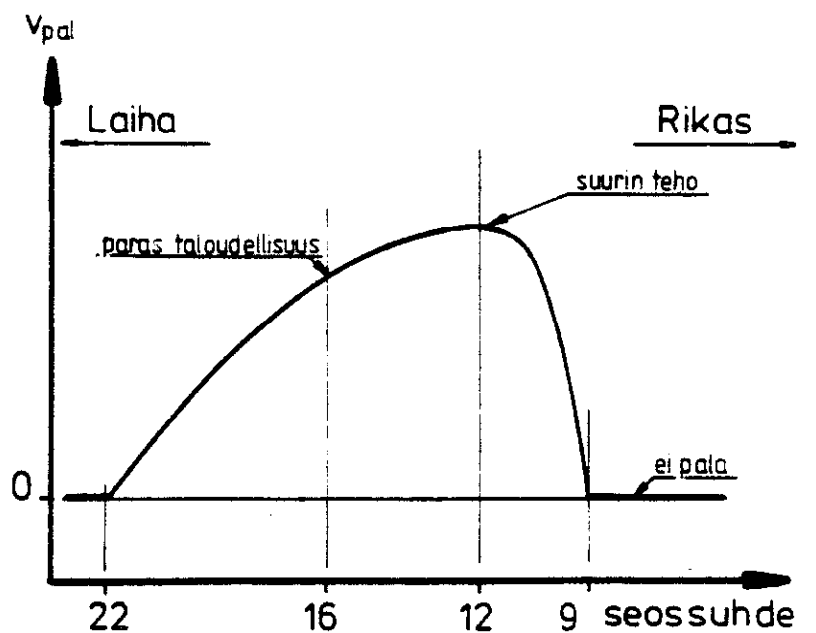
Aivan uusi tulokas on litteäluistinen Mikuni. Se muistuttaa VM-sarjan kaasuttimia, mutta niiden pyöreä luisti on korvattu I-profiilia muistuttavalla luistilla. Samalla on kurkku muotoiltu paremmin virtaavaksi. Siinä ei ole luistinkaan kohdalla kuin kaksi kapeaa uraa luistinreunoja varten. Kaasuttimen etuna on sen parempi seoksen muodostaminen tyhjäkäynnillä ja pienellä kaasulla. Se vastaa paremmin kaasuun, ja parantaa olennaisesti varsinkin suuren luokan motocrosspyörän hallittavuutta. Tämä johtuu luistialueen uudesta muotoilusta. Kaasu ei pääse kiertämään neulaputken yläpäästä luistikammion tasaisen pohja-alueen laitojen kautta, vaan sen on mentävä kurkun keskiosan kautta, ja niinpä sen nopeus naulan ympärillä onkin suurempi. Tämän vuoksi polttoaineen annostelu on tarkempaa, ja myös sen höyrystyminen tehokkaampaa. Seurauksena on paremmin palava seos ja parempi kaasuun vastaus. Muilta osin kaasutin vastaa normaalia VM-sarjan kaasutinta.

Tehdaspyörissä käytetään magnesiumrunkoisia kaasuttimia, mutta

POWER-JET.



Palamisnopeus.



$$D_k = 3 + \sqrt{\frac{V_i^{0,8} \cdot (n \cdot P_e)^{1,1}}{32000}}$$

$$D_k = 3 + \sqrt{125 \cdot \frac{P_e^{1,1}}{V_i^{0,3}}}$$

D_k = Kaasuttimen kurkun halkaisija, mm

V_i = Iskutilavuus, cm^3

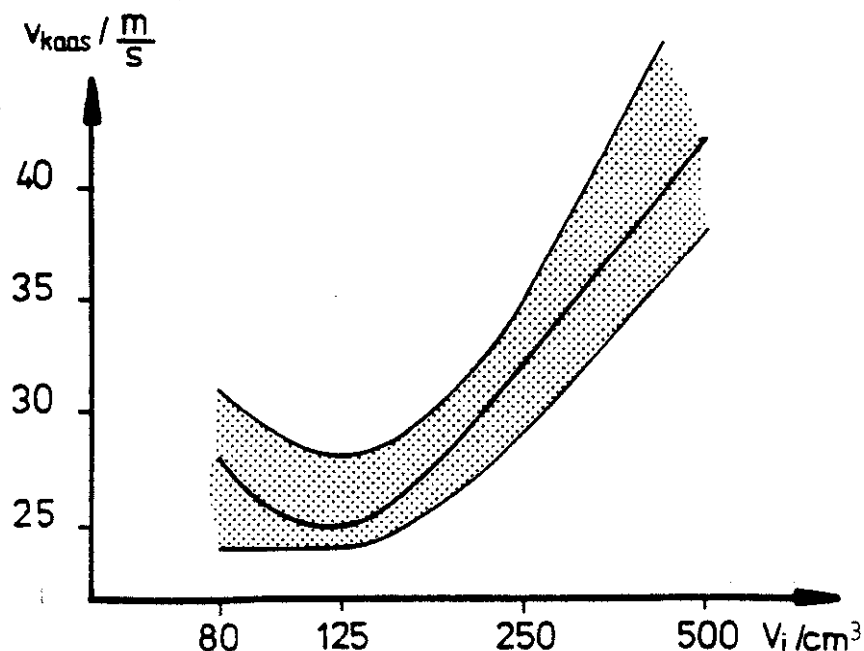
P_e = Tehollinen keskipaine, kPa

P_e = Kampiakseliteho, kW

n = Kierrosluku, kierr./s

Seoksen nopeus kaasuttimessa.

1983



$$V_{\text{kaas}} = \frac{4 \cdot V_i \cdot n}{\pi \cdot D_k^2}$$

V_{kaas} = Seoksen nopeus kaasuttimessa, m/s

V_i = Iskutilavuus, cm^3

n = Kierrosluku, kierr/s

D_k = Kaasuttimen kurkun halkaisija, mm

YAMAHA-mallien kaasuttimien kokoja.

Malli	Kampiakse- liteho kW	Kierrosluku kierr/min	Tehollinen keskipaine kPa	Kaasutin ϕ mm	Laskettu kaasutin ϕ mm	Vuosimalli
PW50	2,0	5500	437	12	12,1	-83
PW80	3,8	5500	524	15	15,1	-83
YZ50	6,6	10500	756	20	20,5	-83
YZ80 LC	16,1	12250	997	26	29,8	-83
YZ125 LC	25,0	11250	1074	34	34,9	-83
YZ250 LC	34,6	8250	1019	38	37,4	-83
YZ490	44,1	7000	775	38	38,4	-83
IT175 J	23,5	7500	1085	34	32,3	-82
DT125 LC	11,9	7000	826	24	24,2	-83
RD125 LC	15,5	9500	792	24	27,6	-82
RD350 LC	43,4	9000	833	2x26	31,0	-83
TZ250 J	40,4	11000	891	2x36	31,4	-82

ymmärtääkseni niiden toiminta vastaa kaikilta osin tavallista tuotantomallin kaasutinta, vain paino on alhaisempi.

Kaasuttimen koko

Kaasuttimen koon valinta perustuu useimmissa tapauksissa rautaiseen kokemukseen, ja vain harvoin turvaudutaan laskukaavoihin. Olen kuitenkin ottanut mukaan kaavan, jonka avulla voidaan arvioida sopiva kaasuttimen koko. Siitä on apua silloin, kun kaasuttimen kokoa joudutaan muuttamaan radikaalisesti. Tämä tilannehan tulee vastaan silloin, kun moottorin viritystasetta nostetaan olennaisesti, esimerkiksi kun enduroon tehdään viritystä mantsakisoja varten. Pienissä muutoksissa on helppo arvioida sopiva kaasuttimen kurkun halkaisija, mutta kun muutokset ovat kyllin suuria, tarvitaan matematiikkaa avuksi.

Laskukaavat pitävät paikkansa melko hyvin, kun on kyse motocrossmoottorista. Ne antavat liian pieniä arvoja, kun moottorista yritetään ottaa mahdollisimman paljon tehoa vääntöalueen laajuuden kustannuksella. RR-moottorissa käytetään jonkin verran suurempia kaasuttimia. Toisalta, kun pyritään suureen tehoon kätupyörässä, jossa laaja vääntö on tärkeä ominaisuus, tyydytään pieneen kaasuttimeen ja yritetään saada tehoa muilla keinoilla. Motocrossmoottoria on tältä osin tasapainoinen kokonaisuus. Sen vääntöominaisuudet ovat hyvin suhteessa huipputehoon ja siksi mihinkään erikoisratkaisuihin ei ole tarvinnut mennä.

SEOKSEN KESKINOPEUS

Kaasuttimen koko voidaan määrittää myös seoksen keskinopeuden mukaan. Taulukossa olevat arvot on laskettu olettaen moottorin huuhteluilmakertoimeksi yksi, toisin sanoen se imee kaasuttimen läpi iskutilavuutensa verran ilmaa kampiakselin kierrosta kohti. Kierrosluku on huipputehon kierrosluku, ja moottorin kuvitellaan imevän ilmaa tasaisesti koko ajan.

Kaasuttimen säätö

Polttoainepinta

- Ensimmäiseksi tarkastetaan polttoainepinnan korkeus. Sillä on vaikutusta kaikkiin muihin säätöarvoihin, ja niinpä siihen ei enään tämän jälkeen saa mennä koskemaan. Polttoainepinta säädetään valmistajan antamaan arvoon, mikäli sellainen on käytettävissä. Usein on kysymyksessä kuitenkin alkuperäisestä poikkeava kaasutin. Tällöin on parasta säätää polttoainepinta siten, että neulaventtiili avautuu, kun kohon painike on yhdensuuntainen kohokammion tiivistepinnan kanssa. Tällöin säätö ei voi olla kaukana oikeasta.

Pääsuutin

- Seuraavaksi tarkastetaan pääsuutin irroitettuna tai aivan liian suuri pääsuutin paikallaan, ettei neulasuutin/neula -systeemi rajoita liiaksi polttoaineen virtausta. Jos moottori alkaa "röpöttämään" täydellä kaasulla, on virtaus riittävä. Kokeen aikana on neulan oltava alimmassa lovessa. Kun tämä on tehty, siirrytään kokeilemaan erikokoisilla pääsuuttimilla. Aluksi kaasuttimeen laiteaan liian suuri pääsuutin ja käynnistetään kone, sen pitäisi "röpeltää". Moottori ottaa siis hitaasti kierroksia, ja ei suostu ottamaan täysiä kierroksia millään konstilla. Suutinta aletaan pienentämään, kunnes tullaan pisteeseen, jossa moottori yhtäkkiä alkaa käymään puhtaasti myös yläkierroksilla. Tällöin pääsuutin on kutakuinkin sopiva. Paras teho saavutetaan ehkä hieman laihemmalla teholla ja siksipä ammattimiehet pienentävät pääsuutinta vielä pykälän tai pari, mutta tällöin ylikuumenemisen ja kiinnileikkautumisen riski kasvaa. Teho nousee kuitenkin vain muutaman prosentin nelitahtipisteestä ja vaurioriski nousee kuitenkin huomattavasti, joten en suosittele liian pienellä suuttimilla leikkimistä.

- Kun pääsuutin on valittu, tulee neulan vuoro. Tässä vaiheessa suoritetaan neulan karkeasäätö ja vasta aivan viimeisenä se säädetään täsmälleen kohdalleen. Etsi siis neula, jolla saat moottorin

käymään kutakuinkin puhtaasti osakaasullakin, kutakuinkin puhtaasti riittää tässä vaiheessa.

Tyhjäkäynti

- Nyt on vuorossa tyhjäkäynnin säätäminen. Se aloitetaan kiertämällä tyhjäkäyntiruuvi auki. Kierrä sitä seuraavaksi kiinnipäin siten, että luisti juuri ja juuri nousee. Kierrä ilmaruuvi kiinni ja avaa sitä 2...3 kierrosta. Nyt on karkeasäätö tehty, seuraavaksi aletaan säätää tarkentamaan. Sääda aluksi ilmaruuvia siten, että moottori käy mahdollisimman nopeasti. Laske luistia hieman ja toista ilmaruuvien säätö, kunnes moottori käy tasaisesti ja mahdollisimman alhaisilla kierroksilla.

- Mikäli moottorin kierrosluku kasvaa seoksen tulematta missään vaiheessa liian rikkaaksi kierrettäessä ilmaruuvi täysin kiinni, on tyhjäkäyntisuutin liian pieni. Liian suurella tyhjäkäyntisuuttimella moottorin kierrosluku kasvaa alkamatta lopuksi laskemaan kierrettäessä ilmaruuvi kokonaan auki. - Tässä vaiheessa on parasta tarkastaa onko pääsuutin vielä kohdallaan. Tehdyt säädöt ovat saataneet vaikuttaa sen kokoon.

Luistin leikkaus

- Luistin leikkaus vaikuttaa 0...1/8 kaasun alueella. Tällä alueella siirrytään tyhjäkäyntipiiriltä pääpolttoainepiirille, ja leikkauksella voidaan vaikuttaa siirtymiskohtaan. Liian pienellä leikkauksella moottori röpeltää tällä kaasulla ja liian suurella leikkauksella se empii kiihdytykseen lähdetessä.

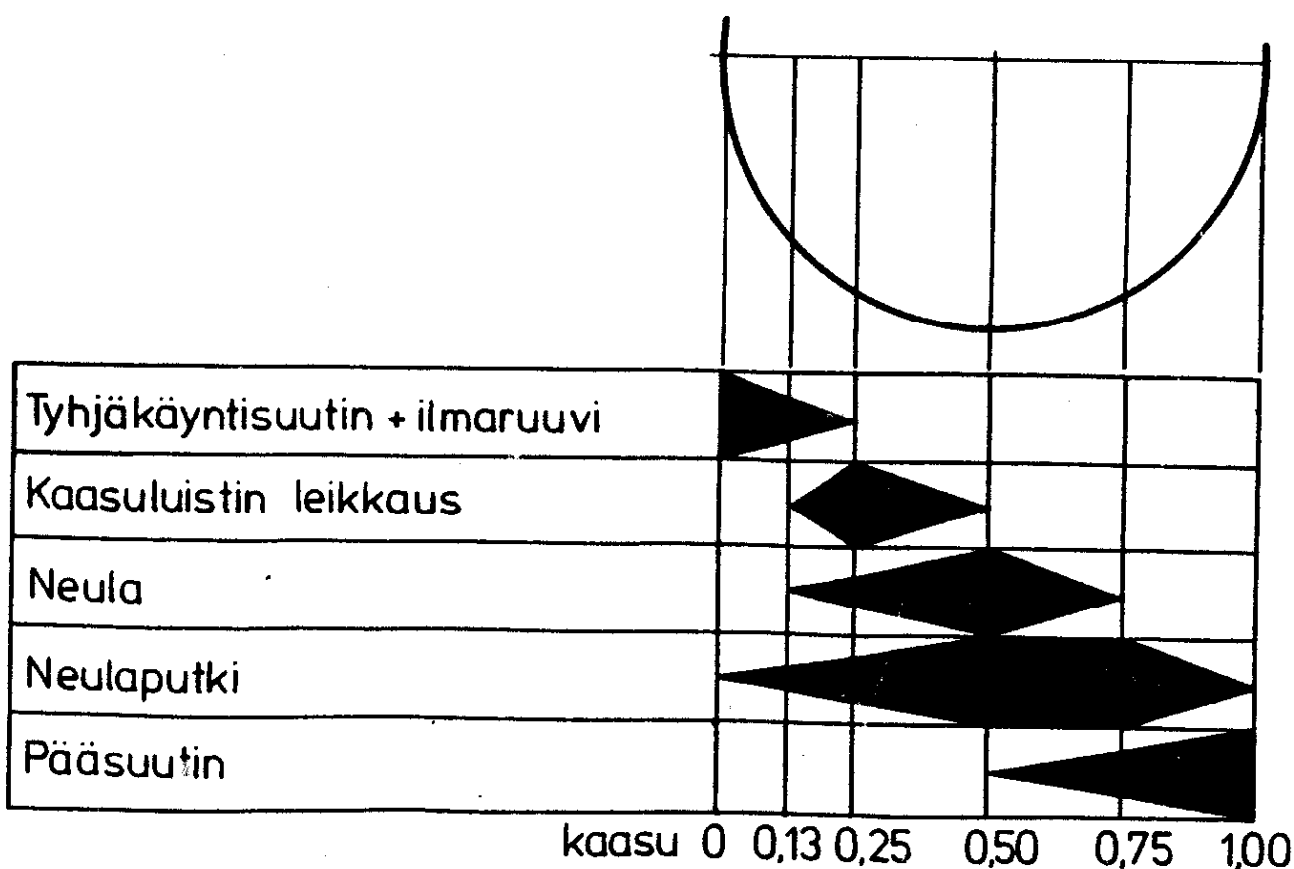
Neulan säätö

- Viimeksi suoritetaan neulan hienosäätö. Jos moottori tukehtuu tai epäröi kaasua yhtäkkiä lisätessä, mutta vetää tasaisesti tasaisella kaasulla, on seos laihalla. Kun moottori röpeltää ja käy epätasaisesti osakaasulla, on seos rikas. Säätöä muutetaan siten, että ensimmäisen kolmanneksen tienoilla säätö haetaan kohdalleen neulanputkea vaihtamalla. Neulan kartiokkuuksia voi tutkia neulataulukosta, josta oikea koko varmasti löytyy.

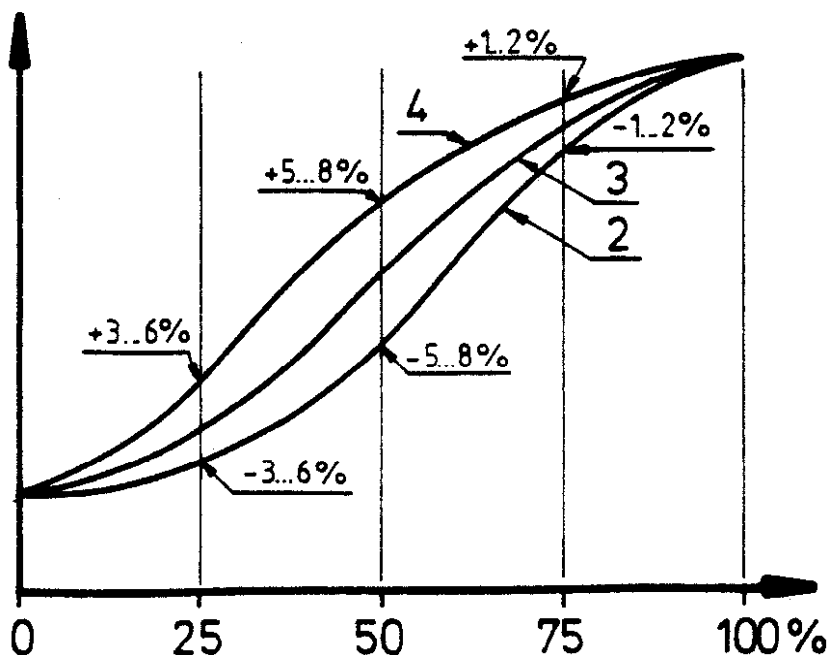
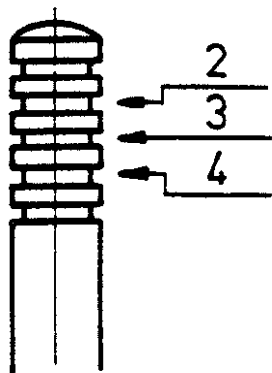
- Periaatteessa kaasuttimen säädöt pitäisi olla nyt kohdallaan. On kuitenkin parasta vielä kerran tarkastaa pääsuuttimen koko ja suorittaa ilmaruuvien lopullinen säätö. Tämän jälkeen säädettäessä kaasutinta eri ulkoilmanpaineen ja lämpötilan arvoja vastaavaksi, ei tyhjäkäyntipiiriin ja neulaan yleensä tarvitse koskea. Vasta niin suuret muutokset ajo-olosuhteissa kuin talvinen pakkanen jäärädalla vaativat muutoksia näihin säätöihin.

Nyt te tietysti nauratte, että olipa taas mitäänsanomattomat kaasuttimen säätöohjeet, mutta yrittäkääpä itse kirjoittaa, miltä moottori kuulostaa tai minkä tuntuinen pyörä on kiihdytettäessä. Se on hirveän vaikeata. Olen itsekkin aina ihmetellyt, miksi mistään kirjasta ei löydy kunnollisia ja tyhjentyviä ohjeita kaasuttimen säätämisestä, mutta ehkä se johtuu yksinkertaisesti siitä, että mistään kielestä ei löydy niin hyviä onomatopoeettisia sanoja, joiden avulla moottorin tunnetiloja voisi selkeästi kuvata. Säälä.

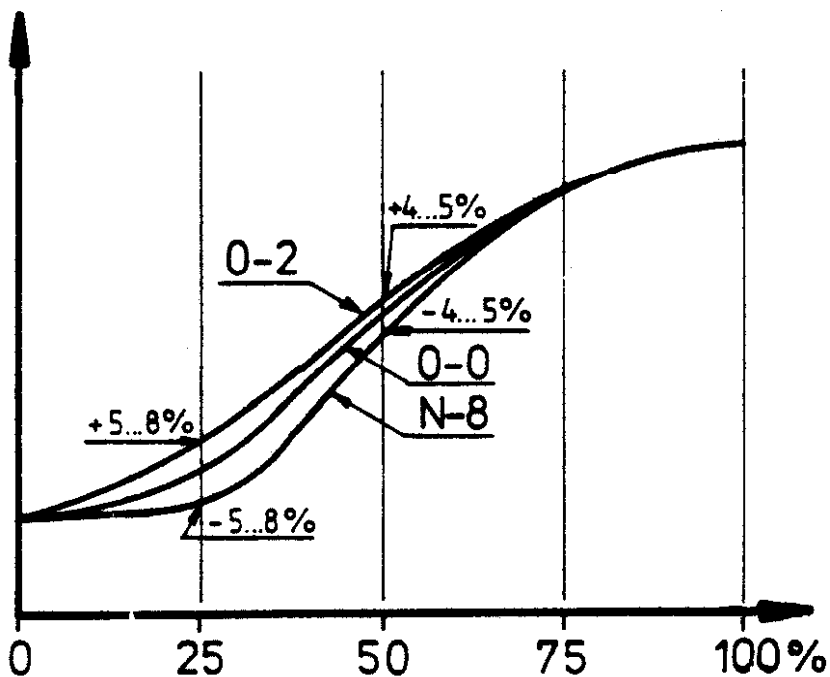
Kaasuttimen säätöjen vaikutusalueet.



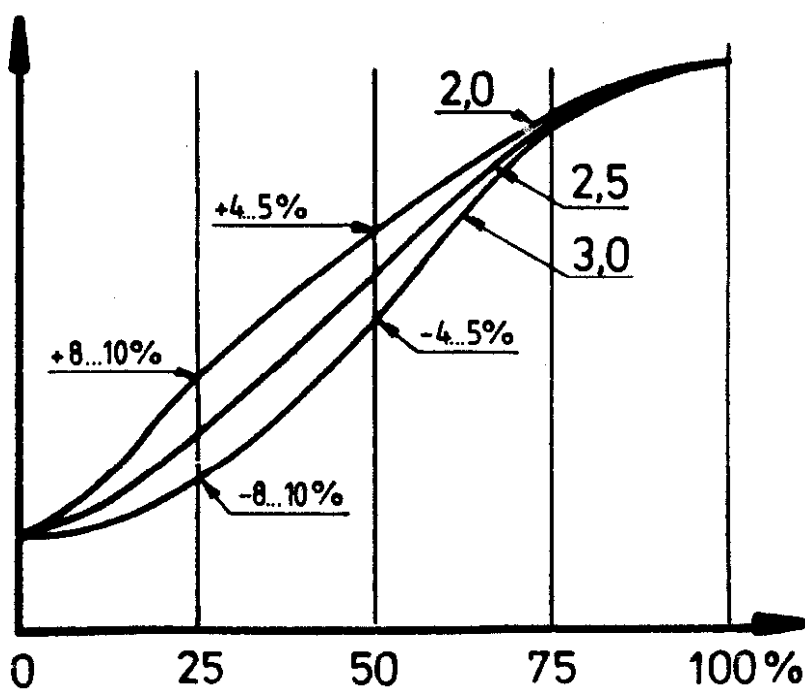
Neulan lovi.



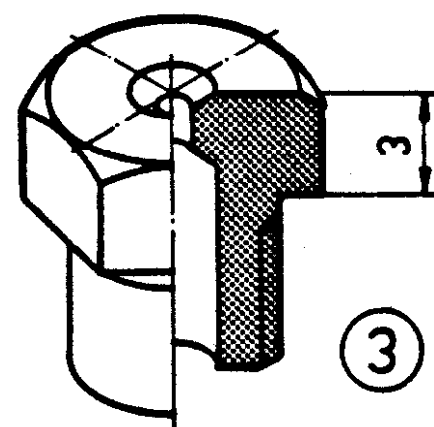
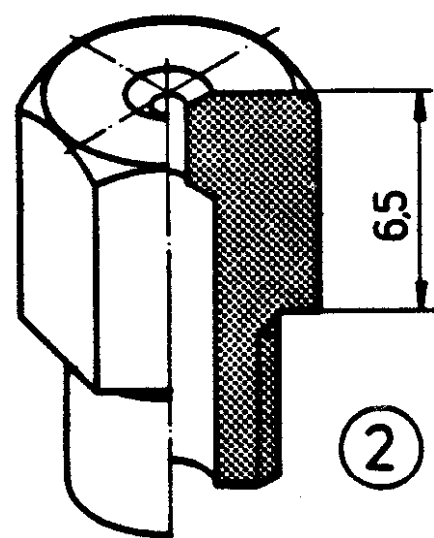
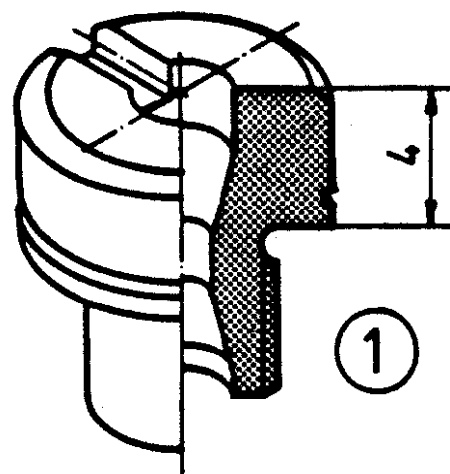
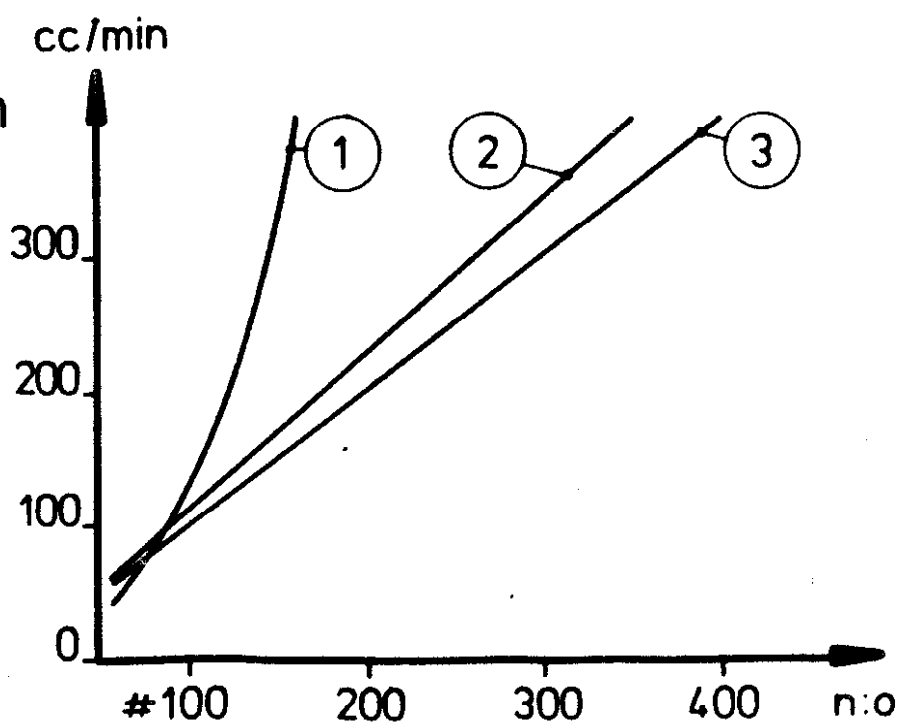
Neulaputki.



Luistin leikkaus.



Pääsuuttimen virtaama.



4 Sytytys

Sytyyslaitteiden kohdalla tilanne on onnellinen. Moneen vuoteen ei enään ole tarvinnut tuskailla katkojen kärkien kanssa. Muistelen kauhulla aikoja, jolloin ainaisenä murheena oli roska kärjissä tai johonkin suuntaan siirtynyt sytytysketki. Hyvästi pahan ajat, tervetuloa uudet hyvät ajat. Tervetuloa kärjetön sytytys.

Vaan eipä ole sytytysmurheet ohi. Nyt pelätään mystisen mustan laatikon palamista. Ei ole laatikko ihmeellisen näköinen, mutta onpa sitäkin kalliimpi.

MITÄHÄN SEN SISÄLLÄ ON?

Elektroniikka on toimiessaan mukavaa, se ei kaipaa huoltoa ja on kulumatonta. Mutta kun se särkyy, ollaan pulassa. Vain hyvin harvoja vikoja voidaan korjata, ja silloinkin kun se on mahdollista, tarvitaan erikoiskoulutettu asiantuntija apuun. Ainoa korjaus, joka kannattaa itse tehdä on ruhjoutunut johto tai sen liitin. Muihin osiin ei kannata koskea. Kaikkein hankalinta elektroniikassa on se, että vaikka halutaankin suosiolla vaihtaa jokin osakokonaisuus, on vika kuitenkin pystyttävä paikallistamaan ennen varaosien tilaa-

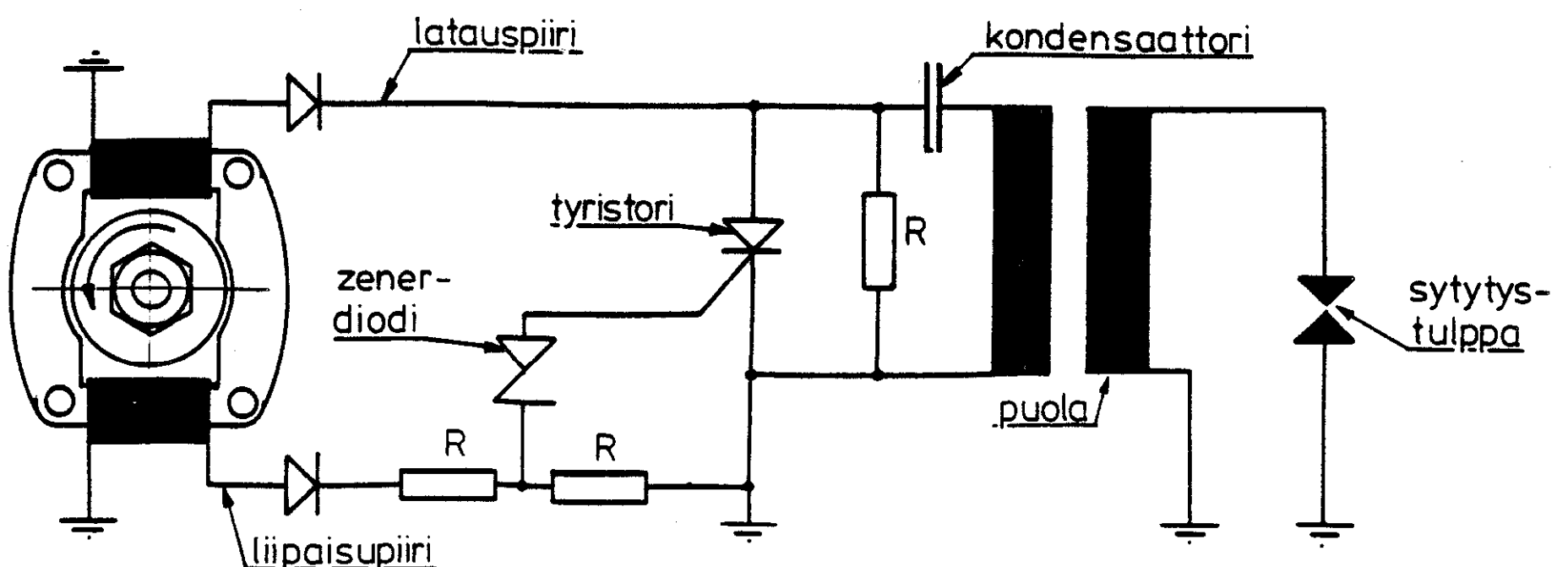
mista. Hyvin usein käy niin, että tilataan summan mutikassa joku osa ja sitten vaihdetaan se alkuperäisen tilalle. Jos moottori toimii, vika oli siinä, jos ei toimi, se oli muualla. Ei auta muu kuin tilata toinen osa ja yrittää uudelleen. Jos hermot vielä moisen kestäisivätkin, niin kukkaro ei ainakaan, osat ovat kalliita. Tuo periaatteessa niin huoleton kärjetön sytytys siis vasta huolia tuokin. Luojan kiitos, se pysyy aina säädöissään ja säätämisestä sentään päästään. Säätö on poikkeuksetta helppo tehdä ja ei vaadi erikoistyökaluja.

CDI:N TOIMINTAPERIAATE

Toimintaperiaatteelta kärjetön sytytys on useimmiten CDI, kondensaattorisytytys. Siinä kipinän energia ladataan kondensaattoriin ja puretaan sopivalla hetkellä sieltä tyristorin tai muun sopivan puolijohdekytkimen kautta sytytyspuolan ensiökäämille. Tyristorin toiminta ohjataan liipaisukäämin ja zener-diodin avulla. Liipaisukäämiin muodostuu sinimuotoinen jännite, joka ensimmäisenä tasa-suunnataan. Tämän jälkeen se johdetaan zener-diodin kautta ty-

ristorin hilalle. Kun liipaisinkelan jännite kasvaa zener-jännitteen suuruiseksi, muuttuu zener-diodi johtavaksi ja tyristori liipaistetaan. Se alkaa johtamaan ja kondensaattori pääsee purkautumaan. Sytytyspuolan ensiöpiirissä virta kasvaa hyvin nopeasti ja sen mukana kehittyy käämin ympärille voimakas magneettikenttä. Magneettikenttä synnyttää puolan toisio-käämiin suurjännitteen, joka johdetaan sytytystulpan elektrodeille. Kun toisiojännite on riittävän suuri (15...20 kV) purkautuu energia tulpan kipinävälissä iskevän kipinän kautta. Tässä periaate, turha sitä on kovin perusteellisesti selittää, ei sillä tiedollakaan voi sen toimintaa muuttaa. Sytytys-elektroniikka on valettu epoksimassan sisään ja siihen ei pääse käsiksi.

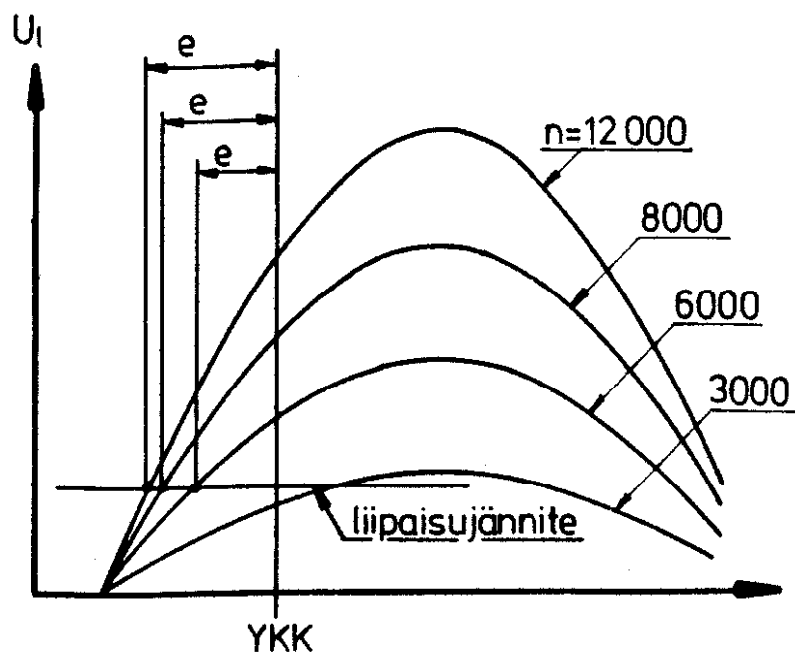
Ensimmäisissä CDI-sytytyksissä liipaisupiirejä oli vain yksi, nykyisissä on kaksi eri liipaisupiiriä. On oma piirinsä matalille ja korkeille kierroksille. Esimerkiksi 250 cc moottorissa matalien kierrosten piiri toimii jonnekin 5000 kierr/min saakka. Korkeiden kierrosten piiri jatkaa tästä eteenpäin. Tällä järjestetyllä voidaan ennakkokäyrää muuttaa paremmin



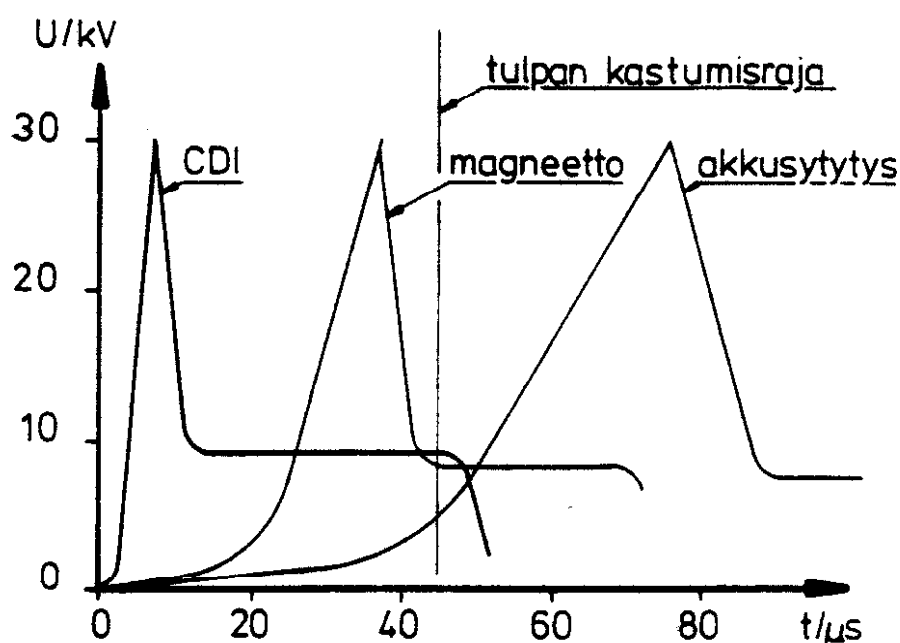
CDI:n toimintaperiaate.

CDI:n sytytysennakon muuttuminen.

U_l = liipaisuköämin jännite
e = sytytys ennakko



Jännitteen nousunopeus.



tarpeita vastaavaksi.

Aikaisempiin sytytysjärjestelmiin verrattuna CDI:n etuna voidaan pitää sen tasaista ja suhteellisen korkeaa toisiojännitettä. Se ei laske kierrosten noustessa kuten muilla systeemeillä tapahtuu. Toinen merkittävä etu on kipinjännitteen suuri nousunopeus. Kaksitahtimoottorissa tulppa kastuu herkästi, jos jännite nousee kipinän syttymisjännitteeseen liian hitaasti. Nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että jos kipinän syttymiseen menee yli 45 mikrosekuntia, tulppa kastuu. Akkusytytys ei siihen aikaan kykene ja magneetollakin menee 30 mikrosekuntia, mutta CDI nostaa jännitteen muutamassa mikrosekunnissa. Tulpan kastuminen on siis hyvin epätodennäköistä ja moottori käy hyvin huonoillakin seoksilla.

CDI:N SÄÄTÖ

CDI:n säätö tapahtuu kiertämällä moottorin lohkoihin kiinnitettyä staattorikäymistä tai joissakin tapauksissa moottoriin sijoitettua elektroniikkayksikköä. Useissa tapauksissa sekä kampiakselin mukana pyörivään rootto-

riin, että sen ympärillä olevaan staattoriin on tehty viivat, joiden ollessa vastakkain sytytys tapahtuu. Oikea sytytysajankohta mitataan männän aseman mukaan. Säätö on parasta tehdä mittakelloa hyväksi käyttäen, sillä muuten tarkkuus ei ole riittävä. Mittakello vain sytytystulpan reiästä sisälle ja sen avulla mäntä oikeaan kohtaan. Seuraavaksi viivat roottorissa ja staattorissa kohdakkain ja niin on säätö tehty.

KIERROSLUVUN RAJOITIN

Varsin monissa kärjettömissä sytytysjärjestelmissä on sisäänrakennettu kierrosluvun rajoitin. Sen tehtävänä on estää moottorin kierrosten nouseminen liian korkeaksi huolettoman vaihtajan polkaistessa välivapaalle, tai estää moottorin käyttö ylikerroksilla ajon aikana. Se on siis erinomainen laite, joka säästää moottoria ja estää sen väärinkäytön. Se estää myös tehokkaasti moottorin virittämisen kierroslukua korottamalla. Jos moottorin huipputehon kierroslukua yritetään nostaa merkittävästi, tulee kierrosluvun rajoitin vastaan ja tiedossa on

murheita. Koska se on sytytyslaitteisiin kiinteästi liittyvä laite ja japanilaisten tavan mukaan rakennettu sellaiseksi, että säätö on mahdotonta, on ainoa keino uusia koko sytytyslaitteet. Kierrosluvunrajoitin on siis virittäjälle todellinen murheenkryyni ja kun vielä tiedetään, miten kalliita täydelliset CDI-sytytyslaitteet ovat, onkin ymmärrettävää, miksi kierroslukua ei yleensä yritetäkään korottaa. Jos intoa riittää, voi moottoriin vaihtaa esimerkiksi Motoplatin CDI:n, jossa rajoitinta ei ole. Sen asentamisen jälkeen voi huomata, miten moottori kiertää paljon vapaammin yläkierroksilla ja venyy tarvittaessa pitemmälle samalla vaihteella.

Sytytystulppa

Sytytystulppa joutuu toimimaan erittäin epäedullisissa olosuhteissa. Se on alttiina korkeille lämpötiloille ja joutuu toimimaan suurissa paineissa. Palamisen aikana lämpötila voi nousta hetkittäin lähelle 2500°C ja työkierron huippupaine saattaa lähennellä 7,5 MPa:ia. Sen elektrodit kuumenevat palamisen aikana ja huuhtelupanos jäädyttää niitä työvaiheitten välillä, tulppa joutuu siis todella lujille. On hämmästyttävää, miten se voi olla niin halpa, sehän maksaa kisaversiona vain pari kymppiä kappaletta ja auton tulppia saa sillä rahalla neljäkin kappaletta.

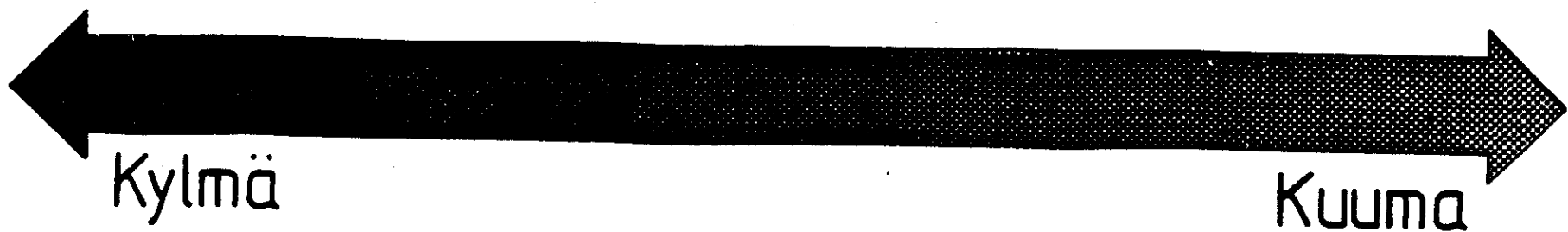
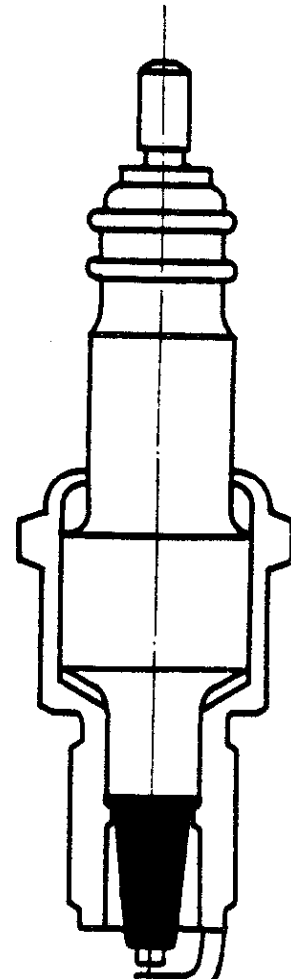
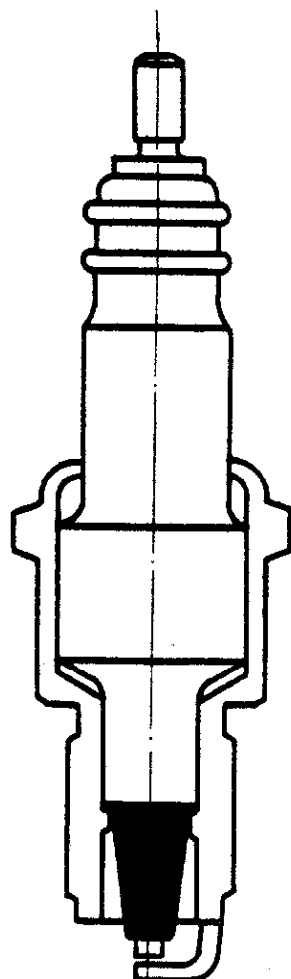
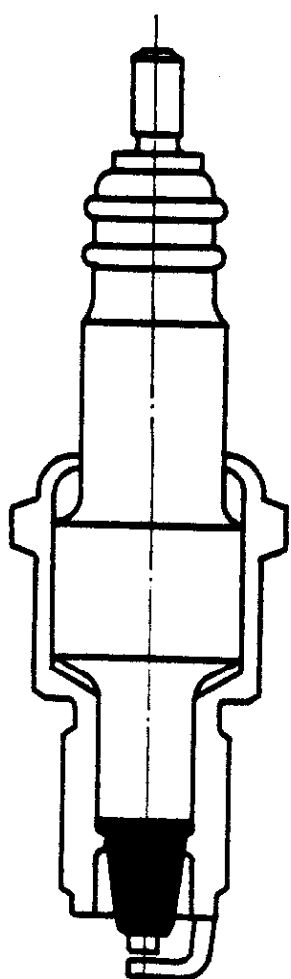
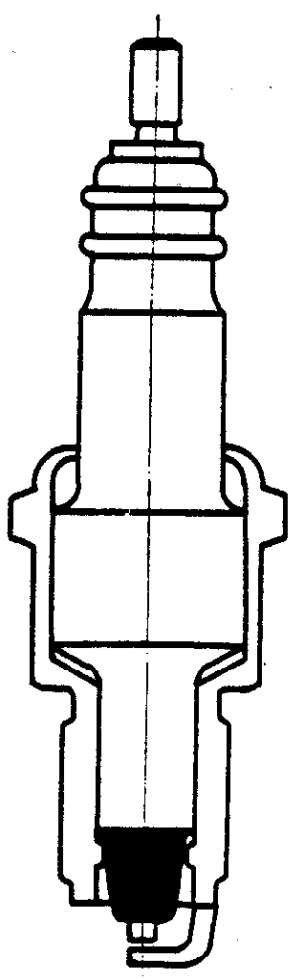
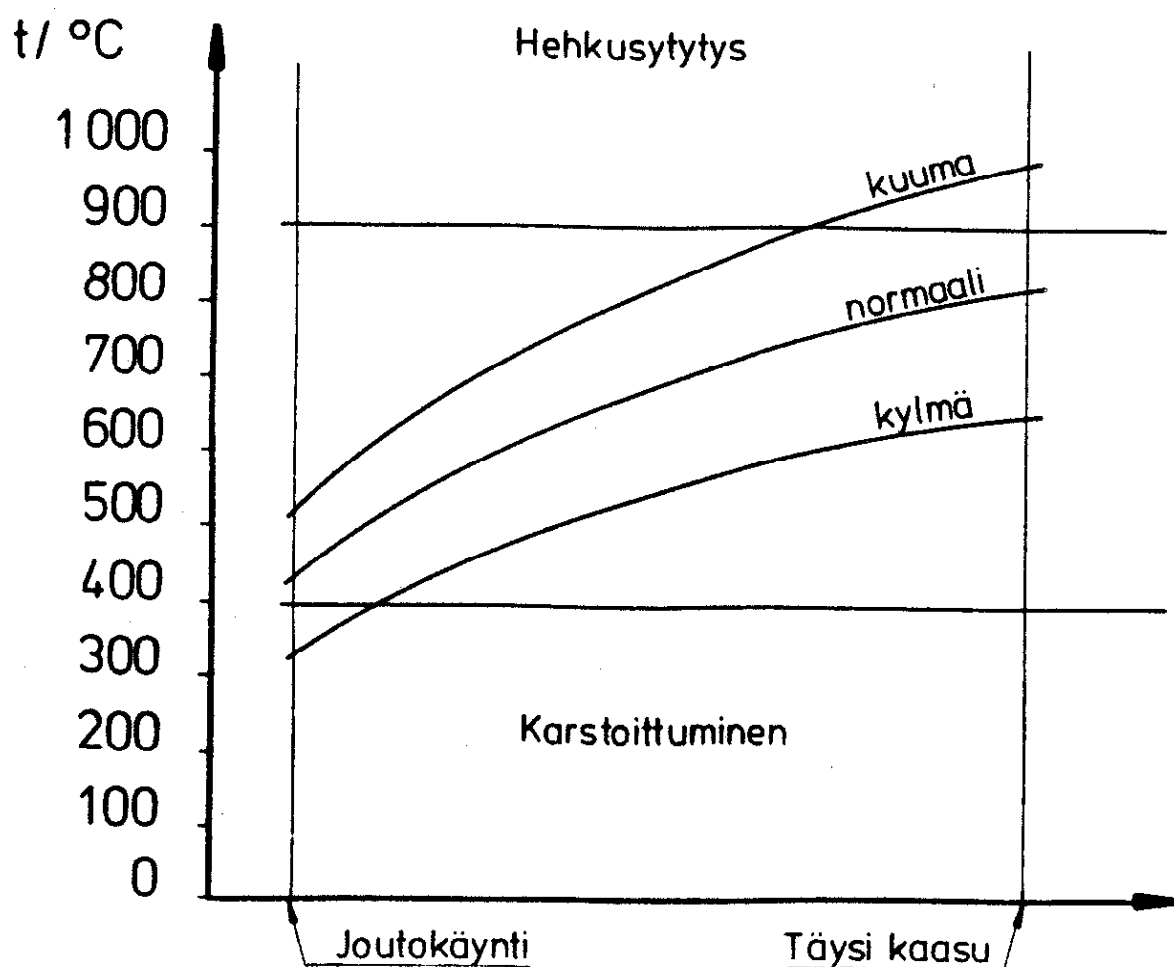
LÄMPÖARVO

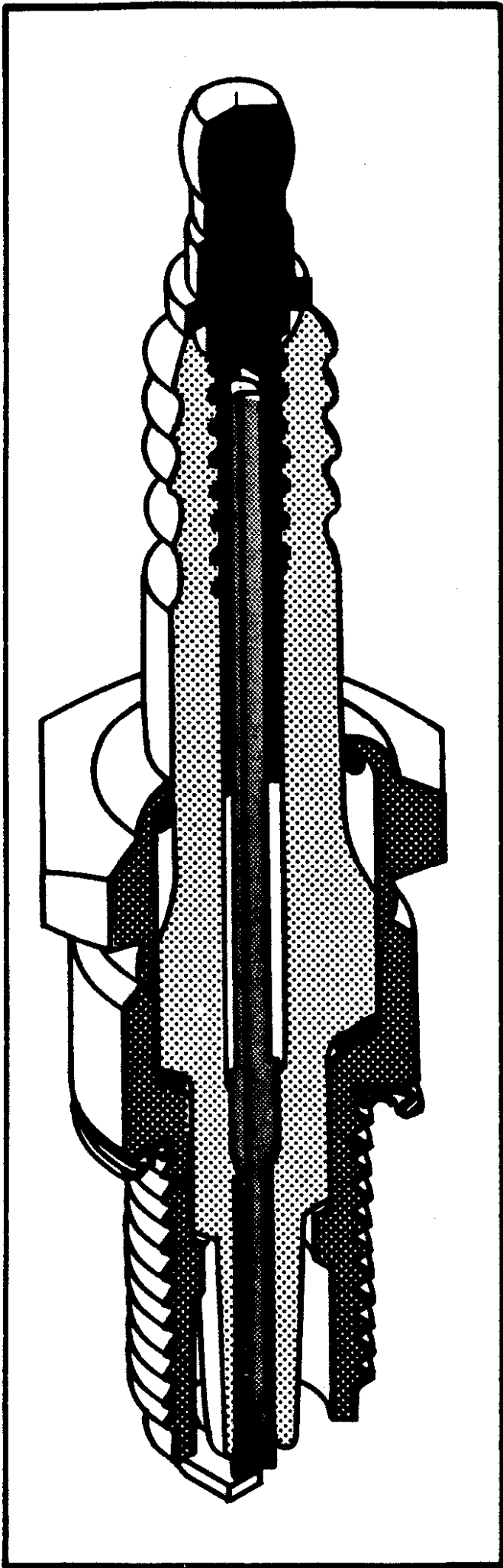
Tulpan ominaisuuksia tutkittaessa nousee tärkeimmäksi sen lämpöarvo. Sehän tarkoittaa sen kykyä johtaa lämpöä elektrodeista sylinterin kanteen. Hyvin lämpöä johtava tulppa on nimeltään kylmä. Se toimii moottorissa kylmänä ja kestää suuria lämpörasituksia. Edellistä huonommin lämpöä johtaa kuuma tulppa. Sitä käytetään viritysasteeltaan matalammassa moottorissa. Erot ominaisuuksissa johtuvat erilaisesta rakenteesta. Kuumassa tulpassa keskielektrodin kärjestä sylinterin kanteen on pitkä matka. Kylmässä tulpassa eristimen jalka on lyhyt ja niinpä lämpö pääsee johtumaan tehokkaasti pois tulpan sisäosista. Sen elektrodit pysyvät riittävän kylminä äärimmäisissäkin rasituksissa ja itsesytytys pystytään välttämään.

SYTYTYSTULPAN KÄYNTI-LÄMPÖTILA

Sytytystulpan edullisin käyttö-lämpötila-alue on 400...800 °C. Tätä matalammissa lämpötiloissa tulppa karstoittuu, ja kun siirrytään lähelle tuhatta astetta ole- viin, elektrodien lämpötiloihin saattaa polttoaineseos syttyä jo ennen sytytyskipinän purkautumis- ta. Ilmiön nimi on itsesytytys ja sen vaikutukset moottorille ovat tuhoisat. Moottorin lämpötila nousee jyrkästi ja seurauksena on kaksitahtimoottorissa mitä toden- näköisimmin männän puhkipalaminen. Ilmiötä ei pidä sekoittaa nakuttamiseen, sillä kyse on jos- tain aivan muusta. Vaurioitunutta mäntää tutkittaessa voidaan syy selvittää kiinnittämällä katse männän reunoihin. Nakuttavassa moottorissa reiän aiheuttaa epä- tavallisen suuri paine. Itsesyty- tyksestä kärsivän moottorin män- nän turmelee ylenpalttinen kuu- muus. Siksi reikä on nakutuksen jäljiltä rosoreunainen, ja sulamalla

Sytytystulpan eristimen kärjen käyntilämpötila.





Käynnistettäessä elektrodin pinnalle tiivistyy polttoainetta ja sen mukana tulee öljyä. Näiden seikkojen yhteisvaikutuksesta tulpan eristysvastus laskee, ja jossain vaiheessa syntyy läpilyönti eristimen pintaa pitkin keskielektrodista sylinterinkanteen. Tulppa kastuu. Kuumen tulpan eristeen jalka on pitempi ja siksi sen eristysvastus on suurempi kosteanaakin. Se ei ole yhtä herkkä kastumaan kuin kylmä tulppa, ja siksi moottori käynnistyy paremmin kuumalla tulpalla. Se lämpenee myös nopeammin ja moottori alkaa käydä paremmin hyvin pian.

TULPAN VALMISTUSMATERIAALIT

Tulpan keskielektrodi voidaan valmistaa kokonaan teräksestä. Sen lämmönjohtavuutta voidaan kuitenkin parantaa kuparisidoksella ja näin rakennettu tulppa on vähemmän arka äkillisille lämpökuormille. Sen lämpötila on tasaisempi ja lämpökapasiteetti suurempi. Se voi siis varastoida suurempia lämpöenergiaa. Kuparisidoksensa ansiosta se voi siirtää lämpöä ylikuumentamisen vaarassa olevasta keskielektrodin päästä sen sisäosiin ja luovuttaa sitä ulos elektrodista, kun moottorin kuormitus on pienempi. Tulppa kestää rajuja kiihdytyksiä olematta kuitenkaan liian kylmä normaalissa ajossa.

Nykyisissä motocrosspyörissä käytetään erittäin paljon jalometallielektrodisia tulppia. Ne kestävät suuria lämpökuormia ja toimivat hyvin vaihtelevissakin olosuhteissa. Elektrodit valmistetaan usein kullalla, hopealla ja platinan sukuisella palladiumilla seostetuksi. Niiden lämmönjohtavuus on erittäin hyvä ja joillakin lisäaineilla on myös sulamispistettä korottava vaikutus. Kaikki eivät sitä suinkaan korota, sillä kultakin sulaa jo 1063°C ja hopea on vieläkin huonompaa, sillä sen sulamispiste on 960°C. Platina sulaa vasta 1774°C lämpötilassa ja on siten hyvä seosaine elektrodihin. Kullan ja hopean merkitys on lämmönjohtavuuden parantajana hyvin tärkeä. Parantuneen lämmönjohtavuuden ansiosta elektrodit voidaan tehdä ohuemmiksi, ja niin myös kärkiväliä voidaan pienentää. Jos normaalien tulppien kärkiväliä mennään pienentämään liikaa, jäähtyy seos kärkien välissä niin tehokkaasti, että palaminen ei pääse esteettä alkamaan. Ohutelektrodissa tulpassa on elektrodien väli niin avara, että pienelläkin kärkivälillä palorintama pääsee esteettä etenemään ympäröivään seokseen. Pieni kärkiväli

syntyvä hehkusytytyksen tulos on pyöreäreunainen aukko.

Lämpöarvoa muuttamalla voidaan tulppa saada toimimaan edullisella lämpötilalla täydellä kaasulla. Se ei tuota ongelmia. Mutta joskus sama tulppa käy liian kylmänä tyhjäkäynnillä ja on siksi altis karstoittumaan. Erikoisratkaisuja käyttämällä saadaan tulppasta tehtyä venyvämpi. Sen lämpötilaa saadaan tasoitettua kuormituksesta vähemmän riippuvaksi, ja näin se saadaan toimimaan tyydyttävästi myös osakuormilla. Eräs tällainen keino on eristimen ulostyöntäminen. Elektrodia pyyhkivä huuhteluvirtaus jäähdyttää niitä ja varsinkin suurilla kierrosluvuilla tulppa käy kylmempana.

Kylmän tulpan eriste on lyhyt.

tietää matalaa sytytysjännitteen tarvetta ja pienentää tulpan kastumisen todennäköisyyttä.

ELEKTRODIEN MUOTOILU

Keskielektrodin muodolla on merkitystä tulpan jännitteen tarpeeseen. Tutkimusten mukaan elektronit hyppäävät paremmin keskielektrodista sivuelektrodille, kun sen reunat ovat terävät.

Metallikappaleeseen syntyvä sähkökenttä on voimakkaimmillaan sen terävissä reunoissa ja siksi kipinä hyppääkin mieluummin keskielektrodin reunoilta. Sama seikka pienentää jalometallielektrodien tulpan jännitteen tarvetta. Pieni elektrodi on tavallaan terävämpi ja siksi elektrooni irtoa siitä helpommin.

TULPAN LUKEMINEN

Harrastajilla on se käsitys, että todella ammattitaitoinen mekaniikko lukee tulpasta takarenaan ilmanpaineenkin. Kyllähän tulpasta on luettavissa yhtä sun toista, mutta on jo erittäin hyvin, jos saat siitä irti lämpöarvon ja väärän sytytysennakon. Tulpan lukeminen ei ole helppoa ja sen oppii vain harjoittelemalla.

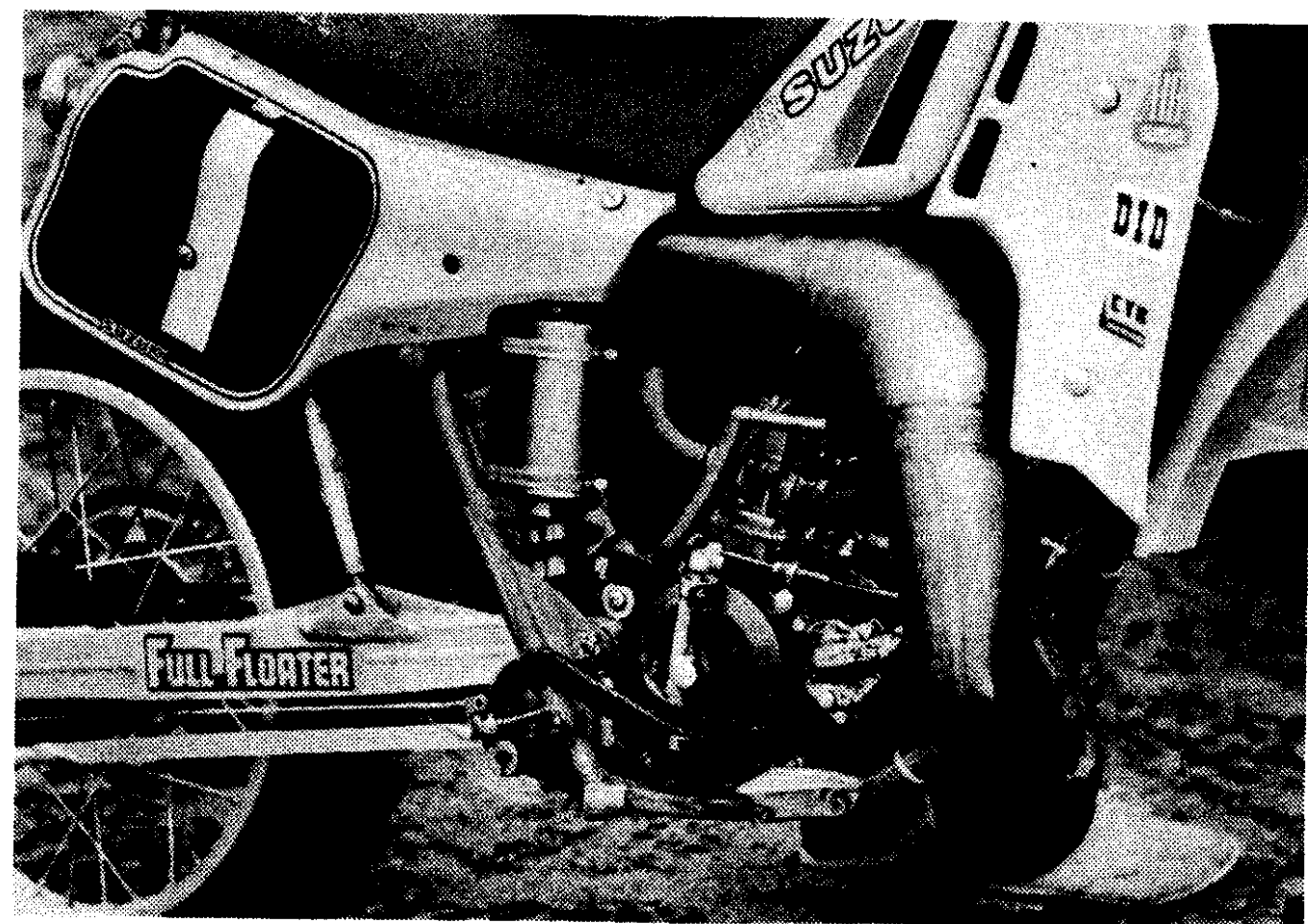
Tutkiminen aloitetaan vaihtamalla moottoriin uusi sytytystulppa. Vanhasta tulpasta ei lämpöarvoa yleensä pysty lukemaan, koska karstoituksen väri on hyvin suuresti riippuvainen käytetystä öljystä. Nelitahtimoottorissa tilanne on toinen, sen tulpasta voidaan lukea vanhanakin jotain.

Moottorissa on siis uusi tulppa. Seuraavaksi moottori käytetään lämpimäksi ja sillä ajetaan sellaisella nopeudella ja kuormalla kuin mittaus edellyttää. Kulloinkin lukema kuvastaa tulpan tilaa kyseisissä olosuhteissa ja siksi moottori on pysäytettävä silloin, kun se käy halutulla kuormalla. Moottori pysäytetään vauhdissa ja pyörän annetaan rullata pysähtynein konein. Tulppa irroitetaan moottorista ja sitä aletaan lukemaan.

Liian kylmä tulppa on helppo eroittaa. Se on musta. Sopiva tulppa on kuin uusi. Sen eriste on täysin puhdas ja elektrodit uudenveroisessa kunnossa. Jos keskielektrodin kulmat ovat pyörityneet, aletaan tulppaa tarkastella hieman tarkemmin. Se kielii joko liian kuumasta tulpasta

tai väärästä sytytyshetkestä. Liian myöhäinen sytytys ei tee merkkejä tulppaan, mutta aikainen sytytys pyöristää keskielektrodin kulmia. Se saattaa myös kuumentaa tulppaa niin paljon, että sen elektrodit sinistyvät ja myös keskielektrodin kiinnitys eristimeen saattaa kärsiä. Liima saattaa valua ulos eristimen ja elektrodin välistä. Liian kuuma tulppa erottuu aikaisen sytytyksen turmelemasta siten, että sen eristeen kärjessä on havaittavissa ylikuumenemisesta johtuvia muutoksia. Eriste on lasittunut ja kiteinen.

Myös seossuhteen lukeminen tulpasta on mahdollista. Se tapahtuu tarkkailemalla tulpan eristeen juurta. Seoksen ollessa sopiva, eriste on muuten puhdas, mutta sen juuressa on parin millin nokirengas. Laihalla seoksella rengasta ei ole ja ainoat muutokset eristeessä ovat sen kärjen lasittuminen. Liian rikas seos

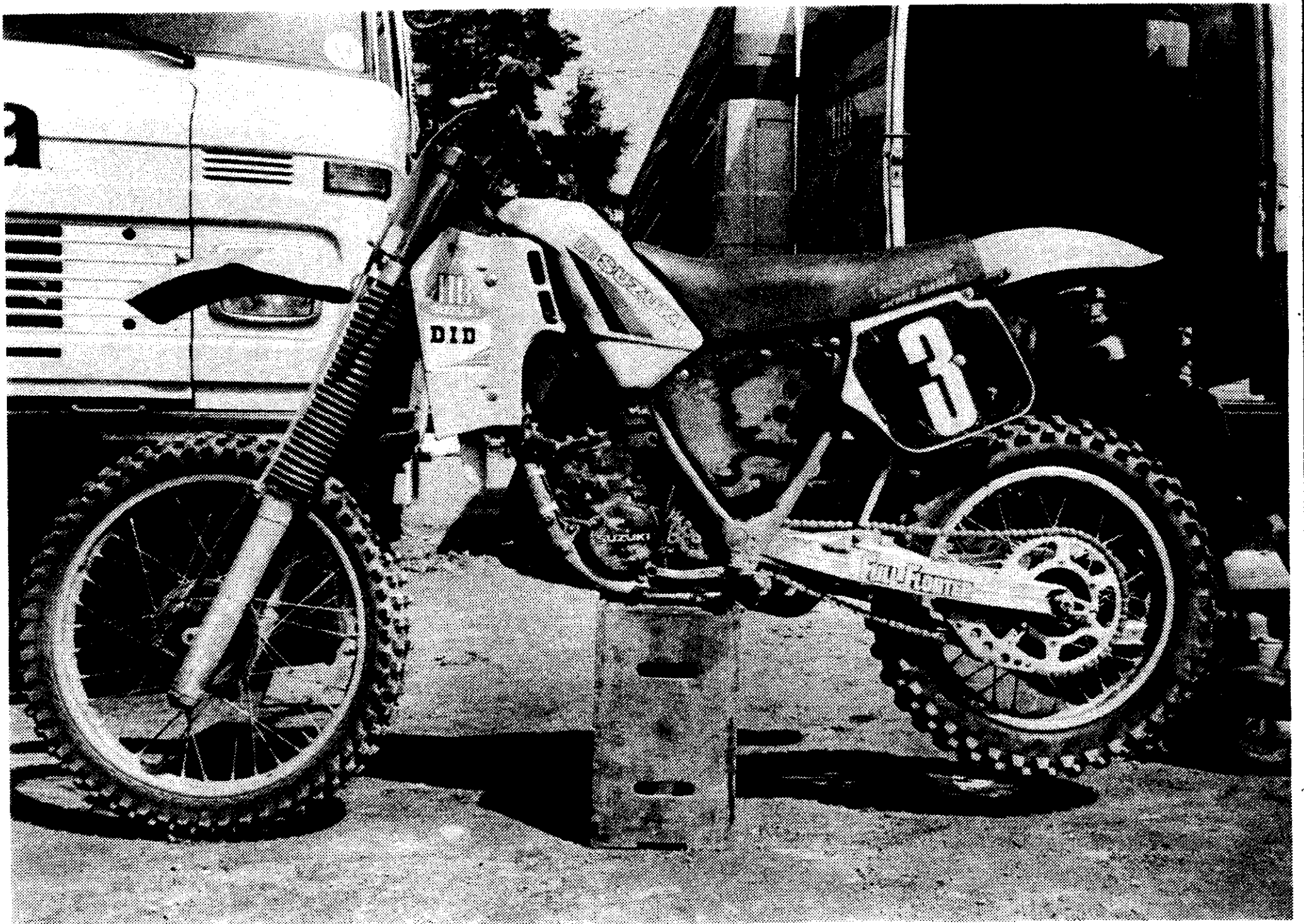


näky tulpan nokeentumisena.

Tulpan lukeminen on yhtä vaikeata kuin moottorin kaasuttimen säätöjen toteaminen sen ääntä kuuntelemalla. Onneksi sitä taitoa ei normaali harrastaja juuri tarvitse ja ne virittäjät, jotka joutuvat tulppia lukemaan, luultavasti ovat sen taidon opetelleet yri-

tyksen ja erehdyksen kautta. Tavalliselle harrastajalle riittää tulpan kärkivälin tarkkailu ja sen vaihtaminen uuteen silloin tällöin.





Suzukin 125 cc tehdaspyörät ovat voittaneet MM-tittelin jo 8 kertaa peräkkäin. Vakuuttavaa. Kaikkien hämmästys oli suuri, kun Suzuki ilmoitti kilpatallinsa lopettamisesta syyskuussa -83. Tässä kuitenkin heidän pyöriään viime kaudelta. Geboersin pyörää vie katsastukseen Jukka Penttilä, Erikin mekaanikko.

TEHODYNAMOMETRI

OLOSUHTEET VAIKUTTAVAT TEHOON

Tehodynamometriä pidetään yleisesti jonkinlaisena "taikakaluna", jonka avulla moottorin viritäminen muuttuu aivan yksinkertaiseksi ja helpoksi, ei muuta kuin viilataan sieltä ja ajetaan moottori dynossa ja otetaan vähän täältä ja ajetaan dynossa, ja tehot sen kuin vaan nousevat. Todellisuudessa tilanne on erittäin monimutkainen, sillä liian monet tekijät vaikuttavat saatuun tulokseen. Ilmanpaineella, lämpötilalla ja ilmankosteudella on oma vaikutuksensa moottorin tehoon, ja kun siihen vaikuttaa vielä moottorin lämpötila erittäin voimakkaasti, aletaan olla tilanteessa, jossa mittaaminen käy ongelmalliseksi. Kuten kaikki tietävät, moottorin omat säätöarvot vaikuttavat ratkaisevasti tehoon aivan yhtäläillä kuin eri pakoputket ja ilmansuodattimetkin. Nyt tilanne onkin äkkiä lähes toivoton.

JOHDONMUKAISUUS ON VÄLTÄMÄTÖNTÄ

Onneksi johdonmukaisella mitausjärjestelmällä voidaan muut-

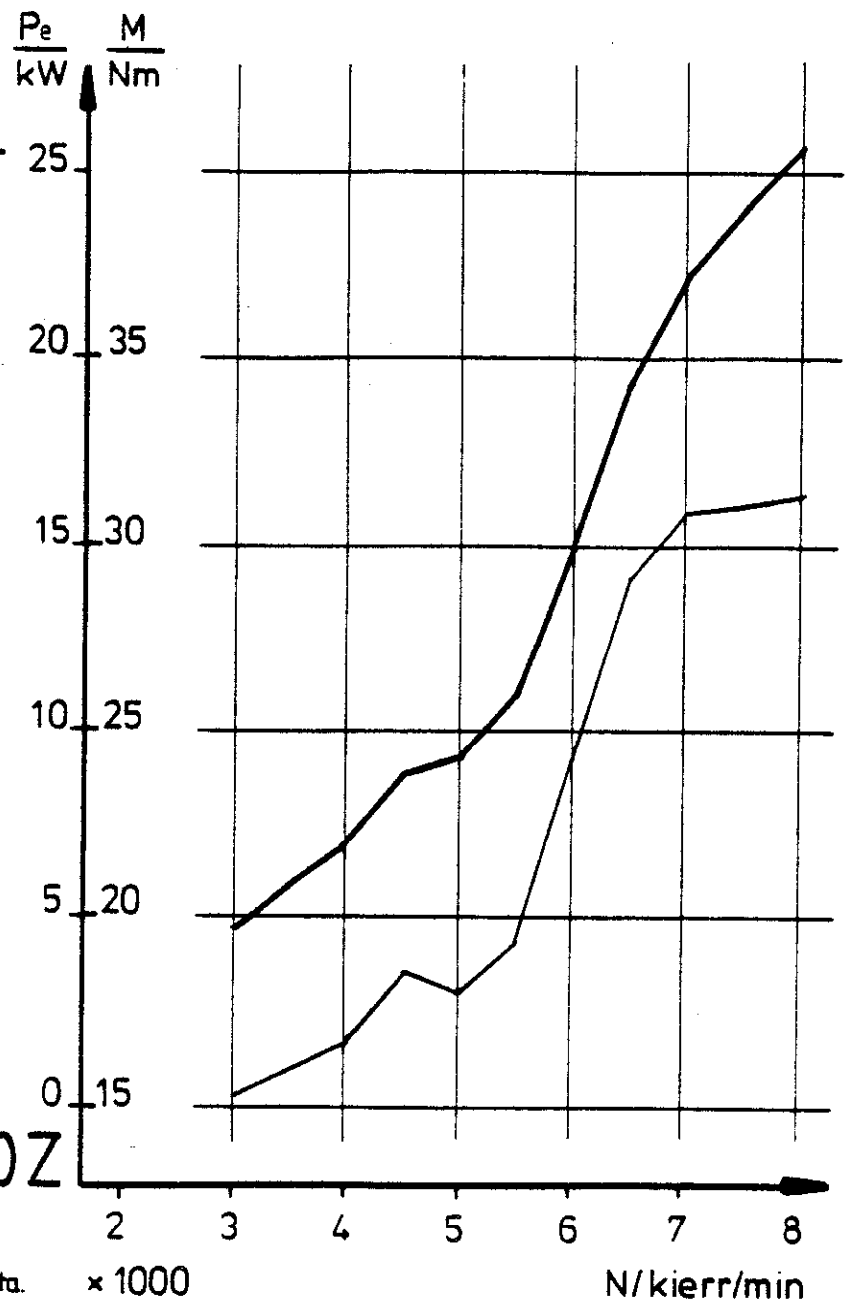
Teho- ja vääntömomenttikäyrät.

	$\frac{P_e}{\text{kW}}$	$\frac{M}{\text{Nm}}$
3000	4,7	15,3
3500	5,8	16,0
4000	6,9	16,7
4500	8,7	18,6
5000	9,3	18,0
5500	11,0	19,4
6000	15,0	24,3
6500	19,4	29,1
7000	22,3	30,9
7500	24,0	31,1
8000	25,8	31,4

SUZUKI RM 250 Z

Mitattu CYCLEn dynossa. Takarenkailta.

× 1000



Staattiset jarrut

Hydrostaattiset jarrut

Kitkajarrut

Dynaamiset jarrut

Nestejarrut

Sähköiset jarrut

Vesijarrut

Pyörrevirtajarrut

Turbiinijarrut

Tahtigeneraattorit

Vaihtovirtageneraattorit

tujia vähentää huomattavasti ja päästään kutakuinkin siedettävään tilanteeseen. Ilmanpaine, -kosteus ja -lämpötila voidaan ottaa huomioon korjauskertoimella, jolla saatu tehonmittausarvo kerrotaan tuloksen ollessa nimeltään korjattu teho. Moottorin lämpötilan vaikutus pyritään karsimaan pois, pitämällä lämpötila mahdollisimman lähellä optimiarvoa 80°C säädettävän jäähdytysilmahuuhtimen avulla. Oheinen käyräparvi antaa mielestäni parhaan kuvan siitä, miten suuri lämpötilan vaikutus todellakin on. Loput muuttujat pyritään pitämään kurissa muuttamalla vain yhtä säätöä kerrallaan ja etsimällä se säätöarvo, jolla paras tulos saavutetaan, minkä jälkeen siirrytään seuraavaan säätömahdollisuuteen. Kuten arvata saattaa, on mittaa-

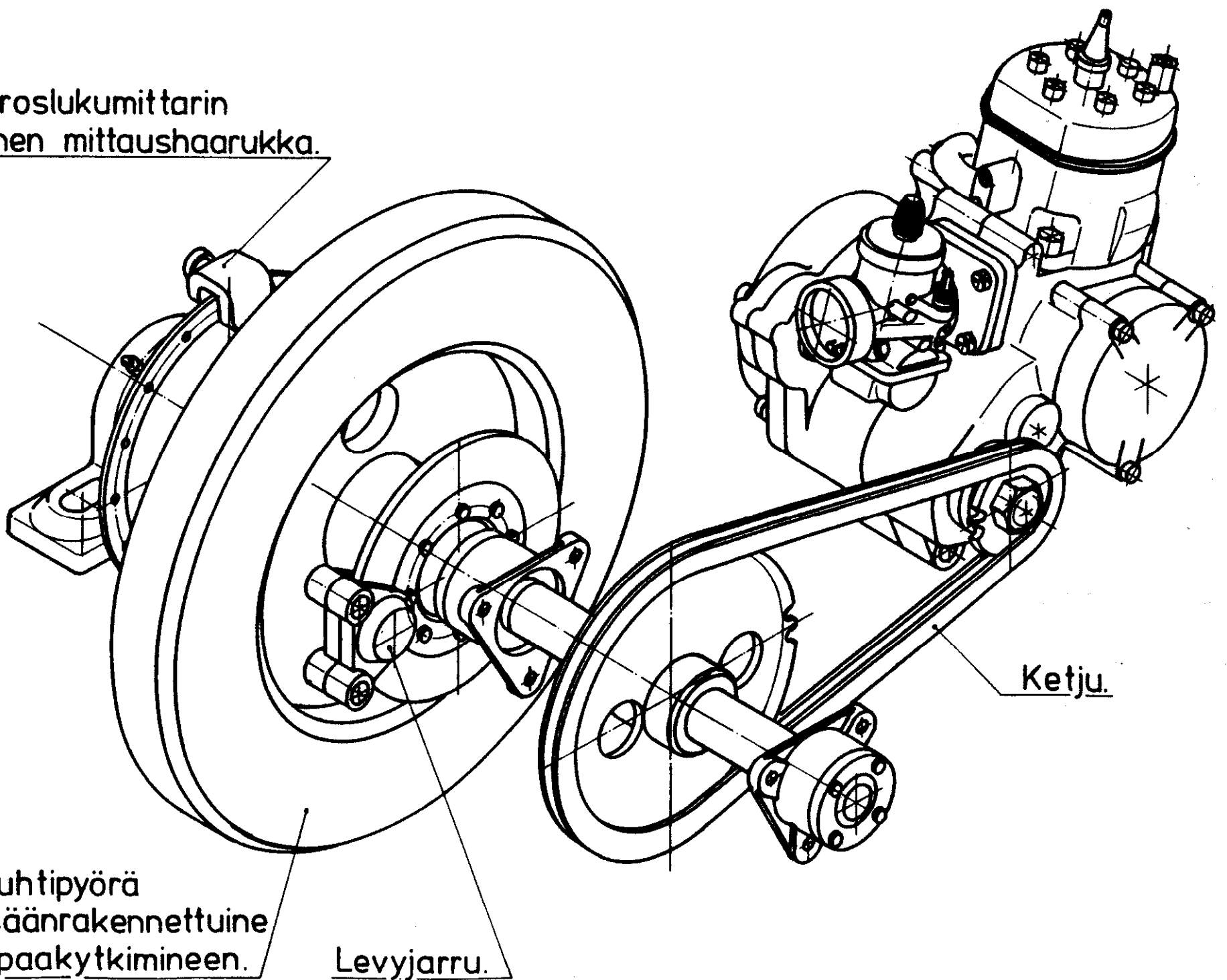
minen työlästä ja nyt aletaan ymmärtämään miksi tehtaan miesten kerrotaan viettäneen viikkoja dynamometrin ääressä virittäessään tehdaspyöriä.

Parhaiten työ edistyy, kun käytävissä on kaavake, johon mitaustulokset voidaan merkitä. Kaavakkeessa tiedot ovat selkeästi esillä ja ne ovat myöhemmin helpommin saatavina. Lisäksi mahdollisuus jonkin tärkeän tiedon tai säätöarvon unohtumiselle pienenee ratkaisevasti. Tehodynamometrin käyttöön liittyy myös paljon harjaannusta vaativa taito lukea tehokäyriä ja arvioida milloin moottorin teho koko kierroslukualueella on parhaimmillaan.

Kiihdytysdynamometri

Useissa tapauksissa saattaisikin kiihdytysdynamometri olla parempi vaihtoehto tutkittaessa moottorin käyttöominaisuuksia, sillä se antaa valmiiksi sopivalla tavalla painotetun keskiarvotehon mitta-alueelta ja aikaavievät laskuvaiheet jäävät pois ja itse mittauskin tulee paljon nopeammaksi. Tällöin moottorin lämpötilakaan ei ehdi muuttua ratkaisevasti optimitilastaan. Toisaalta sillä ei voi mitata ilman erikoislaitteita teho- ja vääntömomenttikäyriä, mutta käytännössä se ei haittaa viritystyötä paljoakaan, koska käyrien merkitys on melko pieni verrat-

Kierroslukumittarin optinen mittaushaarukka.



Vauhtipyörä sisäänrakennettuine vapaakytkimineen.

Levyjarru.

Ketju.

Kiihdytysdynamometri

tuna keskiarvoihin. Käytännön ajotilanteessahan tärkeintä on saada moottori kiihdytettyä mahdollisimman nopeasti läpi koko kyseisen vaihteen kierroslukualueen, ja silloin vääntömomenttikäyrässä olevat kuopat haittaavat pahasti, koska moottori tavallaan jää miettimään tämän heikomman kohdan kohdalla. Toisaalta se kiihtyy hyvinkin nopeasti yli paremman vääntömomenttikäyrän. Kiihdytysdynolle on juuri ominaista sen voimakas reagoiminen näihin kuolokohtiin, ja sen avulla viritettäessä moottorista tulee pakostakin tasapainoinen ja helppo ajettava. Tehodynamometrin käyttäjä sortuu huomattavasti helpommin tavoittelemaan suurta maksimitehoa tehoalueen laajuuden kustannuksella.

Kiihdytysdynolla mitattaessa on erittäin tärkeää valita oikein mittausalue. Yleensä parhaat tulokset saavutetaan siten, että ylemmäksi kierrosluvuksi otetaan maksimitehon kierroslukua noin tuhat kierrosta korkeampi kierrosluku. Alemman kierrosluvun valinta on oikeaan osunut, jos vaihteiston käytetty akseli pyörii sillä toiseksi suurimmalla vaihteella yhtä nopeasti, kuin se pyörii ylemmällä kierrosluvulla ja kolmanneksi suurimmalla vaihteella.

Eri dynamometrityyppejä verrattaessa yksi tärkeä näkökohta on niiden hankintahinta ja käyttö-

$$P = \omega \cdot M_v$$

$$P = 2\pi \cdot N \cdot M_v$$

P = Moottorin teho, W

ω = Kulmanopeus, rad/s

N = Kierrosluku, kierr./s

V = Vääntömomentti, Nm

kustannukset. Käsitkseni mukaan kiihdytysdynosta tulee jonkinverran halvempi ja sen huollontarve on pienempi. Koko ja paino on molemmilla hyvin samaa luokkaa.

Tehodynamometri

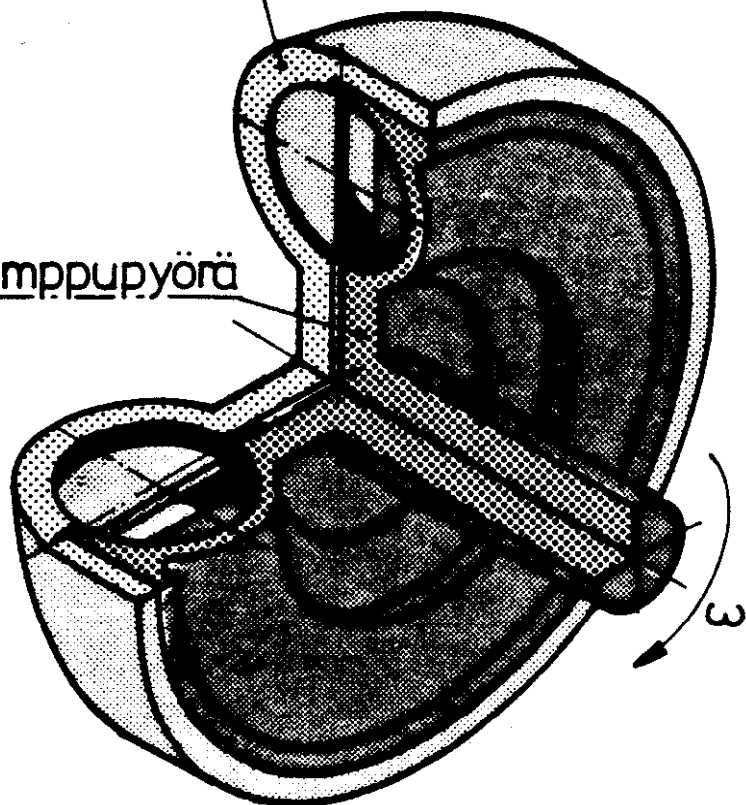
MITTAUSPERIAATTEET

Tehoa voidaan mitata periaatteessa kahdella eri tavalla, joko mittaamalla suoraan vääntömomentin ja kierrosluvun avulla, tai epäsuorasti moottorin tekemää työtä hyväksikäytäten. Vääntömomentin mittaaminen on yleisin tapa, vaikka sen käytännön toteutus ei olekaan niin yksinkertainen kuin ensituntumalta olettaisi. Kuitenkin mittauksen suoraan haluttua suurta mittaava ominaisuus tekee siitä suosittua. Vääntömomenttia voidaan mitata joko erilaisten

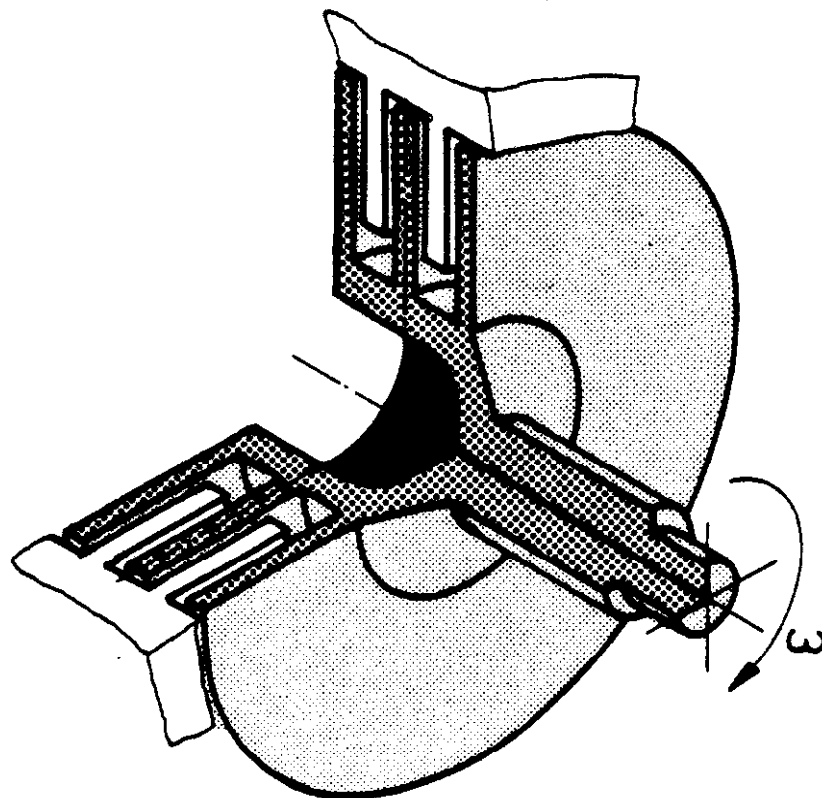
momenttivipujen avulla tai hydrostaattisessa jarrussa järjestelmän paineen avulla. Useimmiten käytetty jarrutyyppi on vesijarru, jota käytettäessä ei jarrua tarvitse erikseen jäähdyttää, vaan vettä lasketaan verkostosta jarrun läpi viemäriin, jolloin jarrussa syntyvä lämpö siirtyy siihen. Vesijarrua voidaan säätää joko kuristamalla jarrun sisällä kiertävää virtausta, tai muuttamalla jarrun sisällä olevaa vesimäärää. Käytännössä säätäminen on hankalaa ja aikaa vievää ja vesijarrussa moottorilla onkin taipumus ylikuumeta, koska sitä joudutaan käyttämään täydellä kuormalla pitkiä aikoja. Vesi on väliaineena hankala, koska se ruostuttaa teräspintoja ja niinpä nesteenä onkin usein öljy, joka on suljettu jarrun turbiinikammioon. Turbiinia jäähdytetään kammion ulkopuolisissa jäähdytysnestekannavissa virtaavalla vedellä. Tur-

Turbiinipyörä

Pumppupyörä



Turbiinijarru



Vesijarru

Kiihdytysdynamometri

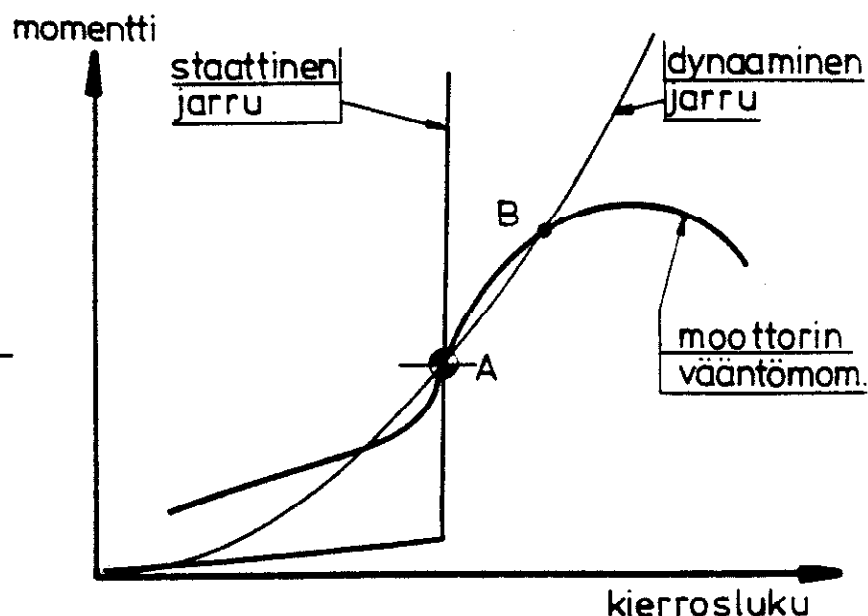
- Ei saada teho- ja momenttikäyriä.
- Painotettua keskiarvotehoa mittaava.
- Nopea käyttöä.
- Tasainen moottorin lämpötila.
- Yksinkertainen rakenne.

Tehodynamometri

- Saadaan tehokäyrät.
- Ilman automatiikkaa hidas käyttöä.
- Moottorin kuumenemisongelmia.
- Vaatii runsaasti laskemista.

Jarrujen momenttikäyrät.

A = Asetteluarvo
Staattinen jarru pysyy asetteluarvossa.
Dynaaminen jarru liukuu pisteeseen B.



Hydrostaattinen jarru.

- Hyvä kierroslukustabiliteetti.
- Kallis.
- Nopeakäyttöinen.

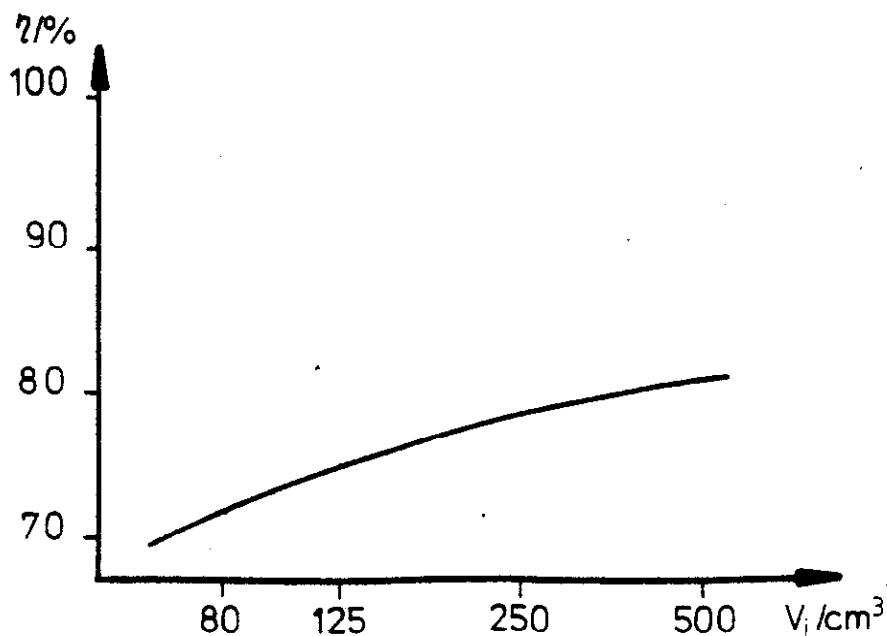
Hydrodynaaminen jarru

- Kierrosluku ryömii pois asetusarvosta.
- Suhteellisen halpa.

Kampiaksieli →
takarengas -
hyötysuhde.

Kampiaksieliteho
= tehtaan ilmoitus.

Takarenkaan teho
= mitattu.



biinijarrua voidaan säätää muuttamalla sen turbiinikammiossa olevan öljyn määrää. Sen säätäminen on vieläkin vaikeampaa kuin vesijarrun, sillä öljyn viskositeetti muuttuu huomattavasti enemmän kuin veden sen lämmitessä. En pidäkään turbiinijarrua mitenkään ihmeellisenä jarruna ainakaan vielä moottoripyöräkokoluokassa. Kaikissa dynaamisissa jarruissa, niin myös vesi- ja turbiinijarruissa, moottorin vääntömomentin mittaaminen tapahtuu jarrua akselinsa ympäri kiertävää momenttia mittaamalla. Se on yleensä toteutettu vipua ja vaakaa hyväksi käyttäen.

HYDROSTAATTINEN JARRU ON HYVÄ

Mielestäni paras jarru tässä kokoluokassa on hydrostaattinen jarru, sillä se on nopeakäyttöinen ja suhteellisen tarkka, vaikka sen kalibrointi norminmukaisia tehoja antamaan onkin vaikeaa. Useimmissa tapauksissa ollaan kuitenkin kiinnostuneempia siitä, onko teho noussut ja jos niin on käynyt, niin kuinka monta prosenttia. Hyvin harvoin jos koskaan on tarpeellista tietää kuinka monta DIN-normin mukaista kilowattia moottorissa on tehoa. Hydrostaattinen jarru voidaan tehdä erittäin helpoksi käyttää. On mahdollista järjestää niin, että moottorin kierrosluku säädetään jarrun säätöventtiilillä, ja se pysyy tietyissä rajoissa muuttumattomana, vaikka kaasun asento muutetaan. Tämän ominaisuuden saavuttaminen dynaamisella jarrulla on mahdotonta ja siinä kierrosluku ryömii ylös tai alaspäin kaasun asentoa muutettaessa, ja niinpä sen vakauttaminen haluttuun arvoon onkin erittäin vaikeaa. Tästä hyvästä kierroslukustabiilisuudesta on peräisin hydrostaattisen jarrun helpompi ja nopeampi käyttö ja sen moottoristävällisempi luonne. Lisäksi sen automatisointi on tarvittaessa helpompaa, koska se on luonteeltaan vakaa ja sen saa toimimaan hitaammallakin ohjausautomatiikalla. Sen sijaan vesijarrussa, jota säädetään veden määrällä viive virtausmäärän ja jarrutusmomentin välillä on suuri ja seurauksena saattaa olla erilaisia värähtelyjä automatiikkajärjestelmässä. Hydrostaattiseen jarruun tuotu työ lämmittää siinä kiertävää öljyä, ja sen jäähdytys suoritetaan säiliöön sijoitetulla jäähdytysvesikierukalla.

Sähköiset jarrut jakautuvat toimintaperiaatteensa perusteella kahteen eri luokkaan, pyörrevirtajarruihin ja erilaisiin generaattorisovellutuksiin. Pyörrevirtajarrussa pyöritetään metall kiekkoa voimakkaan vaihtojännitemagneettikentän sisällä. Jarruttava momentti on suoraan verrannollinen magneettikentän voimakkuuteen ja jarrulaikan kierroslukuun. Jarrutusmomenttia säädetään maagneetin jännitteellä. Momentin mittaaminen tapahtuu mekaanisesti aivan kuten muissakin dynaamisissa jarruissa. Generaattoriperiaatteella toimivassa jarrussa on tavallisesti

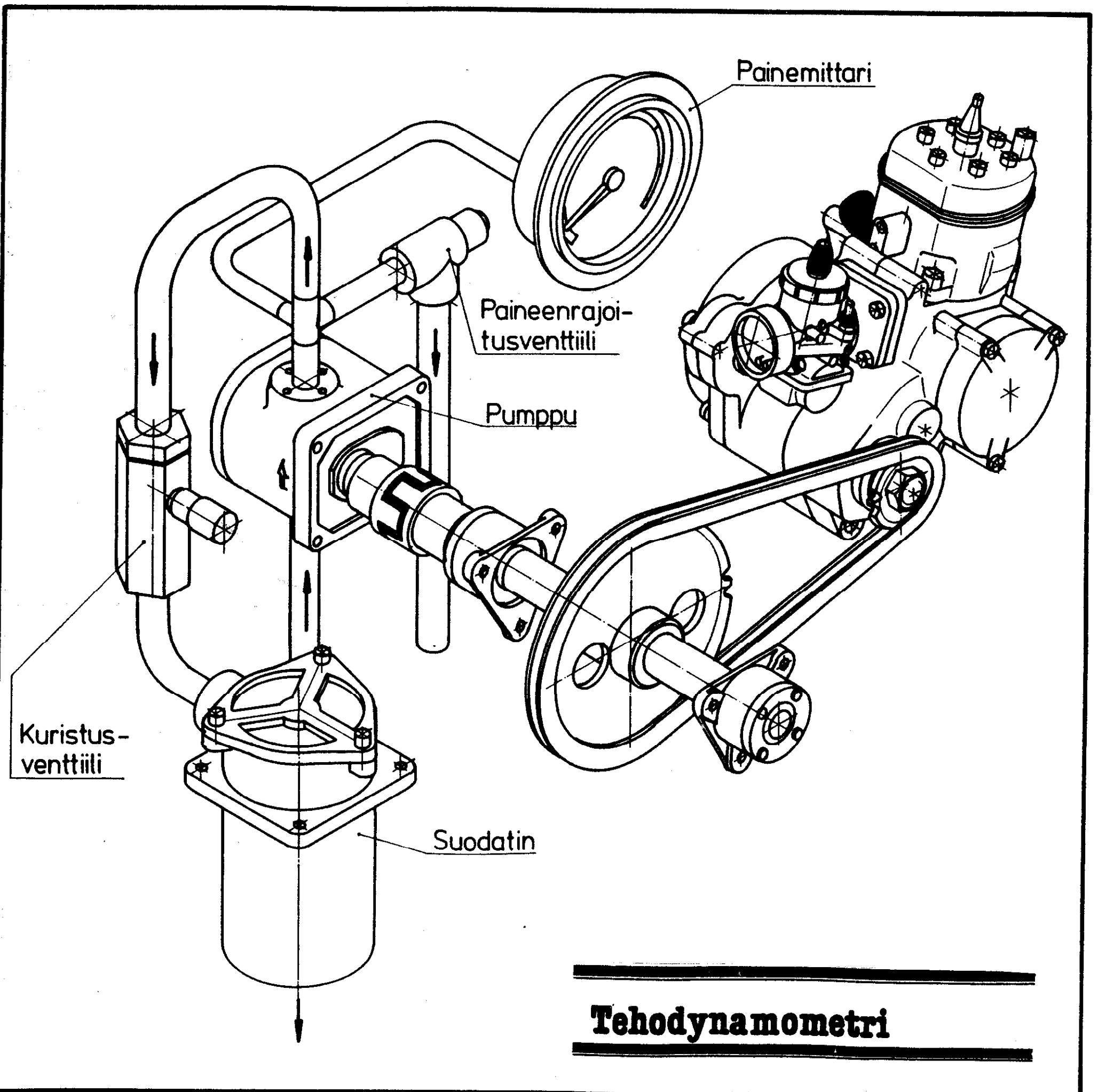
tasajännitteellä toimiva tahtigeneraattori, jonka jarrumomenttia säädetään magnetointijännitteellä. Generaattorin teho syötetään sähkövastuksiin, jotka lämmittävät vesisäiliön vettä. Momentin mittaustapahtuu vipukoneistolla.

Omissa mittauksissani olen ottanut normiolosuhteet seuraavaksi.

Käyrästöjen avulla voidaan, missä tahansa muissa olosuhteissa mitattu teho, muuttaa normiolosuhteita vastaavaksi. Käyrästöistä saadaan korjauskerroin, jolla saatu mittaustulos kerrotaan ja tulos on normiolosuhteita vastaava tehoarvo. Tällä menettelyllä mahdollistetaan eri aikaan mitattujen tehokäyrien toisiinsa vertaaminen.

Normiolosuhteet

- Lämpötila +20 °C
- Ilmankosteus 60 %
- Paine 760 mmHg



$$M_v = \frac{V \cdot \Delta p}{\eta_v \cdot \eta_{hm} \cdot \eta_m}$$

M_v = Jarruttava vääntömomentti, Nm

V = Pumpun kierrostilavuus, cm

Δp = Pumpun kehittämä paine-ero, MPa

η_v = Volymetrinen hyötysuhde, joka on hammaspyöräpumpulla 0.85...0.98

η_{hm} = Hydraulis-mekaaninen hyötysuhde. Hammaspyöräpumpulla 0.90...0.97

η_m = Voimansiirron mekaaninen hyötysuhde

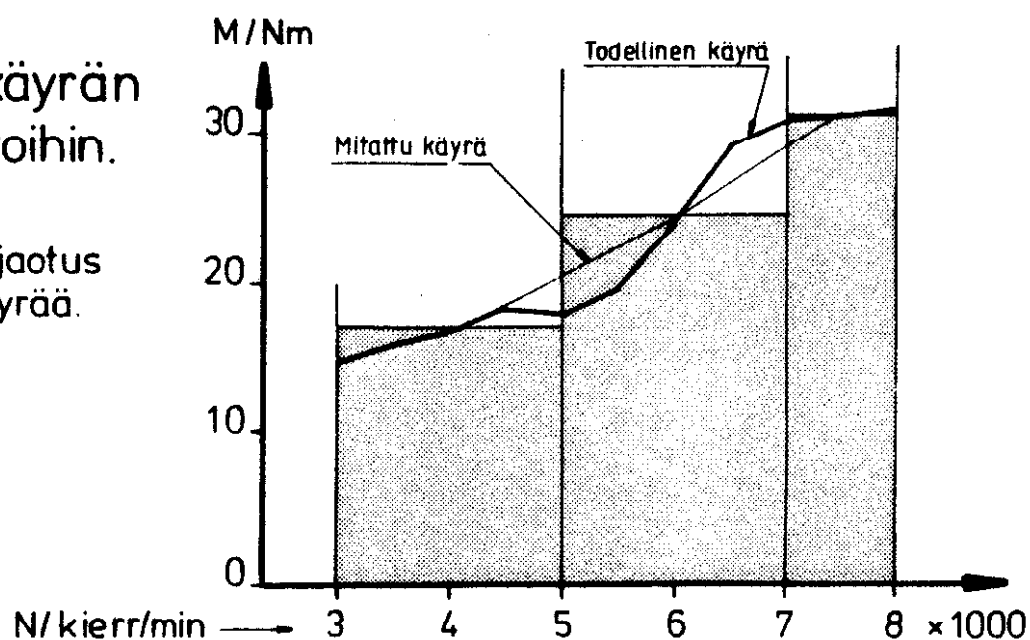
LASKUKAAVAT

Tehodynamometrin mittausperi-

aate on fysikaallisilta perusteiltaan erittäin yksinkertainen, eikä hydrostaattinen jarrutusperiaatekannu mukanaan vaikeampaa mate-

Momenttikäyrän jako kaistoihin.

Liian harva jaotus vääristää käyrää.



Vauhtipyörän kiihdytyskäyrä.

$$j = 6,5 \text{ kgm}^2$$

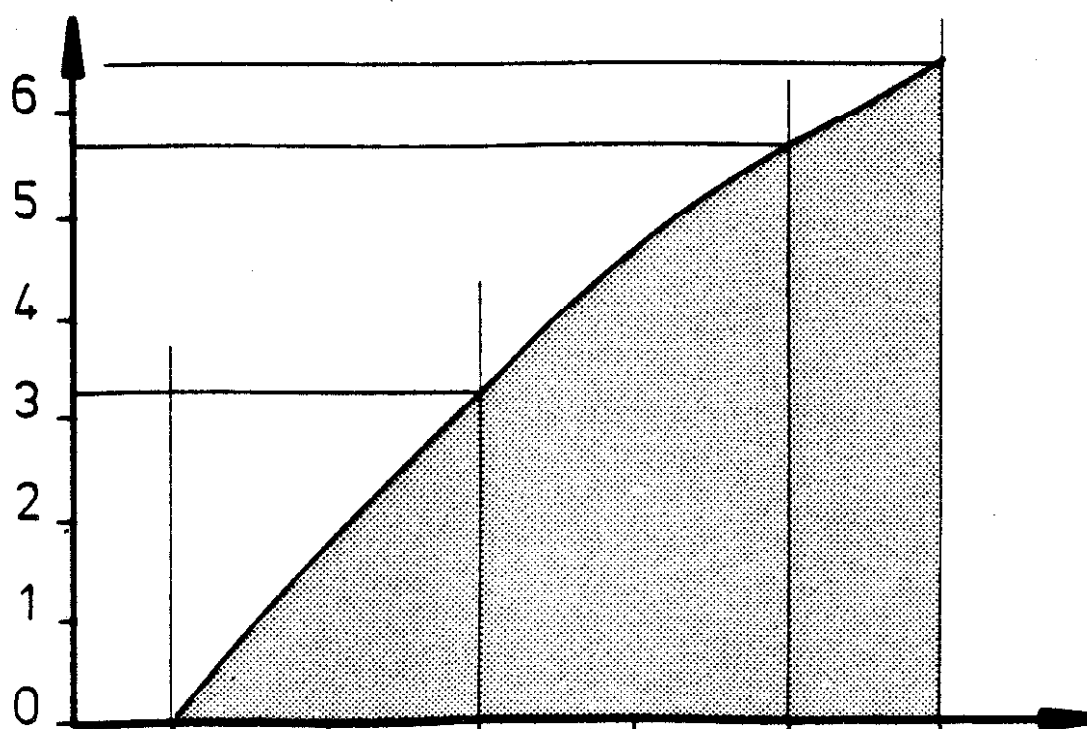
$$i = 5,00$$

Moottori:

N	t
3000	0
5000	3,2
7000	5,6
8000	6,5

Vauhtipyörä N_v /kierr/min → 600 800 1000 1200 1400 1600

t/s



matiikkaa.

Kiihdytysdynamometrissä tulevat laskut hieman monimutkaisemmiksi kuin tehodynossa, mutta ylivoimaisia ponnisteluja ne eivät kuitenkaan vaadi. Kuten aikaisemmin mainittiin, kiihdytysdyno antaa tehon painotettuna. Painotus on sellainen, että mitattavan kierroslukukaistan korkeimmat kierrosluvut painottuvat voimakkaammin kuin alemmat sekä kohdat, joissa vääntömomentti on alimmillaan, tulevat korkeammin painotettua. Myös ajotilanteessa on tasainen vääntömomentti tärkeä, aivan samoin kuin korkeat kierrosluvutkin ovat useimmin käytettyjä. Tosin 500 cc pyörissä on alakierrosten väännöllä suurempi merkitys kuin aivan huippukierroksilla, ja niiden tehoja mitattaessa onkin syytä jakaa mitattava kierroslukukaista useampaan osakaistaan, joilla teho mitataan erikseen.

Samalla osakaistoihin jakamisperiaatteella voidaan pyrkiä saamaan teho- ja vääntömomenttikäyrät selville, mutta kaistojen leveyksien ollessa esimerkiksi 500 kierr/min tulee mittaus helposti niin epätarkaksi, että tuloksien luotettavuus on kyseenalainen. Mielestäni kiihdytysdynolla on turha yrittää mitata tehokäyrää, sillä sen merkitys on loppujen lopuksi varsin pieni ja dynolla mitatut kiihdytysajat antavat paljon selkeämmän kuvan pyörän voimavaroista.

MOOTTORIN SÄÄTÄMINEN PENKISSÄ ON AMMATTI- MIEHEN TYÖTÄ

Kaikkein vaikeinta tehodynamometrin käytössä on oppia kuulemaan milloin moottorin säädöt ovat kohdallaan. Kaasuttimen ja sytytyksen säätäminen dynossa on huomattavasti vaikeampaa kuin radalla. Ajaessa huomaa heti, jos seos on liian rikkaalla ja kone röpöttää, mutta dynamometrin kanssa saattaa joutua tekemään päivän töitä ennenkuin tajuaa vikana olevan liian rikkaan seoksen. Toisaalta liian laiha seos kostautuu paljon helpommin penkissä, jossa moottoria rasitetaan äärimmilleen. Männänpään sulamiset ja eriasteiset kiinnileikkautumiset ovat yleisiä aivan samoin kuin kiertokangen laakerivauriot. Dynossa moottorin kierrokset nousevat helposti liian korkeiksi, jolloin kaikki osat väsyvät nopeasti. Siksi onkin syytä aukaista moottori usein ja tutkia osien kunto erityisen tarkasti joka kerta, kun kone on auki. Dynamometrin ollessa takarenkaalta tehoa mittaava, on taakse laitettava aina asfaltille tarkoitettu rengas. Kokemus on osoittanut renkaan tyypillä ja sen kumiseoksen kovuudella olevan ratkaiseva merkitys saataviin mittaustuloksiin. Varsinkin suurista pyöristä tehoa mitattaessa saattaa käydä niin, että motocrosskuvioisesta renkaasta alkaa irtoamaan kulutuspinnan kappaleita ja oikein huonolla onhella kaikki nappulat irtoavat renkaasta ympäri huonetta. Renkaassa on aina pidettävä mahdollisimman korkea paine, jolloin sen vierintävastus on minimissään ja pienet paineenmuutokset eivät vaikuta niin voimakkaasti mittaustulokseen.

DYNO ON YLLÄTTÄVÄN HALPA

Tehonmitauslaitteita pidetään yleisesti niin kalliina, ettei yksityisellä harrastajalla ole mitään mahdollisuutta saada hankittua sellaisia. Useimmat eivät edes vaivaudu ottamaan selvää niiden todellisista hinnoista, vaan uskovat suoraan hintojen olevan aivan liian korkeita. Todellisuudessa tehodynamometri maksaa itse rakennettuna kutakuinkin saman verran kuin uusi motocrosspyörä, ja tällä

$$P_{12} = \frac{(\omega_2^2 - \omega_1^2)J}{2 \cdot t_{12}}$$

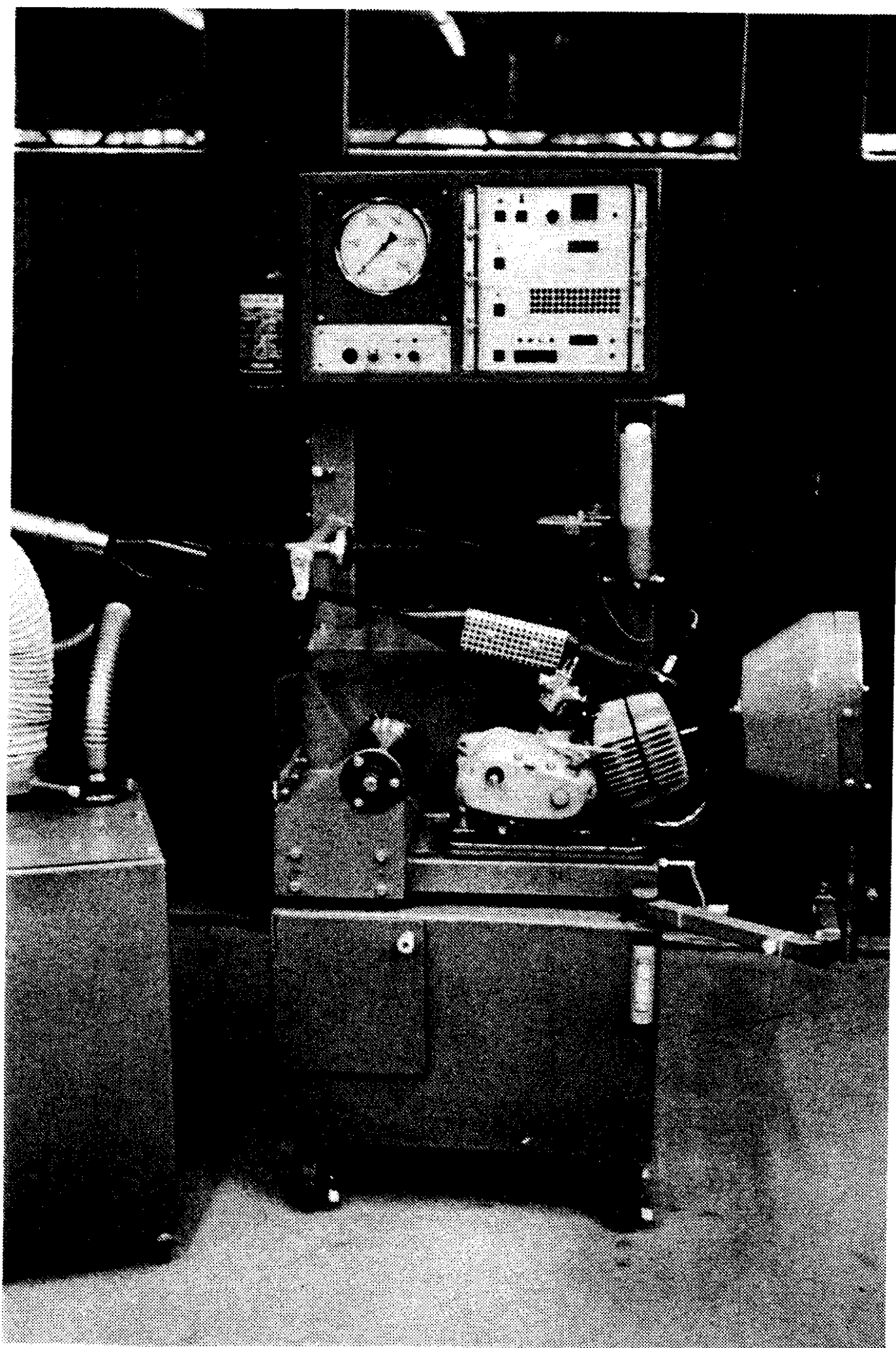
P_{12} = Keskimääräinen teho välillä $\omega_1 \dots \omega_2$, W

ω_1 = Vauhtipyörän alempi kulmanopeus, rad./s

ω_2 = Vauhtipyörän ylempi kulmanopeus, rad./s

J = Vauhtipyörän hitausmomentti, kg m^2

t_{12} = Kiihdytysaika ω_1 :stä ω_2 :een, s



Motori Powerin dyno.

- Mittaus tapahtuu koepenissä.
- Lämpötila +25 °C.
- Paine 1 bar.
- Sarjavalmisteinen imu- ja pakosarja.
- Oma vesipumppu ja tuuletin.
- Oma polttoainepumppu ja generaattori.
- Generaattoria ei kuormiteta.
- Sarjavalmisteinen ilmanpuhdistin ja äänenvaimennin.
- Teho ilmoitetaan kW:na.

jos todella haluaa paheutua perusteellisesti viritykseen.

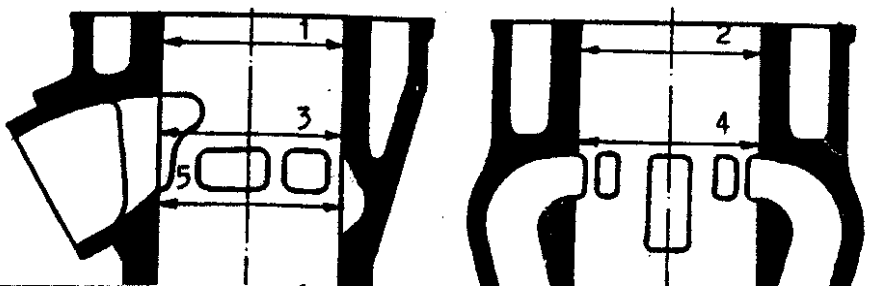
MÄKIKOE

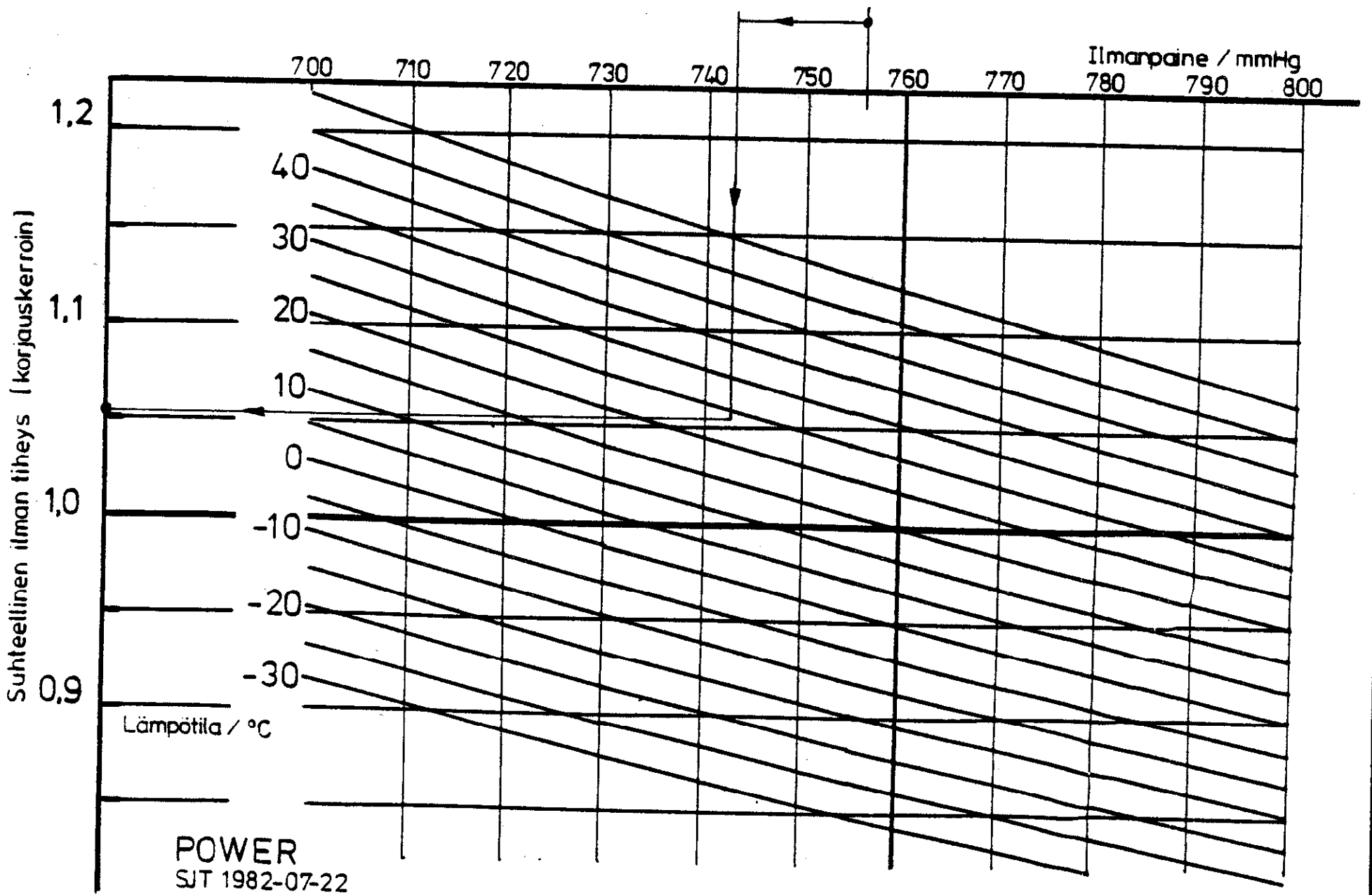
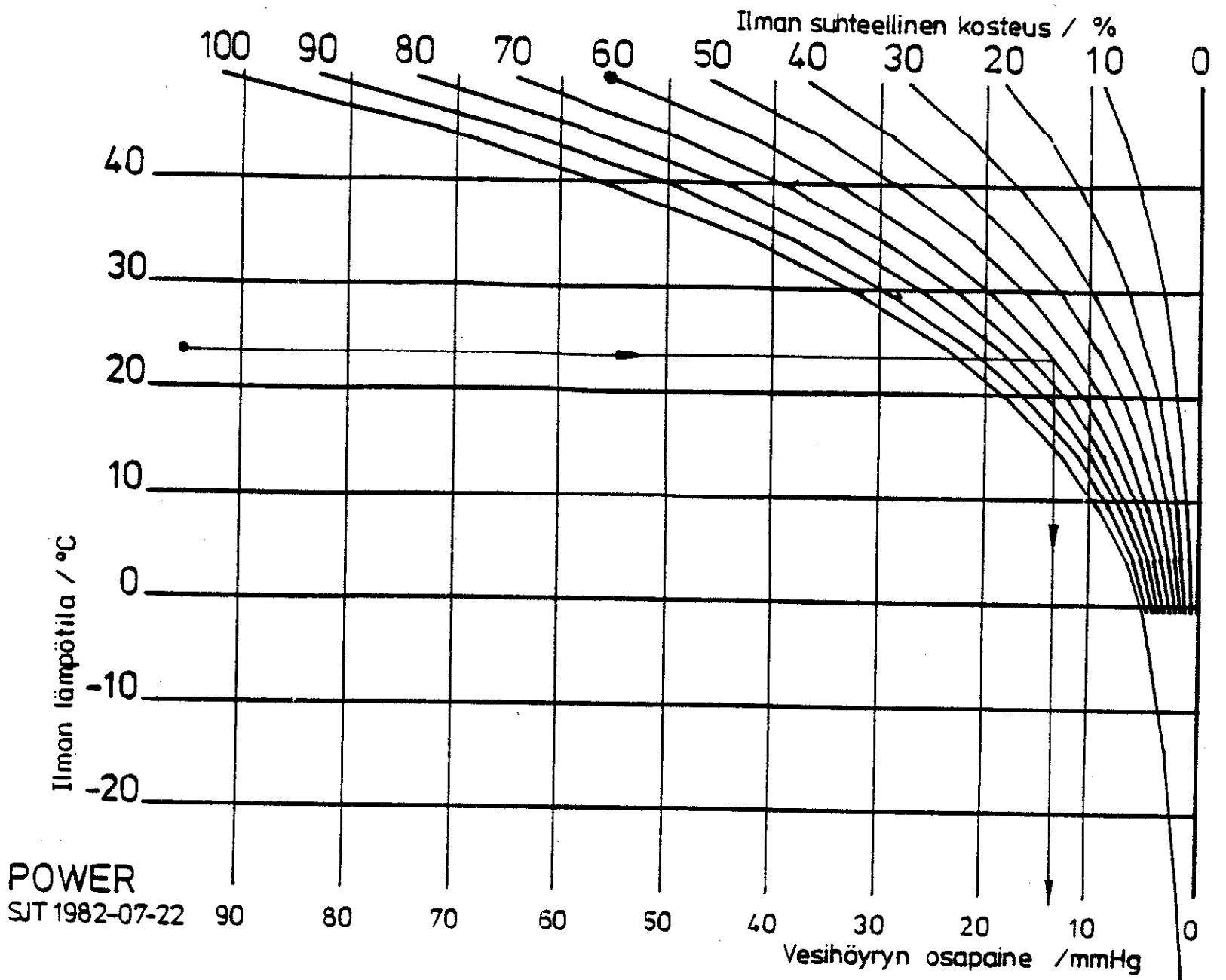
Vaikka tuota niin ihmeellistä ja kaikki ongelmat kertaheitolla ratkaisevaa dynamometriä ei olisi-kaan, on tehon mittaaminen silti mahdollista. Käytännön kokeissa on mäkiproe havaittu hämmästyttävän tarkaksi. Se suoritetaan ajamalla

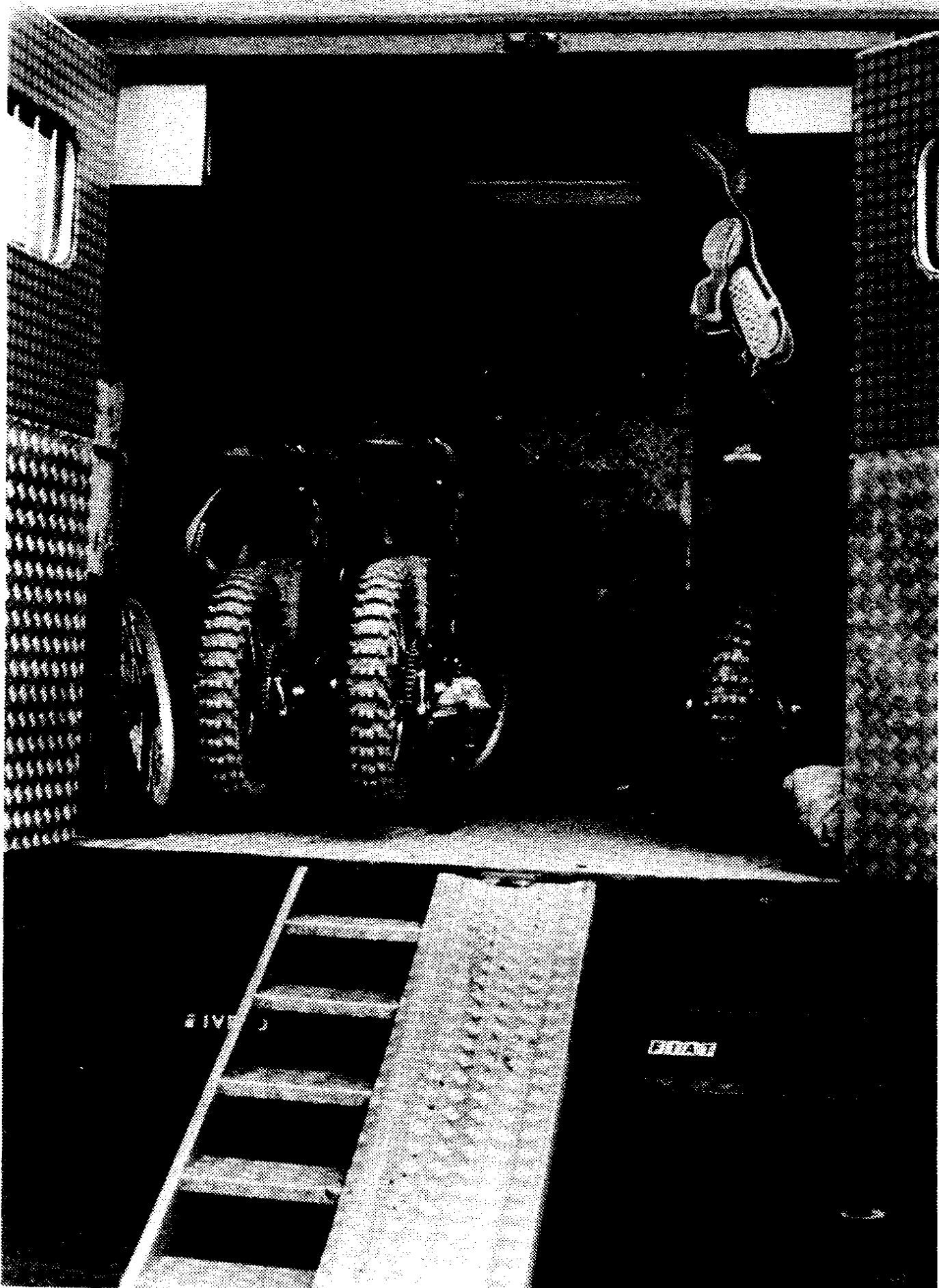
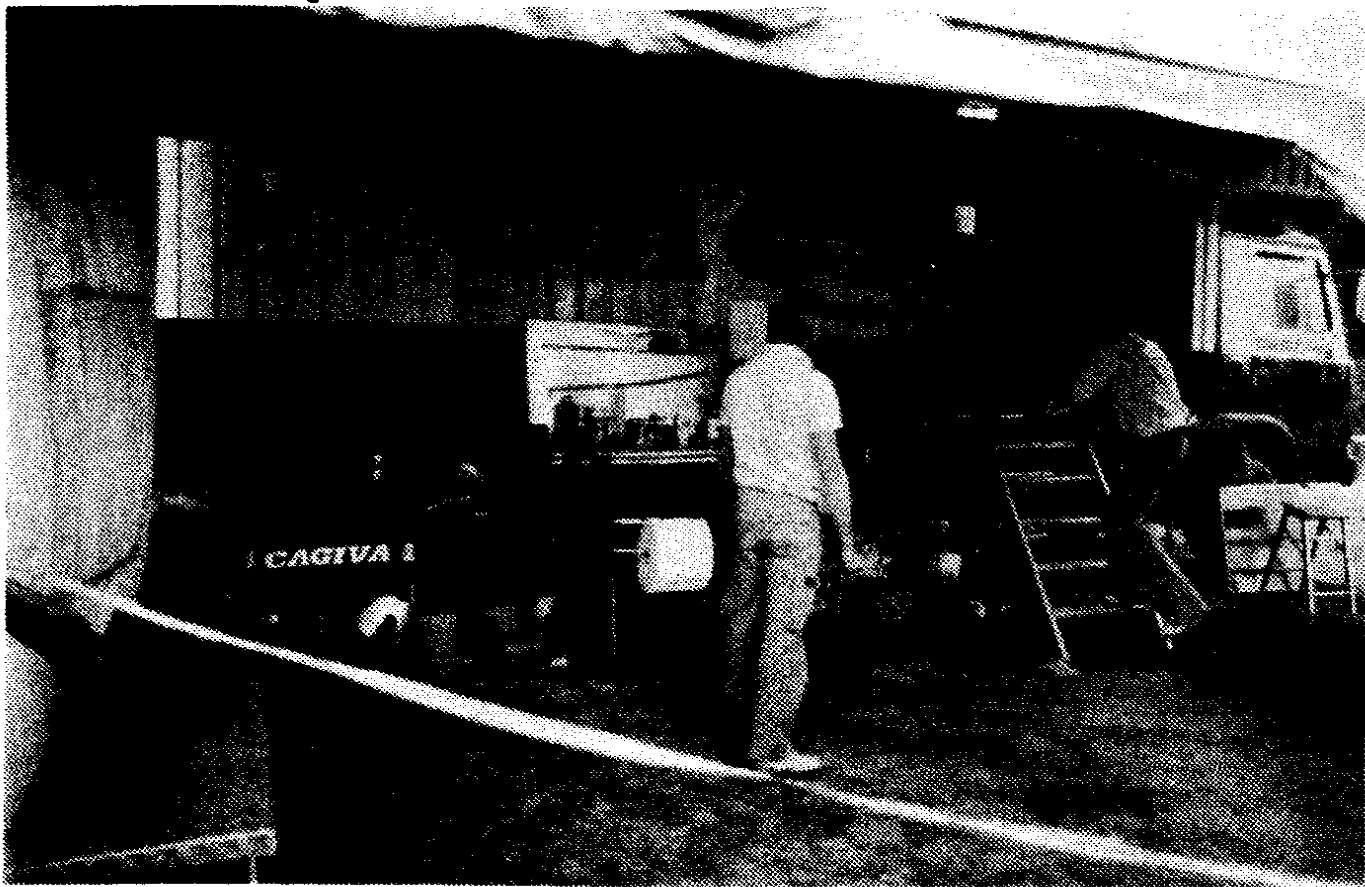
Ajopäiväkirja		POWER	
SUZUKI RM 125 S <input type="checkbox"/>	päivämäärä <u>9.10-82</u>	lämpötila <u>+1</u> °C	
SUZUKI RM 250 A <input checked="" type="checkbox"/>	ilmanpaine <u>763</u> mmHg	ilmankosteus <u> </u> %	
Sylinteri:	vakio <input type="checkbox"/> viritys: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> #1		
Kansi:	vakio <input checked="" type="checkbox"/> viritys: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> #1		
Mäntä:	GPM <input type="checkbox"/> Suzuki <input type="checkbox"/>	Tehonmittaustulokset	
Renkaat:	std <input type="checkbox"/> .25 <input type="checkbox"/> .50 <input type="checkbox"/>	SUZUKI RM 125 A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/>	päivämäärä <u>31.7-82</u>
Etuketjupyörä:	L <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 0.7	SUZUKI RM 250 A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> C2 <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>	lämpötila <u>+23</u> °C
Takaketjupyörä:	10 <input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 12 <input type="checkbox"/>	MINARELLI P6 Cross Corsa <input type="checkbox"/> SUZUKI K11 <input type="checkbox"/>	ilmanpaine <u>758</u> mmHg
Eturengas:	45 <input type="checkbox"/> 52 <input type="checkbox"/> 60 <input type="checkbox"/>		ilmankosteus <u>80</u> %
Takarengas:			tori n:o <u>10736</u> vm <u>76</u>
Pakoputki:	Aukkojen aika-alat	POWER	
Sytytystulppa:	SUZUKI RM 125 A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/>	päivämäärä <u>22.7-83</u>	
Etuhaarukka:	SUZUKI RM 250 A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/>	Valmiin putken profiili	
Takapää:	MINARELLI P6 Cross Corsa <input type="checkbox"/>	POWER	
Kaasutin:	muu <input type="checkbox"/> Suzuki <input type="checkbox"/>	Teho- ja momenttikäyrät	
Bensiini:	Sylinteri:	SUZUKI RM 125 A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/>	päivämäärä <u>31.7-82</u>
Öljy:	Mäntä:	SUZUKI RM 250 A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> C2 <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/>	SUZUKI K11 <input type="checkbox"/> POWER K11 <input type="checkbox"/>
Vaihteisto:	Renkaat:	MINARELLI P6 Cross Corsa <input type="checkbox"/> MINARELLI P4 <input type="checkbox"/> TOMOS G4 <input type="checkbox"/> PUCH VZ 50N4 <input type="checkbox"/>	moottori n:o <u>107</u>
Vaihdettu:	Aukot:	Käyrät: Pystyasteikolla teho kilowatteina sekä vääntö Nm:na. Vaaka-asteikolla kierros-luku kierr/min	
M.tappi <input type="checkbox"/>	matka YKK-	5 10 20 40	
Alap.laak. <input type="checkbox"/>	kulma YKK-	9 18 36	
O.stefa <input type="checkbox"/>	aukon teho	4 8 16 32	
Tulpanhattu <input type="checkbox"/>	aukon teho	7 14 28	
Kytkinv. <input type="checkbox"/>	aukon aika	+	
Kierrosajat:	aukon aika	+	
Etupää:	250	+	
Takapää:	275	+	
Huomautuksia:	300	+	
	325	+	
	350	+	
	375	+	
	400	+	
	425	+	
	450	+	
	475	+	
	500	+	
	Parannusmah	+	
		Vällyksen mittaustulokset	
		POWER	
		SUZUKI RM 125 A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/>	
		päivämäärä <u>16.1-83</u>	
		SUZUKI RM 250 A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> C2 <input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> SUZUKI K11 <input type="checkbox"/> POWER K11 <input type="checkbox"/>	
		MINARELLI P6 Cross Corsa <input type="checkbox"/> MINARELLI P4 <input type="checkbox"/> TOMOS G4 <input type="checkbox"/> PUCH VZ 50N4 <input type="checkbox"/>	
		muu <input type="checkbox"/> moottori n:o <u>69098</u> vm <u>76</u>	
		Sylinteri: vakio <input checked="" type="checkbox"/> viritys: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/>	
		Mäntä: valmistaja <u>GPM</u> tako <input type="checkbox"/> valu <input checked="" type="checkbox"/>	
		std <input type="checkbox"/> .25 <input type="checkbox"/> .50 <input type="checkbox"/> .75 <input type="checkbox"/> 1.0 <input type="checkbox"/> 1.5 <input checked="" type="checkbox"/> 2.0 <input type="checkbox"/>	
		Renkaat: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> paksuus <u>1.2</u> mm valu <input type="checkbox"/> teräs <input type="checkbox"/> kromi <input checked="" type="checkbox"/>	

rahasummalla saa tehtyä jo melko kehittyneen hydrostaattisen jarrun, jolla pystyy mittaamaan tehoja aina 60 kW:iin asti. Toisaalta kiihdytysdyno tulee vieläkin halvemmaksi, ja en todellakaan voi pitää sitä kohtuuttoman kalliina

- 1 55.50
- 2 55.80
- 3 56.04
- 4 55.54
- 5 55.56
- 6 55.50

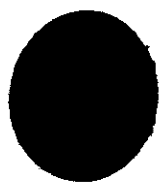






sopivan jyrkkää ja riittävän pitkää mäenrinnettä joko huippunopeudella tai koko ajan kiihdyttäen ylöspäin. Sopivan mittaiselta matkalta otetaan aika ja sen perusteella voidaan päätellä onko teho noussut vai laskenut. Jos mittaus suoritetaan kiihdytyskokeena, otetaan seisova lähtö ja kiihdytetään koko ajan täysillä loppumerkkiin asti. Aikaa ei oteta alusta saakka vaan sellaisesta paikasta, jossa nopeus on noin puolet loppunopeudesta. Parilla koekiihdytyksellä löytyy kyllä sopivat paikat sekä alkuettä loppumerkeille. Toinen mahdollisuus on tulla kiihdytyksen alkumerkille jollakin vakionopeudella ja alkaa kiihdytys alkumerkin kohdalla, mutta motocrosspyöräsähän ei ole nopeusmittaria, joten nopeuden mittaaminen on mahdotonta. Seisovan lähdön puolesta puhuu se tosiasia, että on havaittu kiihdytyksen loppunopeuden tietyllä kiihdytysmatkalla riippuvan jokseenkin kokonaan moottoritehosta ja ajotaidon vaikuttavan vain kiihdytysaikaan, ja siinäkin se vaikutus supistuu lähinnä alkumetreihin ja loppumatkasta teho on ratkaisevinta. Tällä perusteella on ajanmittaus parasta aloittaa vasta sitten, kun pyörä on kunnolla liikkeellä, jolloin ajajan vaikutus saadaan minimoitua. Jos merkkien väli ajetaan huippunopeudella, saadaan selville moottorin teho vain hyvin suppealla kierroslukualueella, periaatteessa vain yksillä kierroksilla, mutta suoritettaessa kiihdytyskoe, joudutaan moottoria käyttämään läpi koko kierroslukualueen. Mäkikoe on syytä suorittaa 3...5 kertaa, jolloin saadaan varmempi tulos ja kuljettajan vaikutus tulokseen vähenee. Käytettävän mäen tulisi olla melko loiva ja riittävän pitkä. Sen pinnan tulisi olla tasainen ja kova. Vaatimukset mittauspaikalle ovat siis suuret, ja tällaisen paikan löytäminen on useimmiten hyvin hankalaa. Mittaus tehdään kuitenkin ylämäessä siksi, että ilmanvastuksen vaikutus saataisiin pienemmään ja nopeudet pysymään kohtuullisina.

Cagivan huoltoauto saa muiden kulkuneuvot kalpenemaan rinnallaan. Se on niin loppuun asti kehitetty joka suhteessa, että tuloksen ylittäminen on lähes mahdotonta.



1 Renkaat

Motocrossissa aletaan olla samassa pisteessä kuin RR:ssä on oltu jo pari vuotta. Renkaiden kehitystyö on päässyt vauhtiin ja tietyn tyyppisillä radoilla voidaan oikealla rengasvalinnalla saavuttaa merkittävää etua. Suurimmilla valmistajilla saattaa olla viisikin eri pintakuviota ja samaa rengasta erilaisilla kumilaaduilla. On selvää, että tarjonnan lisääntyessä mekaanikolta vaaditaan yhä parempaa rengastuntemusta ja kehityksessä mukana pysyminen vaatii jatkuvaa opiskelua. Valitettavasti luotettavaa ja tarpeeksi perusteellista tietoa on saatavana vain hyvin harvoilta valmistajilta. Ehkä renkaan toiminta sorapinnalla on niin vaikea asia, että sen selvittäminen ei aivan pienen esitteen sivuilla ole mahdollista. Joitakin yrityksiä valottaa ongelmaa, on julkaistu, mutta niidenkään tieteellinen anti ei ole ollut kovin merkittävää. Toivotaan, että tulevaisuudessa näkisimme jonkun suuren maastopyörälehden sivuilla kunnollisen vertailutestin eri rengasmalleista. Tällöin voisimme valita renkaamme todelliseen tietoon perustuen eikä niitä tarvittaisi ostaa sillä perusteella, että kallis rengas täytyy olla hyvä.

Renkaan pidon muodostuminen voidaan jakaa kahteen osaan. Sen pintakuvion ulkopinnan ja maan välinen kitka on ratkaiseva kovapintaisella radalla ja nappuloiden toiminta eräänlaisina kauhoina on tärkeää pehmeässä hiekassa.

RENKAAN TOIMINTA

Renkaan toimintaan kovalla pinnalla vaikuttaa ratkaisevasti sen kumiseos. Pehmeä kumi mukautuu paremmin epätasaiselle pinnalle ja niin renkaan pito paranee. Valitettavasti pehmeästä kumista tehty nappula kuluu nopeasti pyöreäkulmaiseksi ja se ei pyöreänä enään pureudu pehmeään radan pintaan siten kuin uutena. Renkaan valmistajan on tasapainoitettava hyvän pidon ja kulutuskestävyyden välillä. Toisaalta liian kova ja mukautumaton kumiseos on herkkä

lohkeilemaan, nappuloiden kulmista irtoaa suuria palasia, kun rengas sutii kivikossa. Kovapintaisella radalla pintakuviossa tulee olla paljon pieniä uria joiden reunat pureutuvat maahan lisäten pitoa. Nappuloiden sijoitus on parhaimmillaan silloin, kun ne on jaettu renkaan pinnalle siten, että ne eivät muodosta poikkisuuntaisia rivejä. Tällöin mahdollisimman paljon kumia on koko ajan ottamassa vastaan sivuttaisvoimia.

Pehmeässä hiekassa on kauha-vaikutus ratkaiseva. Hiekkaratojen rengas on harvanappulainen ja sen nappulat ovat korkeita ja pituus-suunnassa lyhyitä. Renkaan runko on suhteellisen notkea ja käytettävä ilmanpaine alhainen. Pito muodostuu siten, että nappularivien väliin jäävä hiekka puristetaan kokoon, jolloin se kannattaa rengasta hyvin ja kovettuessaan antaa hyvän tuen renkaalle. Jos rengas alkaa luistaa, se tapahtuu nappuloiden päiden tasalla olevien hiekkakerrosten liukuessa vastakkain. Näin syntyvät pinnat ovat hyvin epätasaiset ja niinpä pito on hyvä. Samankaltainen tilanne syntyy myös sivusuunnassa, sillä poikkitaisten nappularivien välisen tilan sulkee sivusuunnassa renkaan reunassa oleva nappula, joka on keskellä tätä aukkoa. Renkaan vakavuutta voidaan parantaa muotoilemalla nappulat kiilaviksi. Pinnat ovat siten kaltevat, että kun pyörää kallistettaessa kiihdytetään, pyrkivät vinot pinnat painamaan rengasta sisäkurvin suuntaan. Näin rakennettu rengas on suuntavakaa ajettava suorallakin. Se pyrkii siirtämään pyörää kallistuksen suuntaan ja vakauttaa siten kulkua.

KUDOSRAKENNE

Kudosrakenteen merkitys renkaan painon muodostumiseen on huomattava. Tavallinen rengas on 4-kudoksinen, mutta se on painava. Viime aikoina on otettu tuotantoon 2-kudoksia renkaita, jotka ovat huomattavasti keveämpiä, mutta rakenteensa vuoksi

pehmeämpiä. Kivet lyövät helposti läpi, sisärenkas puristuu vanteen reunan ja kiven kulman väliin ja rikkoutuu. Sitä käytettäessä renkaan puhkeaminen on huomattavasti todennäköisempi keskeyttämisen syy kuin perinteisellä 4-kankaisella renkaalla. Varsinkin silloin, kun radan pinnassa on suuria kiviä, tulisi pitäytyä vahvemmissa renkaissa. Ei ole kovinkaan miellyttävä kokemus keskeyttää johtopaikalta renkaan puhkeamisen vuoksi. Ainoat keinot vähentää tätä vaaraa on käyttää mahdollisimman paksua sisärenkasta ja runsaasti ilmaa sen sisällä. Tai käyttää 4-kudoksista rengasta. Käsitykseni mukaan tavallinen keskitason kuljettaja ei juuri hyödy 2-kudoksiseen renkaaseen siirtymisellä. Tilanne on toinen Mm-tasolla, jossa taistellaan jokaisesta sadasosasekunnista.

ERIKOISRENKAAT

Tehdaskuljettajilla saattaa olla jollakin kovapintaisella radalla erikoisrenkaat, joiden kumiseos on erittäin pehmeä. Niillä saavutetaan hieman parempi pito, mutta ne kuluvat kisan aikana käyttökelvottomaksi. Nappuloiden reunat pyöristyvät ja ne kuluvat muodottomiksi. Renkaan kulumiselle ei ole mitään väliä, kunhan sen avulla vain voitetaan kilpailu. Seuraavassa kisassa on taas uudet kumit alla. Tavallinen yksityiskuljettaja ei voi ostaa uusia renkaita joka kilpailuun ja joka lähtöön, ja niinpä näiden superpehmeiden renkaiden markkinat olisivat siksi pienet, että niitä ei ole tuotu yleiseen myyntiin. Siinä vaiheessa, kun niitä todella tarvitaan ja niihin on varaa, ne järjestyvät kyllä jotakin kautta jokaiseen käyttöön.

RENKAAN KOKO

Renkaan koolla on merkittävä osuus lopputulokseen. Liian pieni rengas ei pysty kehittämään riittävää pitovoimaa ja se uppoaa syvälle pehmeän radan pintaan.

Toisaalta liian suuri rengas ei sudi, mutta sen vierintävastus on niin suuri, että moottorin teho loppuu. Lisäksi renkaan paino lisääntyy sen koon mukana ja siihen sitoutuvan liike-energian määrä vaikuttaa pyörän kiihtyvyyteen. Kun ajatellaan, että tavallinen 4,50 - 18 rengas painaa noin 6 kg, voidaan laskea sen kiihdyttämiseen tarvittavan keskimäärin 0,4 kW teho, jos se tapahtuu seisovalla lähdöllä neljässä sekunnissa.

Jousittamattoman painon lisääntymisellä on suurempi merkitys. Liian suuren renkaan tuntee ajossa pomppivana takapäähän jo kokemattomampikin kuljettaja. Suuremman ilmatilavuuden sanotaan pehmentävän ajoa, mutta käsitykseni mukaan sen vuoksi ei liian suurta rengasta kannata mennä asentamaan takapäähän. Aivan toinen juttu on 17 tuumaiselle vanteelle tarkoitetut renkaat, joissa on tarkoituksellisesti hyvin suuri ilmatila tasaamassa menoa.

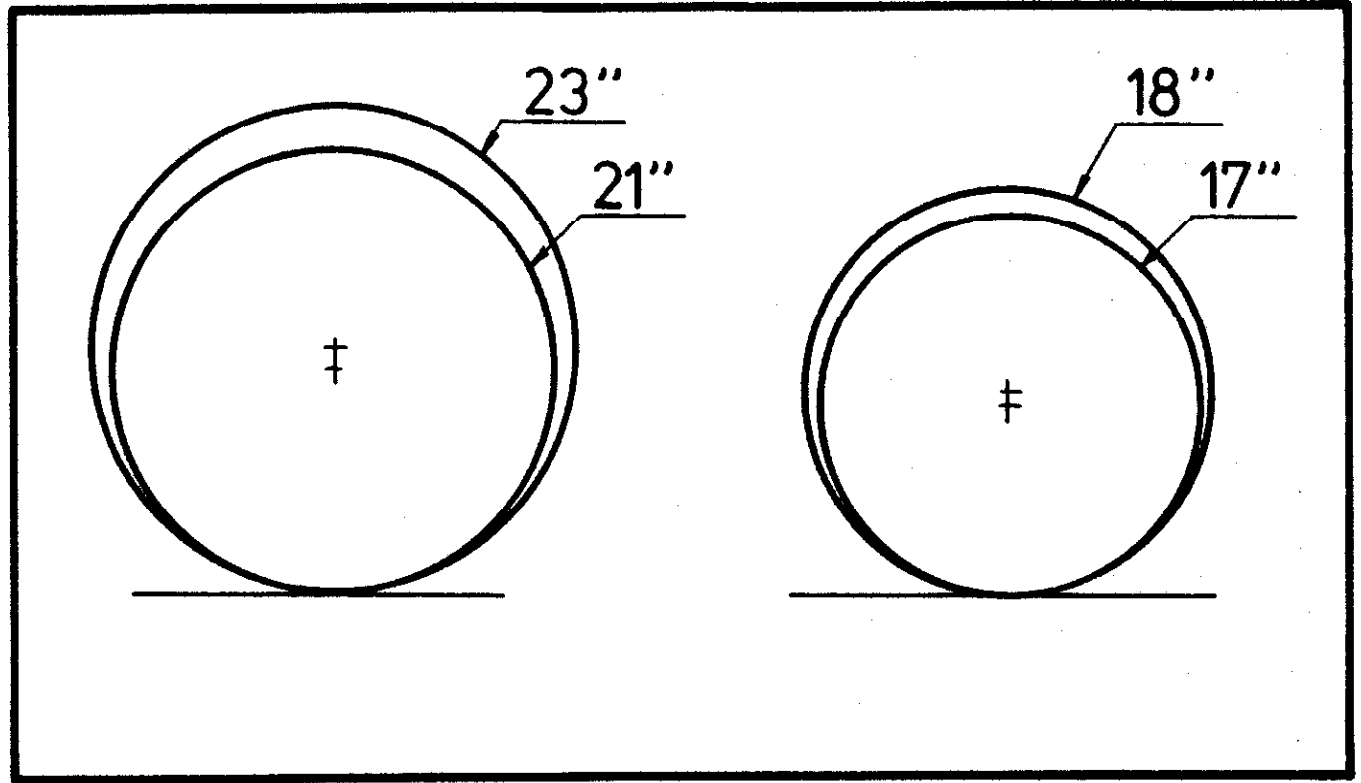
125 cc pyörässä 4,00 - 18 on hyvä koko, jota ei juuri kannata ylittää. 4,50 - 18 on jo liikaa. Se sopii hyvin 250 cc pyörään ja on siihen ehkä paras koko. 5,00 - 18 alkaa olla jo 250 cc pyörän maksimi ja 5,50 - 18 on jo 500 cc pyörän rengas. Edessä 2,75 - 21 sopii 125 cc koneeseen, ja kaikkiin kokoihin yleisrenkaana käy 3,00 - 21. Jos halutaan erikoisen hyvää pitoa etupäähän valitaan 3,25 - 21, mutta sitä ei kannata laittaa

125 cc pyörään, siihen se on jo liikaa.

VANNEKOKO

80-luvun taitteessa keskusteltiin paljon 17 tuuman takarenkaasta ja 23 tuumaisesta eturenkaasta. Nyt tilanne näyttää palautuvan entiselleen, sillä sitkeimmätkin 17 tuuman kannattajat ovat palaamassa takaisin 18 tuumaiseen takarenkaaseen. Sen piti laskea pyörän takapäätä alemmas, jolloin istuinkorkeus pienenisi ja lyhyempikin kuljettaja yltäisi jaloillaan maahan. Ihmeellistä kyllä renkaan ulkohalkaisija ei juurikaan pienentynyt ja niinpä toivottua pyörän mataloitumista ei saavutettu.

Toinen peruste tämän pienemmän vanteen käyttämiselle oli renkaan ilmatilavuuden kasvaminen, jolloin sen pito paranisi lähdeettäessä kiihdyttämään pyykkilautapinnalla. Sen piti myös tuoda parempi tuntuma radan pintaan. Sillä piti siis olla monia selviä etuja tavalliseen 18 tuumaiseen renkaaseen verrattuna, mutta ainoaksi todelliseksi valiksi jäi sen suurempi kosketuspinta. Pehmeämmät renkaan sivut sallivat kulutuspinnan mukautumisen radan pinnan mukai-



MX-renkaiden soveltuvuustaulukko.

	Hiekka	Muta	Nurmi	Savi-muta	Hiekka-sora	Kova sora
TRELLEBORG						
Motocross T-544	▲	▲		▲	▲	▲
Friction T-644				▲	▲	▲
Ten Masters T-744	▲	▲		▲	▲	▲
Broad Master T-844	▲	▲		▲	▲	▲
METZELER						
Motocross			▲	▲	▲	▲
Motocross III			▲	▲	▲	▲
Multi cross	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Perfect cross	▲	▲	▲	▲	▲	▲
PIRELLI						
Hard cross			▲	▲	▲	▲
Deltacross			▲	▲	▲	▲
Pentacross			▲	▲	▲	▲
Garacross		▲	▲	▲	▲	▲
Sandcross	▲	▲	▲	▲	▲	▲

seksi ja kosketuspinta suureni. Samaten voitiin käyttää matalampaa rengaspainetta, ja taas sen ote radan pintaan tuli ystävällisemmäksi. Niinpä sen pito oli parempi liukkaissa paikoissa. Valitettavasti kuitenkin vain harvat rengasvalmistajat paneutuivat 17 tuumaisen kehittämiseen täysipainoiseksi ja niinpä sen suosio jäi laimeaksi. Osasyynä on varmasti liian suppea rengasvalikoima ja sen mukanaan tuoma puute hyvästä renkaasta kaikissa erikoisolosuhteissa. Nyt 17 tuuman vanne on alkuperäisenä vain hyvin harvoissa tuotantopyörissä ja tuskin kukaan vaihtaa pyöränsä 18 tuumaista sellaiseksi jälkeen päin.

Ei eturenkaan tarvitse välttämättä olla 21 tuumainen, sillä 23 tuumaista on käytetty joissakin olosuhteissa hyvinkin hyvällä menestyksellä. Se toimii erittäin hyvin radalla, jonka pinta on kova ja jossa on kauttaaltaan pientä rökkyä. Rengas rullaa paljon pehmeämmin epätasaisuuksien yli kuin pienempi 21-tuumainen vakio-rengas. Sen hyrrävoimat ovat kuitenkin niin paljon suuremmat, että

pyörän ohjauksen herkkyys nopeilla suorilla katoaa ja niinpä sitä ei voi suositella nopealle radalle. Se on myös raskaampi käännettävä pehmeässä maastossa, ja siksi se ei sovellu hyvin pehmeälle radalle, vaikka sen parempi kantavuus ja pienempi vierintävastus olisikin suuri etu sorapinnalla. Käytännössä suurin este on 23-tuumainen pieni rengasvalikoima, ja hyvän renkaan puute on niin suuri, että sitä tuskin kannattaa pyöräänsä 21-tuumaisen tilalle vaihtaa.

NIUKALLA BUDJETILLA TEHTÄVÄ KOMPROMISSEJÄ

Yksityiskuljettajan on pyrittävä valitsemaan oikea rengastyyppi ajamiensa ratojen mukaan siten, että se sopii mahdollisimman monelle eri radalle. Suomessa on paljon hiekkaratoja, ja niinpä hyvä valinta on useassa tapauksessa jokin hiekkaradan rengas, jolla voidaan ajaa myös kovapohjaisemalla pinnalla. Tehdaskuskin tilanne on toinen ja hän joutuu valitsemaan renkaansa jokaiselle eri radalle erikseen. Silloin tilanne on jo paljon pulmallisempi. Onneksi kokemusta on kuitenkin jo sen verran kertynyt, että se ei tuota vaikeuksia.

KAUHARENGAS

Ehkä kaikkein merkillisin ilmentys motocrossradoilla oli paddle tire, vapaasti suomennettuna kauharengas. Se muodostui sileäpintaista renkaasta, jonka kulumispintaan oli tehty kumisia kauhoja. Hiekkapintaistella radalla rengas kauhoi menemään ennennäkemätöntä vauhtia. Hiekka lensi taakse päin jatkuvana suihkuna tehden takana ajamisen mahdottomaksi. Kauhat eivät kehittäneet kovinkaan kehuttavaa sivuttaispitoa ja siksi renkas oli hidas mutkissa, mutta sitäkin kovempi kulkemaan suoralla, jossa pito oli mahtava. Ensiesiintyminen tapahtui USA:n supercross-sarjassa Oaklandissa -79, ja siihen se jäikin. Pian AMA ja FIM kielsivät sen, ja niinpä sitä ei käytetä tänä päivänä muualla kuin huvikäytössä USA:n aavikoilla. Se oli kuitenkin mielenkiintoinen muistutus ihmisen kekseliäisyydestä ja sääntöjen aukkojen olemassaolosta. Ei kukaan sellaista hiekkalinkoa kaivannut, se tehtiin vain, koska sen avulla päästään nopeammin hiekkaradan ympäri. Siksi, ei minkään muun vuoksi.

2 Jarrut

JARRUJEN MERKITYS VALTAVA

Aivan viime vuosiin asti on huomio kiinnitetty pääasiassa siihen, miten pyörä saataisiin kulkemaan ja kiihtymään nopeammin, eikä jarrujen kehittämiseen ole panostettu lainkaan. Ne ovat olleet vain välttämätön paha, joka pyörään on laitettava, mutta joiden tehokkuudella ei ole suurtakaan merkitystä. Ei ollutkaan mikään ihme, ettei niihin viitsitty uhrata voimavaroja, sillä niiden mitättömän tehon vuoksi vain harvat vaivautuivat niitä, varsinkin etujarrua, tehokkaasti käyttämään. Ei ilmeisesti ymmärretty, että myös maastopyörän jarrut voisivat olla tehokkaat, ja että niitä parantamalla voitaisiin kierrosaikoja parantaa merkittävästi. On tietenkin totta, että sorapinnalla

saattaa liian tehokas jarru olla arvaamattoman vaarallinen, koska renkaan lukkiutumisen vaara on ilmeinen, ja sehän tietää varsin helposti lähempää tutustumista maaperään. Liian tehokas jarru saattaa siis väsyneen kuljettajan tunnottomissa käsissä olla vaarallinen kapistus. Paha jarrutusrökky puistelee pyörää siinä määrin, että kuljettajan on pidettävä hyväkuntoisenakin lujasti sarvista kiinni, ja liian herkkä jarrun toiminta voi olla hankala näissä olosuhteissa. Kuitenkin tiedän kokemuksesta, että motocrosspyörien jarrut ovat poikkeuksetta hyvin raskaita käyttää, ja kenelläkään ei varmasti olisi mitään sitä vastaan, että etujarrua jaksaisi heikompiormininkin käyttää kahdella sormella.

Rumpujarru

Motocrosspyörässä on perinteisesti käytetty rumpujarruja. Syykin siihen on selvä, käyttöolosuhteet ovat erittäin likaiset ja rumpujarru on umpinaisen rakenteensa ansiosta pitkäikäinen ratkaisu. Se on näihin päiviin asti ollut poikkeuksetta yksilevittiminen, vaikka katupyörissä kehitys onkin kulkenut väijäämättömästi tämän antiikkisen ratkaisun ohitse. Motocrossissa yksinkertaisuus on kuitenkin valttia ja niinpä onkin kestänyt näinkin pitkään, ennenkuin yksinkertaisimmasta mahdollisesta jarrusta, yksilevittimisestä rumpujarrusta aletaan luopumaan.

Yhdellä levittimellä varustetussa jarrussa toinen jarrukenkä on itsetehostuva ja toinen tehostumaton, melkein tehoton. Tehostuvassa kengässä kitkavoima vaikuttaa

MX-pyörien rengaskoot 1983.

	Eturengas	Takarengas
80 cc	2,75×17	4,10×14
	250...2,75×21	350×18 100/90×18
125 cc	3,00×21	4,00...4,25×18
	90/80×21	120/80...130/80×18
250 cc	3,00×21	4,50...5,00×18
	90/80×21	130/80...140/80×18
500 cc	3,00×21	4,50...5,50×18
	90/80...100/80×21	140/80...150/80×18

MX-pyörien vanne koot.

	Etuvanne	Takavanne
80 cc	1,42×17	1,60×14
	1,60×21	2,15×18
125 cc	1,60×21	2,15×18
250 cc	1,60×21	2,15...2,50×18
500 cc	1,60...1,85×21	2,15...2,50×18

sellaiseen suuntaan, että kenkä puristuu sen vaikutuksesta yhä tiukemmin jarrurumpua vasten. Se toimii siis varsin tehokkaasti jo pienelläkin poljinvoimalla. Sen sijaan tehostumaton kenkä pyrkii kääntymään irti rumpun pinnasta ja sen teho on vähintäänkin heikko.

Jarrun tehoa voidaan merkittävästi lisätä rakentamalla se kahdella levittimellä toimivaksi. Tässä rakenteessa molemmat kengät ovat itsetehostuvia, ja niinpä sen teho on huomattavasti parempi poljinvoiman pysyessä ennallaan.

RUMPUJARRUJEN KÄYTTÖLAITTEET

Takajarrun liikkeen välityselimenä on perinteisesti ollut tanko. Se on yksinkertainen ja toimintavarma, joskin arka taipumaan kaaduttaessa. Sen rakenteeseen liittyy kuitenkin tiettyjä ongelmia.

Sen nivelpisteet on valittava huolella, etteivät takajousituksen liikkeet pääsisi välittymään jarrupolkimeen. Etupään on liityttävä jarrupolkimeen täsmälleen takahaarukan laakeroinnin korkeudella ja mahdollisimman lähellä sitä myös pituussuunnassa. Mikäli takajarru on uivaa tyyppiä, onnistuu tangon vienti vain siten, että se on täsmälleen takahaarukan pituinen ja sen kanssa samansuuntainen. Molemmissa tapauksissa ehdot tuntuvat kohtuullisilta, mutta kun niitä yritetään toteuttaa käytännössä, huomataan että ongelmia syntyy.

Tangon taipuminen ja sen mukanaan tuomat keskeytykset kisoissa voidaan välttää vaihtamalla tangon tilalle vaijeri. Se ei tarvitse vaippaa, koska on suora, ja on muutoinkin hyvin yksinkertainen ja toimiva ratkaisu. Kolmas mahdollisuus polkimen liikkeen välittämiseksi on toteuttaa se vaijerin

avulla. Sitä käytetään, kun tangon käyttö ei onnistu, kun tangon asettamisen tiellä on takahaarukka tai takaiskunvaimennin. Vaijeri voidaan viedä iskunvaimentimen ohi ja sen käyttö on mahdollista hyvinkin ahtaissa paikoissa. Se on kuitenkin kallein vaihtoehto ja vaatii paljon huoltoa ja on hyväkuntoisenakin tunnettomampi kuin muut vaihtoehdot.

Joskus tankovälitteinen jarru toteutetaan siten, että rumpu on pyörän vasemmalla puolella. Silloin tanko tehdään kahtena lyhyenä pätkänä ja ne kytketään haarukan läpi kulkevan akselin päissä oleviin vipuihin. Näin liike saadaan välitettyä toiselle puolelle pyörää. Samaa systeemiä voidaan soveltaa myös silloin, kun tankoa ei muuten voitaisi käyttää; nivelöidään vipu haarukan kylkeen ja ohjataan sen avulla kaksiosainen tanko esimerkiksi iskunvaimentimen ohi. Järjestely on melko monimutkainen ja vaatii jonkin verran enemmän huoltoa, kuin tavallinen tankovälitteinen jarru, mutta se on kuitenkin toiminnaltaan täsmällisempi kuin vaijeritoiminen kilpailijansa. Siitä puuttuu vaijerille ominainen nahkeus.

RUMPUJARRU RASKAS KÄYTTÄÄ

Rumpujarru on pakostakin raskaskäyttöinen, sillä sen rakenteeseen liittyy olennaisena osana tukevatekoiset jarrukenkien palautusjouset. Jarrutettaessa on näitä jousia venytettävä, ja jos sormissa voimaa riittää, puristetaan lopulla voimalla kenkiä rumpua vasten. Kaiken kukkuraksi etujarru on poikkeuksetta vaijerikäyttöinen, ja vaijerihan on jo hieman kuluneena tahkea kulkemaan vaippansa sisällä ja jarru on entistäkin jäykempi. Sen toimintaa ei saa vsymään siedettävän notkeana millään konstilla, jos se pääsee ruhjoutumaan parissa kunnan kaatumisessa.

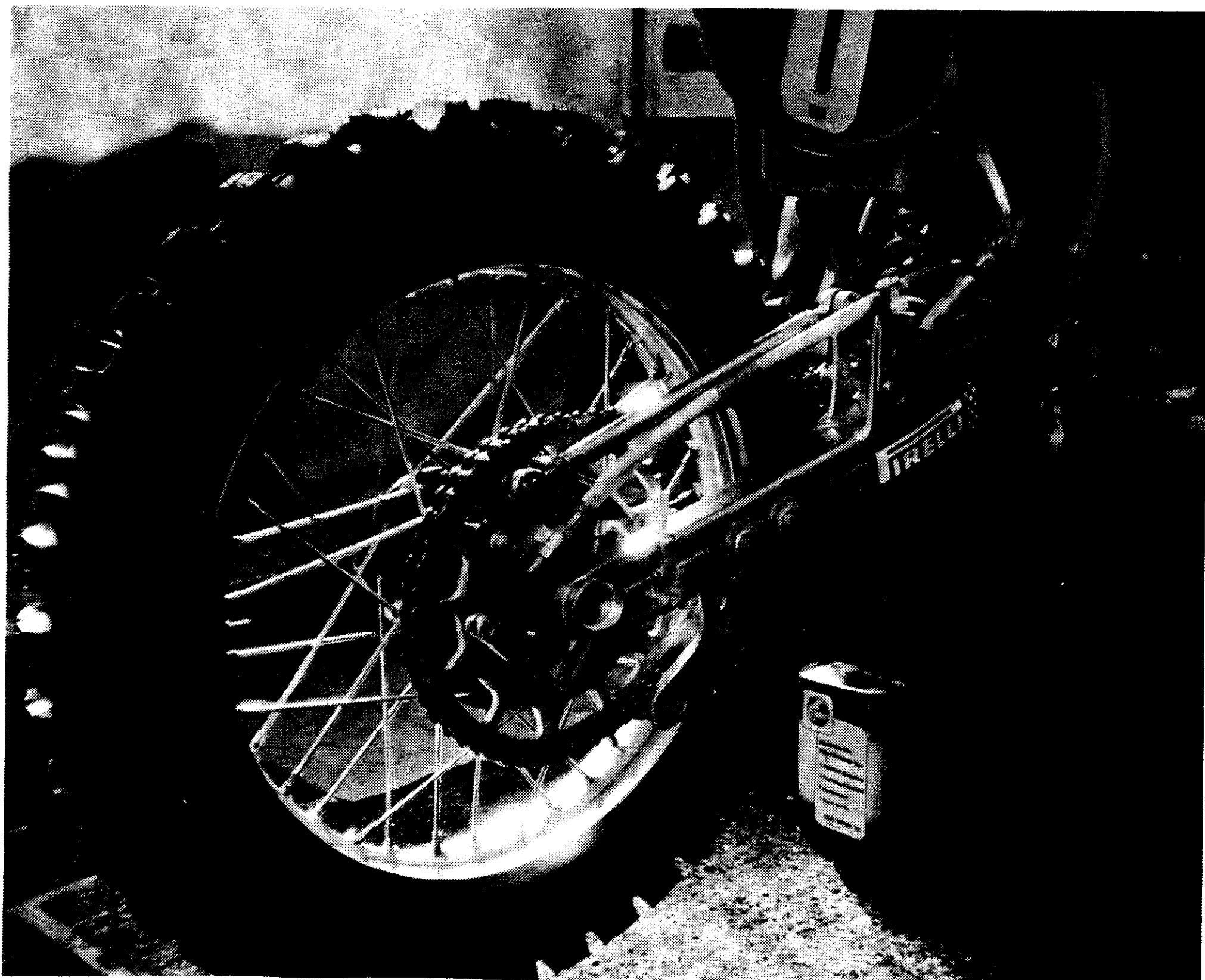
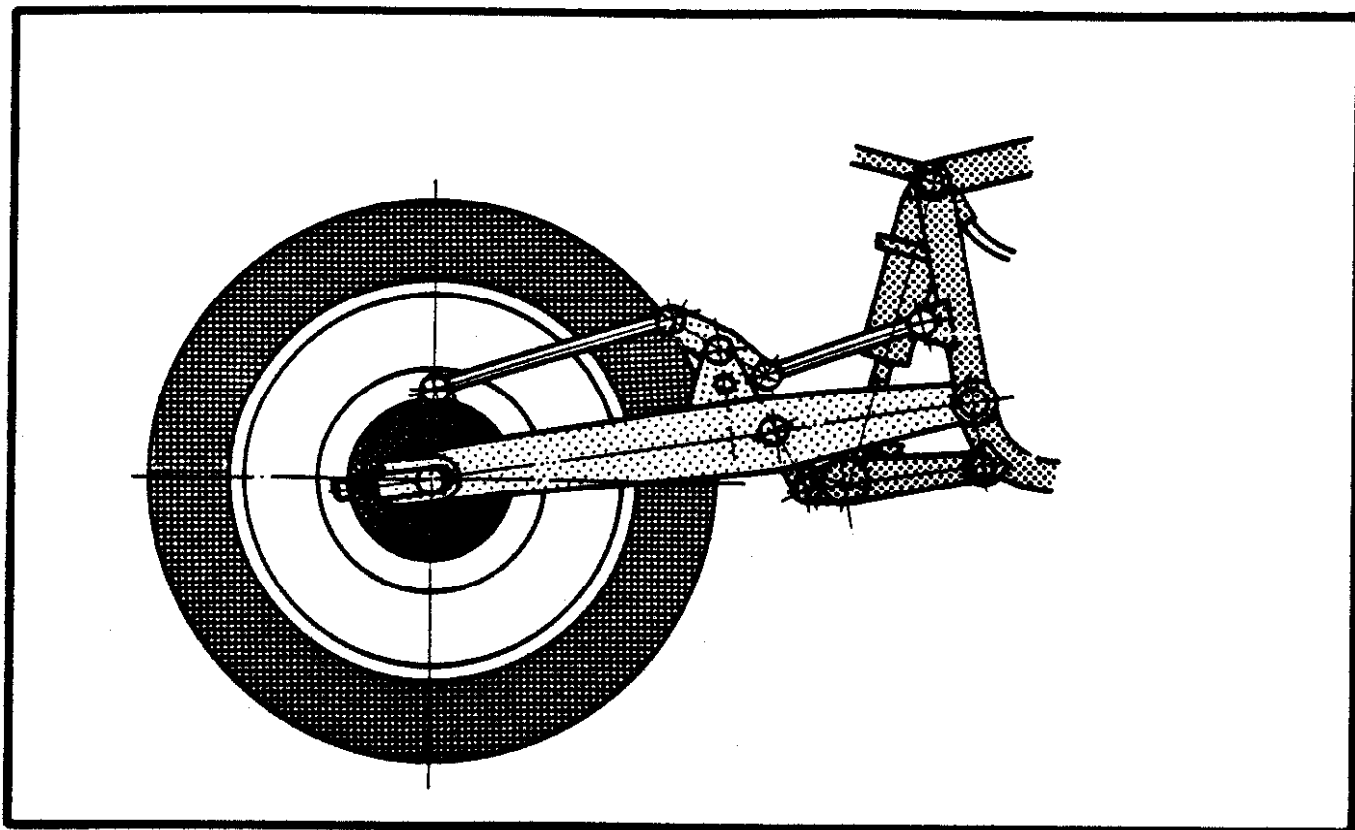
Rumpujarrun toimintaa on yritetty parantaa muuttamalla se nestetoimiseksi, mutta tulokset eivät ole olleet kovinkaan rohkaisevia. Edelleen jarrukenkien palautusjouset ovat yhtä jäykät ja niin myös jarrujen toiminta kysyy käsivoimia.

Levyjarrua veikkattiin vielä vuosi sitten vakiovarusteeksi ensi vuoden tuotantomalleihin (-84), mutta nyt

näyttää siltä, että niin ei kuitenkaan tule käymään. Etujarruksihan se tietenkin olisi pitänyt tulla, ei sitä takana oltu kokeiltukaan vielä siinä vaiheessa. Nyt sen sijaan kiertää ratoja muutama proto, jossa on levyjarrut molemmissa

LÄMPÖONGELMIA

Jarrutuksessa muutetaan pyörän liike-energiaa lämmöksi ja näin syntyvä lämpöenergia sitoutuu pääasiassa jarrurumpuun. Sen lämpötila kohoaa ja lämpölaajenemisen tuloksena sen halkaisija suurenee, jarrukahva painuu syvemmälle. Lämpötilan kohoaminen saa aikaan muutakin. Se pienentää rumpun ja jarrukengän kitkapinnan välistä kitkakerrointa ja jarrujen teho heikkenee. Lämpötilan kohoamisesta johtuva jarrujen häipyminen ei kuitenkaan ole mitenkään suuri ongelma motocrossissa, sillä nopeudet ovat varsin pieniä ja niinpä jarrujen lämpötilakaan ei missään vaiheessa pääse nousemaan kovin korkeaksi.



Tämä jarru on herättänyt paljon mielenkiintoa. Vipujen avulla nyökkimistä saadaan vähemmän ja jarrutustapahtuma paremmin hallintaan. Milloin Honda tuo sen tuotantopyöriin?

pyörissä ja ne toimivat ilmeisesti erittäin hyvin.

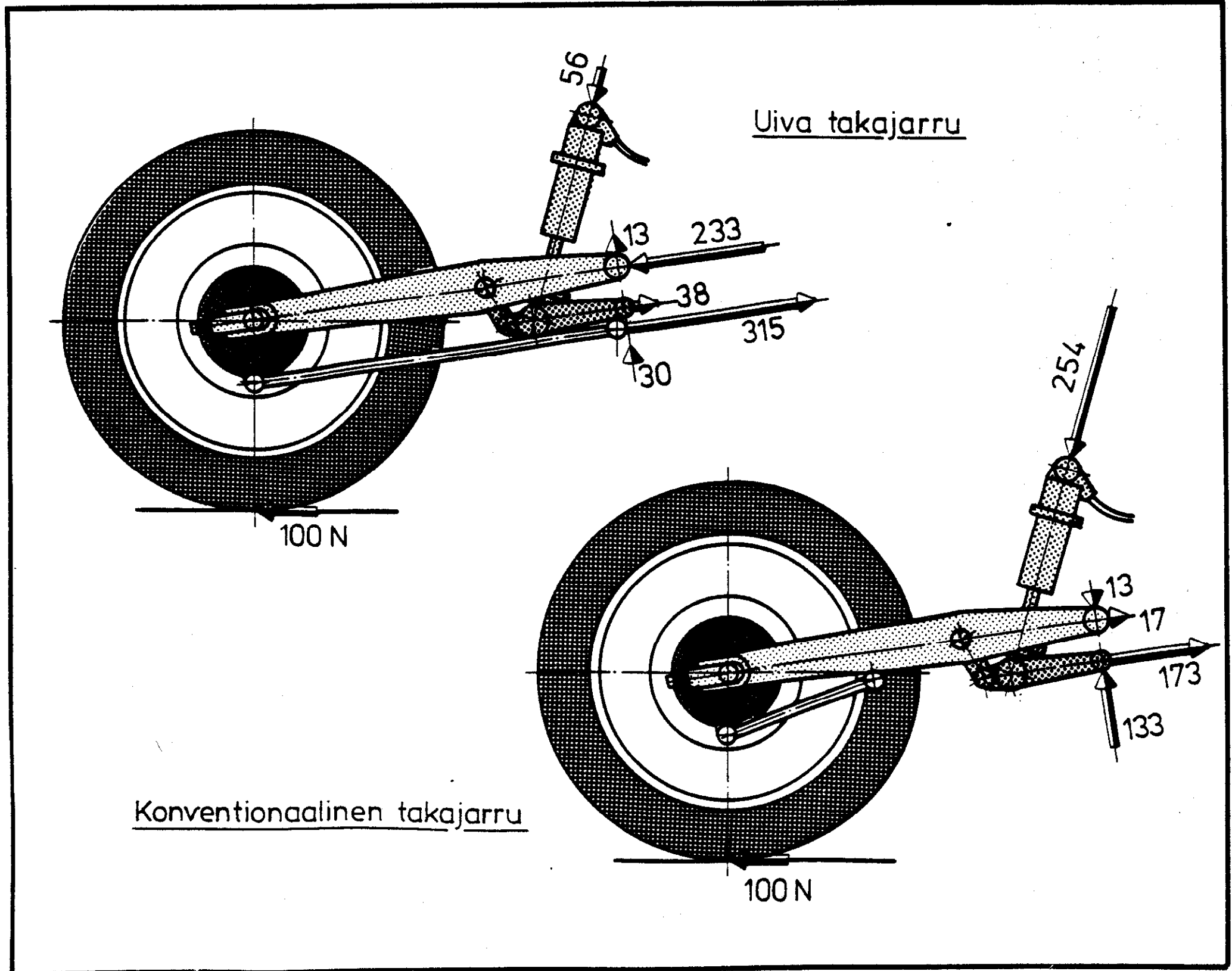
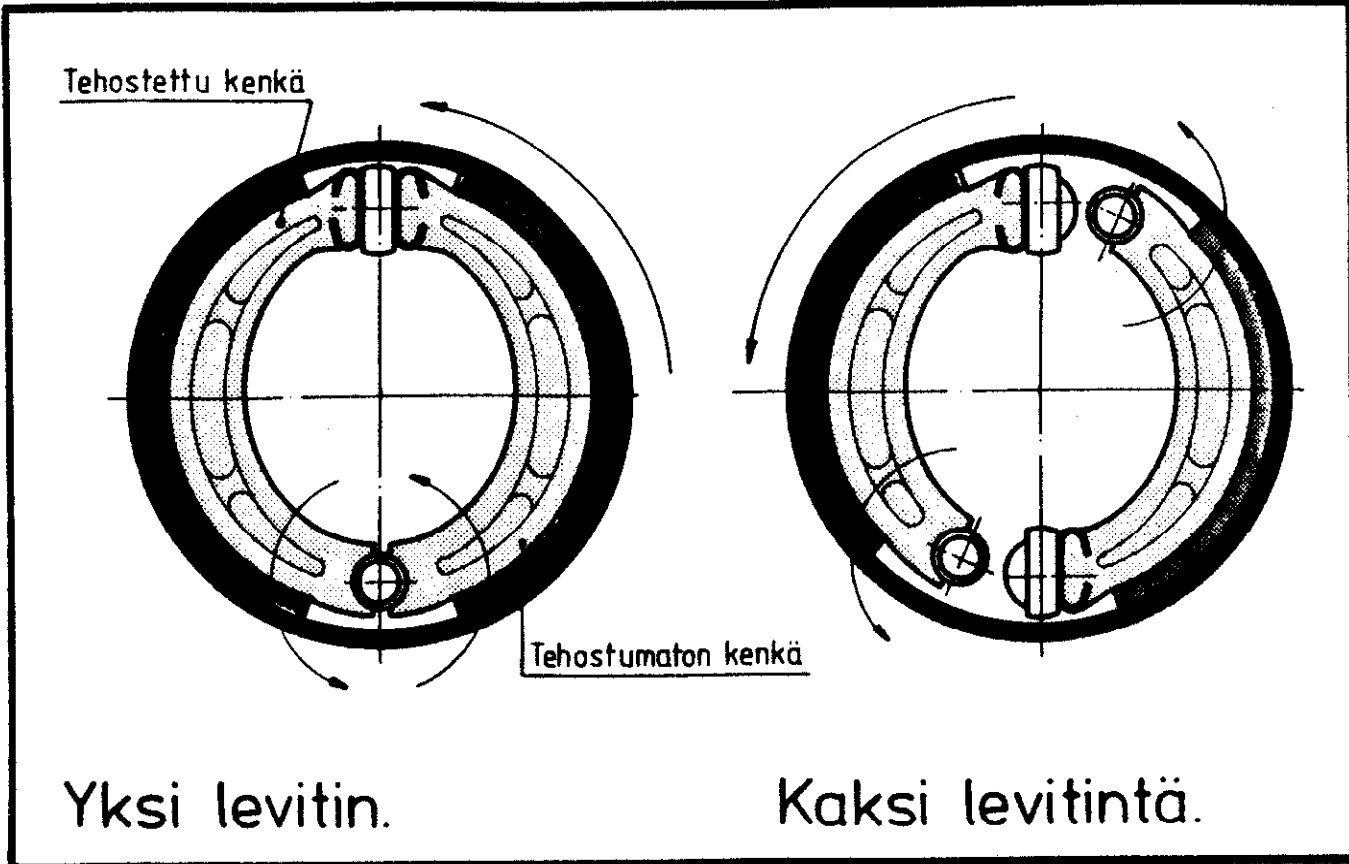
Mitään pahaa ei voida sanoa niistäkään harvoista levyjarruista, joita on tuotantopyöriin ilmestynyt. Syynä alkuvaiheen suureen innostukseen oli levyjarrun parempi teho ja sen toiminnan keveys, vähemmälle huomiolle sen sijaan jäi sen korkeampi hinta. Toinen vahva ja epäilyksiä herät-

tänyt seikka oli sen kestävyys. Levyn pelättiin kuluvan urille alta aikayksikön ja jarrupalojen häipyvän pölynä ympäröivään hiekkään. Ihmeellistä kyllä, levy näyttää kestävän yllättävän hyvin ja jarrupalojakaan ei tarvitse vaihtaa joka ajokerran jälkeen. Jarruputketkin näyttävät kestävän pieniä kolhuja melko hyvin, ja niidenkään vuoksi ei levyjarrua

kannata vierastaa.

LEVYJARRU EI VAADI VOIMAA

Levyjarrun keveys johtuu sen välitysmekanismiin, nestepiirin pienistä kitkoista ja jarrukaliberin nerokkaasta tiivisteratkaisusta, joka tekee palautusjousen tarpeettomaksi. Tiivisterengas on poikkileikkaukseltaan neliö. Se asennetaan vinopohjaiseen uraan siten, että sisäpuolen reuna tulee suurempaan puristukseen. Näin se muodostaa eräänlaisen tiivistys-huulen. Tiiviste puristuu erittäin tiukasti männän ulkopintaa vasten ja se ei kovin helposti liu'u pintaa pitkin. Jarrupalan puristuksessa levyä vasten tiivisteeseen syntyy leikkausjännitys ja kun jarrun painaminen lopetetaan, se vetää palan irti levystä. Palan etäisyys levyn pinnasta on vain pari kymmenesosa millimetriä ja niinpä



levyn on oltava suora, muuten se hankaisi palaa.

KALIBERIN RAKENNE

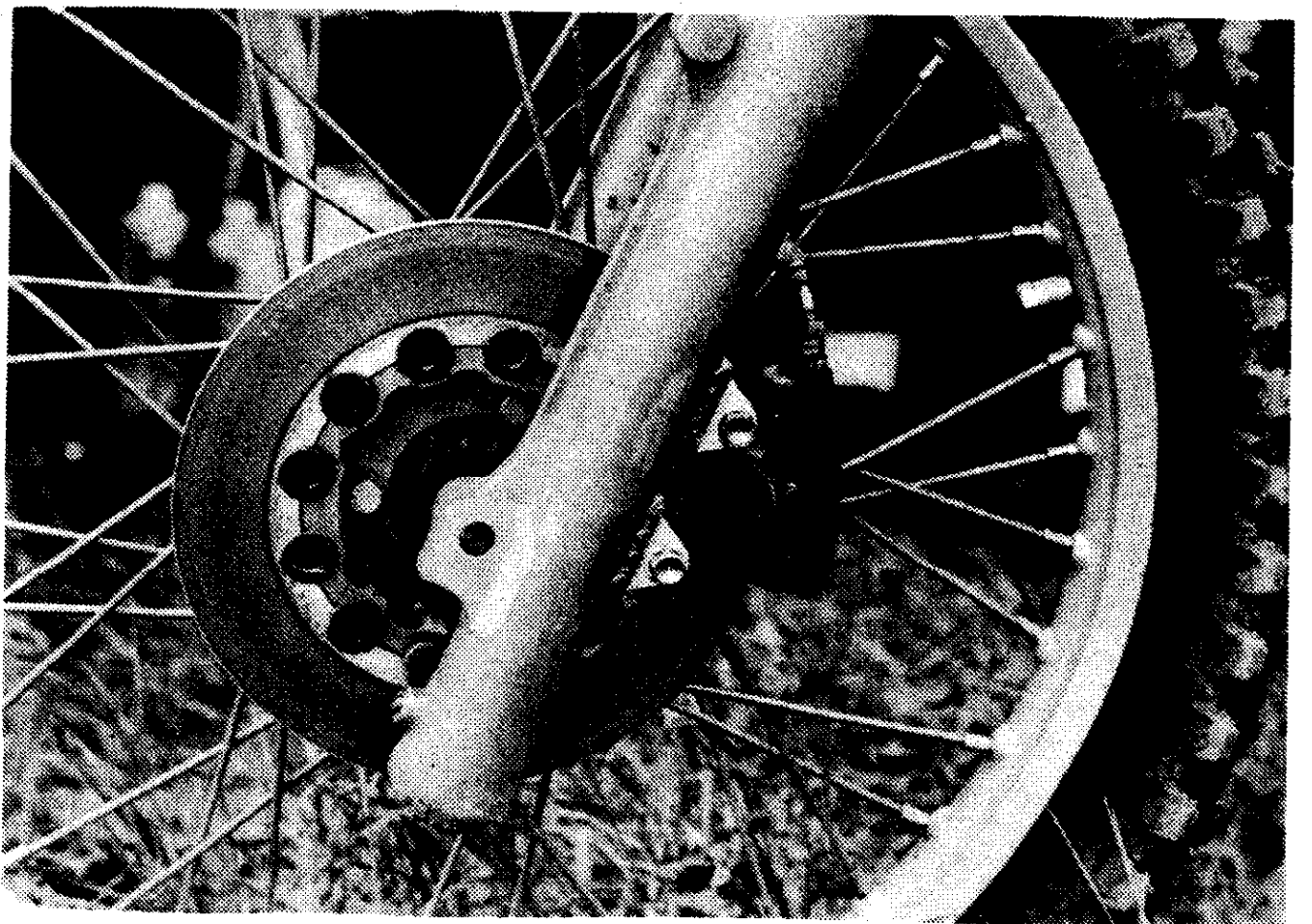
Levyjarrun puristin, kaliberi, voi olla joko yksi- tai kaksimäntäinen. Jarrun toiminnan kannalta on yhdentekevää montako mäntää siinä on. Vain puristusvoima ratkaisee ja vastakkain olevat sylinterit saavat täsmälleen saman voiman aikaan kuin toinen niistä saisi yksinäänkin. Kaksisylinterinen puristin on siinä mielessä edullisempi, että sen runko voidaan liittää kiinteästi jousitusrakenteisiin. Yksisylinterinen puristin sen sijaan täytyy kiinnittää siten, että myös kiinteä jarrupala pääsee liikkumaan irti levystä. Se voidaan joko nivelöidä siten, että se laakeroinnin ympäri kiertyessään liikkuu levyyn nähden poikisuunnassa, tai toinen mahdollisuus on sen varustaminen johteilla ja näin mahdollistaa myös kiinteän palan liike. Yksisylinterinen kaliberi on halvempi, kevyempi ja pienempi, toisin sanoen parempi vaihtoehto motocrosspyörään.

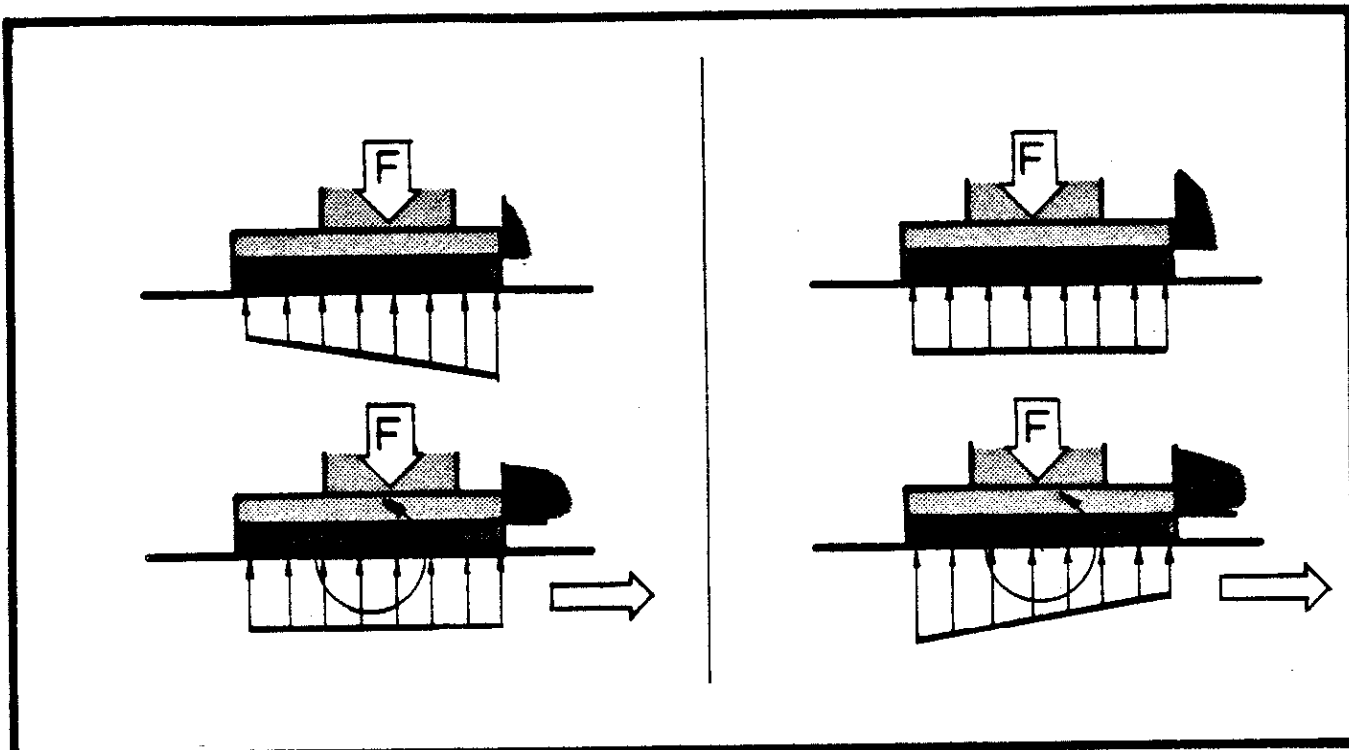
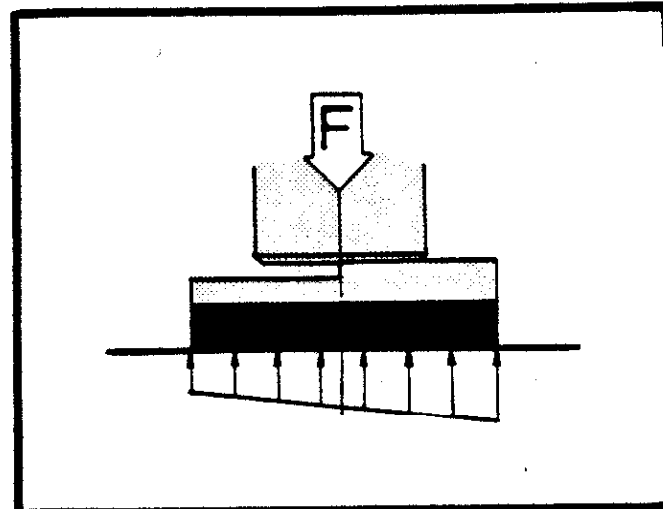
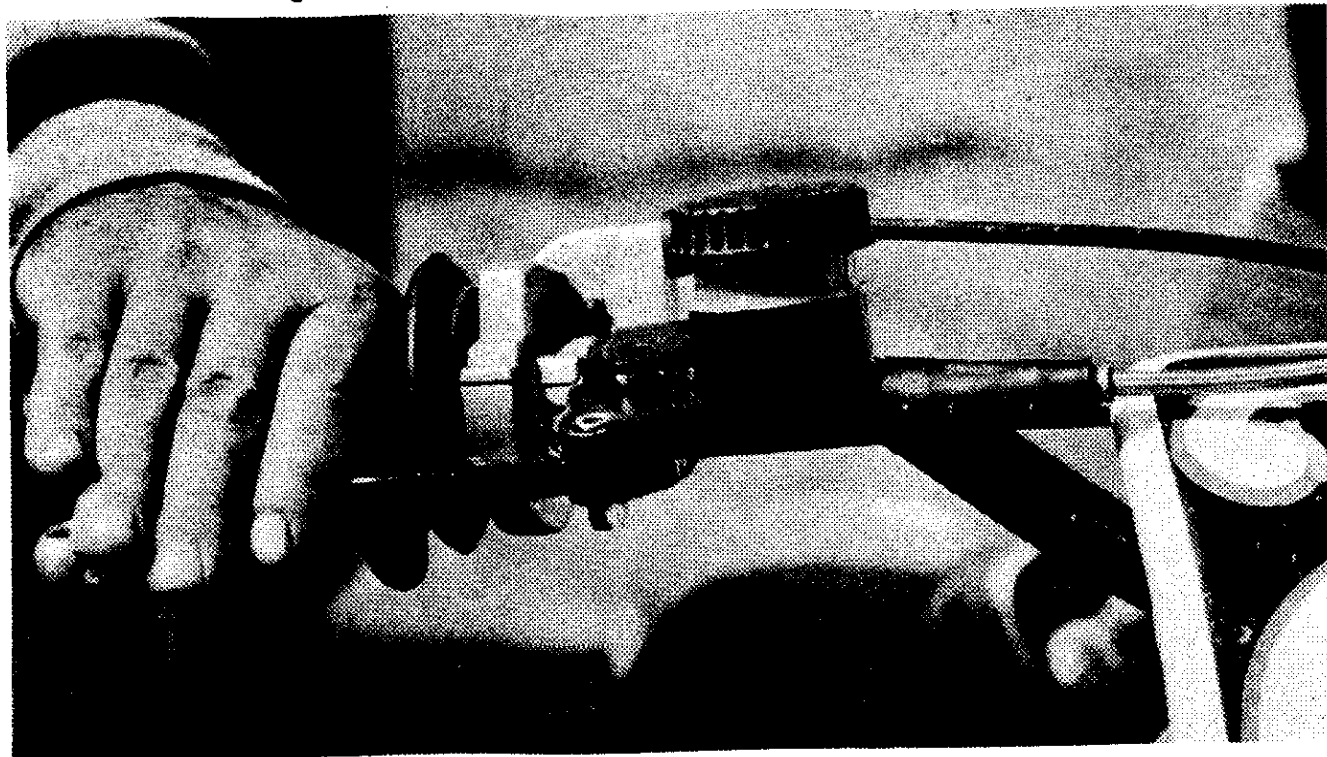
RR-pyörien etujarruissa ja jopa joissakin katypyörissäkin on otettu käyttöön jarrukaliberit, joissa yhtä jarrupalaa puristaa kaksi sylinteriä. Näin väitetään saavutettavan entisen kaltainen jarrutusteho jarrulevyllä, jossa varsinainen jarrupinta on entistä kapeampi ja jonka keskiosaan voidaan siksi tehdä aikaisempaa suuremmat kevennysreiät. Väittävät ratkaisua keveämmäksi. Motocrossissa moiseen ei varmasti tarvitse koskaan mennä, sillä riittävä jarrutusteho saavutetaan jo hyvin pienellä levyllä. Tavallinen levyn halkaisija on 220...250 mm ja se riittää vallan mainiosti. Kaliberin sylinterin halkaisija on 30...35 mm, joka on varsin pieni verrattuna katupyörien vastaaviin mittoihin.

Levyjarrua pidetään varsin painavana, mutta tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa, sillä se painaa hyvin suunniteltuna kutakuinkin saman verran kuin vastaavan tehoinen rumpujarru.

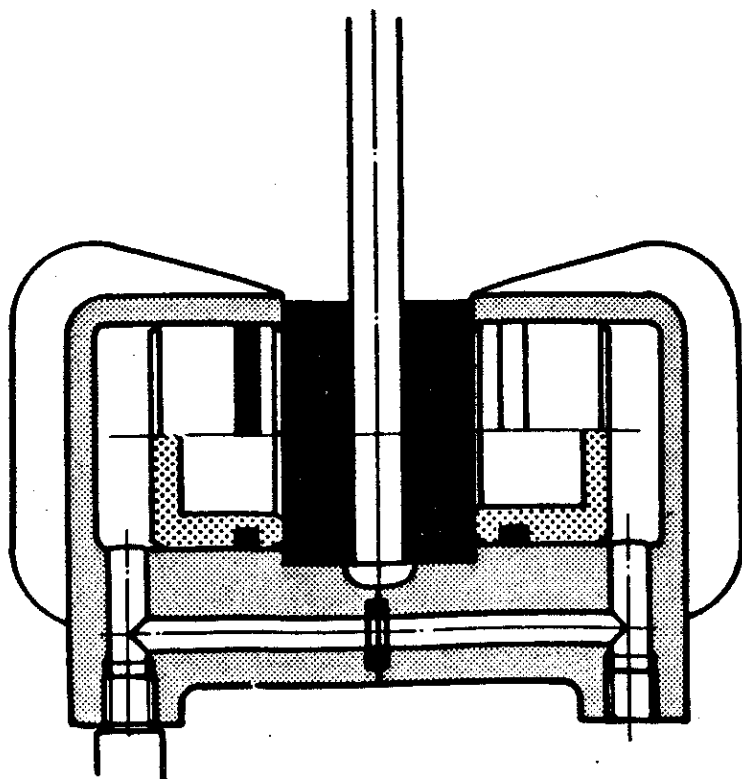
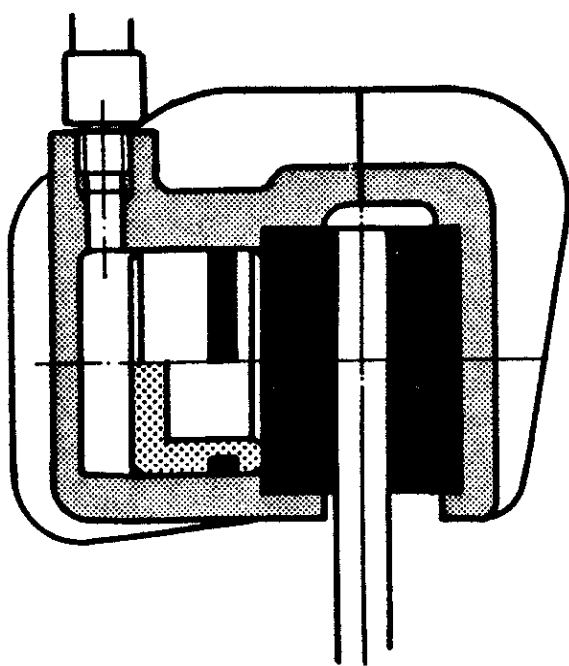
MIKSI EI TULE TUOTANTOON?

Miksi levyjarru ei sitten ole yleistynyt motocrosspyörissä? Syynä lienee rumpujarrujen tehon nopea paraneminen. Kun jarrujen tarve on tiedostettu ja rumpujar-





Yksimäntäinen puristin.



Kaksimäntäinen puristin.

rujen kehittelyyn todella paneuduttu, on niistäkin saatu kelvollisia pysäyttimiä. Kaksilevittiminen jarru on aivan riittävän tehokas sorapinnalla ja se on vanha koettu ratkaisu, jonka radikaaliin muuttamiseen ei ole todellista tarvetta, kunhan vain vaijerit pidetään kunnossa. Levyjarru on uusi tulokas maastopyörässä ja siihen suhtaudutaan tietyllä varauksella suunnittelijoiden keskuudessa.

Levyjarrun etuna pidetään sen parempaa jarrutustuntumaa. Se johtune sen paremmasta välitysmekanismista ja ennenkaikkea siitä, että syntyvä jarrutusmomentti ei välity hallintalaitteisiin kuten se tekee rumpujarrussa. Levyjarrun jarrupalaan kohdistuva kitkavoima on kohtisuora puristusvoimaan nähden. Rumpujarrussa kitkavoima sensijaan vaikuttaa tehostuvassa kengässä poljinvoimaa vähentävästi, ja tehostumattomassa kengässä vastaavasti sitä lisäävästi. Tällä on varmasti oma vaikutuksensa tuntumaan, ja siksi rumpujarrun teho muuttuu hitaammin poljinvoimaa muutettaessa.

Jarrupalaan vaikuttava paine on edullista jakaa siten, että puristus-paine on palan etuosassa pienempi kuin sen jättöreunalla. Tällöin jarrutettaessa syntyvän palaa kääntävän momentin vaikuttaessa paine tasoittuu ja kuluminen on tasaisempaa. Käytännössä tämä voidaan toteuttaa siirtämällä puristussylinteri palan keskijalalta kohti takareunaa, tai muotoilemalla palan taakse kohouma, joka vastaa mäntään palan takaosasta.

NYÖKKIMINEN JARRUTETTAESSA

Jarrutusnyökkimistä on pyritty katupyörissä ehkäisemään hydrauliseen etujarruun liitettyllä venttiilillä. Sen avulla voidaan puristuspuolen iskunvaimennus muuttaa jarrutuksen ajaksi normaalia jäy-

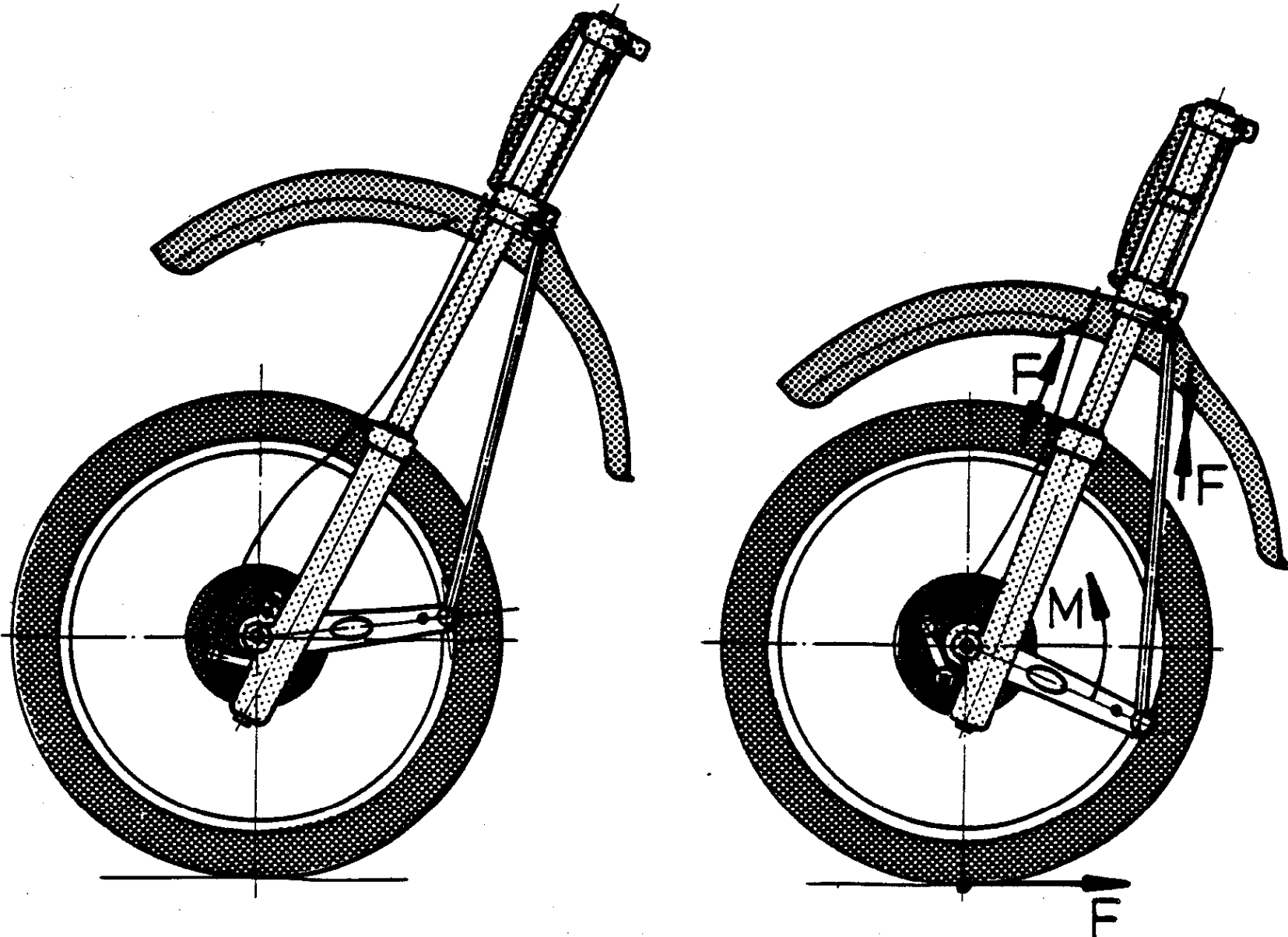
kemmäksi. Järjestelmään liittyy usein jousitoiminen venttiili, joka päästää öljyä virtaamaan varsinaisen piirin ohi terävissä iskuissa, sillä muuten jousitus löisi pahasti käsille. Monissa käytännön sovellutuksissa iskunvaimennus muuttuu kymmenen kertaa jäykemmäksi jarrutuksen aikana, ja se kyllä ymmärrettävistä syistä hillitsee jousituksen kokoon puristumista. Monissa tapauksissa venttiilin ohjaus tapahtuu suoran jarrupiirin paineella, mutta joskus se on toteutettu mekaanisesti jarrukaliberiin vaikuttavaa jarruvoimaa hyväksi käyttäen. Näin toteutuksessa jarrussa jarruvivun tyhjä liike saadaan lyhyeksi, koska ensin ei tarvitse sulkea vaimentimen venttiiliä.

Tietojeni mukaan edellä kuvattua nyökkimisenestojärjestelmää ei ole koskaan sovellettu motocrosspyörään. Onkohan se liian uusi keksintö, vai johtuuko se siitä, että motocrossissa on aina sen verran epätasainen jarrutusalue, että jousitusta ei voi jumittaa.



Uiva etujarru.

Jarrutuksessa syntyy voima joka estää teleskoopin kokoonpuristumisen.



Keinuhaarukka pidettiin aikoinaan siinä suhteessa erinomaisena, että kun jarrukilpi lukittiin itse haarukkaan, saatiin aikaan jousitus, joka ei painunut jarrutuksissa. Jarrutuksessa haarukkaan kohdistui momentti, joka pyrki kohottamaan etupäätä ja niinpä sen painuminen oli vähäistä. Tätä yritettiin selvittää myös teleskooppiin asentamalla jarruun keinuhaarukan kaltainen vipumeکانismi. Sen piti kohottaa keulaa ja estää nyökki-

minen. Kyllä se niin toimikin ja sille povattiin loistavaa tulevaisuutta. Se oli päivän sana heti ISDT:ssä tapahtuneen ensiesiintymisensä jälkeen. Sen tuotantoversiota odotettiin hartaasti ja Preston Petty möi muutossarjoja ennätysmääriä. Valitettavasti hyvin pian huomattiin, että sen toimintaan liittyi ikävä ominaisuus, joka lopetti sen käytön yhtä nopeasti kuin se oli alkanutkin. Se jäykensi jousitusta ja kadotti tunnon jar-

rutuksesta röykyssä. Rengas lukkiutui hyvin helposti sen iskeytyessä vastapenkkaan ja keula pyrki luistamaan alta jarrutuksessa. Jälleen yksi esimerkki siitä miten teoriassa hyvä idea ei toimikaan käytännössä.

3 Runko

RUNGON TEHTÄVÄ JA RAKENNE

Rungon tärkein tehtävä on liittää takahaarukan laakerointi ja emäputki mahdollisimman joustamattomasti yhteen. Useimmiten huonot ajo-ominaisuudet johtuvat epäonnistuneesta runkogeometriasta, ja liian vetelästä emäputken

kiinnityksestä. Perinteisesti eniten käytetty kehtorungoksi nimitetty runkotyyppi on erittäin hyvä moottorin ja jousituskomponenttien kiinnityksen ja huollon kannalta, mutta siitä puuttuu suora yhteys takahaarukan ja emäputken väliltä. Tällä väliputkella saavutettiin suurempi jäykkyys, kuitenkin moottorin ja ennenkaikkea pakoputken sijoittamisen tullessa

miltei mahdottomaksi. Viime aikoina on RR-rungoissa ollut havaittavissa pyrkimystä tähän suoraputkiseen runkotyyppiin ja uskonkin, että myös motocrosspyörien rungot tulevat kehittymään tähän suuntaan. Tämä vaatii kuitenkin uudenlaista moottorikonstruktiota ja ehkä siirtymistä yhtenä kokonaisuutena olevaan istuin-polttoainesäiliö-ilmanpuh-

Metallien lujuusarvoja.

Tunnus ja tila	Käyttökohte	Kimmomoduli kN/mm ²	0,2 raja (myötöraja) N/mm ²	Murtoraja N/mm ²	Murtovenymä %	Kovuus HB	Tiheys kg/m ³
Al 99,0% H18	Vain toisarvoisiin tar- koituksiin.	70	20	110max	30	30max.	2710
		70	120	140	3	45...60	2710
AlCu4SiMg T6	Puristettu muototanko. Duralumiini.	70	200	300	8	80...90	~2720
		70	370	430	7	125...135	~2720
AA 6061 T6 T 913	Yleinen kantavissa ra- kenteissa.	70	270	310	12		~2720
		70	450	460	10		~2720
TiV13Cr11Al13	Luja titaaniseos Ruuvituotteet.	105	900	950	14		~4540
		105	1700	1820	4		~4540
MgAl9 karkaistu	Luja magnesiumseos. Taottuja ja puristettuja.	44	200...270	280...370	6...12	65...70	1800
		44	250...300	310...430	2...6	85...95	1800
GMgAl6Zn	Valuseos moottorinasiin.	44	90...110	160...200	3...6	50...60	1800
Fe37C	Yleinen rakenneteräs.	206	220...250	370...450	25		7865
34CrNiMo6	Nuorrutusteräs.	206	690	880...1080	12	280...330	~7860

distin-takalokasuojia -yhdistelmän käyttöön. Uskoisin näin myös helpotettavan huoltoa sekä aikaansaatavan kevyempi ja lujempi rakenne. Painopistettä saadaan laskettua sijoittamalla polttoainesäiliö sylinterin taakse istuimen alle. Samalla ilmanpuhdistimelle vapautuisi tila nykyisen polttoainesäiliön paikalta. Jos samalla sylinteriä kallistettaisiin eteenpäin ja imu-puoli tehtäisiin poikittaisluisti-ohjatuksi, alenisi painopiste edelleenkin ja tekemällä kaasuttimesta putouskaasutin, voitaisiin se sijoittaa edullisesti heti jäähdyt-timen taakse. Tällöin takaiskunvaimennin voidaan kallistaa voimakkaammin eteenpäin, jolloin sen paino laskeutuu alaspäin ja pituus-suunnassakin lähemmäs pyörän painopistettä. Myös pakoputki tulisi muotoilla siten, että sen pak-suin osa sijoittuu istuimen alle keskelle pyörää.

KONSERVATIIVIT RIESANA

Näiden perustavaa laatua olevien muutosten tekemistä eivät estä tekniset vaan markkinointipoliittiset tekijät. Mielestäni moottoriurheilijat luottavat koettuihin ratkaisuihin, eivätkä halua ostaa pyörää, joka näin ratkaisevasti poikkeaa kilpailijoistaan, ennenkuin on annettu kiistattomat todisteet, että konstruktio on kilpailijoitaan parempi. Tämä on ihmiselle ominaista muutosvastarintaa, jonka olemassaolon tehtaiden pääsuunnittelijat hyvin tietävät, ja siksi-pä he muuttavat pyörän peruskonstruktioita hyvin hitaasti halua maansa suuntaan. Suurille valmistajille on ominaista tietty varmanpäälle pelaaminen, joka on selvästi havaittavissa heidän tuotteistaan. Uusi malli tuodaan joka vuosi, mutta muutokset keskittyvät yleensä pienten, lähinnä kosmeettisten yksityiskohtien paranteluun. Mielestäni pienet yritykset ovat huomattavasti halukkaampia ottamaan riskin ja hyödyntämään uusia innovaatioita. Usein kuitenkin on esteenä niiden rajoitetummat tekniset edellytykset valmistaa erikoisrakenteita.

TULEVAISUUDEN NÄKYMÄ

Runkorakenteiden kehittyminen aikaisemmin esittämäni suoraputkisen rungon suuntaan on mielestäni alkanut, koska useissa tehdaspyörissä ja jopa joissakin

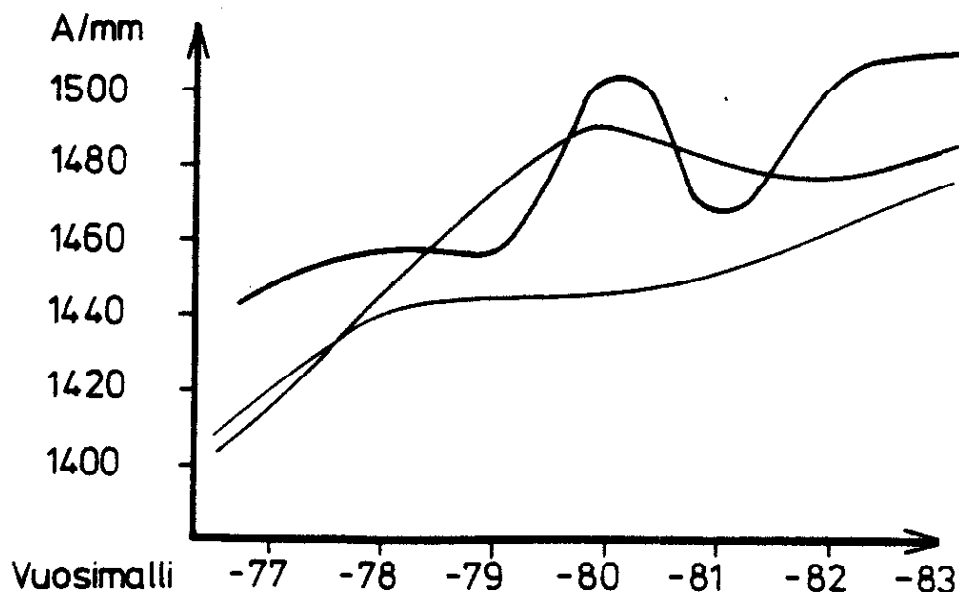
tuotantopyörämalleissakin on rungon takaosa tehty irroitettavaksi kokonaisuudeksi. Eräissä tehtaissa on ilmansuodattimen kotelo osana kantavaa rakennetta, mikä mielestäni antaa luvan odottaa mullistuksia runkorakenteissa. RR näyttää kulkevan motocrossin edellä verrattaessa uusien materiaalien käyttöön tuloa sekä tehdas- että tuotantokoneissa. Sekä kevytmetallin että hiilikuidun käyttö on huomattavasti laajempaa RR:n piirissä, mikä antaa aiheen olettaa niiden käytön yleistymistä myös motocrosspyörän rakenteissa. Tietysti se on erittäin suurelta osin kustannuskysymys, mutta uskon kiristyvän kilpailun pakottavan niiden käyttöön. Titaaniosia, eri-

koisesti ruuvituotteita käytetään tehdaskalustossa melko runsaasti ja hiilikuituakin, esimerkiksi äänenvaimentajana, on menestyksellisesti kokeiltu. En kuitenkaan usko hiilikuidusta tulevan mitenkään yleistä tuotantopyörissä, sillä se on tällä hetkellä noin 10 kertaa kalliimpaa kuin kevytmetalli hinnan kuitenkin laskiessa koko ajan. Mielestäni erilaisista kevytmetalliseoksista tulee varteenotettava kilpailija kromi-molybdeeni-teräkselle rungon raaka-aineena muutamana vuoden sisällä. Tämänvuotisissa tuotanto RR-pyörissäkin on joitakin kevytmetallirunkoisia ja tehdaslaitteissahan niitä on ollut jo vuosia. Uskon motocross-kaluston tulevan mukaan kevytmetalli-

Akseliväli.

Eurooppa

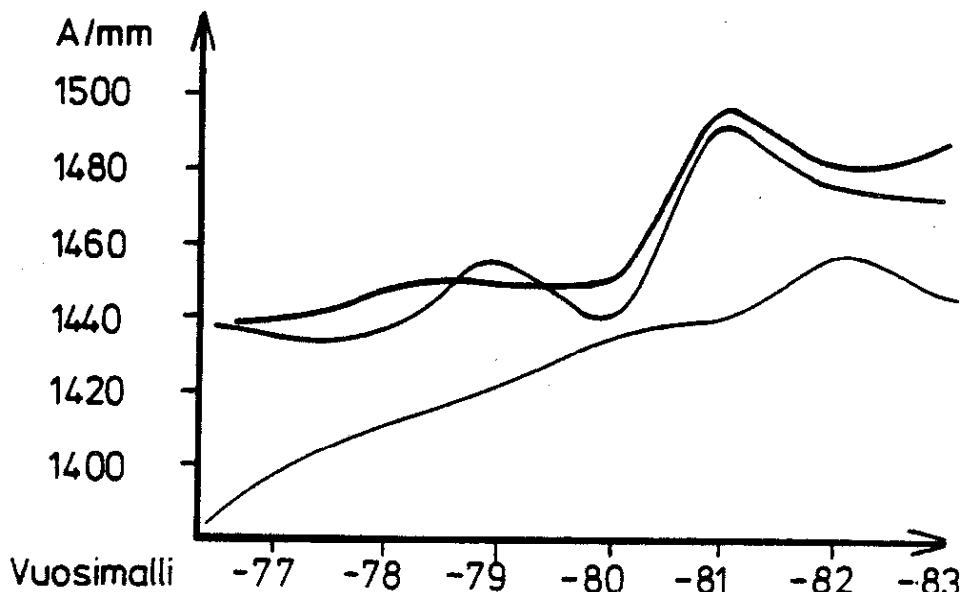
- 125 cc
- 250 cc
- 500 cc



Akseliväli.

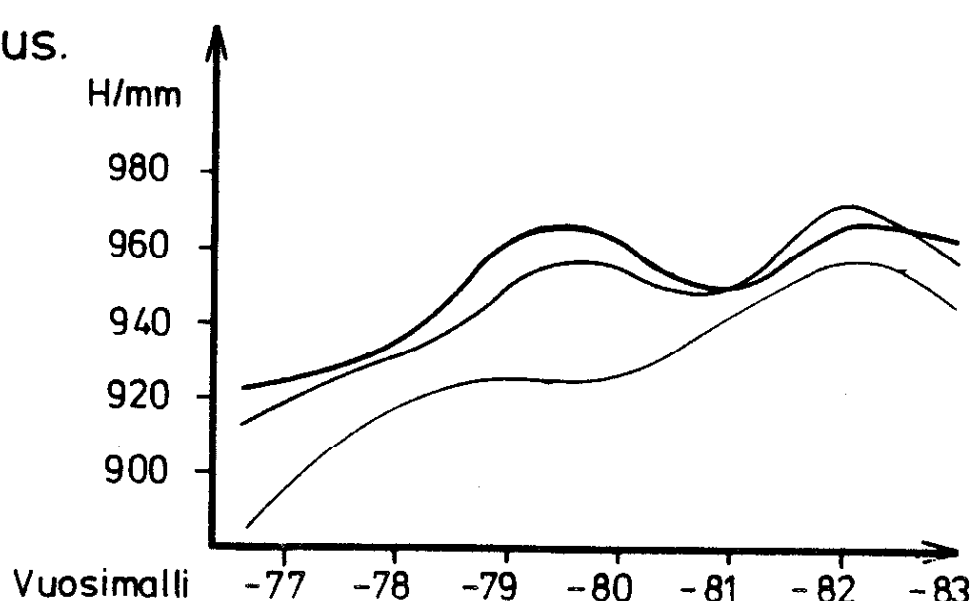
Japani

- 125 cc
- 250 cc
- 500 cc



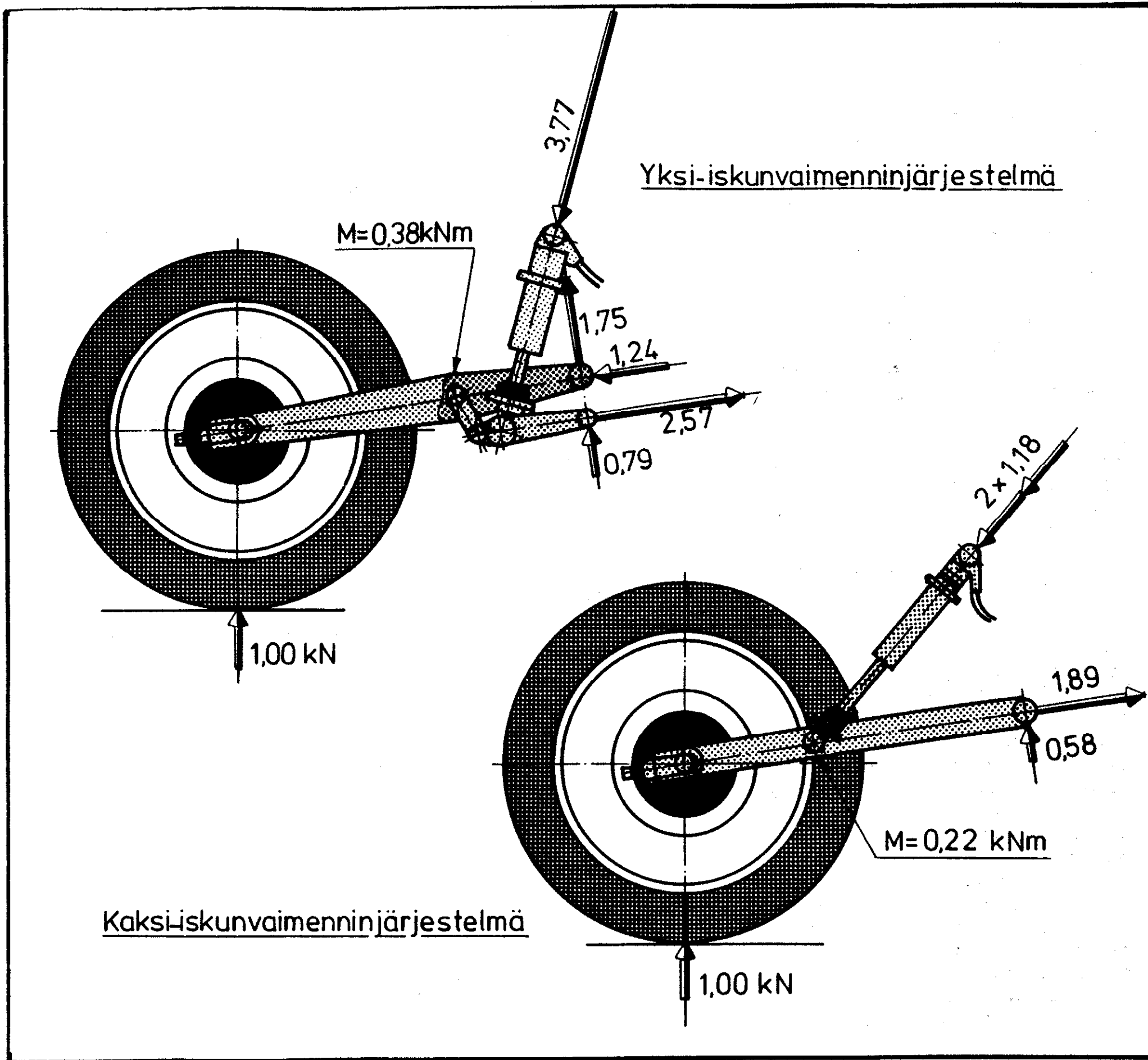
Istuinkorkeus.

- 125 cc
- 250 cc
- 500 cc



runkoisten joukkoon tällä vuosikymmenellä, sillä kevytmetalli on osoittautunut erittäin hyväksi materiaaliksi takahaarukassa, joka on tunnetusti todella ankaran vaihtokuormituksen alainen aivan samoin kuin runkokin. Kevytmetalli-

lin heikkoutena on sen teräkseen verrattuna alhainen kimmomoduli, mutta rungosta saadaan kyllä tarpeeksi tukeva, koska kevytmetalliputkista voidaan tehdä suurempihalkaisijaisia ja siten korvata pientä kimmomodulia.



4 Takajousitus

KEHITYSTÄ TAPAHTUU

Nykyisen pitkäjoustoisen takajousituksen kehityksen voidaan katsoa alkaneen vuonna 1973, jolloin esiteltiin ensimmäinen versio Mono-cross -jousituksesta. Sen tuoman loistavan menestyksen innoltamana syntyi monia erilaisia vuosi vuodelta pitempijoustoisia

jousitusjärjestelmiä. Alkuaikoina käytettiin kahta toisistaan selvästi poikkeavaa iskunvaimentimien sijoittelua. Toisessa päätyypissä iskunvaimentimet olivat kohtisuorassa takahaarukkaan nähden, jolloin tuloksena oli kutakuinkin samansuuruisena pysyvä vipusuhte koko joustomatkalla. Toisella järjestelmällä pyrittiin aikaansamaan vipusuhteeltaan nouseva, progres-

siivinen jousitus. Tämä saavutettiin asettamalla iskunvaimentimet n. 45 asteen kulmaan takahaarukkaan nähden. Asiantuntijat kiistelivät muutaman vuoden siitä, kumpi systeemi on parempi, ja vähitellen progressiivinen jousitus muuttui lähes yksinomaiseksi ratkaisuksi.

PROGRESSIIVISUUTTA ET-SIMÄSSÄ

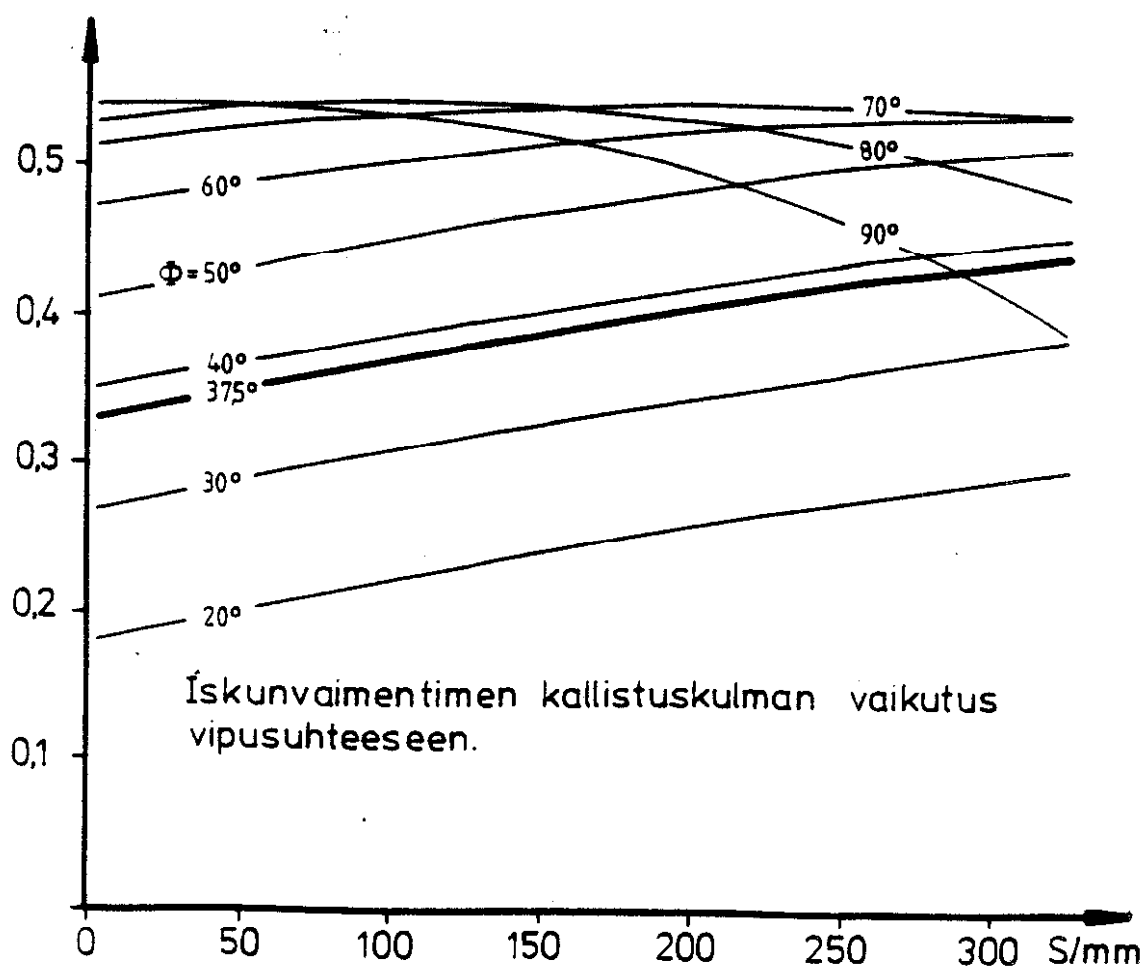
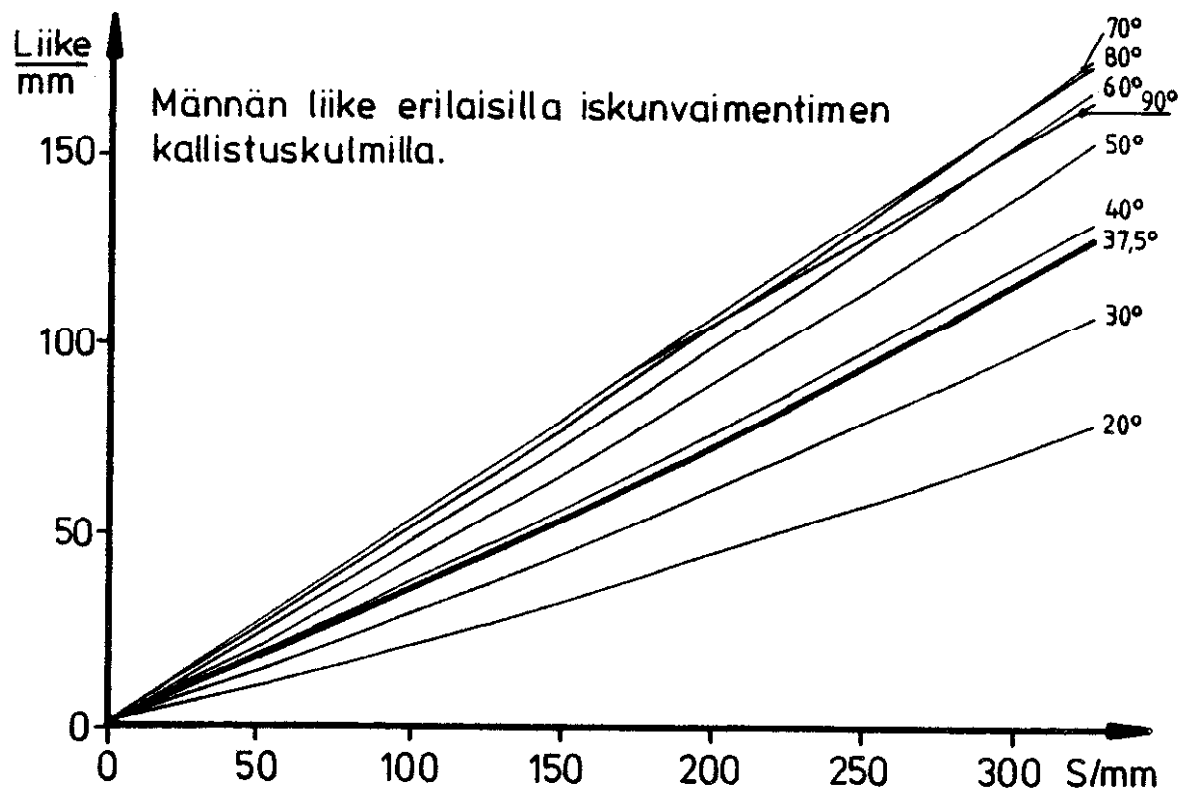
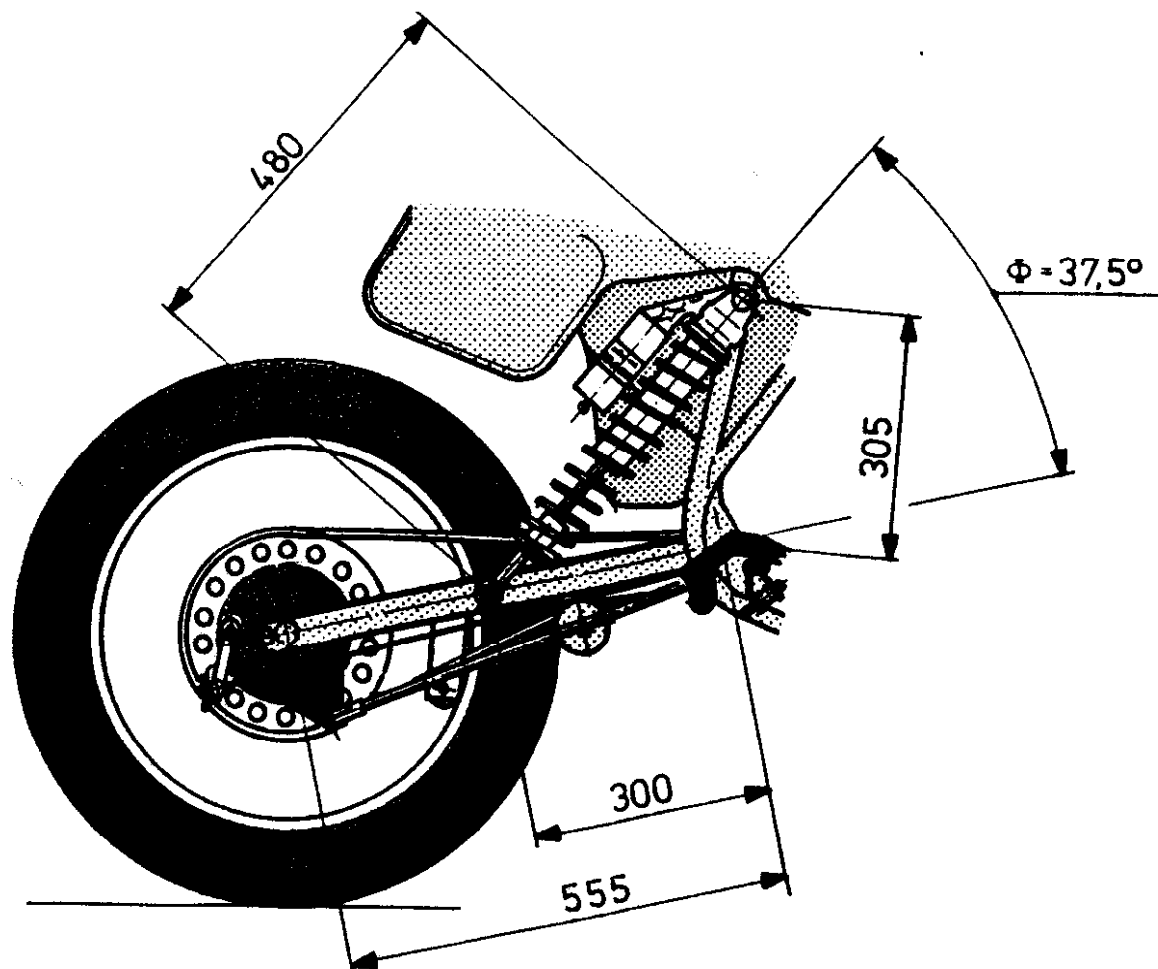
Vuosien mittaan jousituksen progressiivisuutta lisättiin asettamalla 2 tai jopa 3 erijäykkyyksistä joustaa päällekkäin, mutta ainoa tapa lisätä iskunvaimennuksen jäykkyyttä jousituksen puristuessa kokoon, on muuttaa vipusuhdetta liikkeen aikana. Jousivoiman ja iskunvaimentimen vaimennuksen on oltava oikeassa suhteessa toisiinsa nähden, ja koskaan ei päästä riittävän hyvään tulokseen tekemällä vain jousesta progressiivinen ja jättämällä iskunvaimennus lineaarisiksi. Iskunvaimennuksesta tulee liian jäykkä liikkeen alussa tai liian löysä sen loppuosassa. Niinpä nyt on siirrytty takaisin yhteen lineaariseen jouseen iskunvaimentimen ympärillä ja progressiivisuus on aikaan saatu muilla keinoin.

MONOT TULEVAT

Kolmen viime vuoden mittaan ovat lähes kaikki valmistajat siirtyneet käyttämään erilaisia yksi-iskunvaimenninjärjestelmiä, joihin usein liittyy erilaisia vipumekanismeja. Näillä niveljärjestelmillä saadaan aikaan haluttu jousituksen toiminta, mutta ne tuovat mukanaan monia vaikeuksia rungon suunnittelijalle. Vivut ovat hyvin korkeasti kuormitettuja, mutta niiden tulisi olla mahdollisimman keveitä, ja niiden huollontarpeen tulisi olla minimaalinen. Tämä asettaa suuria vaatimuksia nivelille ja tekee usein teräksen käytön lähes mahdottomaksi vipuosissa, koska se painaa liikaa. Kuitenkin nykyisin on lähes pakko käyttää jotakin vipusuhdetta muutettavaa niveljärjestelmää, mikäli aikoo saada aikaan kilpailukykyisen jousituskonstruktion.

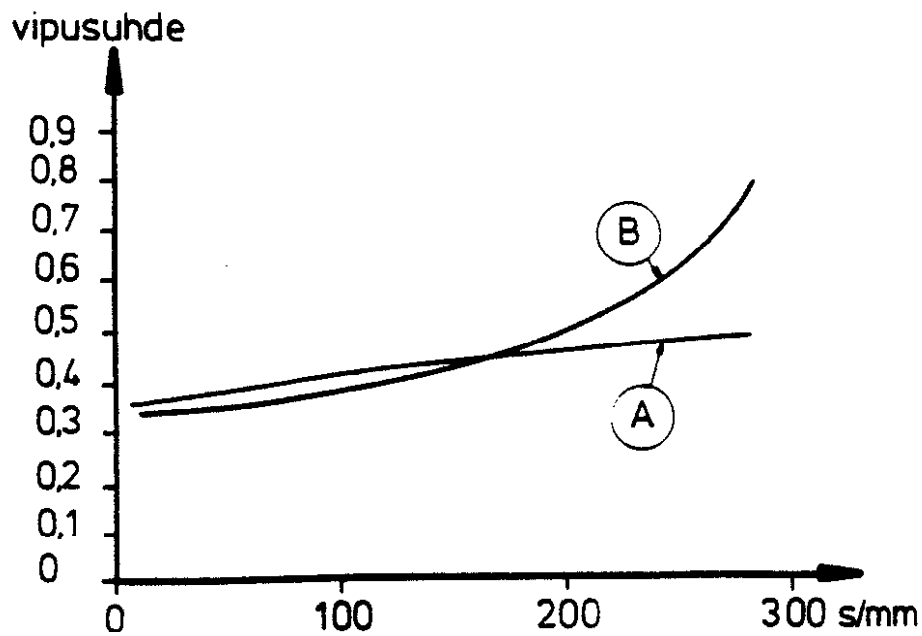
TAKARAARUKKA ENTISTÄ LUJEMMALLA

Myös takahaarukkaan kohdistuu aikaisempaa huomattavasti suurempia kuormia. Kahdella takaiskunvaimentimella varustettu jousitus kuormitti tasaisesti takahaarukan molempia puolia, vähentäen samalla sen vääntymisrasituksia, mutta ns. monojousitus kohdistaa koko jousituksen voiman lähes aina takarenkään etupuolelle yhteen pisteeseen, jolloin tällaista



Vipusuhte.

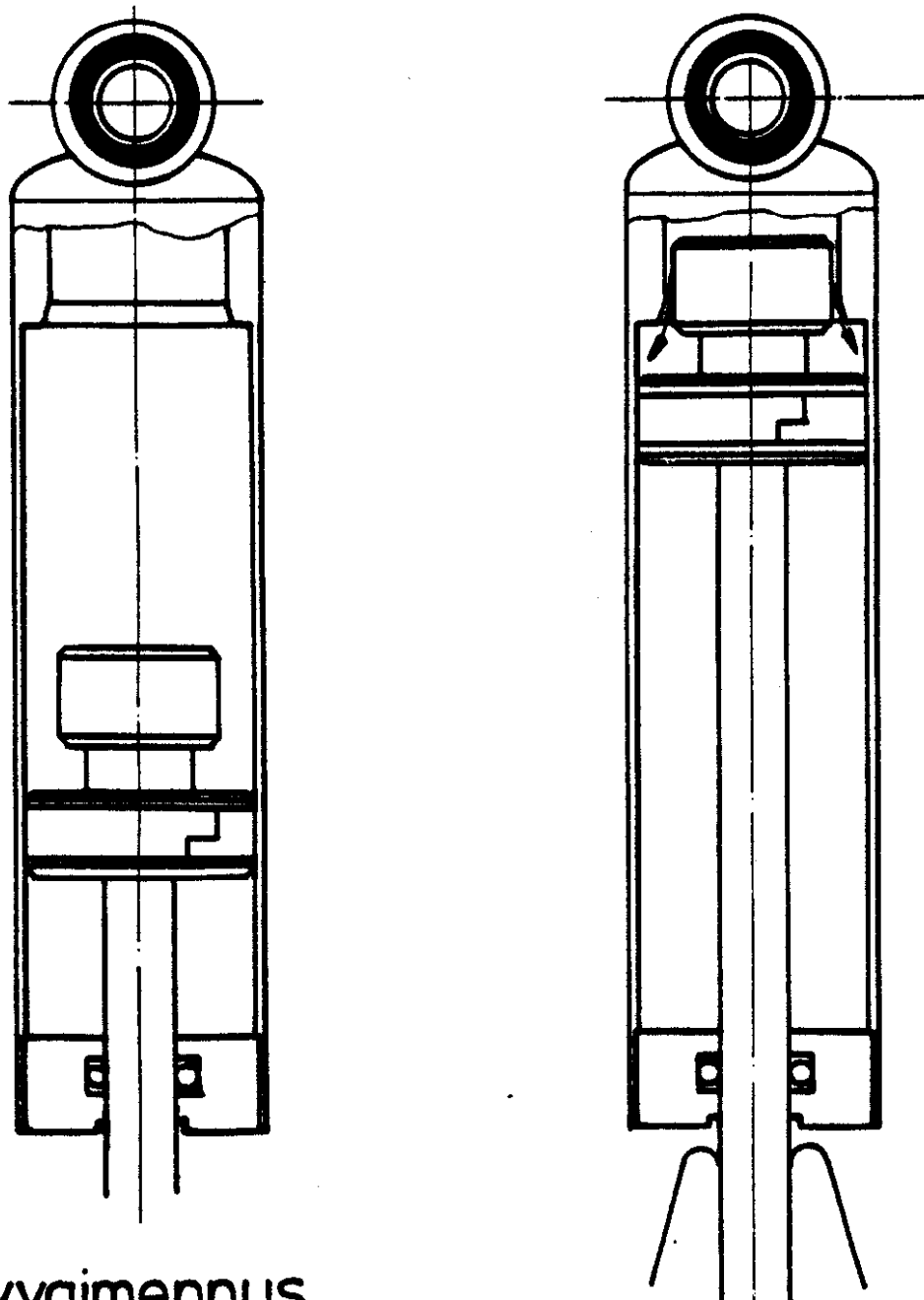
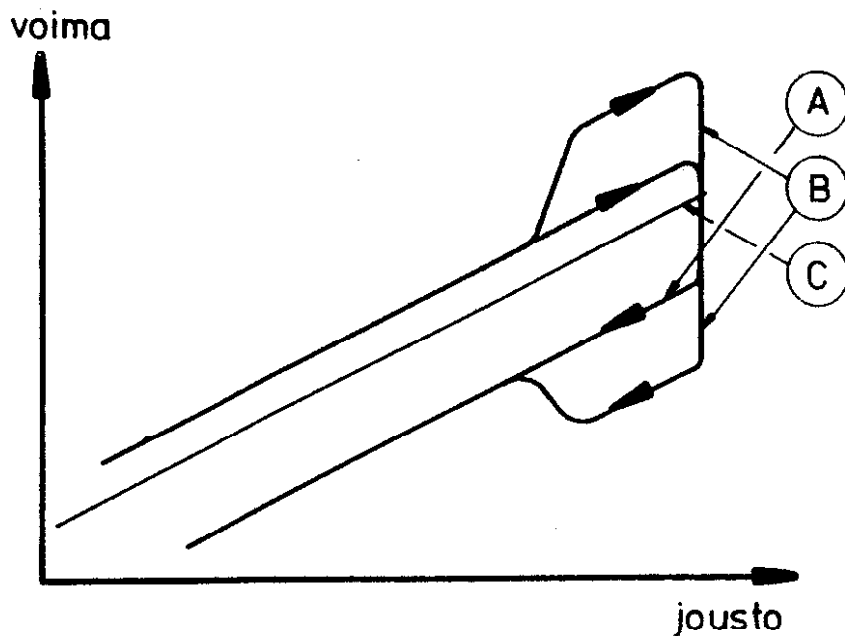
- A = Perinteinen 2-iskunvaimennin-systeemi.
B = Moderni mono.



Päätyvaimennus.

Mäntä liikkuu vakionopeudella.

- A: Tavallinen iskunvaimennin.
B: Päätyvaimennettu vaimennin.
C: Jousi ilman vaimennusta.



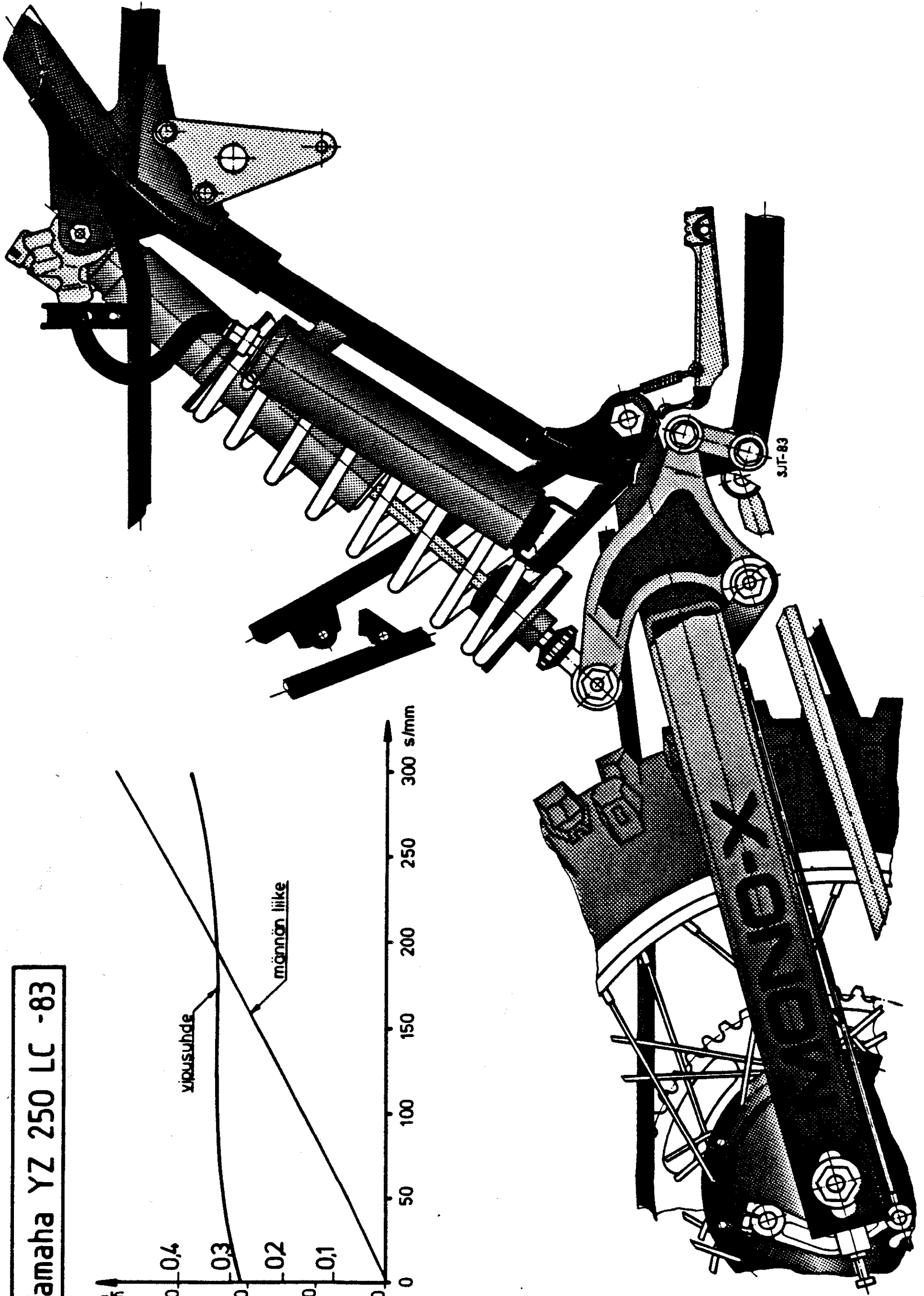
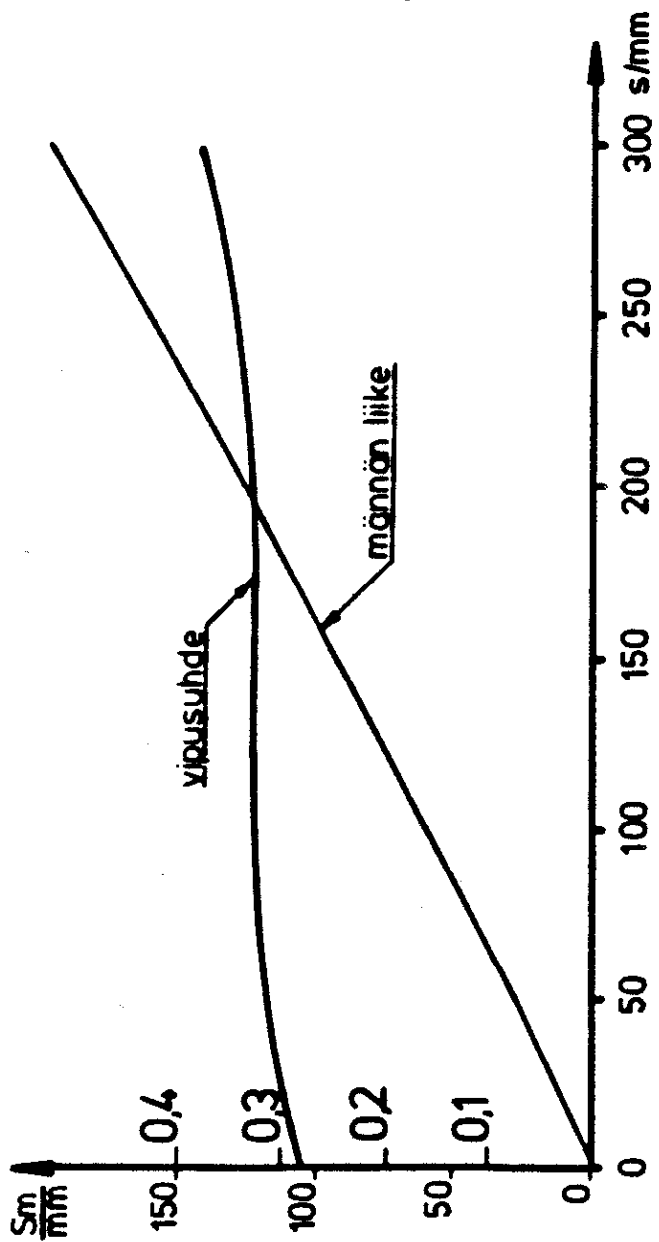
Päätyvaimennus.

haarukan vääntymistä vastustavaa vaikutusta ei jousituksella ole. Lisäksi iskunvaimentimen edessä olevasta kiinnityspisteestä johtuen haarukkaan vaikuttava taivutusmomentti saattaa olla jopa kaksinkertainen. Tämä ei rasita pelkästään harukkaa, vaan myös rungolle tulevat kuormat kasvavat. Lopputuloksena kasvavista jousituksen voimista on useimmissa tapauksissa kasvanut paino verrattuna kaksi-iskunvaimenninjärjestelmään. Eivätkä kaikki ongelmat olleet vielä tässä, sillä ilmanpuhdistimen ja kaasuttimen sijoittelussa on yleensä vaikeuksia.

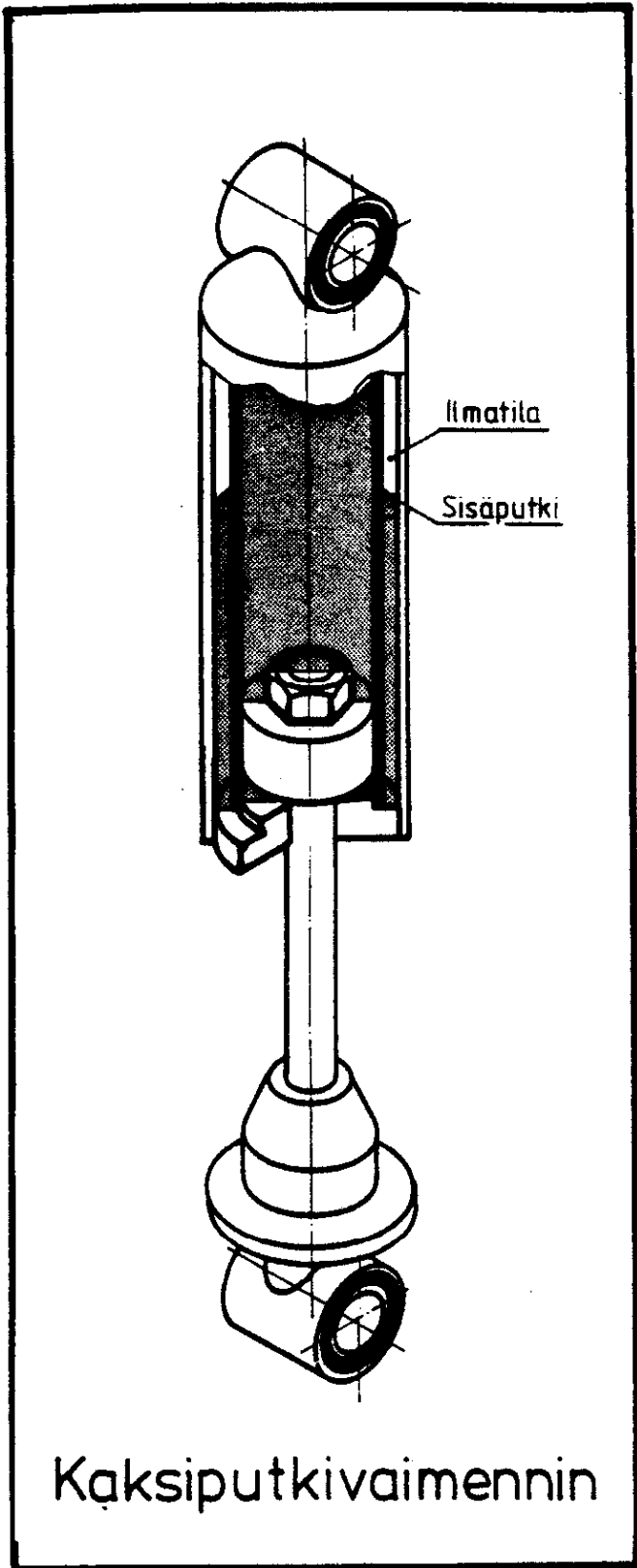
YKSI VAI KAKSI ISKUNVAIMENNINTA?

Edellisen valossa tuntuu monojousitus huonolta ratkaisulta, mutta täytyy muistaa, että kaksi-iskunvaimenninjärjestelmälläkin on omia huonoja puolia. Eräs heikkous on jousituksen painon sijoittuminen kauas pyörän painopisteestä, jolloin se on hitaampi kääntymään mutkiin. Rungosta tulee helposti leveä iskunvaimentimien kohdalta ja numerolaattojen sijoittaminen on hankalampaa. Monissa tapauksissa painopiste kohoaa ylemmäksi heikentäen pyörän suuntavakavuutta. Nämä olisivat vielä siedettävissä, mutta on erittäin vaikea tehdä riittävän paljon muuttuva vipusuhte iskunvaimennukseen ilman lisämekanismeja. Kun iskunvaimentimia on kaksi kappaletta, tulee järjestelmästä kohtuuttoman monimutkainen ja samalla altis rikkoontumaan. Joissakin tehdaspyörissä sitä on yritetty, mutta kokemukset eivät ole olleet kovinkaan rohkaisevia. Nivelrakenteita voidaan ratkaisevasti yksinkertaistaa käyttämällä vain yhtä suurikokoista iskunvaimenninta. Tällöin osien määrä putoaa puoleen ja ne tulevat suurikokoisemmiksi, jolloin niiden järjevä muotoilu helpottuu ja valmistustarkkuuksista johtuvat vaimentimen laatuvahtelut pienevät. Kahta vaimenninta käytettäessä on niiden säätöjen mahdollista tulla epäsymmetrisiksi, jolloin takahaarukkaan tulee vääntörasituksia ja pyörän suuntavakavuus kärsii.

Yamaha YZ 250 LC -83



KAKSIPUTKIVAIMENNIN



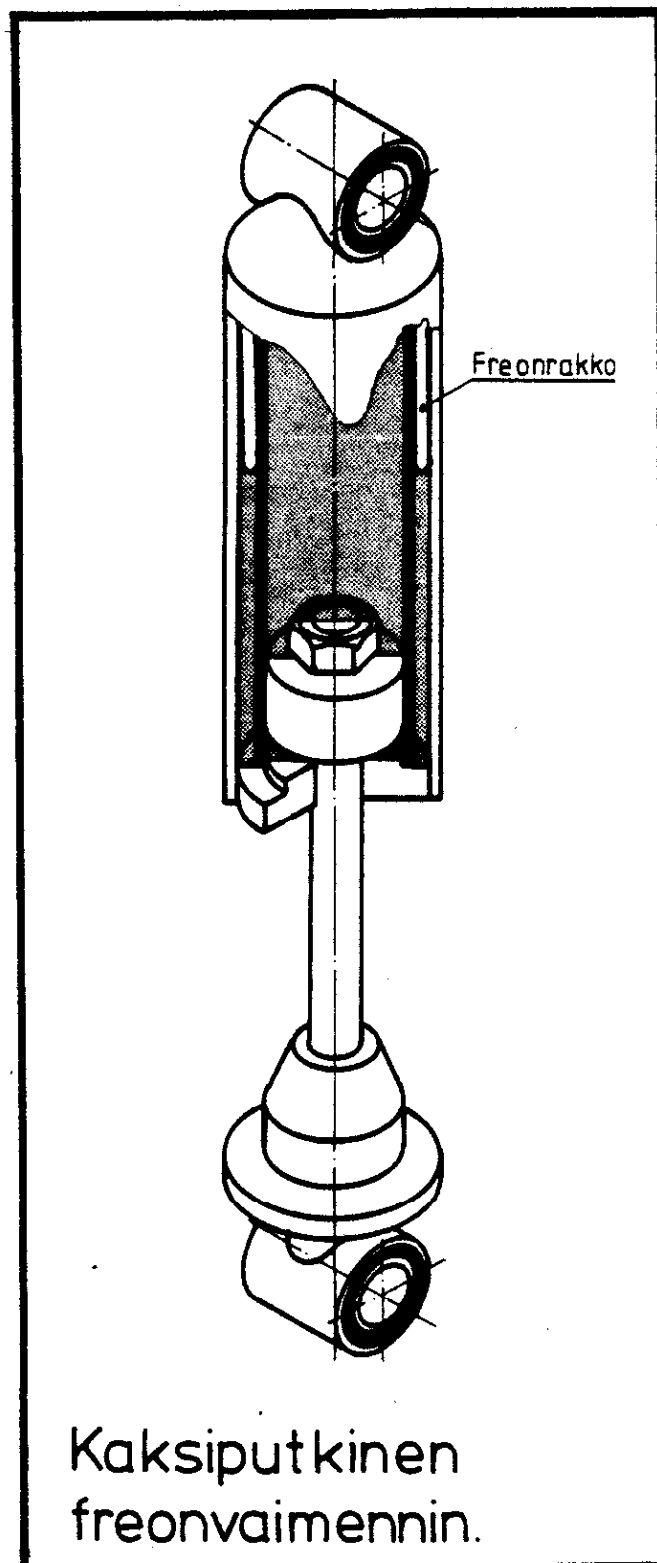
Kaksiputkivaimennin

Motocrossin alkuaikona käytettiin iskunvaimentimena poikkeuksetta kaksiputki-iskunvaimenninta. Se rakentuu kahdesta sisäkkäisestä putkesta, joista sisempi muodostaa varsinaisen iskunvaimentimen ja putkien välinen tila on öljysäiliönä. Öljysäiliön yläosassa on kaasutila, koska vaimentimen sisälle työntyvän männänvarren syrjäyttämän öljymäärän on mahdollista purkautumaan säiliöön. Rakente on yksinkertainen, mutta sillä on monia pahoja puutteita, joita sen halpa hintakaan ei voi korvata. Vaimennin toimii täysin tyydyttävällä tavalla, kun jousimatkat olivat lyhyitä. Niiden kasvaessa ilmeni ongelmia. Kasvaneilla männännopeuksilla ja vaimentimen voimilla ne alkoivat menettää ominaisuuksiaan. Lämmön siirtyminen sisemmän putken öljystä ulkoilmaan on tehotonta, ja niinpä vaimentimilla oli taipumus kuumentua voimakkaasti pitkän kilpailun kuluessa. Koska niissä käytettiin jäykkää SAE 20...SAE

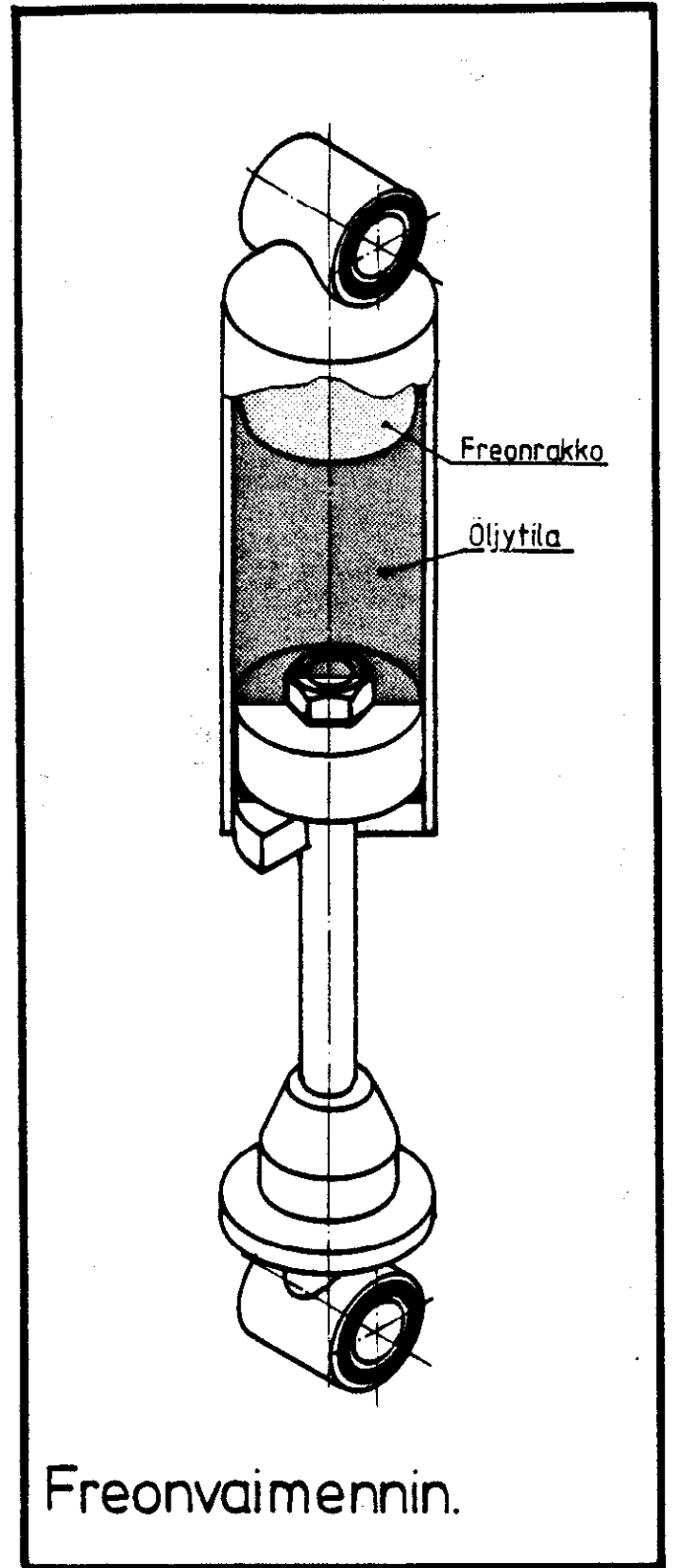
30 öljyä, muuttui vaimennuksen jäykkyys huomattavasti lämpötilan kohotessa, ja usein sen männänvarren tiivisteet alkoivat vuotaa laskien öljyn ulos vaimentimesta. Seurauksena oli luonnollisesti vaimennuskyvyn huononeminen tai sen katoaminen kokonaan. Suurilla männännopeuksilla saattoi myös pohjaventtiili päästää ilmaa sisempään putkeen, jolloin vaimennus jälleen kääri.

KAKSIPUTKIVAIMENNIN FREONTÄYTTEELLÄ

Seuraavana kehitysvaiheena oli kaksiputkivaimennin, jossa öljysäiliön kaasutila oli korvattu freonkaasulla täytetyllä muovirakolla. Tämän rakenteen avulla päästiin eroon öljyn vaahtoutumisesta. Samaten vaimentimet voitiin asentaa mihin asentoon tahansa, koska enää ei tarvinnut pelätä ilman pääsevän sisäputkeen pohjaventtiilin kautta. Loppujen lopuksi tämäkin iskunvaimennin kärsi aina samoista puutteista kuin perinteinen kaksiputkinen vaimenninkin. Se lämpeni voimakkaasti, ja sen pienestä männänhalkaisijasta johtuen se ei kyennyt vastaanottamaan suuria voimia.



Kaksiputkinen freonvaimennin.

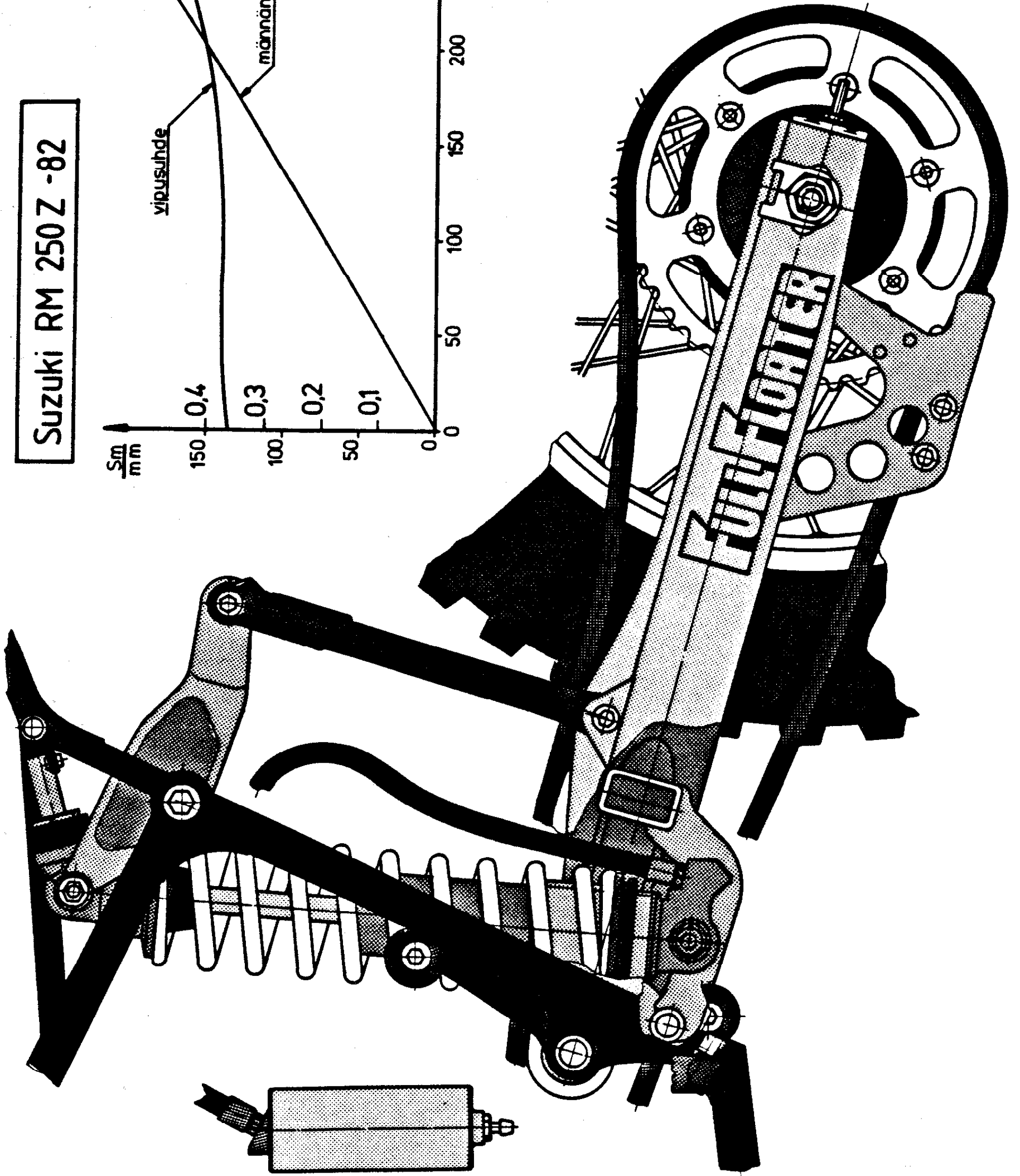
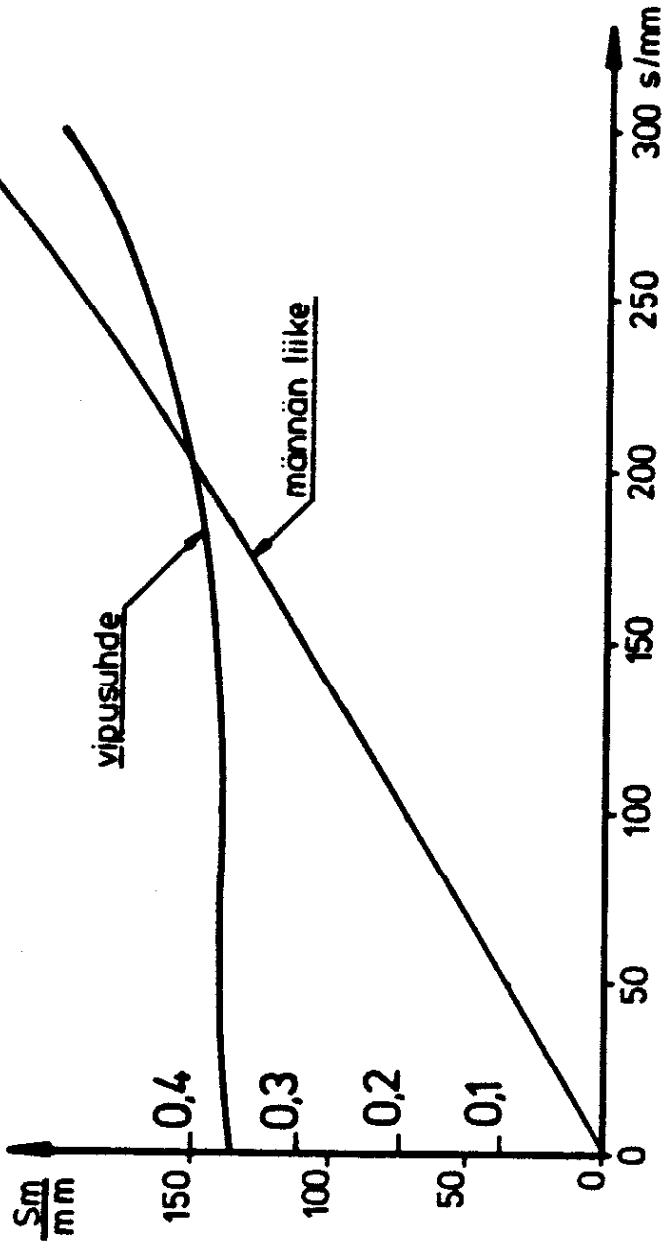


Freonvaimennin.

EMULSIOVAIMENNIN

Tähän asti oli aina pyritty erottamaan ilma ja öljy toisistaan, mutta mitäpä, jos ei yritetäkään tehdä niin, vaan annetaan niiden muodostaa yhdessä emulsio. Tällöin voidaan jättää sisempi putki pois, koska erillistä öljysäiliötä ei tarvita, ja koko ulomman putken poikkipinta-ala voidaan käyttää hyväksi. Ajatus on hyvä, ja suutinkokoja muuttamalla vaimennuskin saadaan toimimaan paremmin kuin edellisissä vaimennintyypeissä. Emulsioiskunvaimentimen toiminta ei kuitenkaan ole yhtä täsmällistä kuin vaimentimissa, joissa käytetään pelkkää öljyä iskuja vaimentavana välilaineena. Nestehän on kokoonpuristumaton, mutta emulsio puristuu jonkin verran kokoon sisältämänsä ilman vaikutuksesta, ja tuloksena on vaimennin, jota voidaan verrata perinteiseen nesteiskunvaimentimeen, jossa mäntä on kiinnitetty

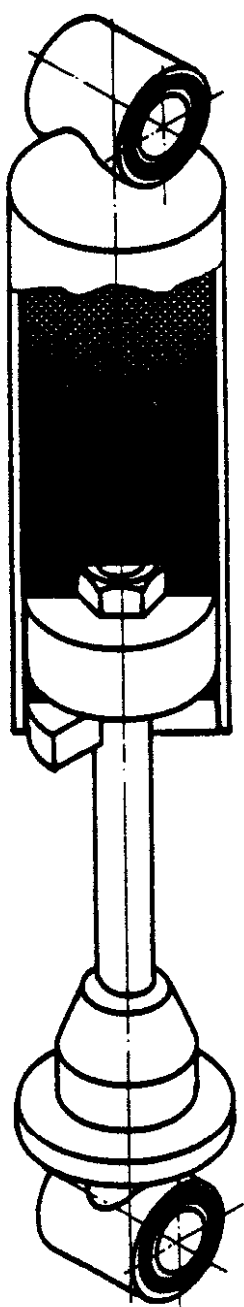
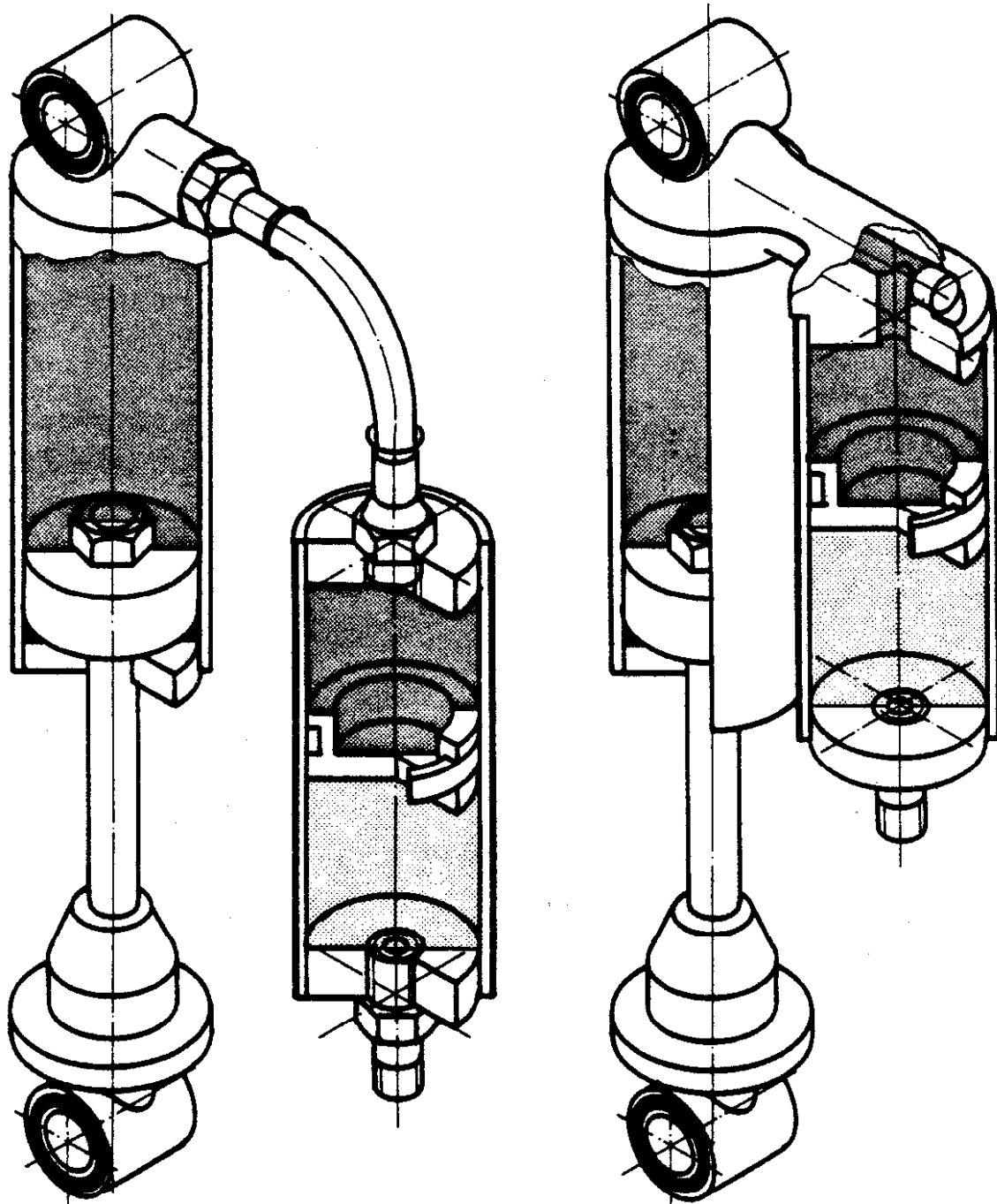
SUZUKI RM 250 Z -82



männänvarteen kahden jousen väliin. Jouset sallivat männänvarrelle pienen liikkeen männän pysyessä paikallaan. Tätä ilmiötä voidaan vähentää täyttämällä iskunvaimennin korkeapaineisella kaasulla, jolloin se muuttuu ominaisuuksiltaan lähemmäksi perinteistä nesteiskunvaimenninta. Usein emulsiovaimentimen täyttöpaine onkin 2 MPa luokkaa. Tämä asettaa suuria vaatimuksia tiivisteille ja vaikka niiden tiivistyskyky ei olisikaan ongelmana, niin niitä aiheuttavat tiivistekitkat. Iskunvaimentimen liike on kankeaa hitaillakin männän nopeuksilla. Sen toimintaperiaatteesta johtuvan liikkeiden epämääräisyyden vuoksi tyyppi on vähitellen jäänyt pois käytöstä joustovarojen kasvettua yli 250 mm:n.

pillinen täsmällinen toiminta, ja sen hyvä kestävyys suurilla kuormilla. Kuormitusta se kestänee kaksiputkista paremmin, koska sen

De Carbon lisäsäiliöllä.



Emulsiovaimennin.

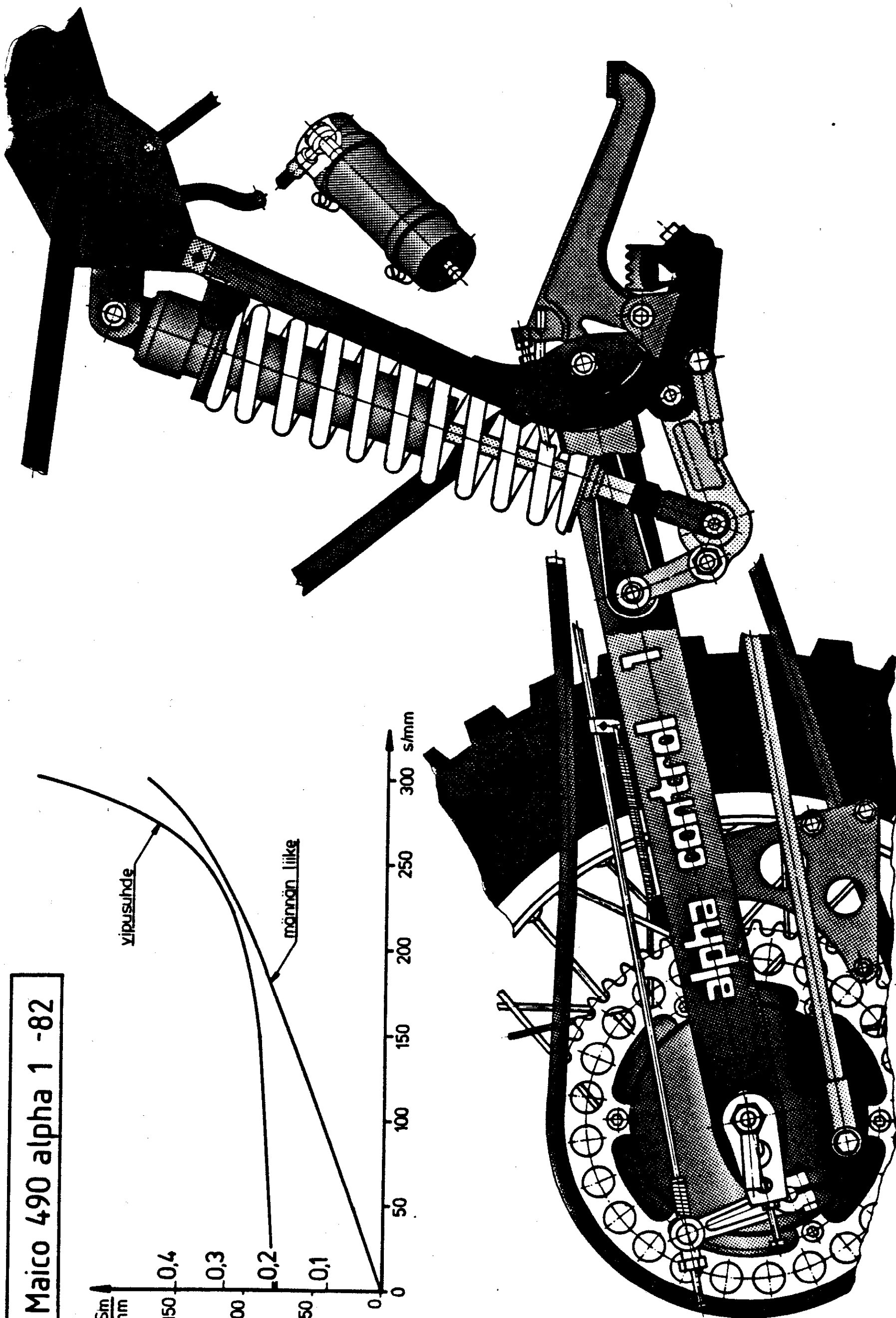
DE CARBON

Entistä parempi vaimennin saatiin aikaan, kun kaasu ja öljy keksittiin erottaa toisistaan männällä siten, että ne eivät päässeet sekoittumaan keskenään. Tämä uusi vaimennin sai nimekseen De Carbon keksijänsä mukaan. Vaimentimelle ominaista on sen nesteiskunvaimentimelle tyy-

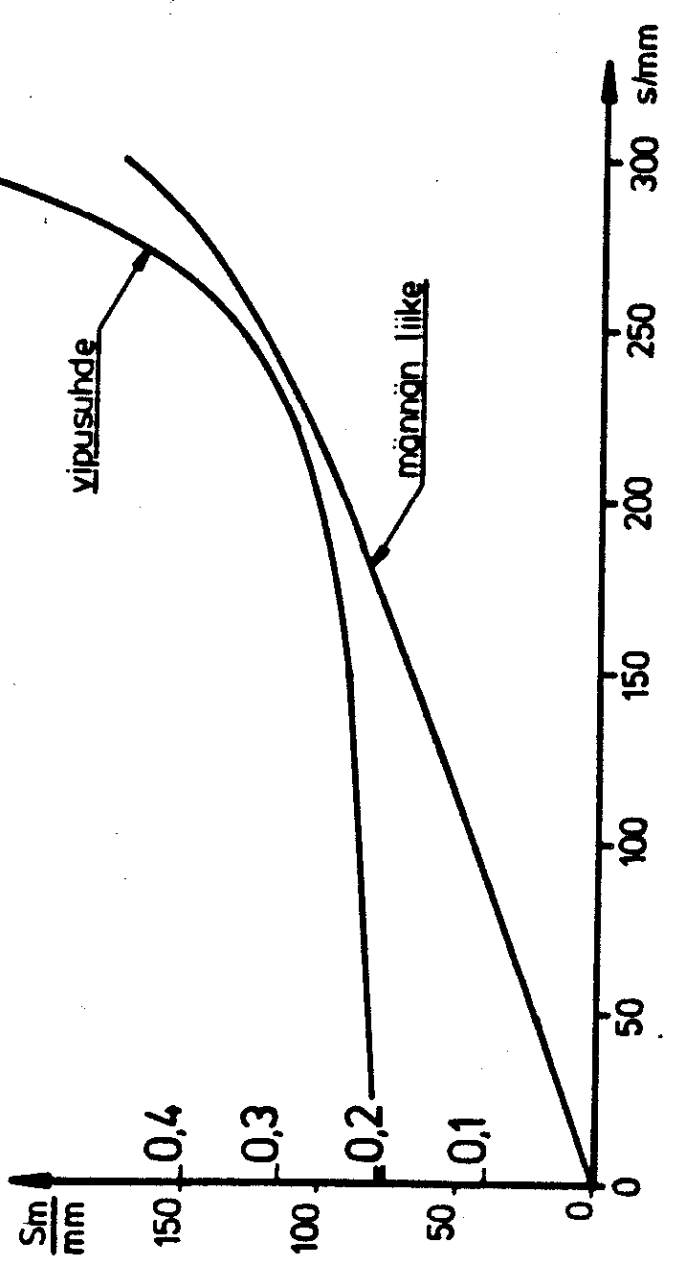
mäntä voidaan tehdä huomattavasti suuremmaksi ja tällöin yhtäsuurella männän yli vaikuttavalla paine-erolla voimat ovat suurempia. Vaimennin ottaa kyllä vastaan suuria voimia, mutta sen lämmöksi muuttuvan vaimennustyön vastaanottokyky ei ole entisiä tyyppiä parempi. Se sisältää yhä saman öljymäärän kuin ennenkin, ja on siten yhtä nopea lämpenemään pitkäaikaisessa rasituksessa. Vaimentimen jähdytys on samaa luokkaa kuin emulsiovaimentimelakin, mutta se ei kuitenkaan ole riittävä nykyisissä pitkäjoustoisissa takajousituksissa. Öljyn lämmitessä sen viskositeetti laskee ja tämän myötä varsinkin vetopuolen vaimennus pehmenee. Toisaalta kaasun lämpötila samalla kohoaa ja sen paine kasvaa. Tämä johtaa puristusliikkeen iskunvaimennuksen jäykkenemiseen. Toisin sanoen kuljettajasta tuntuu, kuin jouset olisivat muuttuneet jäykemmiksi.

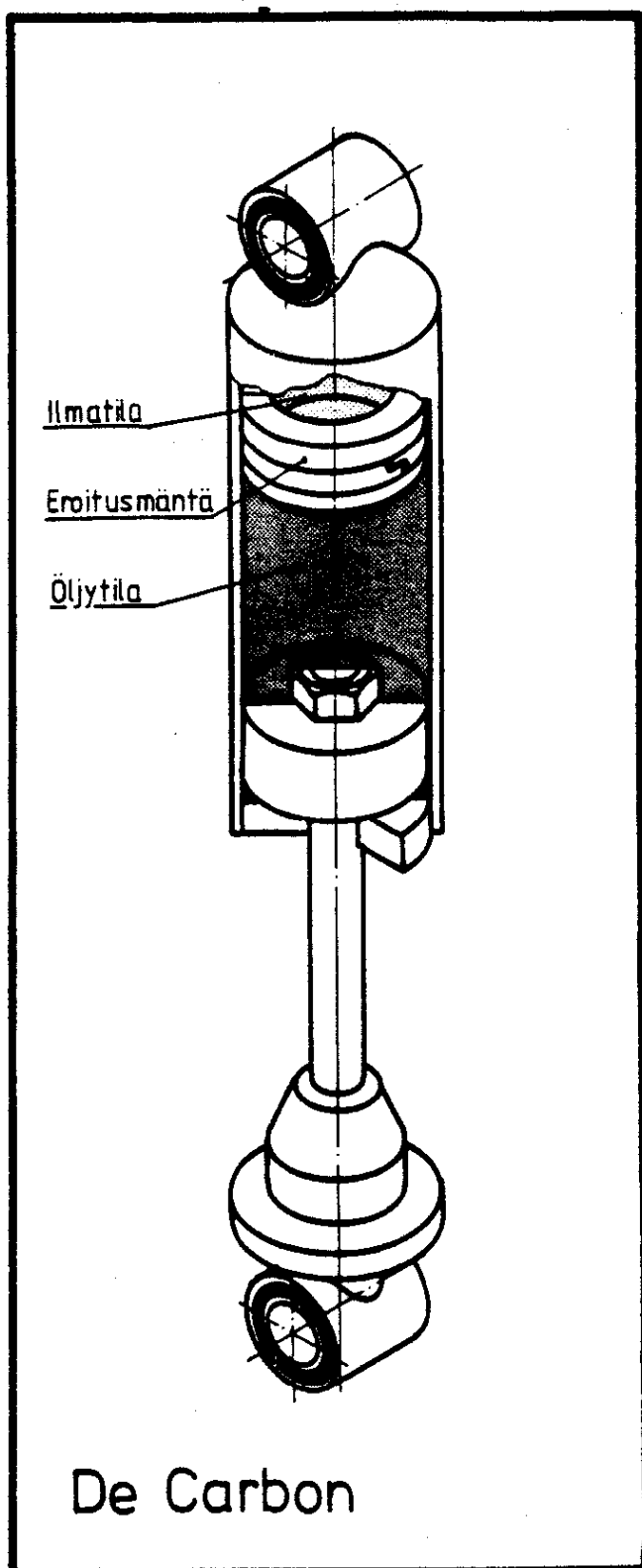
Jousitus painuu kasaan huonosti, mutta ponnahtaa nopeasti suoraksi. De Carbon -iskunvaimentimen ensimmäisissä malleissa iskun pituus oli suhteellisen lyhyt, johtuen vaimentimen peräkkäisrakenteesta. Kaasutila ja erotusmäntä voivat oman tilansa sylinterissä ja tällöin iskunpituus tuli lyhyeksi.

Ratkaisun De Carbon -vaimentimen ongelmiin toi lisäöljysäiliön asentaminen siihen. Sen avulla öljytilavuutta voitiin lisätä ja samalla jäähdytysteho parani jäähdyttävän pinnan lisääntyessä. Usein lisäsäiliö varustetaan ulkopuolisin jäähdytysrivoin, jolloin lämmönsiirtyminen öljystä ympäröivään ilmaan tehostuu entisestään. Vuosien kuluessa siitä on tehty niin suuri, että kaasutilavuuttakin on voitu kasvattaa entisestä moninkertaiseksi. Onpa valmistettu vaimentimia, joissa on vielä toinen lisäsäiliö kytketty sarjaan vähentämään kaasun painenvaihteluita.



Maico 490 alpha 1 -82





De Carbon

Säiliö voidaan liittää vaimentimeen kahdella eri tavalla. Se voi olla kiinteästi vaimentimen kyljessä, tai se voidaan liittää vaimentimen runkoon teräskudoksella vahvistetulla letkulla. Samaten itse säiliössä voi olla joko mäntä tai kumirakko erottamassa kaasua ja nestettä toisistaan.

KAASUTÄYTE

Toiminnan kannalta ei ole mitään väliä mitä kaasua vaimentimessa käytetään, mutta ilmaa sinne ei yleensä laiteta, koska sen sisältämä happi saattaa vahingoittaa tiivisteitä ja aiheuttaa teräsosien ruostumista. Kaasuna onkin yleensä typpi, koska se ei reagoi millään tavalla vaimentimen materiaalien kanssa.

MIKSI VASTA VUODEN -73 JÄLKEEN

On usein ihmetelty, miksi jousituksen voimakas kehittäminen alkoi vasta -73. Eikö kukaan tajunnut, mitkä arvaamattomat mahdollisuudet kätkeytyivät jousituksen parantamiseen! Osasyynä oli tietysti silkka ajattelemattomuus, mutta syyt piilevät kui-

tenkin osaltaan silloisissa huonoissa iskunvaimentimissa. Kun joustomatkat olivat yli kymmenen senttimetriä, alkoivat kaksiputki-iskunvaimentimen ominaisuudet loppua, ja emulsioiskunvaimentimen osoittautui huonoksi, kun joustovara oli kehittynyt yli 250 mm rajan. Varsinainen tuotekehityskilpailu eri valmistajien välille käynnistyi monocross-jousituksen julkistamisen jälkeen kaudella -73. Tämän jälkeen tahti oli 20 mm lisää joustovaraa vuodessa, kunnes kaudella -81 tuli seinä vastaan. Pyörät olivat kasvaneet niin korkeaksi, että lyhyet kuljettajat eivät yltäneet enään jaloillaan maahan, ja pyörien ajo-ominaisuudet muuttuivat liiaksi etujousituksen puristuessa kokoon jarrutuksissa. Pyörät pyrkivät puistamaan sarviaan puolelta toiselle jarrutuksessa, koska etuhaarukan Caster-kulma pääsi muuttumaan liian paljon. Jousituksen liikevarat tasaantuivat 300 mm tienoille, mutta tehdaspyörissä testattiin niinkin hurjia jousituksia kuin 370 mm:n takapäätä. Kokemukset eivät kuitenkaan ole olleet rohkeaisia, sillä pyörä nyökkii jo aivan tarpeeksi 300 mm:n jousituksellakin.

TASAPAINOISUUS ENNEN KAIKKEA

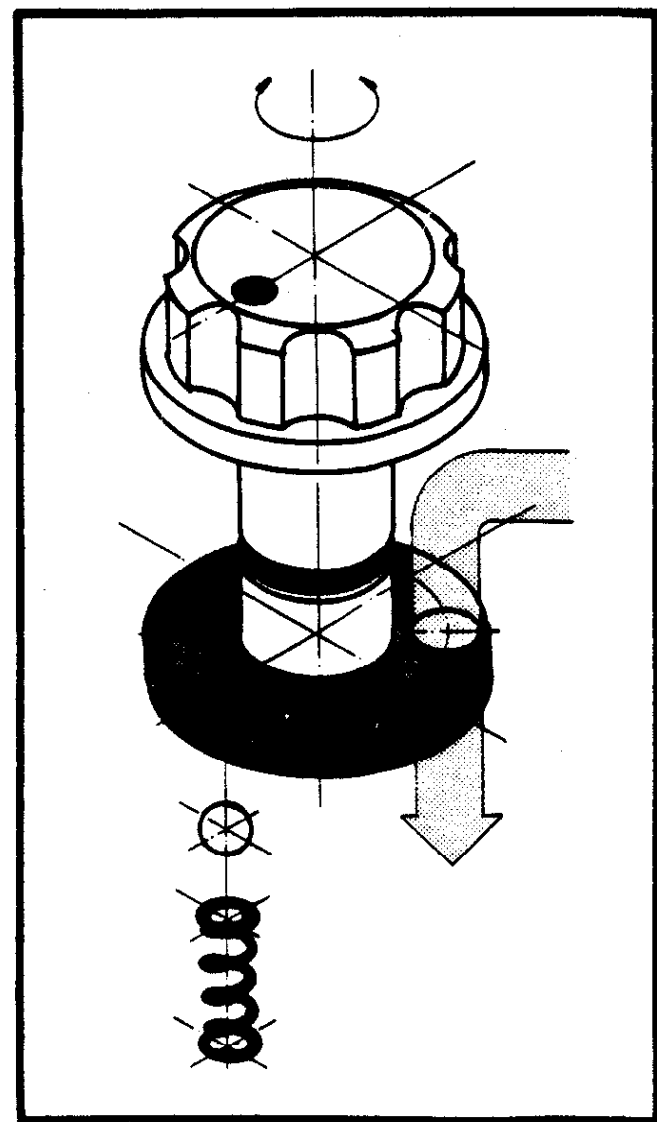
Jousitusta säätämällä pyörästä voidaan tehdä joko etupäällä tai takapäällä ajettava. Toisin sanoen jos etujousitus säädetään pehmeäksi ja samalla takajousituksen esijännitystä lisätään, siirtyy kuljettaja huomaamatta eteenpäin istuimella ja keskittyy enemmän eturenkaan toimintaan ja takarengas tulee kuin itsestään perässä. Toisaalta jos eteen lisätään ilmanpainetta ja takajousituksen jousen esijännitystä vähennetään, kulkee pyörä kuin juna suoralla, ja kaarteissakin istutaan istuimen takaosassa ja kääntymisessä käytetään apuna kaasua, jolloin keula kevenee ja pyörä lähtee luistoon hyvin helposti. Tällöin kaikki huomio keskitetään takapäin toimintaan ja eturengas saa valita linjansa vapaammin.

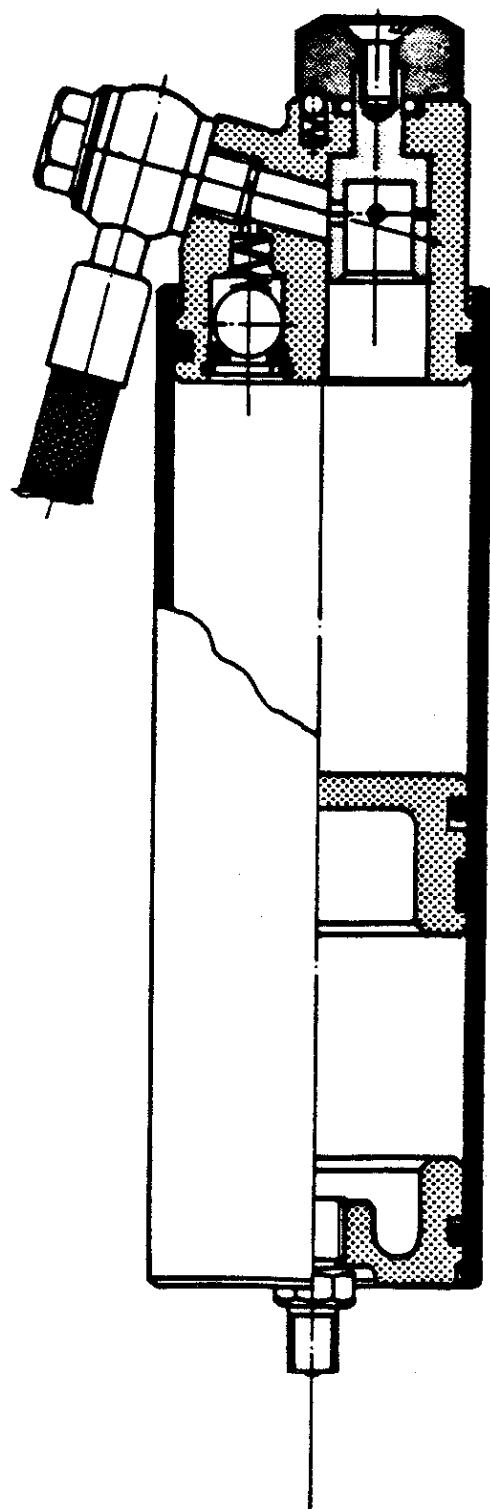
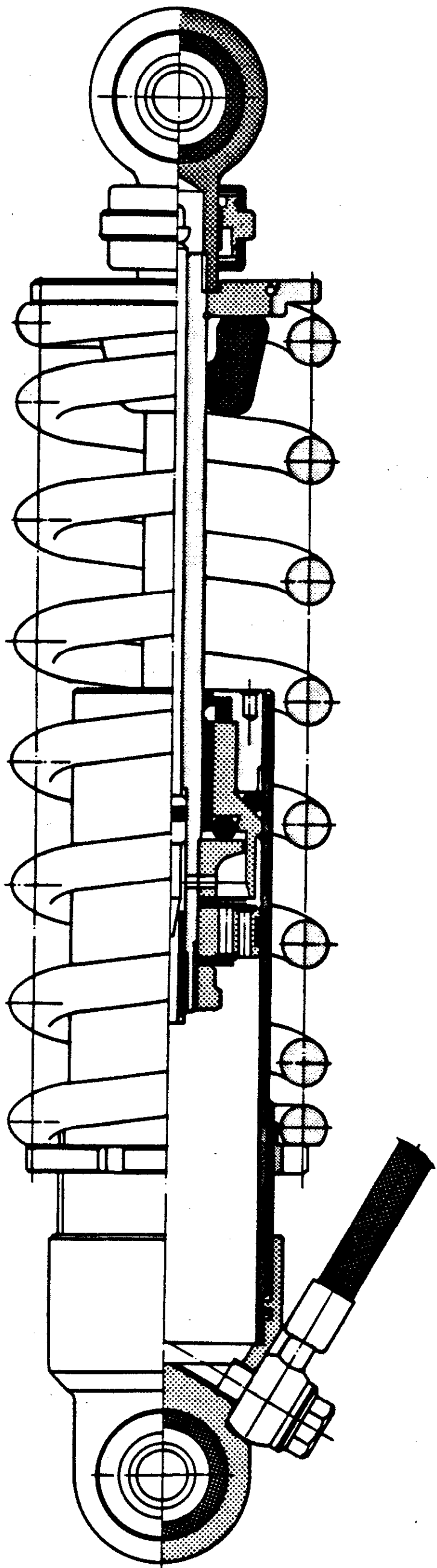
Vaimennuksen säätötavat

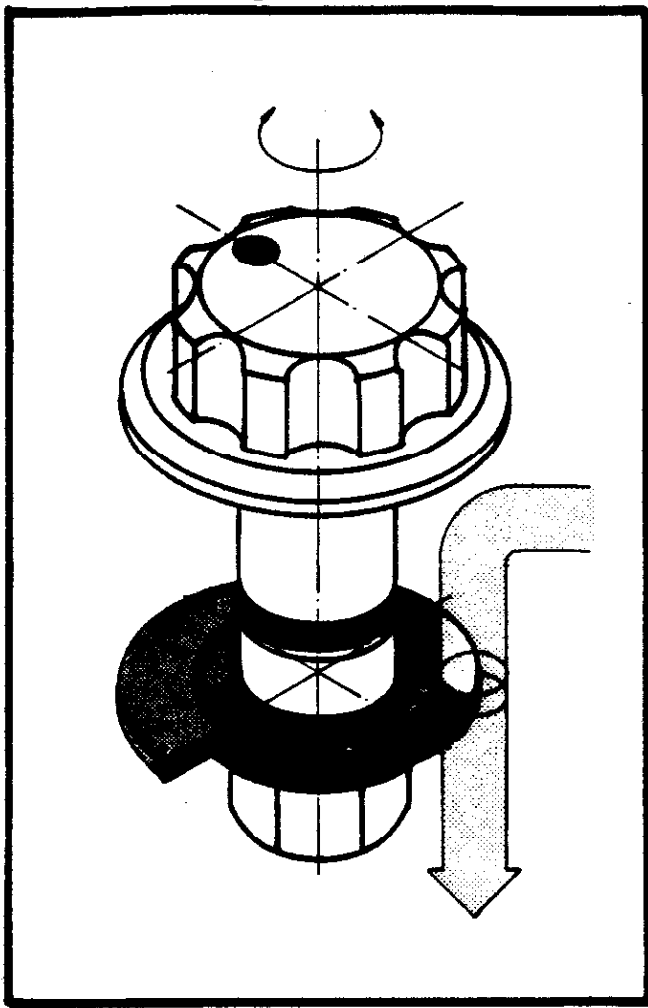
VETO JA PURISTUSVAIMENNUS

Nykyisissä takaiskunvaimentimissa sekä veto- että puristuspuolen vaimennus on säädettävissä erikseen sekä nopealle että hitaalle liikkeelle. Hitaan liikkeen vaimennus hoitaa pienet epätasaisuu-

det ja laajat heitot. Nopean liikkeen vaimennus ottaa vastaan hyppyjen alastulon ja terävien töyssyjen iskut. Puristuspuolen hitaan liikkeen säätö tapahtuu lisäsäiliössä olevan säätönupin avulla. Sitä pyörittämällä säädetään öljyn virtausaukon kokoa. Säiliöön virtaa öljyä männänvarren työntyessä vaimentimen sisälle. Säätö voi tapahtua joko pyörittämällä levyä, jossa on jokaista säätöasentoa vastaan oma erikoinen reikänsä. Toisin sanoen säätö on portaallinen. Niinpä pyöritettäessä kuuluvat napsaukset osoittavatkin reikien olevan kohdakkain ja tämäntyyppistä säätökoneistoa ei koskaan pidä jättää säätöasetojen väliin, koska tällöin virtausaukko saattaa olla kokonaan tukossa. Napsaukset tulevat kuula-jousi -mekanismista, jonka tehtävänä on pitää nuppi siinä asennossa mihin se on asetettu, ja toisaalta helpottaa säädön suorittamista. Napsauksien avulla on nimittäin helppo laskea oikea säätömäärä. Toinen mahdollisuus on tehdä portaattomasti säädettävä vaimennus, jota voidaan säätää esimerkiksi peittämällä virtausaukkoa spiraalinmuotoisen levyn reunalla. Käytännössä portaallinen säätö on parempi, sillä silloin jokin aikaisemmin hyväksi havittu säätöarvo on helpommin palautettavissa. Se on yleensä luettavissa nuppiin liittyvästä



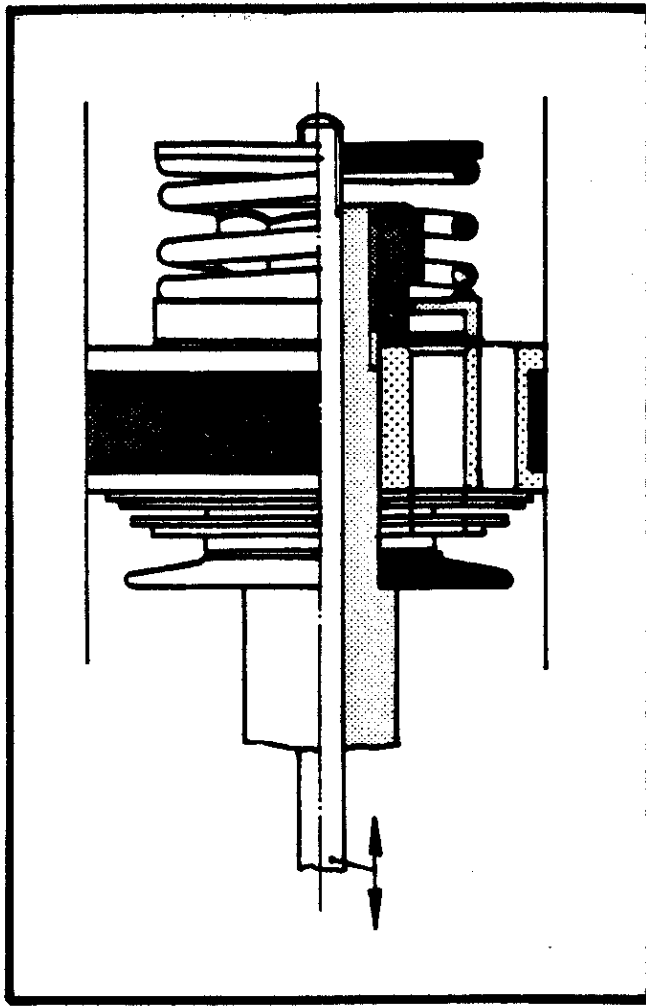
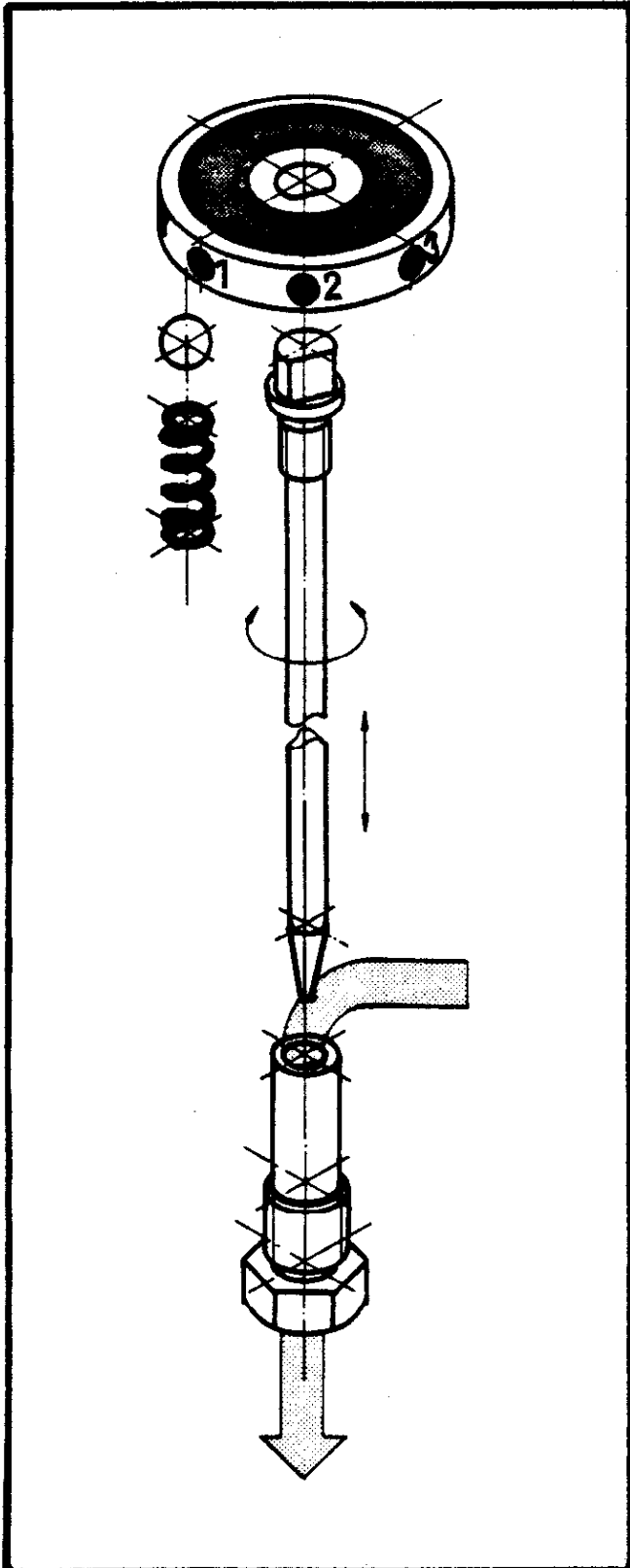




asteikosta.

VETOPUOLEN VAIMENNUS

Vetopuolen hitaan liikkeen vaimennusta säädetään männänvarresta olevasta säätörenkaasta. Sääto



on aina portaittainen ja se perustuu vaimentimen männässä olevan neulaventtiilin säätöön. Rengasta kiertämällä kartiomainen neula liikkuu suuttimen sisällä muuttaen virtausaukon kokoa. Piiriin saattaa liittyä myös neulaventtiilin kanssa kytketty vaihdettava suutin. Sen avulla tehdään perussääto, ja neulan avulla suoritetaan sitten lopullinen hienosääto. Sääto tapahtuu kiertämällä rengas kiinni-asentoon ja avaamalla sitä sen jälkeen haluttu napsahdusmäärä.

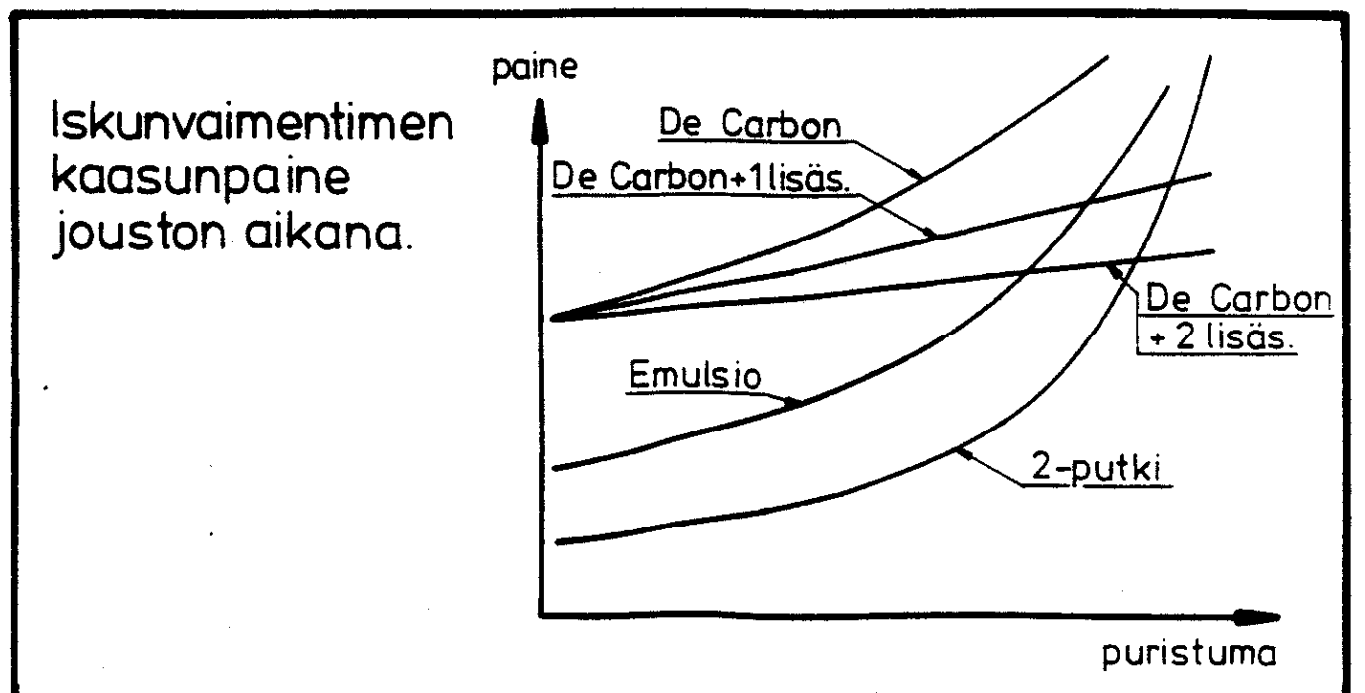
Joskus vetopuolen hitaan liikkeen sääto tapahtuu muuttamalla hitaasta liikkeestä huolehtivien jousilevyjen esijännitystä. Esijännitys saadaan aikaan kierrejousella, joka puristaa levyjä mäntää vasten. Sääto tapahtuu puristamalla kierrejousta kokoon männänvarren sisällä kulkevan tangon avulla.

Nopean liikkeen vaimennus molempiin suuntiin on toteutettu toistaiseksi iskunvaimentimen mäntään sijoitetuilla jousilevyillä, joiden lukumäärää ja kokoa muuttamalla voidaan vaimennusta säätää. Nopean liikkeen levyt ovat

tavallisesti siten jännitettynä, että virtaustiet avautuvat vasta tietyllä paine-erolla. Hitaan liikkeen kanavat ovat siis koko ajan auki, mutta nopean liikkeen venttiilit avautuvat vasta, kun iskunvaimentimeen kohdistuu riittävän suuri voima. Hitaan liikkeen virtauspoikkipinnat ovat kuitenkin niin pieniä, että niiden vaikutus nopean liikkeen virtauskanavan rinnalla on merkityksetön. On huomattava, että hitaan liikkeen puristusvaimennus toimii vain männänvarren vaimentimen sisälle työntyessään syrjäyttämällä öljyvirralla, mutta muut vaimennussysteemit ohjaavat koko männän liikuttelemää öljyvirtaa. Tästä johtuen hitaan liikkeen puristusvaimennus ei ole täsmällisyydeltään samaa luokkaa kuin muut säädöt. Kaiken kaikkiaan tärkein sääto on palautuspuolen hitaan liikkeen vaimennus. Sen avulla voidaan tehokkaimmin säädellä jousituksen kasaanpainumista ja toimintaa pienissä kuopissa.

PURISTUSLIIKKEEN VAIMENNUS

Puristuspuolen vaimennusta voidaan säätää myös lisäsäiliön paineella. Säiliön kaasunpaine on tavallaan vaimentimen maksimipaineena ja jos se ylitetään puristusliikkeen aikana männän painepuolella, syntyy toiselle puolelle mäntää tyhjiö. Tämä tapahtuu hypyn alustulossa. Kun isku on vastaan otettu ja jousitus rupeaa oikeenemaan, saattaa liikkeen alkuosassa iskunvaimennus puuttua kokonaan ja pyörän takapää ponnahtaa korkealle ilmaan.



ÖLJY

Aikaisemmin takaiskunvaimentimet toimivat jäykemmällä öljyllä, mutta nykyiset vaimentimet käyttävät samaa SAE 5 öljyä kuin etuhaarukatkin. Syy tämän ohuen öljyn käyttöön on sama kuin etupäässäkin: Parempi viskositeettiindeksi. Toisin sanoen sen viskositeetti vaihtelee vähemmän lämpötilan mukana. Ohuempi öljy vaatii kuitenkin paremmat tiivisteet, mutta nykyisellä tekniikalla se ei muodostu ongelmaksi. Samaten kaikki virtaustiet voidaan tehdä pienemmiksi, jolloin niiden sijoittaminen männän ja sen varren sisälle on helppoa. Kanavista ei kuitenkaan tarvitse tehdä niin pieniä, että se olisi valmistustekniikan kannalta ongelmallista.

Iskunvaimennuksesta huolehtivat venttiilit voivat toimia kahdella eri periaatteella. Niiden toiminta voi perustua jousivoiman käyttöön tai öljyn virtausta saatetaan rajoittaa myös tekemällä virtaustie niin ahtaaksi että öljyn sisäiset kitkat jarruttavat sen virtausta.

Venttiilirakenteet**LEVYVENTTIILI**

Yleisin venttiiliratkaisu on jousilevyventtiili. Se koostuu mäntään työstetyistä suurikokoisista rei'istä ja ne tukkivasta jousilevystä. Männän yli vaikuttava paine-ero ohjataan taivuttamaan levyä irti männän pinnasta. Tällöin avautuu öljylle virtaustie jousilaatan ohitse

männän painepuolelta sen paineetomalle puolelle. Syntyvä paine-ero riippuu virtausmäärästä ja jousilevyn jäykkyydestä. Luonnollisesti myös öljyn viskositeetti vaikuttaa vaimennuksen jäykkyyteen. Syntyvä paine-ero kasvaa hyvin nopeasti jousilevyä vahvennettaessa. Virtausnopeus sen sijaan ei vaikuta riittävän voimakkaasti paineeroon, ja niinpä yksi jousilevy ei riitäkään huolehtimaan vaimennuksesta kaikilla nopeuksilla. Venttiili onkin rakennettava levypakkoista, joissa mäntää vasten tuleva levy on kaikkein suurin halkaisijaltaan ja laatat pienenevät mentäessä ulommas männästä. Tällaisella progressiivisesti jäykkenevällä levypakalla saadaan aikaan nopeampi mäntävoiman kasvu virtausnopeuden lisääntyessä kanavistossa. Näitä pakkoja saattaa olla kaksi päällekkäin sekä veto- että puristuspuolella. Näin voidaan säätää hitaan ja nopean liikkeen vaimennusta erikseen, ja saadaan tarkempi säätö. Jos käytettävissä on vain yksinkertainen säätö molempiin suuntiin tulee vaimennuksesta liian jäykkä hitailla männännopeuksilla ja se ei kuitenkaan ole riittävän tehokas suurissa nopeuksissa. Jos vikoja yritetään korjata lisäämällä jousilevypakan taakse rajoitinlaatta, menetetään nopeuskaistan yläpäästä osa, ja sittenkään toiminta ei ole kaksiportaisen tasolla.

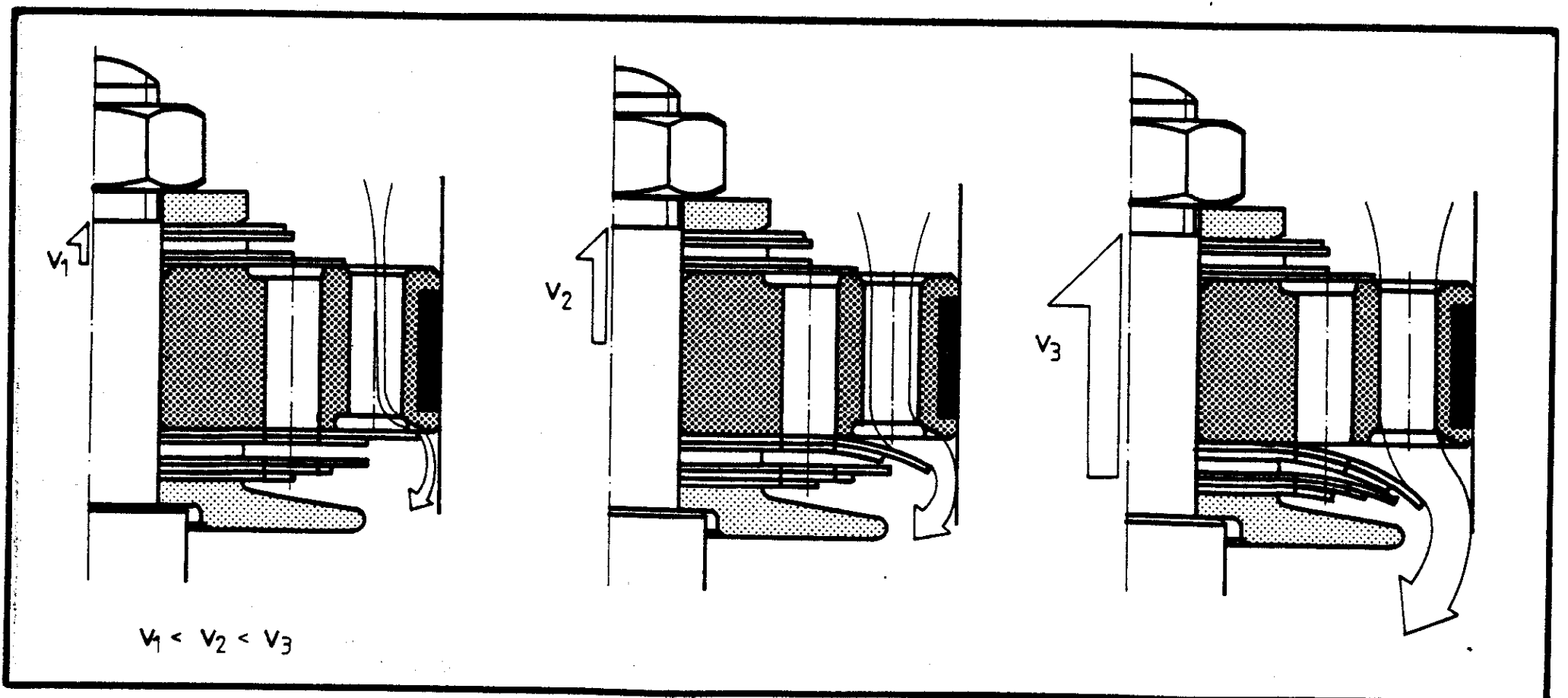
Hitaalla liikkeellä taipuu vasta alimmainen jousipakka. Sen jäykkyyden säätö suoritetaan vaihtamalla pienintä levyä, siitä voidaan käyttää vaikka nimeä taittorengas, koska levypakka ikäänkuin taittuu sen reunan yli. Taittorengaan halkaisijaa suurentamalla vaimennus luonnollisesti jäykkenee ja sitä ohentamalla saadaan nopean liikkeen levypakka mukaan aikaisem-

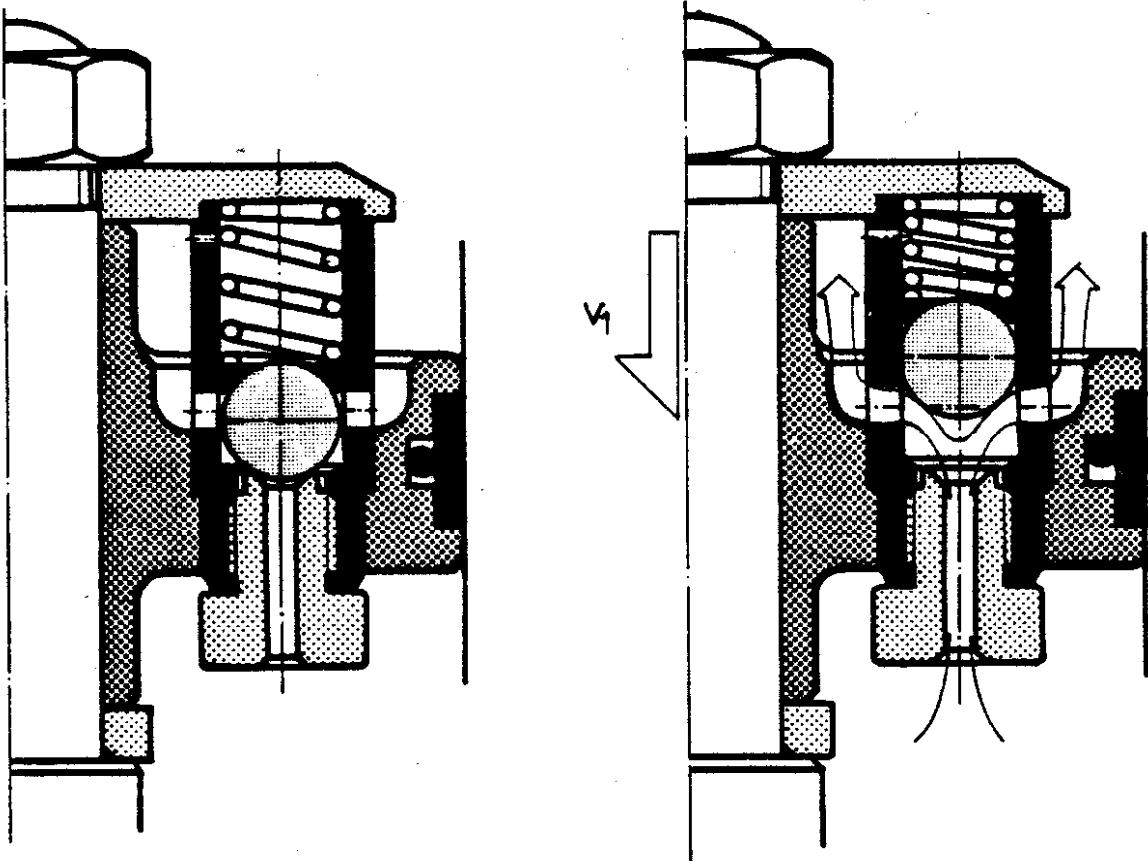
min. Virtausnopeuden kasvaessa alimmainen levypakka koskettaa nopean liikkeen pakkaa ja tästä eteenpäin ne taipuvat yhdessä. Nopean liikkeen pakka on rakenteeltaan täysin samanlainen kuin hitaan liikkeen pakkakin. Se koostuu erikoisista jousilevyistä, jotka on pinottu päällekkäin siten, että halkaisija pienenee mentäessä kauemmaksi männästä. Sen jäykkyyttä on helpoin muuttaa vaihtamalla taittorengasta. Hitaan liikkeen taittorengaan halkaisijan muuttaminen vaikuttaa koko nopeusalueella, nopean liikkeen taittorengaan vaihto vaikuttaa vain nopeaan liikkeeseen. Hitaan liikkeen taittorengaan paksuudella voidaan vaikuttaa myös nopean liikkeen vaimennukseen, sillä sitä vahvennettaessa tulee nopean liikkeen pakka myöhemmin vastaan ja niinpä vaimennus muuttuu löysemmäksi nopeissa liikkeissä.

KUULAVENTTIILI

Joissakin tapauksissa on vaimennuksen ohjaus toteutettu jousikuormitteisten kuulaventtiilien avulla. Niitäkin on useita kappaleita molempiin suuntiin, jolloin saadaan aikaan progressiivinen vaimennus. Ensimmäisenä avautuu hitaan liikkeen venttiili. Se on pienikokoinen ja sitä kiinni puristava jousi on löysä. Venttiilin painehäviö kehittyy sen kanssa sarjaan kytketyssä suuttimessa. Vaimennuksen jäykkyyttä muutetaan vaihtamalla suutin tai jäykempi jousi puristamaan kuulaa istukkapintaansa vasten.

Jos kuulaventtiileitä olisi vain yksi, jäykkensä vaimennus hyvin nopeasti männän nopeuden kasvaessa. Vaimennus tehdään kuitenkin portaalliseksi. Sen portaattaisuus on saatu aikaan tekemällä eri





mismahdollisuus säädöissä on suuri. Yksinkertaisempi ja selkeämpi jousilevyventtiili on helppo säätää ja rakenteeltaan varmatoiminen ja halpa. Ilmeisesti se voidaan säätää aivan riittävän hyvin kulloistakin tilannetta vastaavaksi, sillä sen suosio valmistajien keskuudessa on suuri.

VIKA USEIMMITEN SÄÄTÄJÄSSÄ

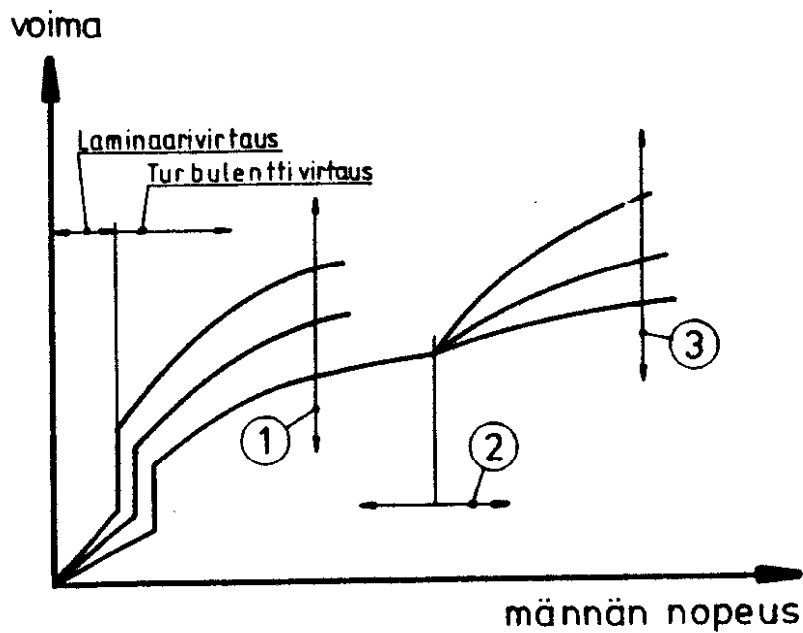
Syy huonosti toimivaan jousitukseen on yleensä aivan muualla kuin huonossa iskunvaimentimessa. Ainakin, kun puhutaan nykyaikaisista yksi-iskunvaimenninjousituksesta. Kyllä syy huonoon jousitukseen on yhdeksän kertaa kymmenestä laiskassa ja taitamattomassa mekaniikossa, joka ei ole pystynyt käyttämään jousituksen mahdollisuuksia hyväkseen. Nykyiset järjestelmät tarjoavat lähes rajattomat säätömahdollisuudet. Kuitenkin vain muutama mies maailmassa pystyy sanomaan, miten jousituksen tulisi toimia eri tilanteissa. Vain aivan parhaat testikuljettajat kykenevät analysoimaan jousituksen toimintaa ajon aikana ja vetämään riittävän pitkälle meneviä johtopäätöksiä säätöjen tilasta. MM-tason kuljettajissa on hyvin paljon sellaisia, jotka sanovat kyllä että jousitus ei toimi, mutta heidän kyvyt eivät riitä kertomaan missä vika kulloinkin on.

VENTTIILIEN TOIMINTAPERIAATTEET

Levyventtiilissä levypakan taipuminen perustuu öljyvirtauksen liikemäärän ja öljyn viskositeetin hyväksikäyttöön. Nopeasti virtaava öljy iskeytyy vasten levypakkaa ja koska sen virtaussuunta muuttuu täytyy siihen kohdistua ulkoinen voima. Tämä voima vaikuttaa levypakkaan siten, että se pyrkii pois öljyvirran edestä. Virtausnopeuden kasvaessa suurenee levypakkaa taivuttava voima suoraan verrannollisena nopeuteen. Samalla virtaustie männänpään ja levypakan reunan välissä avautuu ja tämä venttiilin toinen painehäviökohta vastustaa vähemmän virtausta. Ahtaassa raossa öljy joutuu virtaamaan erittäin nopeasti ja tällöin sen sisäinen kitka aiheuttaa häviötä, jotka tunnetaan kuristuskohtan yli vaikuttavana paine-erona.

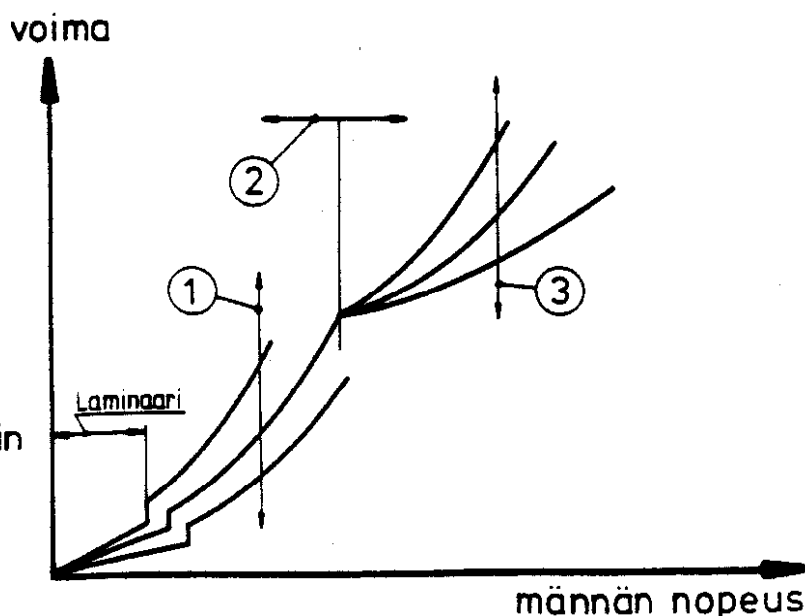
Levyventtiilit.

- ① Hitaan liikkeen taitorenkaan halkaisija.
- ② Hitaan liikkeen taitorenkaan paksuus.
- ③ Nopean liikkeen taitorenkaan halkaisija.



Jousiventtiilit.

- ① Hitaan liikkeen suutin ja jousivakio.
- ② Nopean liikkeen jousen esijännitys.
- ③ Nopean liikkeen suutin ja jousivakio.



venttiilien jousien esijännitykset toinen toistaan suuremmiksi. Näin ne avutuvat yksi kerallaan ja muutoin hyvin jyrkästi nousevaa vaimennusvoimakäyrää saadaan tasoitettua. Nopean liikkeen vaimennusta säädetään joko jousien esijännitystä muuttamalla tai vaihtamalla suuttimia.

Kuulaventtiileissä on jousile-

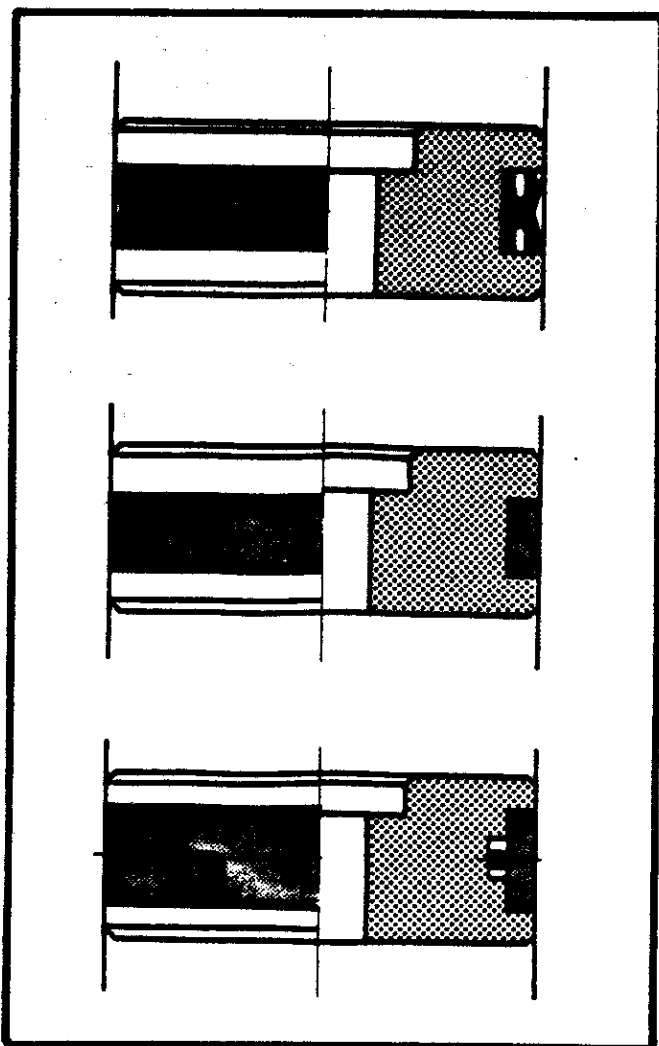
vyventtiiliin verrattuna se etu, että ne on huomattavasti helpompi sijoittaa männään niiden pienemmän tilantarpeen vuoksi. Kokonaisuutta ajatellen niiden heikkoutena on kuitenkin korkeampi hinta ja monimutkaisempi rakenne. Säätömahdollisuudet ovat käytännöllisesti katsoen rajattomat, ja niinpä myös erehty-

Suurilla männännopeuksilla pääasiainen vastusta aiheuttava tekijä on edelläkierrottu liikemäärään perustuva öljyn törmäys jousipakkaa vasten. Pienellä nopeuksilla suurin osa painehäviöstä muodostuu ahtaassa raossa männän ja jousilevypakan välissä.

Kuulaventtiilissä nesteen virtausta rajoittaa kitkavastus sekä suuttimessa, että jonkin verran myös kuulun ja istukkapinnan välillä. Kuitenkin myös siinä on öljymassan hitaudella merkityksensä. Öljyvirta törmää vasten kuulaa ja avaa siten venttiiliä.

TASAUSREIKÄ

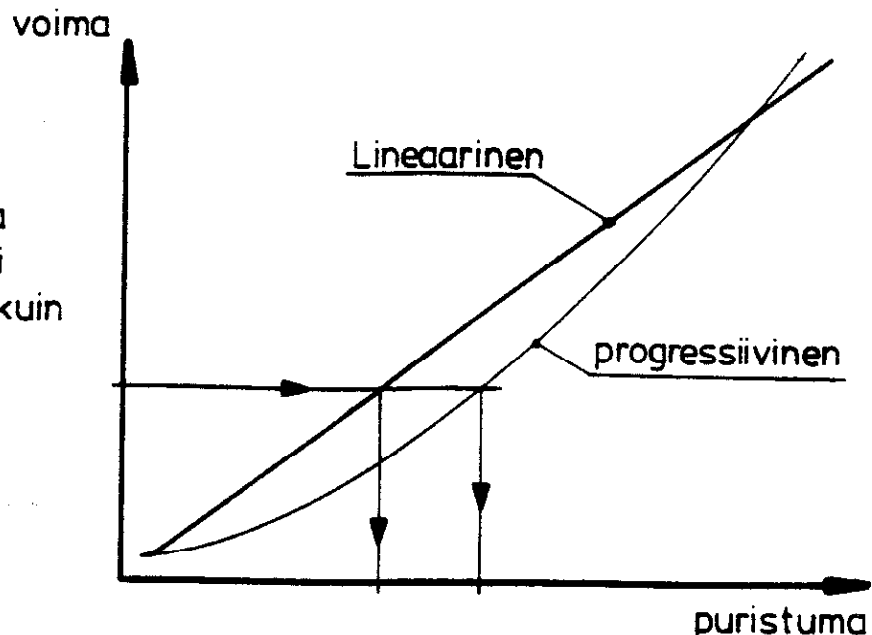
Iskunvaimentimeen on aina rakennettava sellainen virtaustie vetosuuntaan, jonka kautta öljy pääsee siirtymään männän läpi esteettömästi. Kun pyörä on paikallaan, pääsee öljy männän läpi tämän kanavan kautta ja jousitus oikenee. Sen avulla voidaan vähentää myös jousituksen kokoonpuristumistaipumusta useassa perättäisessä heitossa. Tämä vuototie tehdään joko poraamalla mäntään reikä tai leikkaamalla jousilevypakan alimpaan levyyn lovi, jonka kautta öljy pääsee virtaamaan esteettömästi männän läpi. Eräs tapa on myös tehdä kolo venttiilin istukkapintaan, jolloin virtaus tapahtuu sen kautta. Se voi myös syntyä sivutuotteena, kun veto puolen hitaan liikkeen säätö toteutetaan neulaventtiilillä. Sehän



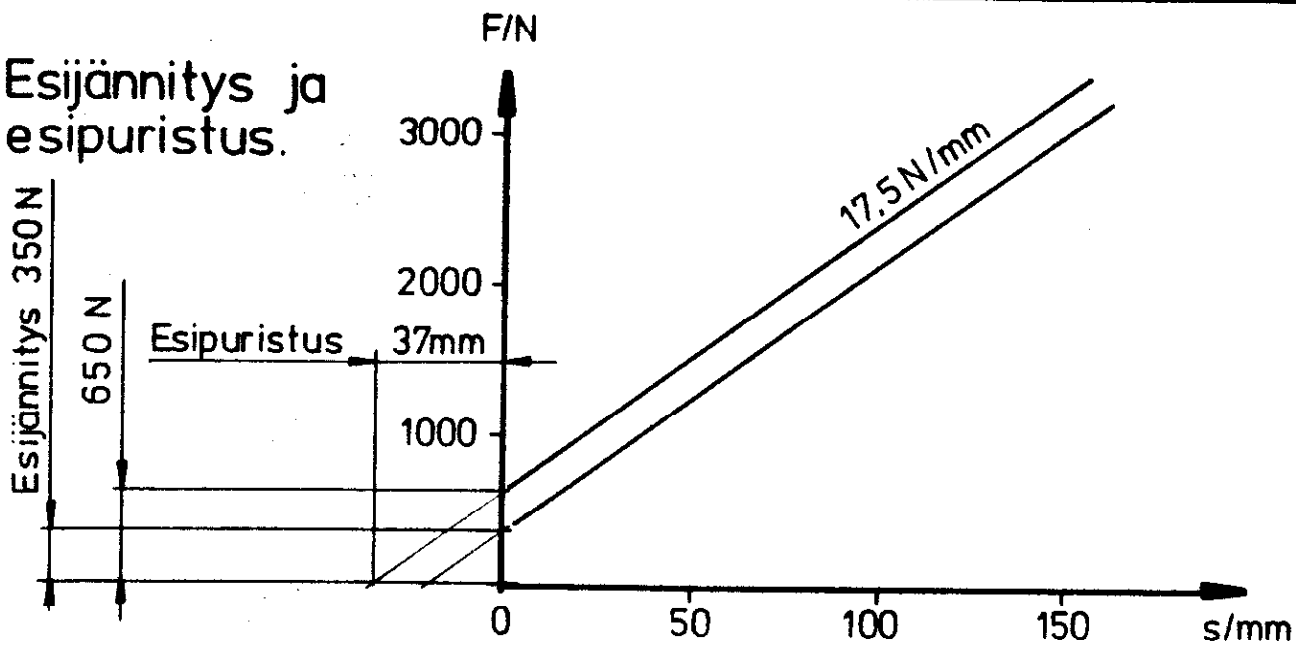
ei sulkeudu liikkeen pysähtyessäkään, vaan jää aina jonkin verran auki.

Jousivoima.

Samalla jousivoimalla progressiivinen jousi puristuu enemmän kuin lineaarinen.



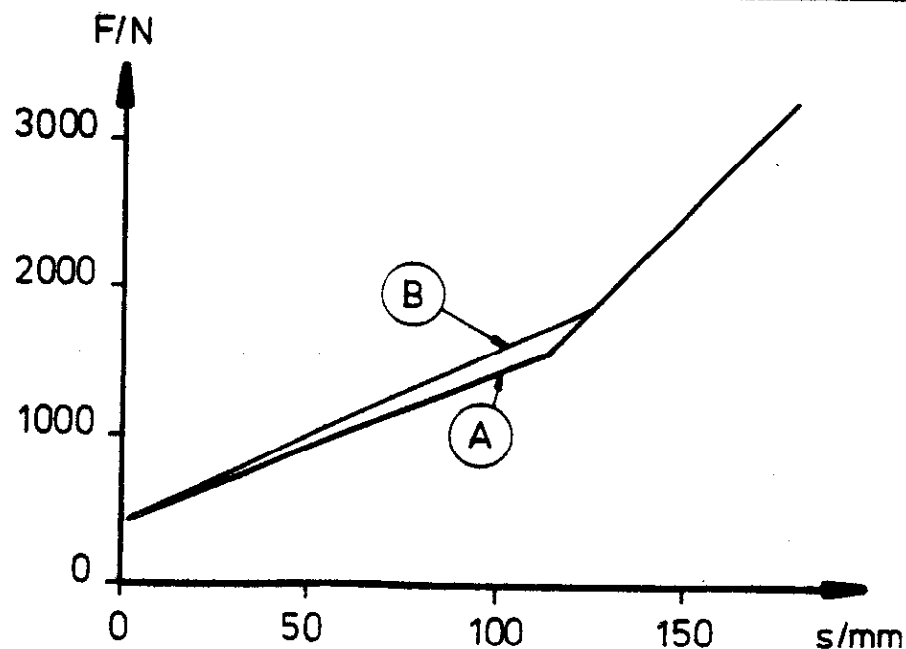
Esijännitys ja esipuristus.



Löysä jousi.

- A: 17,5 N/mm
25,0 N/mm
- B: 20,5 N/mm
25,0 N/mm

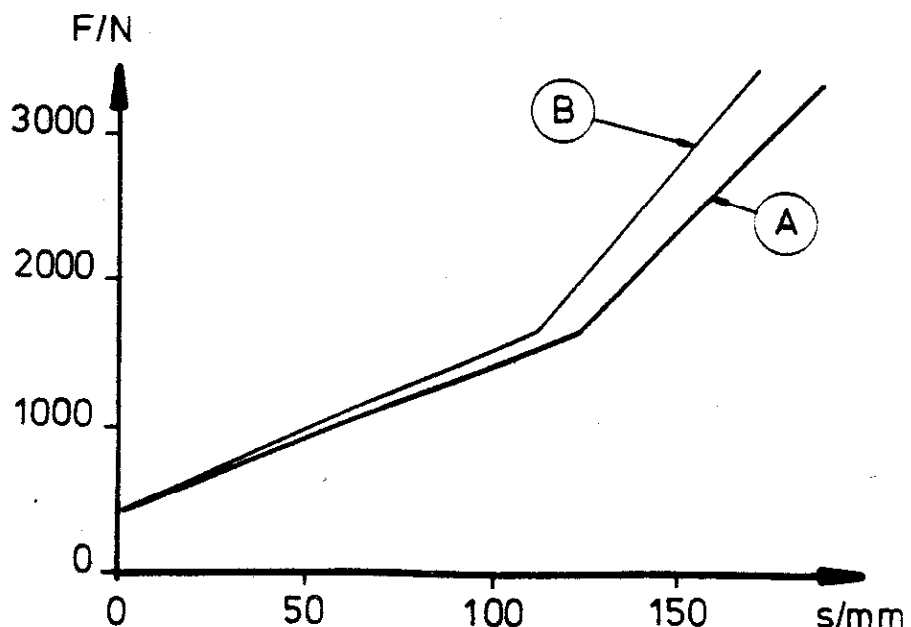
Joustomatkan rajoitin 70 mm.
Esijännitys 440 N.



Jäykkä jousi.

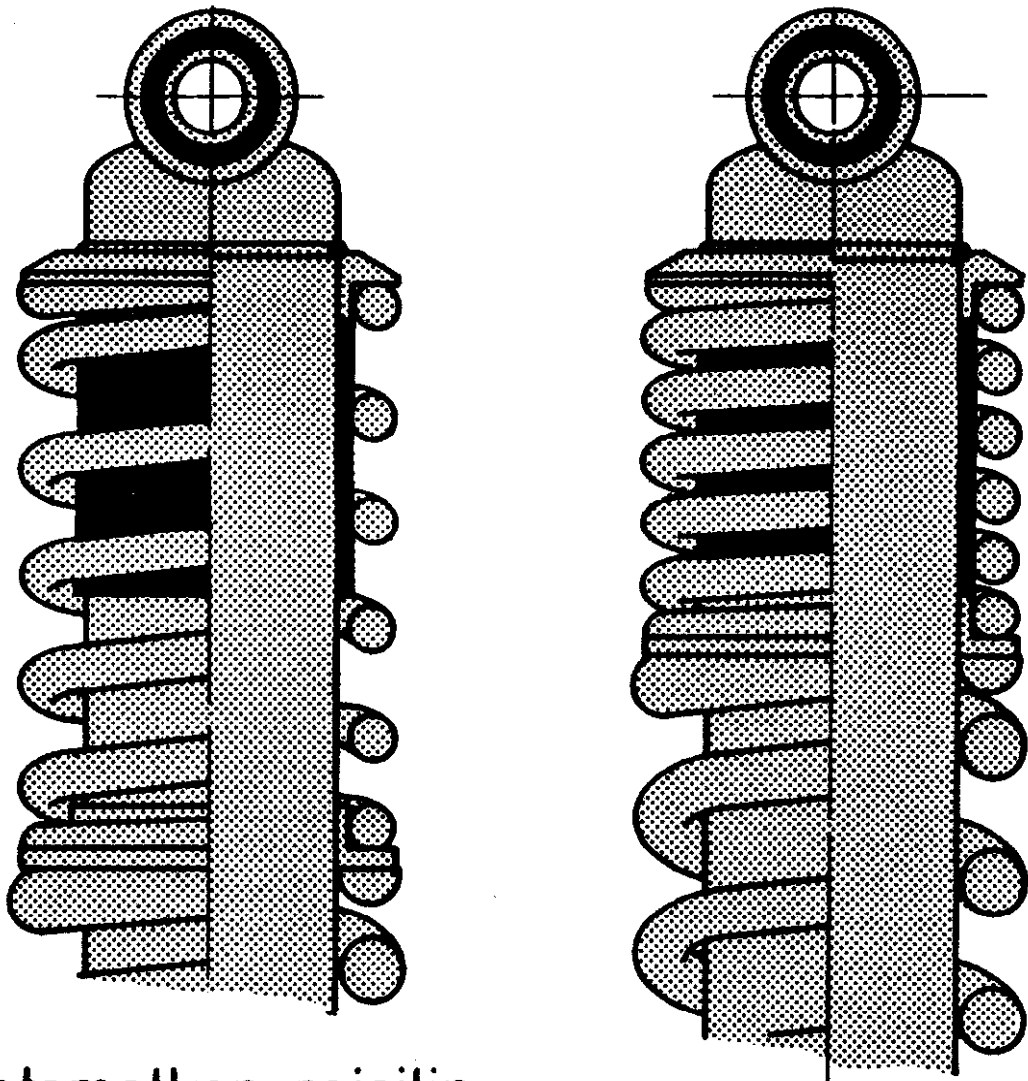
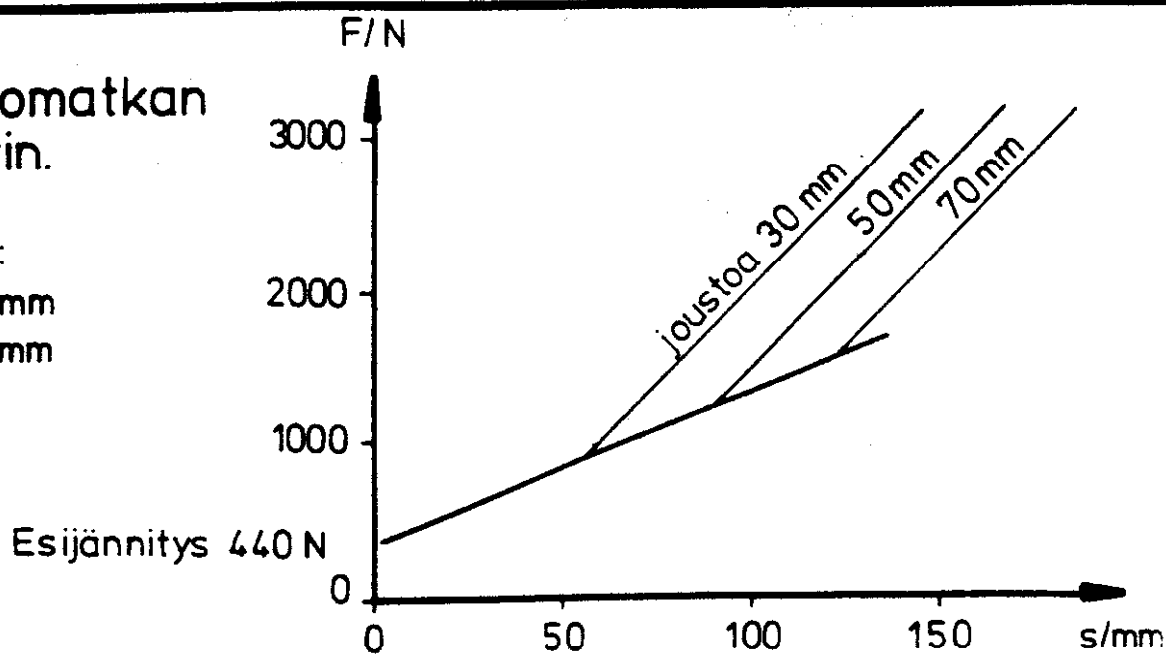
- A: 17,5 N/mm
25,0 N/mm
- B: 17,5 N/mm
30,0 N/mm

Joustomatkan rajoitin 70 mm.
Esijännitys 440 N.



Joustomatkan rajoitin.

Jouset:
17,5 N/mm
25,0 N/mm



Joustomatkan rajoitin.

MÄNNÄN TIIVISTYS

Vaikka öljyn annetaan virrata männän venttiilien kautta sen puolelta toiselle, ei sen ja sylinteripinnan välistä tapahtuvaa vuotoa pidetä suotavana. Mäntä tiivistetään sylinteriin käyttämällä joustavasta materiaalista tehtyä tiivistettä. Se voi olla teflonrenkas, jota puristaa sylinterin seinämää vasten sen taakse sijoitettu O-rengas. Teflontiiviste on katkaistu asentamisen helpottamiseksi. Sen hyvänä puolena voidaan pitää pientä kitkaa liukuvien pintojen välillä, heikkoutena suhteellisen huonoa tiiviyyttä. Tiiviyden suhteen erilaiset kumiset huultiivisteet ovat ylivoimaisia, mutta ne aiheuttavat suuren kitkansa ansiosta vaimentimen toimintaan nahkeutta, joka ei suinkaan ole toivottavaa. Auton iskunvaimenti-

men männissä saattaa olla valurautaisia männänrenkaita, jotka muistuttavat hyvin paljon moottorin männänrenkaita. Ne ovat erittäin pitkäikäisiä ja suhteellisen tiiviitä. Valmistustarkkuus on kuitenkin oltava toista luokkaa kuin muissa rakenteissa. Tarkkuus maksaa ja siksi valurautatiivistysrenkaita ei moottoripyörissä juuri tavata. Joissakin tapauksissa tiivistysrenkas on valmistettu teräksestä ja se on valmistuksen yhteydessä pinnoitettu pronssilla. Se poikkeaa valurautarenkaasta siinä, että se on voitu valmistaa levysuikaleesta taivuttamalla ja on siksi koneistettua rengasta huomattavasti halvempi.

Itse mäntä on usein huokoista metallia. Sen raaka-ainetta valittaessa ovat liukuominaisuudet tärkeällä sijalla ja siksi huokoisuutta arvostetaan. Joissakin

tiivisterakenteissa tiiviste kantaa sivuttaiskuormat ja itse mäntä ei pääse koskettamaan sylinteripintaa. Tällöin mäntä valmistetaan teräksestä, se on sintrattua tai valurautaista mäntää halvempi ja lujempi.

NOPEUS-/ASEMARIIPPUVUUS

Iskunvaimennus voi olla periaatteessa kahta eri tyyppiä. Se voi olla joko nopeudesta tai asemasta riippuva. Asemasta riippuvan vaimennuksen vaimenninvoima muuttuu männän aseman mukana, kun mäntää liikutetaan vakionopeudella iskun päästä toiseen. Tämä olisi käytännöllinen motocrosspyörässä. Sitä käytettäessä voitaisiin vipusuhdetta muuttavista mekanismeista luopua ja kiinnittää vaimennin suoraan rungon ja takahaarukan väliin. Valitettavasti se on erittäin kallis ja monimutkainen rakenteeltaan ja siksi sitä ei ole käytettykään missään moottoripyörässä. Joitakin yrityksiä on kyllä ollut. Muutamissa vaimentimissa mäntään on lisätty jatke, jonka avulla vaimentimeen on rakennettu päätyvaimennus, joka lisää vaimentimen jäykkyyttä sen puristumisen lopussa. Vaimennin on muilta osin aivan normaali, mutta näinkin pienellä muutoksella on sen ominaisuuksia saatu merkittävästi parannettua. Asemasta riippuvia vaimentimia on rakennettu lentokoneiden laskutelineisiin, joissa ne ovat toimineet erittäin hyvin ja vaimentaneet laskeutumisen töyssyjä tehokkaasti.

Tavallinen iskunvaimennin on nopeudesta riippuva vaimennin. Sen kehittämä vaimenninvoima ei riipu männän asemasta vaan ainoa vaimennuksen jäykkyyteen vaikuttava tekijä on männän nopeus. Rakenne on yksinkertainen ja suhteellisen halpa. Jos asemasta riippuvia vaimentimia alettaisiin rakentamaan moottoripyöriin, tulisi niistä niin kalliita, että kenelläkään ei olisi varaa ostaa niitä.

Jousituksen säätö

On vaikea selittää, milloin jousituksen säädöt ovat kohdallaan, huomattavasti helpompaa on selittää, mikä on milloinkin pielessä. Yritän antaa joitakin säätöohjeita, joiden avulla toivon voivani selvittää eri säätömahdollisuuksien vaikutusta jousituksen toimintaan.

1. Hitaan liikkeen palautuspuolen vaimennus

A) Liikaa vaimennusta

- Takapää pyrkii pyyhkäisemään pois alta tai luistamaan kovapintaisessa "sladikurvissa", jossa on pieniä töyssyjä. Erikoisesti ulkopuolelle kallistetuissa kurveissa, joissa on "pyykkilautapinta".
- Perä hyppii eikä pysy linjassa, kun jarrutetaan "pyykkilaudassa".
- Takajarru ei kehitä hyvää jarrutehoa.
- Takajousitus oikenee hitaasti kiihdytettäessä pitkin "pyykkilautaa" tai pienten töyssyjen yli.
- Yleensäkin peräpää tuntuu joustavan hyvin ylös ja alas, mutta takarenkaassa ei tunnu olevan riittävästi pitoa.

Kaikki tämä johtuu siitä, että liiallinen palautuspuolen vaimennus estää takajousituksen riittävän nopean oikenemisen ja takapyörä ei kulje pienten kolojen pohjien kautta vaan hyppii knöölin harjalta toiselle. Tällöin rengas on maassa vain osan ajasta ja luonnollisesti silloin renkaan pito tuntuu huonolta.

B) Liian vähän vaimennusta

- Pito heikko kuten liiallisella vaimennuksella, samoin taipumus luistella kaarteessa, mutta takapyörä tuntuu "potkivan ylös" liikaa.
- Pito on erikoisen huono laskuissa, joissa on jarrutusknööliä tai terävää "pyykkilautaa".
- Jos jarrutuslinjalla on terävä kuhmu, saattaa takapää nousta korkealle ilmaan takarenkaaseen kohdistuvan iskun vaikutuksesta.

2. Nopean liikkeen palautuspuolen vaimennus

A) Liikaa vaimennusta

- Peräpäästä tulee kova ja vaikeasti hallittava, kun ajetaan yli sarjasta keskikokoisia tai suuria pyöreälakisia kumpareita suurella nopeudella.
- Ensimmäiset töyssyt eivät tunnu pahoilta, mutta seuraavissa peräpää muuttuu vähitellen kovaksi ja alkaa hyppiä levottomasti puolelta toiselle.

Näin tapahtuu, koska takajousitus pakkautuu kasaan vähän kerrallaan jokaisessa iskussa ehtimättä oieta vastaavaa määrää kumpareiden välissä. Seurauksena tästä on se, että muutaman kumpareen jälkeen käytettävissä on enään pieni osa alkuperäisestä joustomatkasta.

B) Liian vähän vaimennusta

- Peräpää potkaisee voimakkaasti, kun iskeydytään vasten suurta rullavaa kumpareta suurella nopeudella. Pyörällä on taipumus pudota hypystä etupyörälle. On parasta testata jousitusta pyöreälakisilla kumpareilla, koska potkaisutaipumus jyrkkäreunaisissa töyssyissä sattaa olla seurausta väärästä puristuspuolen vaimennuksesta aivan yhtä hyvin kuin palautuspuolen vaimennuksesta.
- Takajousituksen potkaisutaipumus on erikoisen voimakasta nopeassa alamäessä, jossa on pyöreälakisia kumpareita.
- Hypystä alastultaessa pyörällä saattaa ilmetä taipumusta hypätä ilmaan vielä kerran alastulon jälkeen.

3. Hitaan liikkeen puristuspuolen vaimennus

A) Liikaa vaimennusta

- Takajousitus on liian kova ajettaessa yli sarjasta pientä knööliä.
- Perä luistele jarrutettaessa kovapintaisella "pyykkilaudalla".
- Iskuvaimennuksella on taipumus jäykistyä "jarrutusknöölissä". Se ilmenee voimakkaammin alamäessä, missä paino siirtyy entistä voimakkaammin eturenkaalle. Jousitus tuntuu siltä, kuin siinä olisi liian jäykät jouset.

B) Liian vähän vaimennusta

- Perä pohjaa keskikokoisissa kumpareissa.

- Takajousitus pohjaa luvattoman helposti sileäpintaisissa painanteissa ja syväknöölisessä nousussa hiekkapintaisella radalla.
- Se pohjaa tilanteessa, jossa keskipakovoima tai siirtyminen tasaiselta nousuun painaa jousitusta pitkän ajan.

4. Nopean liikkeen puristuspuolen vaimennus

A) Liikaa vaimennusta

- Peräpää on kova ajettaessa suurella nopeudella yli suurten tai keskikokoisten jyrkkäreunaisen kumpareitten.
- Kumpareissa jousitus pysyy liian jäykkänä, eikä käytä hyväksi kaikkea joustovaraa suurimmilakaan nopeuksilla.
- Jousitus ei pohjaa juuri koskaan, ei edes suurimmissakaan hypyreissä.

B) Liian vähän vaimennusta

- Suurella nopeudella ajettaessa jousitus ottaa pehmeästi keskikokoiset jyrkkäreunaiset töyssyt, mutta pohjaa liian helposti hypyreissä.
- Pohjaa pahasti ajettaessa nopeasti yli jyrkkäreunaisen töyssyn potkaisten peräpään korkealle ilmaan.

5 Etujousitus

Etujousitus on tämänhetkissä tuotantopyörissä toteutettu poikkeuksetta teleskooppihaarukalla. Se on kokonaisuutena ottaen ylivoimaisesti paras tunnetuista etujousituksista. Sille on ominaista hyvä kestävyys ja alhaiset valmistuskustannukset. Samoin sen vaikutusta pyörän ajo-ominaisuuksiin pidetään edullisina lähes kaikissa olosuhteissa. Muihin jousitusjärjestelmiin verrattuna sen toiminta aivan pienissä epätasaisuuksissa ei ehkä ole huippuluokkaa, sillä sille on ominaista suurehko kitka putkien välillä ja toiminta on jossain määrin nihkeää esimerkiksi pyykilautapinnalla. Viime aikoina on tutkittu teflonista valmistettujen liukupintojen vaikutusta haarukan toimintaan, ja tulokset ovat olleet niin hyviä, että uusimmissa haarukoissa on teflonholkkeja alaputken liukupinnoissa pehmentämässä sen joustoonlähtöä.

TELESKOOPIN ISKUNVAIMENNUKSEN TOTEUTUS

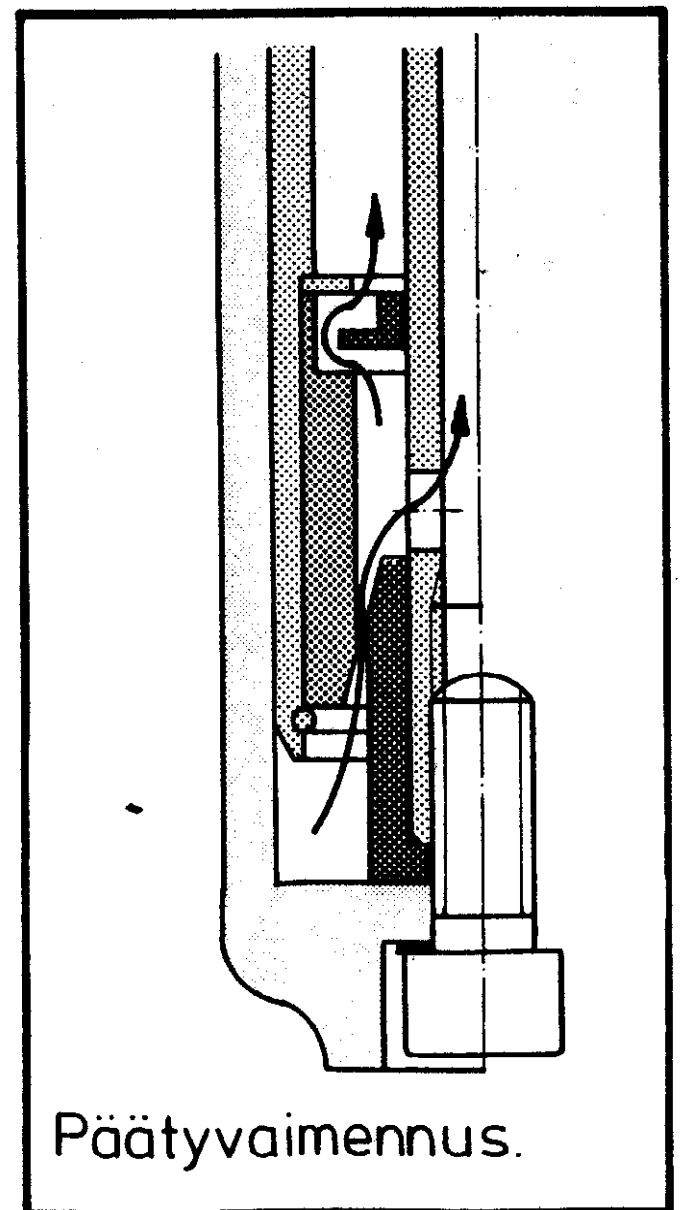
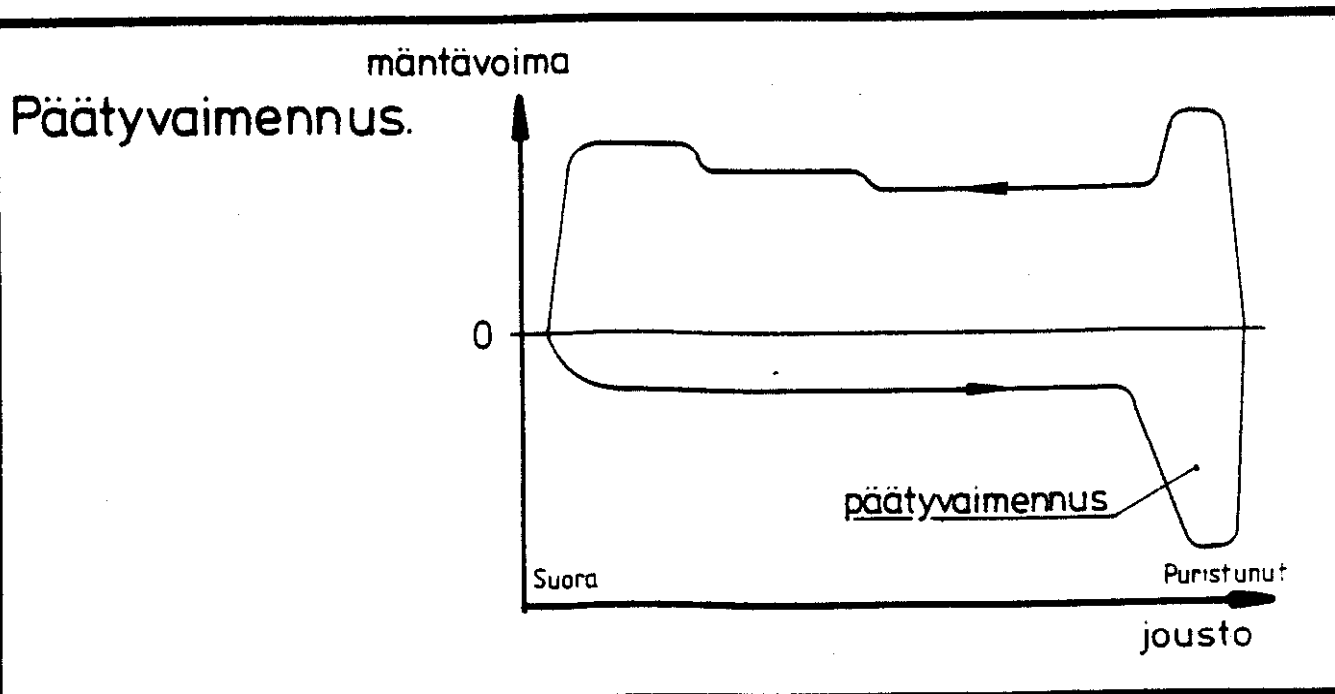
Palautuspuolen iskunvaimennus on takajousituksesta poiketen epälineaarinen, toisin sanoen sen vaimennus ei pysy jäykkyydeltään yhtäsuurena koko matkalla vaan jäykkenee aivan oikenemisen lopussa. Sama pätee puristuspuolellakin, mutta toiminta on huomattavasti lähempänä lineaarista. Tällä erikoisratkaisulla vaimennus voidaan lähellä haarukan täyttä pituutta saada suhteellisen jäy-

käksi, jolloin sen oikeneminen hidastuu juuri ennen liikkeen pysähtymistä. Tällöin voidaan käyttää pehmeää palautusvaimennusta pelkäämättä haitallista iskumaista oikenemistä. Puristuspuolelle on rakennettu päätyvaimennus, joka estää jousituksen rajun pohjaamisen. Se on toteutettu ylimääräisellä männällä vaimenninhuilun alapäässä. Sisäputken alapäähän on kiinnitetty holkki, jonka sisään mäntäosa työntyy jouston 25...40 viimeisen millimetrin matkalla. Tällöin niiden väliin jää ahdas rengasmaisen rako, jonka kautta öljy pursuaa ulos päätytilasta. Tällä järjestelyllä jousituksen pohjaaminen saadaan niin pehmeäksi, että sitä suoraan ajettaessa tuskin huomaa.

Etuteleskoopin puristuessa kokoon virtaa öljyä huilun alemmasta ulkopuolisesta tilasta huiluun porattujen reikien kautta sen sisälle. Toinen öljyvirta suuntautuu vaimentimen venttiilin kautta ylätilaan. Puristusliikkeessä venttiili on auki ja öljy pääsee virtaamaan esteettä sen läpi. Vaimennuksen jäykkyyttä säädellään huiluun työtettyjen reikien koolla.

Uusimmissa haarukoissa öljy pääsee alatilasta huilun sisään vain erillisen venttiilin kautta. Venttiilin kuristusta voidaan säädellä teleskoopin ulkopuolelta muuttamalla aukkojen virtauspoikkipinta-alaa. Sääto tapahtuu pyörittämällä teleskoopin alapäässä olevaa ruuvia tai säätönuppia.

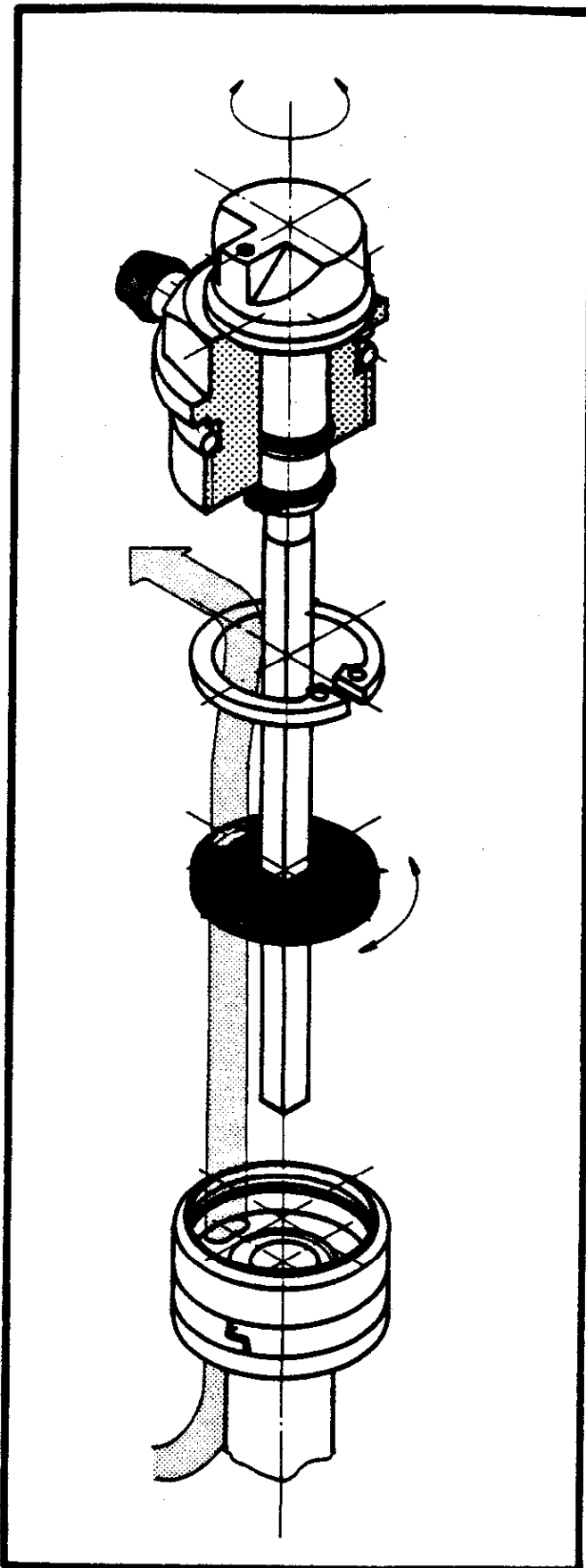
Oikeamisliikkeen aikana öljy virtaa takaisin alatilaan huilun läpi. Se purkautuu samojen reikien läpi takaisin huilun ulkopuolelle, mutta näiden reikien koolla ei oikenemisliikkeessä ole samaa merkitystä kuin puristuksessa. Oikenemisliikkeen vaimennus on aina jäykempi ja niinpä lisäjäykkyyttä on haettava muulla tavoin. Huilun alapään reikiä muuttamalla se onnistuisi helposti, mutta silloin muuttuisi myös puristuspuolen vaimennus. Ratkaisuna on ylä- ja alatilan välinen vaimennusventtiili. Se toimii takaiskuventtiilinä päästään öljyn virtaamaan vapaasti puristusliikkeessä kammiosta toiseen, mutta sulkee virtaustien öljyn yrittäessä virrata vastakkaiseen suuntaan. Oikenemisen aikana virtausta voidaan säädellä kahdella eri tavalla. Huiluun voidaan porata pieniä reikiä myös sen yläosaan. Öljy virtaa ylätilasta näiden reikien kautta huilun sisälle ja sitä kautta alatilaan. Reiät tehdään siten,



että oikeenemisliike hidastuu loppua kohti ja lähes pysähtyy ennen täydellistä oikeenemistä. Tämän tuloksen saavuttamiseksi huiluun porataan pieni reikä sellaiseen kohtaan huilua, että vaimennusventtiili ohittaa sen 20...30 mm ennen teleskoopin täyttä pituutta. Toinen reikä tehdään 1/3 joustomatkan päähän edellisestä ja kolmas reikä voidaan tehdä vielä tätäkin alemmaksi. Toinen tapa hoitaa vetopuolen vaimennus on työstää huilu keskeltä ohuemmaksi. Tässä versiossa öljy pääsee virtaamaan vaimennusventtiilin ja huilun välistä suoraan ylätilasta alatilaan. Vaimennuksen jäykkyyttä säädellään huilun halkaisijalla. Jos tavoitteena on pehmeä oikeeneminen, tehdään huilu keskeltä ohuemmaksi, jolloin nopeus on jouston keskivaiheilla suurimmillaan, ja sen halkaisijan annetaan suurenta ylöspäin mentäessä. Näin jouston oikeamisvaiheen lopussa on vaimennus erittäin jäykkä ja haarukan suoraksi kolahtaminen estetään.

VAIMENNUKSEN JÄYKKYYS RIIPPUU MYÖS JOUSTON ASEMASTA

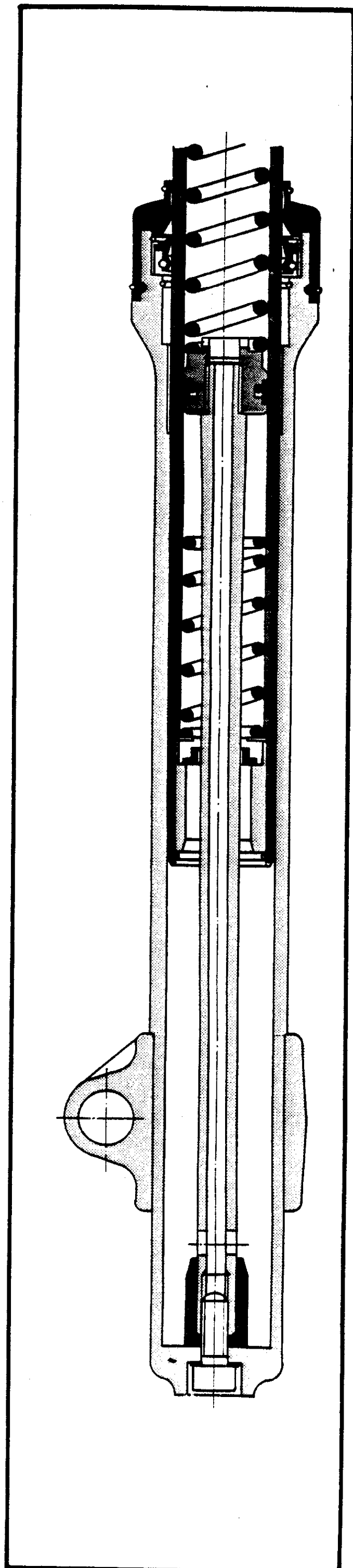
Takaiskunvaimennin oli siis vain nopeudesta riippuva: Etuteleskooppi on hyvin suuresti riippuvainen myös jouston asemasta. Tämä on erittäin hyvä ominaisuus ja tavoittelemisen arvoinen myös takajousituksessa. Kun etuteleskooppiin lähdetään rakentamaan ulkopuolista säädettävyyttä, joudutaan asemariippuvuudesta jonkin verran luopumaan. Ulkopuolisen säädön aikaansaaminen on varsin helppoa. Vaikka sen yhteydessä joudutaankin tinkimään asemariippuvuudesta, ovat käytännön tulokset olleet varsin lupaavia ja uskonkin sen valtaavan alaa myös tuotantopyörissä. Se on helpointa järjestää siten, että oikeenemisliikkeen aikana öljyn annetaan virrata ylätilasta huilun yläpäässä olevan männän läpi huilun sisälle. Männän sisälle sijoitetaan säädettävä venttiili, jota on mahdollista säätää teleskoopin ulkopuolelta. Venttiili koostuu pyörivästä kiekosta ja sen läpi menevästä kulmikkaasta tangosta. Kiekko on kytketty tangolla teleskoopin yläpäässä olevaan säätönuppiin. Se pääsee liukumaan tangolla ja jouston aikana tanko työntyykin kiekon läpi huilun sisälle. Säätö tapahtuu nuppia kiertämällä, jolloin männän



sisällä oleva kiekko pyörii. Jokaista säätönuppin asentoa vastaan erikokoinen reikä kiekossa. Reikä asettuu männässä olevan reiän kohdalle ja näin syntyy öljylle virtausaukko männän läpi. Systemi on monimutkainen ja kallis, mutta toimii ilmeisesti erittäin hyvin, koska olen saanut siitä tietooni pelkästään myönteistä kritiikkiä.

TELESKOOPPI ON JA PYSYY

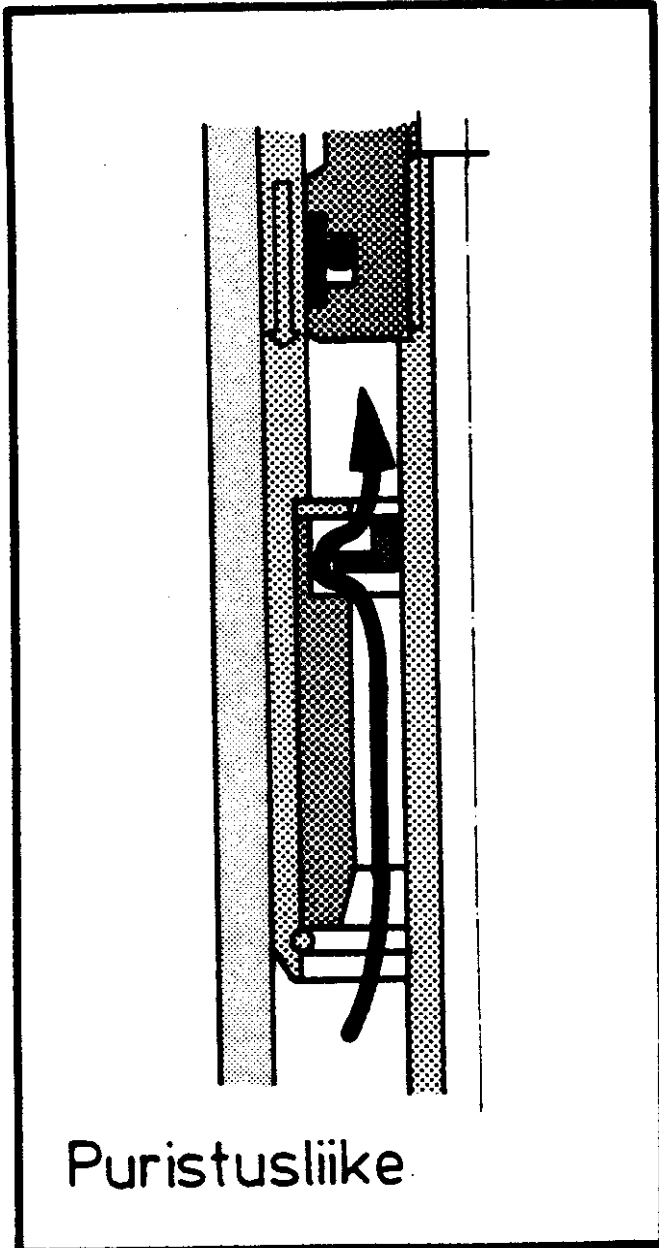
Etu- ja takajousituksen viimeaikaista kehitystä tarkkailtaessa pistää silmään teleskooppihaarukan toimintaperiaatteen ja rakenteen muuttumattomuus. Takajousitus on kulkenut pitkän kehitysprosessin kaus alkuperäisestä muodostaan. Etupään muutokset keskittyvät hyvin pitkälle teleskoopin halkaisijan kasvattamiseen ja mitään mullistavaa ei ole tapahtunut pitkiin aikoihin. Takajousituksessa on siirrytty monivaiheisiin venttiilirakenteisiin, mutta etupäässä pakerretaan edelleen yksivaiheisen



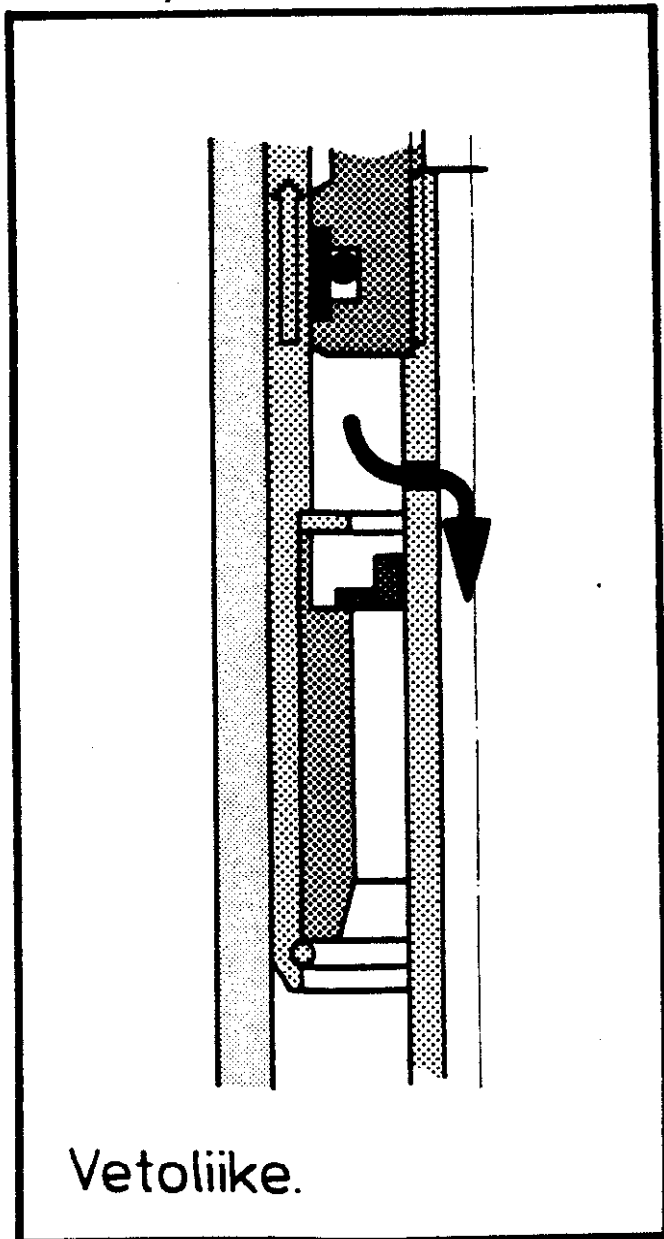
vaimennuksen parissa. Ilmeisesti alkuperäinen konstruktio oli niin hyvä, että parannusmahdollisuudet ovat vähäiset.

ISKUNVAIMENNUKSEN SÄÄTÖMAHDOLLISUUDET

Iskunvaimennusta voidaan säätää neljällä eri tavalla. Ensimmäinen mahdollisuus on muuttaa öljyn

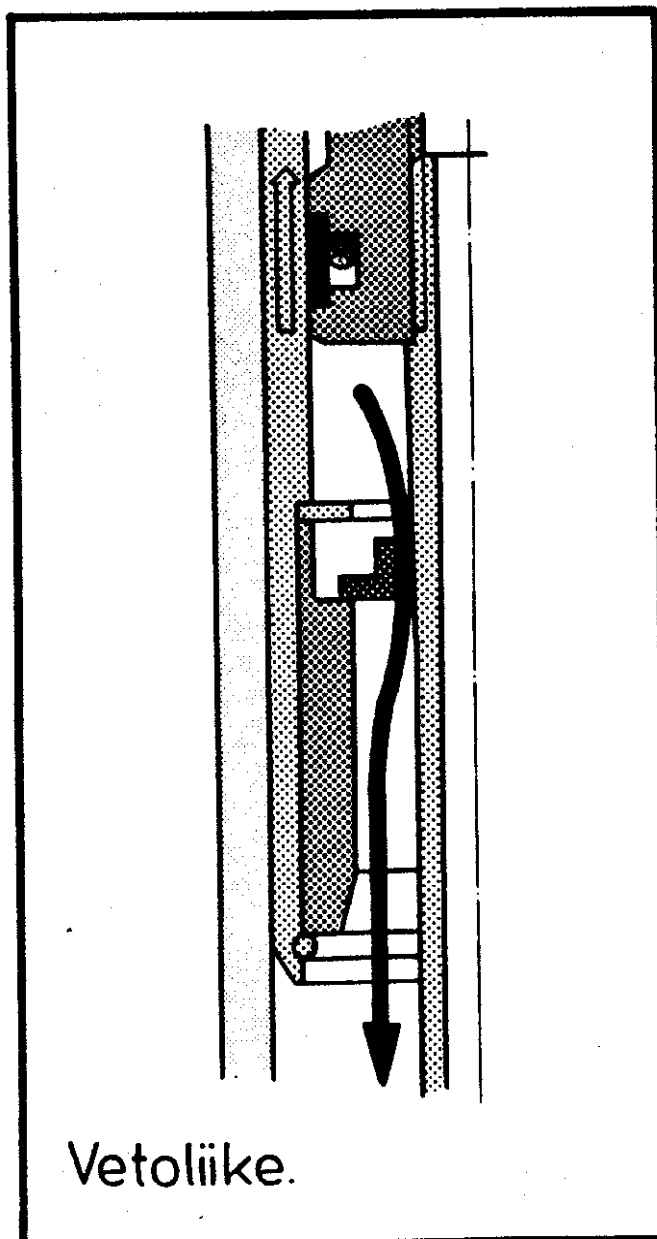


Puristusliike



Vetoliike.

viskositeettia. Se vaikuttaa molempiin suuntiin, mutta kuitenkin ehkä voimakkaammin se havaitaan palautuspuolen vaimennuksessa. Viskositeetin korottaminen luonnollisestikin jäykentää iskunvaimennusta. Yleensä pyritään mahdollisimman ohueen öljyyn, sillä sen viskositeetti vaihtelee suhteellisesti vähemmän kuin paksun öljyn lämpötilan kohotessa. Yleisin öljy uusimmissa haarukoissa on SAE 5, mutta myös automaattivahteistoöljyä voidaan käyttää. Toinen vaihtoehto on muuttaa teleskoopin kaasunpainetta, jolloin vaikutus on suurin puristusliikkeen vaimennukseen. Se muuttuu jäykemmäksi paineen noustessa. Valitettavasti paineen muuttaminen vaikuttaa myös jousituksen jäykkyyteen. Kolmantena vaihtoehtona on vaimentimen osien muuttaminen joko entisiä osia työstämällä tai vaihtamalla uusia säätöosia. Osien vaihtaminen on erittäin suuritöistä ja usein erilaisia säätöosia ei edes ole saatavana. Hankalaa, mutta jos viitsisi nähdä vaivan, ovat mahdollisuudet rajattomat. Uusin suuntaus etujousituksessa on ulkopuolisten säätömahdollisuuksien lisääminen niihin. Tällöin säätö on helppoa ja laiskempikin mekaniikko viitsii sen tehdä. Yleensä se vaikuttaa palautuspuoleen, mutta on joitakin pyörämalleja, joissa on puristusvaimennuksen säätö. Se tosin on nyttemmin havaittu vääräksi valinnaksi ja uusimmissa malleissa sitä ei enää esiinny.



Vetoliike.

Saatava on myös tarvikesarjoja, joiden avulla ulkopuolinen säätö saadaan malleihin, joissa sitä ennestään ei ole. Tarvikesarjojen säätönappi on rakenteellisista syistä teleskoopin yläpäässä ja tehdasvalmisteisissa säädöissä se tapahtuu poikkeuksetta teleskoopin alapäässä olevasta säätöpyörästä tai -ruuvista. Uskoakseni hyvin pian julkaistaan ensimmäiset mallit, joissa sekä veto- että puristusvaimennus on säädettävissä ulkopuolelta. Valmistuskustannuksiansahan se kyllä kohottaa, mutta saavutettava hyöty on sitä luokkaa, että investointi kyllä kannattaa. Hyvällä, mutta päin seiniä säädetyllä haarukalla ei tee mitään.

EI TELESKOOPPIKAAN TÄYDELLINEN OLE

Teleskooppihaarukan ohjelmana on sen huono tukevuus. Sitä voidaan tukevoittaa suurentamalla putkien halkaisijaa ja lisäämällä ainetta T-kappaleisiin. Vielä -78 teleskoopin sisäputken ulkohalkaisija oli yleisesti 35...38 mm, mutta nykyisissä tuotantomalleissa halkaisija on useimmiten 40...43 mm, joitakin 38 mm haarukoita kuitenkin esiintyy. Vaikka putkien halkaisija onkin kasvanut, ei haarukan paino ole juurikaan lisääntynyt. Tämä siksi, että samalla kun halkaisijaa on lisätty on myös seinämän vahvuutta pienennetty ja halkaisijan muutos vaikuttaa huomattavasti voimakkaammin jäykkyyteen kuin seinämän vahvuuden vähentäminen.

JOUSET

Itse jousitus perustuu lähes poikkeuksetta normaalin kierrejousen ja paineenalaisen kaasun käyttöön. Periaatteena on se, että jousi toimii pääasiallisena joustoelimenä ja kaasun avulla saadaan liikkeen loppuosaan tarvittava progressiivisuus. Kun ensimmäisistä kaasunkäyttökokeiluista saatiin lupaavia tuloksia, innostuttiin asiaan siinä määrin, että yritettiin korvata kierrejouset kokonaan paineenalaisella kaasulla. Ensin yritettiin yksinkertaisesti vain ottaa jouset pois teleskoopista ja täyttää ne sopivanpaineisella kaasulla. Tuloksena oli erittäin progressiivinen jousitus, jossa joko alkuosa oli liian pehmeä tai jouston lopussa jäykkyys tuli niin

suureksi, että lähellekään koko joustomatkaa ei voitu käyttää hyväksi. Sellaista kaasunpaine-öljymäärä -yhdistelmää ei löytynyt, jolla jousituksen toiminta koko joustomatalla olisi ollut tyydyttävä. Seuraavaksi lisättiin toisiokaasukammio, johon sijoitettiin mäntä erottamaan teleskoopin matalapaineinen ja toisipuolen korkeapaineinen kaasu toisistaan. Tässä systeemissä voitiin teleskoopin paine säätää sellaiseksi, että jouston alkuosa on jäykkyydeltään sopiva ja sen loppuosaa pehmitetään siten, että tällöin myös toisipuolen ilma alkaa puristua kokoon teleskoopin paineen kohottua toisiopaineen suuruiseksi. Lopputulos oli jo huomattavasti parempi, mutta kuitenkin aivan jouston alussa sen toiminta ei vielä ole ollut tyydyttävää, jousituksessa oli esijännitystä liikaa. Erilaisilla vastajousijärjestelyillä olisi sekin ollut mahdollista poistaa, mutta näihin samoihin aikoihin luovuttiin kehittelystä, sillä jousituksen jäykkyys vaihteli liikaa sen sisältämän ilman lämmetessä. Tämän lisäksi kuljettajalla oli jatkuva huoli tiivisteiden kunnosta ja oikeiden paineiden pysyminen haarukassa teetti töitä liaksi. Perinteinen haarukka pystyi toimimaan, vaikka ilma pääsikin karkaamaan siitä ulos, mutta ilmajousitus painui kokonaan kasaan ja pyörä oli ajokelvoton. Edelleenkin parhaana yhdistelmänä pidettiin lineaarista kierrejoustusta ja kaasua.

JOUSITUKSEN SÄÄTÄMINEN

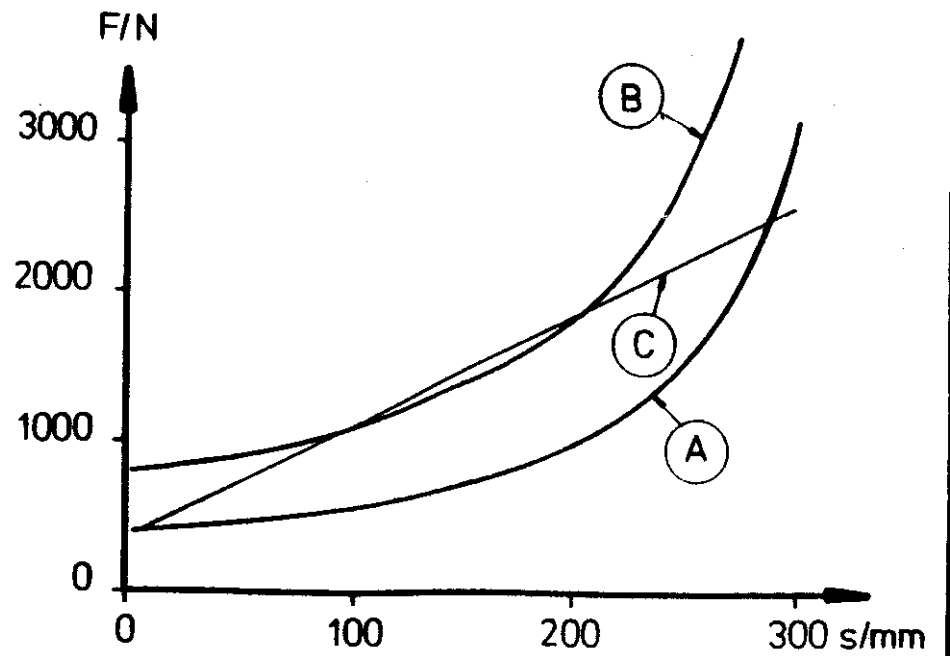
Etujousituksen säätäminen voi tapahtua esimerkiksi seuraavasti.

Jousituksen säätö aloitetaan valitsemalla sopiva jousi. Yleensä se on sopiva, kun tarvittava ilmanpaine on 100 kPa luokka (1 Bar). Josta valittaessa on huomiota kiinnitettävä jouston alkupuoliskon jäykkyyteen, ei loppuosaan eikä jousituksen pohjaamiseen.

Seuraavaksi valitaan sopiva esijännitys. Nykyaikaisessa jousituksessa on esijännitystä pyritty vähentämään, jolloin jousituksen toiminta aivan pienissä epätasaisuuksissa paranee. Periaatteessa etupään pitäisi painua kokoon 40...70 mm pyörän ja kuljettajan painosta, tällöin esijännitys on 300 mm joustavassa jousituksessa kohdallaan. Tarkkaa arvoa ei tie-

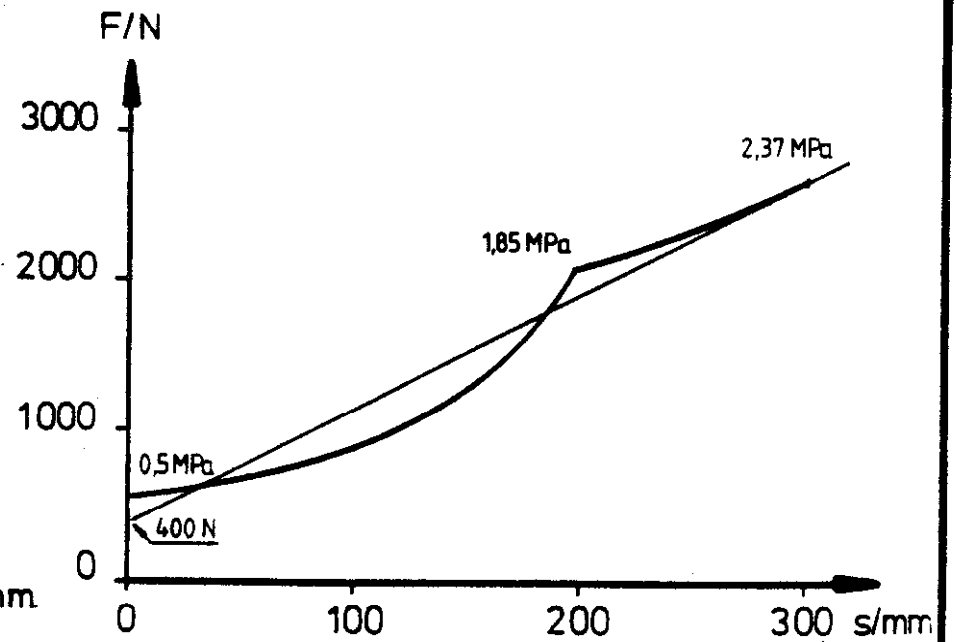
Kaasujousi ja kierrejousi.

- A: $p_0 = 0,4 \text{ MPa}$
 $V_0 = 385 \text{ cm}^3$
- B: $p_0 = 0,8 \text{ MPa}$
 $V_0 = 392 \text{ cm}^3$
- C: kierrejousi
7,5 N/mm
esijännitys 400N
- D = 38 mm



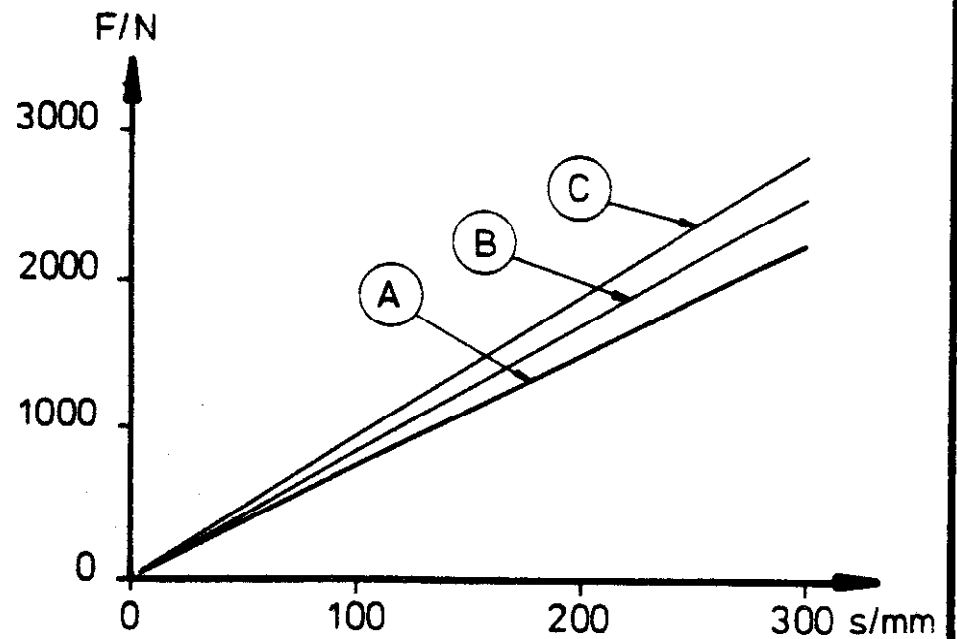
2-vaiheinen kaasujousi.

- A: Kaasujousi.
1.vaihe:
 $p_0 = 0,5 \text{ MPa}$
 $V_0 = 309 \text{ cm}^3$
2.vaihe:
 $p_0 = 1,85 \text{ MPa}$
 $V_0 = 420 \text{ cm}^3$
- B: Kierrejousi, 7,5 N/mm



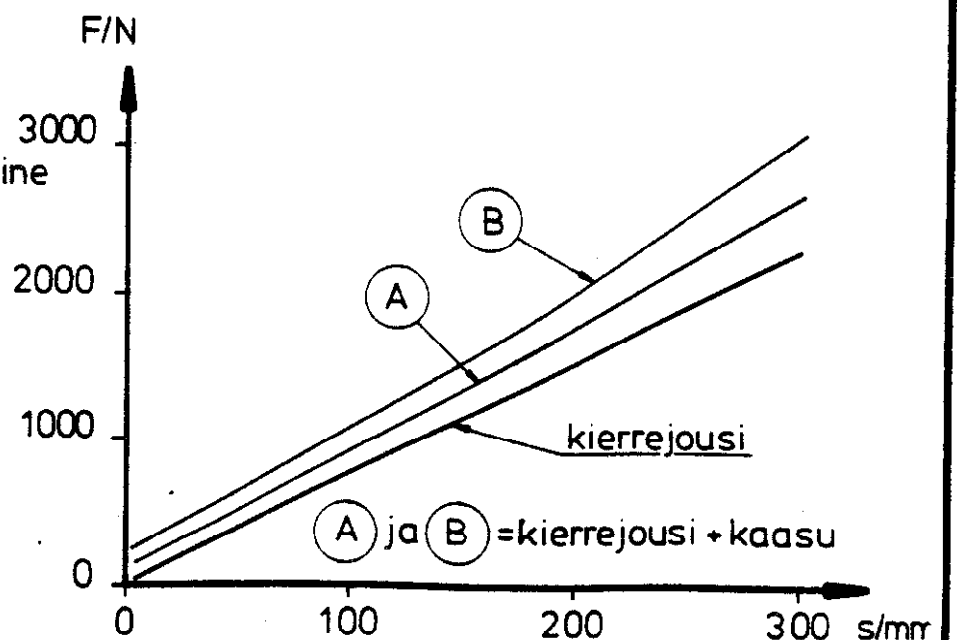
Jousivakio.

- Jousi:
- A = 7,5 N/mm
- B = 8,5 N/mm
- C = 9,5 N/mm



Kaasun paine.

- A: 0,1 MPa = ilmanpaine
- B: 0,2 MPa
- $V_0 = 477 \text{ cm}^3$
- D = 38 mm
- Jousi = 7,5 N/mm



Öljyn määrä.

Öljypinnan korkeus:

A = 90 mm

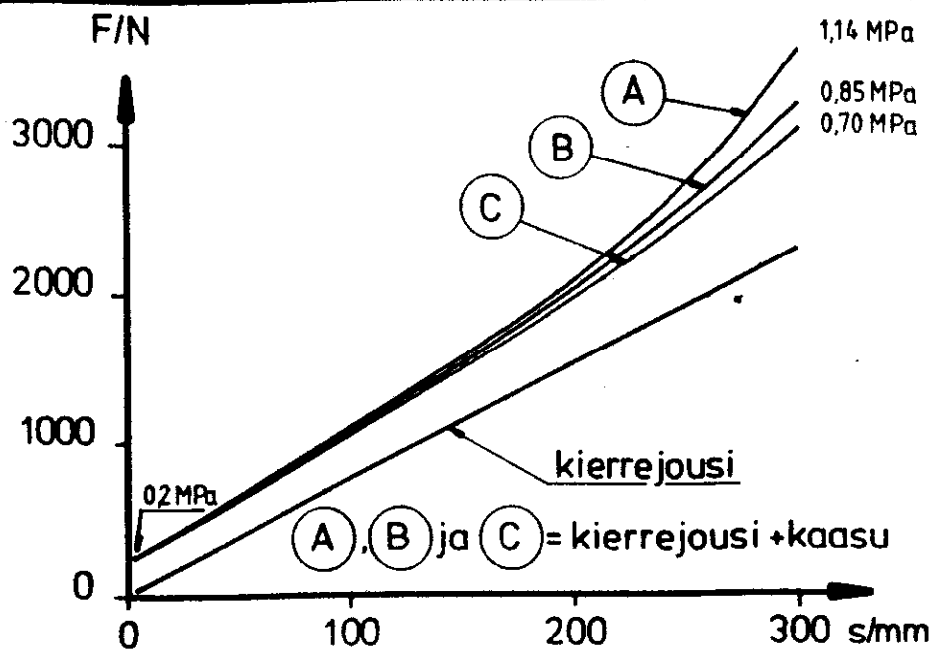
B = 130 mm

C = 170 mm

$p_0 = 0,2 \text{ MPa}$

D = 38 mm

Jousi = 7,5 N/mm



Teleskooppihaarukan säätöjen vaikutusalueet.

Jousitus:	Suora	Puristunut
Esijännitys		
Jousivakio		
Kaasunpaine		
Öljyn määrä		

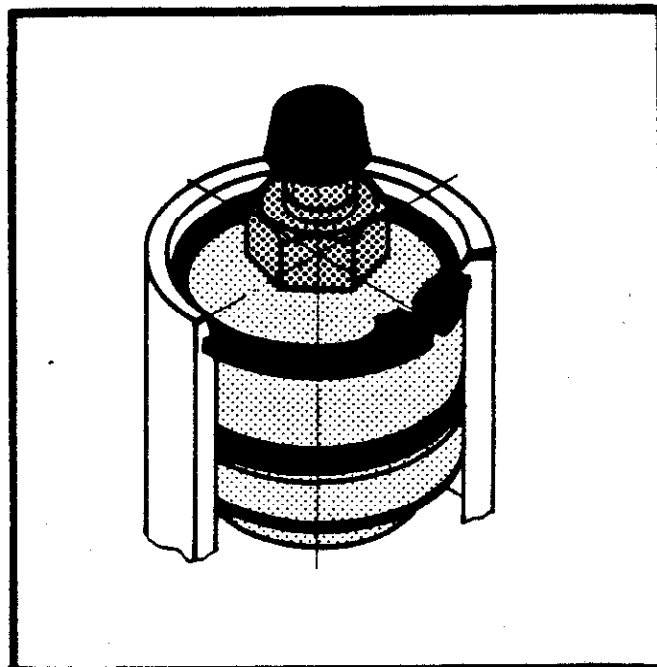
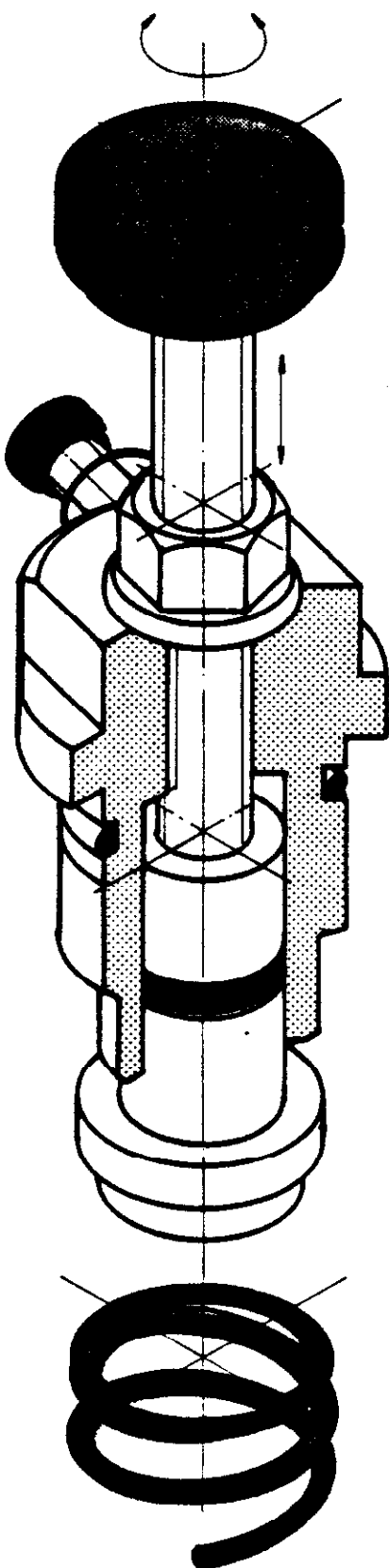
tenkään voi antaa, sillä se riippuu paljon ajotavasta ja radan pinnan laadusta.

Säätö tapahtuu joko vaihtamalla jousen yläpäähän sopivan mittainen holkki tai tarvikeosana saatavan säätölaitteen avulla. Tämä laite kiinnitetään teleskoopin yläpäähän päätytulpan tilalle ja siinä on ruuvi, jota pyörittämällä jousen esijännitystä voidaan muuttaa.

Lopuksi haetaan loppujoustolle sopiva jäykkyys öljymäärää ja kaasunpainetta säätämällä. Öljyn lisääminen lisää progressiivisuutta vaikuttaen lähinnä aivan jouston lopussa. Kaasunpaineen vaikutus ulottuu koko joustomatkalle ollen kuitenkin voimakkaimmillaan loppuosassa. Öljymäärä mitataan pinnankorkeutena putken yläpäältä jouset poistettuna. Ero putkien välillä on oltava alle 5 mm. Öljymäärän säätö tehdään jousituksen

ollessa täysin kokoonpuristuneena. Ilmanpaine säädetään renkaan ollessa nostettuna irti maasta ja putkien välinen ero ei saa ylittää 10 kPa:ia (0,1 Bar).

Teleskooppihaarukassa ilma ja kaasu ovat yhteydessä toisiinsa ja niinpä ne muodostavatkin ajon aikana emulsion, joka huolehtii iskunvaimennuksesta. Tehdaspyörissä käytetään myös teleskooppeja, joissa iskunvaimennin muistuttaa takaiskunvaimenninta. Rakenne pitää ilman erossa öljystä ja haarukan toiminta on täsmällisempää. Haarukan öljytilavuus oli varsinkin vielä muutama vuosi sitten melko pieni. Nykyisissä suurihalkaisijaisissa harukoissa se on kuitenkin merkittävästi lisääntynyt, mutta siitä huolimatta silloin tällöin näkee teleskoopin alaputken takana lisääöljysäillön tehtaiden prototyypeissä. Toistaiseksi saavutettavaa etua ei ilmeisesti ole pidetty niin suurena, että sitä olisi tuotu tuotantopyöriin.



6 Kierrejousi

Jousena käytetään sekä etu-että takajousituksessa lähes poikkeuksetta kierrejousta. Sillä on käytännöllisesti katsoen pelkästään hyviä ominaisuuksia. Sen jäykkyyteen ei lämpötila vaikuta, se ei juurikaan muuta ominaisuuksiaan vanhetessaan ja siitä voidaan tehdä jonkin verran progressiivinen. Ainoana heikkoutena kierrejousella onkin sen melko suuri paino. Varsinkin yksi-iskunvaimenninjärjestelmässä jousi täytyy tehdä melko suureksi halkaisijaltaan ja tämä kasvattaa sen painoa nopeasti.

VÄÄNTÖSAUVA

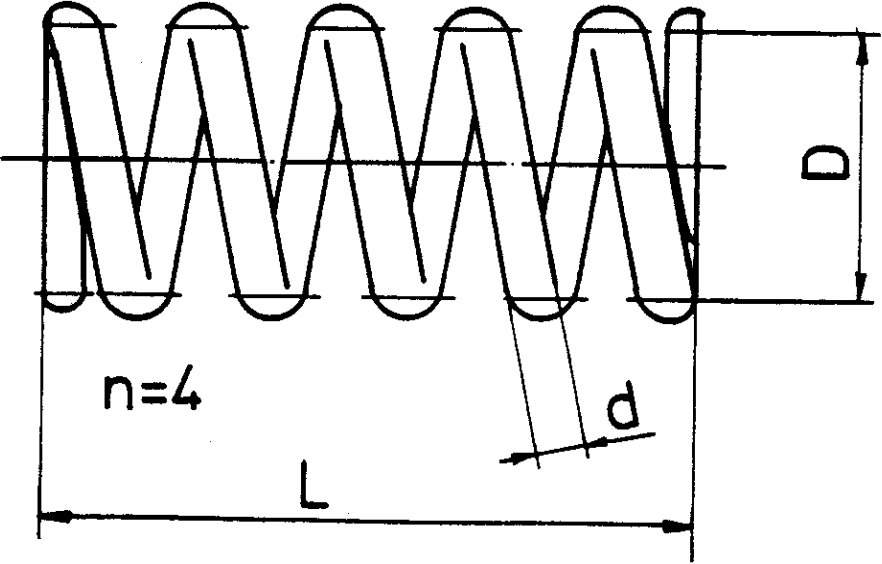
Kierrejousi on periaatteessa vain kierteelle väännetty vääntösauva. Sen jousto ei todellakaan perustu jousilangan taipumiseen vaan kiertymiseen. Jouseen tulee vääntöjännitys, joka vaikuttaa suurimmillaan sen pinnassa. Langan ydinosa on periaatteessa tarpeetonta ainetta. Toistaiseksi jousi valmistetaan umpinaiseksi, koska sen tekeminen putkesta on liian vaikeata, mutta uskoakseni putkeen siirrytään kuitenkin aikanaan, kun helpommin toteutettavat painonsäästämiskeinot on hyödynnetty.

JOUSEN MITOITTAMINEN

Jousivoimaan vaikuttaa jousen langan halkaisija, sen kierteen halkaisija, materiaalin liukumoduuli ja tietenkin sen kokoonpuristuma matka. Jousi toimii materiaalin suhteellisuusrajan alapuolella. Tällöin sen puristuma on suoraan verrannollinen kuormavoimaan, ja se palautuu täysin kuorman poistuttua. Se rakennetaan siten, että täysin kokoon puristettuna sen vääntöjännitys on 60...70 % myötörajasta. Myötöraja taas on se jännitys, missä materiaaliin alkaa jäämään pysyvää muodonmuutosta ja se ei enään palaudukaan takaisin alkuperäiseen muotoonsa. Mikäli myötörajaa ei jousen käytössä koskaan saavuteta, pysyy sen pituus periaatteessa aina samana. Käytännössä kuitenkin jouseen jää valmistuksen yhteydessä jonkin

$$K = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3}$$

K = Jousivakio, N/mm
 d = Langan halkaisija, mm
 D = Kierteen halkaisija, mm
 n = Kierteiden lukumäärä, kpl
 G = Liukumoduuli, N/mm²
 Teräksellä $G = 85 \text{ kN/mm}^2$



$$\tau = \frac{F \cdot D}{0,4 \cdot d^3}$$

τ = Leikkaus jännitys, N/mm²
 F = Puristava voima, N
 D = Jousen keskihalkaisija, mm
 d = Langan halkaisija, mm

verran jännityksiä, jotka tasaantuvat sen käytön alkuvaiheessa ja niinpä se painuukin jonkin verran käytön alussa. Varsin pian saavu-

tetaan kuitenkin tasapainotila ja painuminen lakkaa.

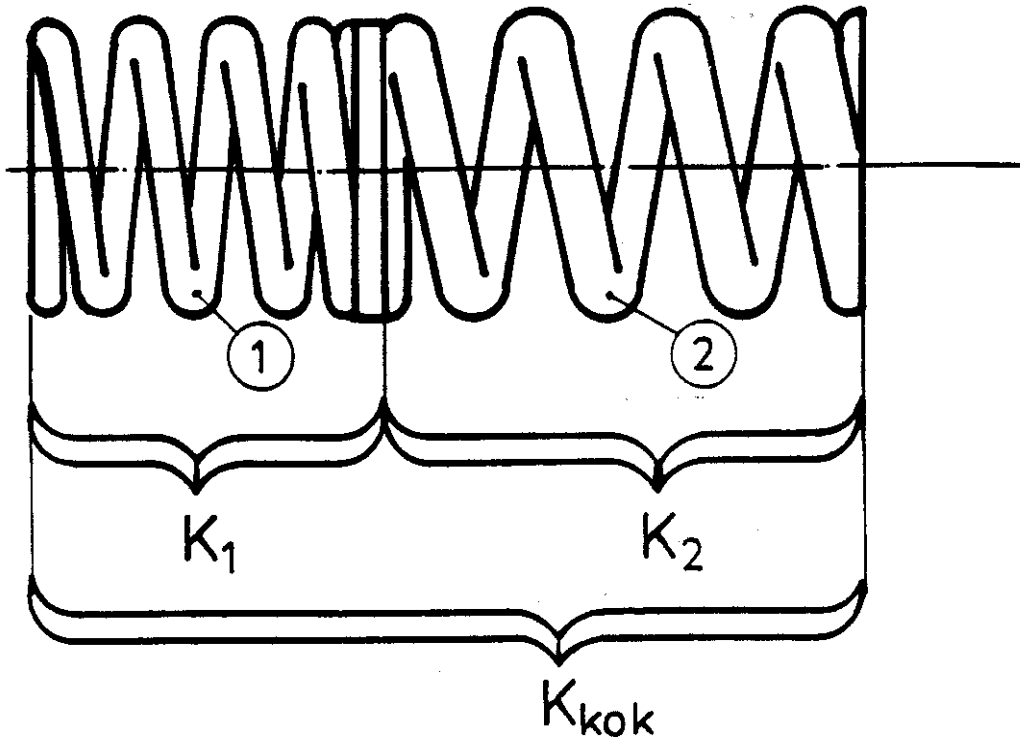
Jousen mitoittaminen tapahtuu seuraavasti. Jousen kierteiden

$$K_{\text{kok}} = \frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2}$$

K_{kok} = Jousien yhteinen jousivakio, N/mm

K_1 = Jousen 1 jousivakio, N/mm

K_2 = Jousen 2 jousivakio, N/mm



halkaisija määräytyy aina sen sisällä olevan iskunvaimentimen tai sitä ulkopuolelta ohjaavan teleskoopin sisäputken halkaisijan mukaan. Seuraavaksi etsitään sellainen halkaisija, jolla vääntöjännitys ei kasva liian suureksi suurimman kuormavoiman rasittaessa sitä. Lopuksi valitaan sellainen kierremäärä, jolla saadaan aikaan haluttu jousivakio. Jousen lopullinen pituus määräytyy siten, että sen puristuessa täysin kokoon on vääntöjännitys ne jo aikaisemmin mainitut 60...70 % myötöraja.

Kuten huomaamme, jousen mitat määräytyvät kutakuinkin pelkästään sen kierteen halkaisijasta, halutusta jousivakiosta ja käytetystä materiaalista. Yleensä jousen halkaisijaan ei voida vaikuttaa, koska se määräytyy ympäröivien komponenttien mukaan ja niiden mitat taas ovat seurausta niiden omista toiminnallisista vaatimuksista. Toisaalta vaikka erilaiset kevytmetallit houkuttelisivat keveytensä vuoksi, ei niistä tehdä jousia, sillä esimerkiksi alumiiniseosten liukumoduli on vain noin kolmasosa teräksen vastaavasta arvosta, ja jo pelkästään tämä tekee kevytmetallijousesta niin kömpelön, että sen käyttö on kannattamatonta. Aivan toinen asia on vielä materiaalin väsymisluku, joka sekään ei ole kevytmetallijousen välttikortti. Berylliumpronssi olisi yksi varteenotettava vaihtoehto, mutta silläkään ei saavuteta niin suuria etuja, että niin eksoottista materiaalia kannattaisi alkaa käyttämään. Ainoaksi jousen parannusmahdollisuudeksi jää paremman teräksen käyttöönotto, tällöin sallittuja jännityksiä voidaan korottaa ja tätä kautta langan halkaisija pienenee ja samalla myös kierteiden lukumäärä voidaan supistaa. Jousi kevenee jopa puoleen alkuperäisestä painostaan pelkästään parantamalla materiaalia. Tämän lujemman valmistusmateriaalin ansiosta tehdaspyörien mono-jousissa on usein vain 5...7 kierrettä, kun vastaavassa tuotantojousessa on niitä 9...11 kappaletta.

LINEAARINEN VAI PROGRESSIIVINEN?

Tavallinen kierrejousi on lineaarinen. Tämä tarkoittaa sitä, että sen jousivoima kasvaa suoraan verrannollisena sen kokoonpuristumaan. Kaksi-iskunvaimenninjär-

$$f_{\text{max}} = \frac{3,2 \cdot D^2 \cdot N \cdot \tau_{\text{max}}}{G \cdot d}$$

f_{max} = Maksimipuristuma, mm

N = Kierteiden lukumäärä

τ_{max} = Suurin sallittu jännitys, N/mm²

G = Liukumoduuli, N/mm²

d = Langan halkaisija, mm

$$L = 1,1(N+2)d + f$$

$$f \leq f_{\text{max}}$$

N = Tehollisten kierteiden lukumäärä

d = Langan halkaisija, mm

f = Tarvittava puristuma, mm

f_{max} = Maksimipuristuma, mm

L = Jousen vapaa pituus, mm

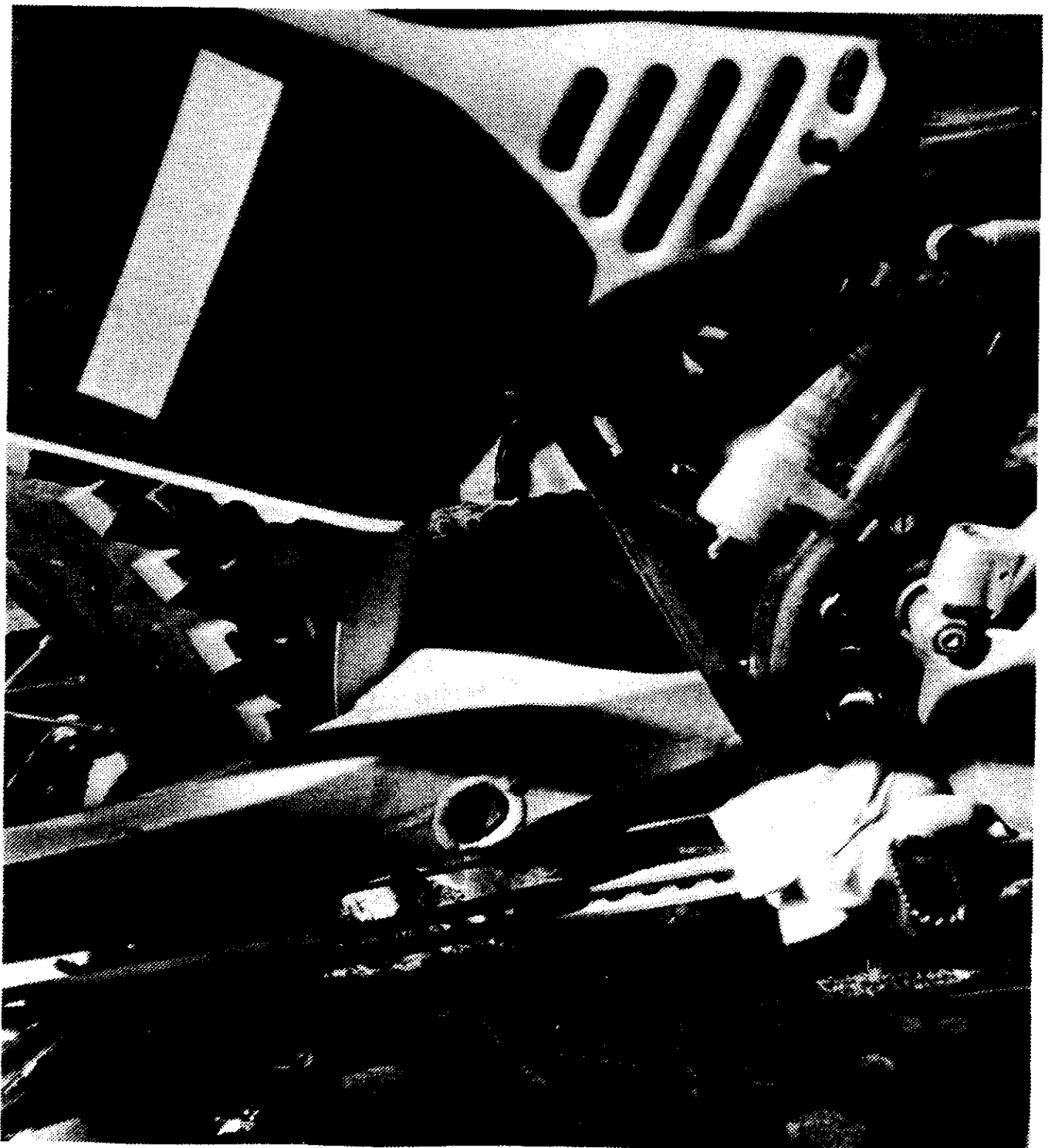
jestelmässä linearisuus ei ole toivottavaa, vaan tarvitaan progressiivinen jousi, joka on alkujoustopossa pehmeä ja joka jäykkenee nopeasti puristumisen edetessä. Progressiivisuuden saavuttaminen on vaikeaa ja edellyttää aina pientä keinottelua. Eräs tapa on tehdä jousen toiseen päähän muutama tiheämpään taivutettu kierre. Tällöin jouston alussa kaikki kierteet toimivat ja se on pehmeä, mutta sitä mukaa kun tiheään kierrettyt langat koskettavat toisiaan, vähenee toimivien kierrosten lukumäärä ja jousi jäykkenee. Periaatteessa näin on mahdollista saada aikaan millainen progressiivisuus tahansa, mutta jousesta tulee painava, koska siinä on lineaarista joustua enemmän kierteitä.

Jokaista progressiivisuusastetta ja jousen jäykkyyttä kohti tarvitaan oma jousensa. Niitä tulee siis olla laaja valikoima, mikäli halutaan säätää jousitus juuri halutunlaiseksi kulloisellakin radalla. Progressiivisuuden saavuttaminen on helpompaa tekemällä jousi langasta, joka ohenee sen päitä kohti ollen paksuinta jousen keskiosassa. Tällöin alkupuristuman aikana jousen päiden ohuet kierteet puristuvat kokoon ja loppujouston aikana vain sen keskiosan paksut kierteet ovat enään mukana. Näin voidaan tehdä käytännöllisesti katsoen millainen jousi tahansa sen kuitenkaan tulematta suureksi tai painavaksi. Se on kuitenkin kallis ja niitäkin tarvitaan suuri valikoima, jolloin sen korkea hankintahinta korostuu entisestään. Käytännössä paras tapa on asettaa kaksi erijäykkyyttä joustua päällekkäin, että löysempi jousista on suhteellisen lyhyt ja toimii aivan samoin kuin progressiivisen jousen tiheään kierretty pää. Jouston alussa molemmat jouset toimivat ja sopivassa vaiheessa löysä jousi puristuu kokoon, jolloin vain jäykkä jousi enään toimii. Periaatteessa lyhyt jousi voisi olla myös pitkää jäykempi, jos se vain olisi tiheään kierretty, mutta tavallisesti se on tehty huomattavasti ohuemmasta langasta ja on vähäisestä kierremäärästään huolimatta pitkää löysempi. Kun jousi koostuu kahdesta erillisestä osasta, ovat sen säätömahdollisuudet suuremmat. Osia voidaan vaihtaa toisistaan riippumatta ja jo hyvinkin pienellä jousivalikoimalla saadaan aikaan

suuri määrä eri vaihtoehtoja. Kun mukaan otetaan vielä lyhyen jousen joustomatkan rajoitin, ovat mahdollisuudet lähes rajattomat. Rajoittimen avulla voidaan muuttaa sitä pistettä, jolloin pitkä jousi alkaa toimia yksinään. Tällöin loppujouston jäykkyyttä voidaan muuttaa alkujouston jäykkyyden muuttumatta lainkaan.

Säätömahdollisuudet ovat niin moninaiset, että vain hyvin harva yrittääkään muuttaa alkuperäisiä säätöjä, koska pelkää vain huonontavansa jousitusta. On ymmärrettävää, että oikeiden säätöjen hakeminen jää tekemättä, sillä toimenpide on melko vaivalloinen, koska se edellyttää iskunvaimentimien irroitusta ja jousien irroitusta niiden ympäristä. Jousen vapauttaminen iskunvaimentimen ympäriltähän on hankala toimenpide, ellei käytettävissä ole erikoistyökaluja, ja niitäkin löytyy kovin harvoilta. Lisäksi usein puuttuu tarvittavaa tietoa oikean jousen valitsemiseksi. Tilannehan on se, että lyhyen jousen vaihtaminen vaikuttaa vain jouston alkuosan jäykkyyteen, mutta pitkän jousen vaikutusalue kattaa koko joustomatkan. Alkuosassa jäykkyyteen vaikuttaa jousen yhteinen joustovakio, joka on riippuvainen molempien josten jousivakioista.

Käytännössä säätö tapahtuu valitsemalla ensin sopiva pitkä jousi, jonka avulla pohjaamiset saadaan kuriin ja tämän jälkeen etsitään sellainen lyhyt jousi, jolla alkuosaan saadaan haluttu pehmeys. Periaatteessa siis niin ihanan yksinkertaista, mutta käytännössä iskunvaimennus sotkee tilanteen niin pahoin, että valinta on vaikeaa.





rässä tällainen värähtely on hyvin helposti edessä, jos haarukka tehdään liian pystyksi.

Toisessa esimerkissä casterkulma on 60° , haarukka on siis melkein vaakatasossa. Tällöin hyrrämomentista suurin osa otetaan vastaan etuhaarukan tukivoimien avulla. Hyrrämomentti yrittää kääntää eturengasta haarukkaan nähden lähes kohtisuoran akselin suhteen ja siinä suunnassahan se ei tietenkään liiku. Vain pieni osa momentista on kääntämässä eturengasta ja niinpä sen kääntyminen on hidasta. Tässä tapauksessa pelkkä pyörän kallistaminen ei riitä vaan myös ohjaustankoa on käytettävä ohjaamiseen, sillä vinon etuhaarukan kautta etuakselille välittyvä kallistusmomentti ei pysty yksinään kääntämään eturengasta. Ohjaus on siis raskas ja hidas. Näin toteutettu etujousitus tuottaisi siis erittäin vakaan käytöksen suoralla, mutta tekisi pyörän ohjaamisen kurviin liian työlääksi.



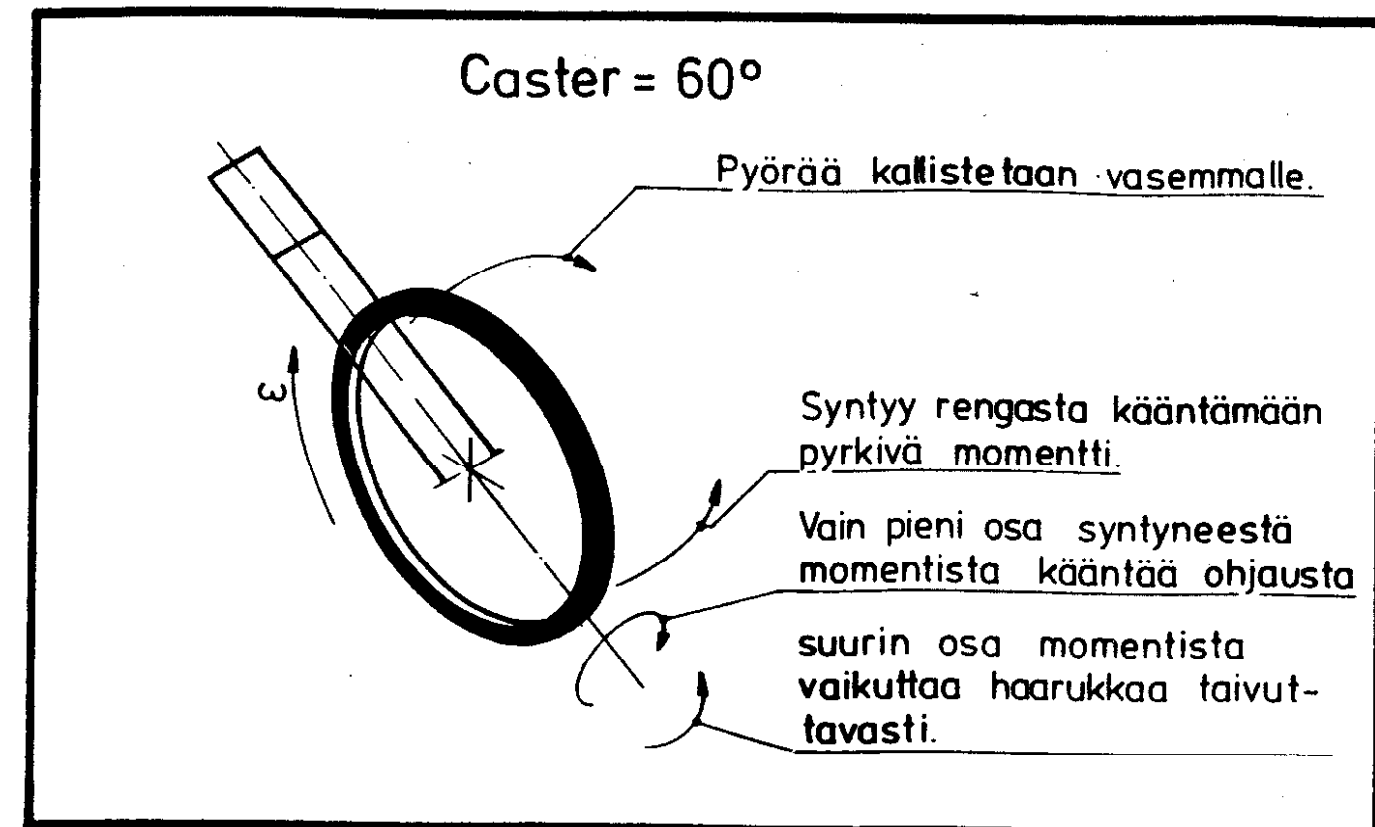
Cagiva on italialaiseen Piaggio-yhtymään kuuluva yritys, jolla on erittäin näyttävä tehdasjoukkue 125 cc luokan MM-kisoja kiertämässä. Koneen erikoisuutena on pakoaukon korkeutta muuttava giljotiiniluisti.

Yhteenvetona edellisistä voidaan siis todeta, että pystyllä etuhaarukalla ohjaus on nopea, mutta vakavuus heikko. Kaikenlaisia haitallisia vaappumisia esiintyy. Kallistettaessa haarukkaa vakavuus lisääntyy, mutta samalla ohjaus tulee raskaammaksi ja pyörän taipuminen mutkiin on hidasta.

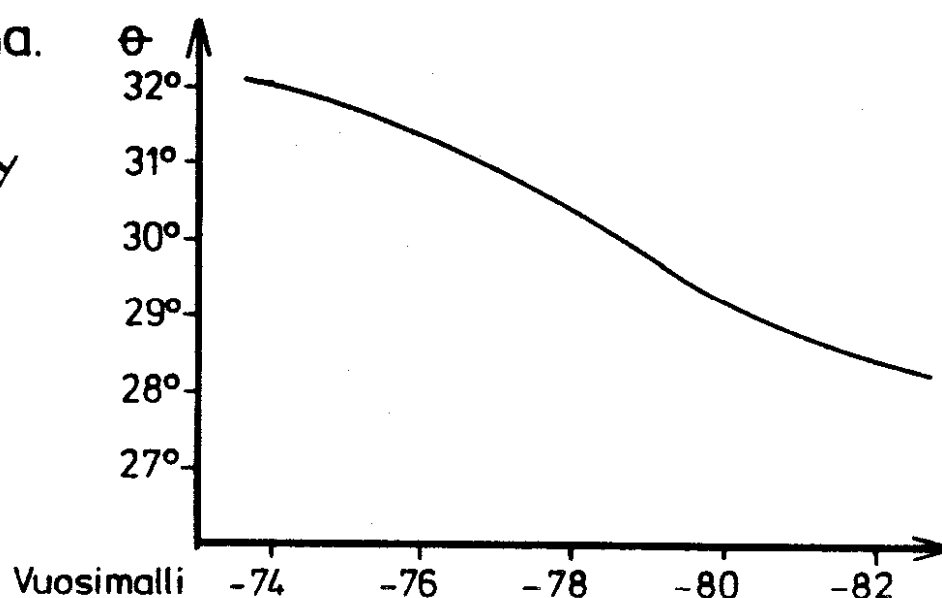
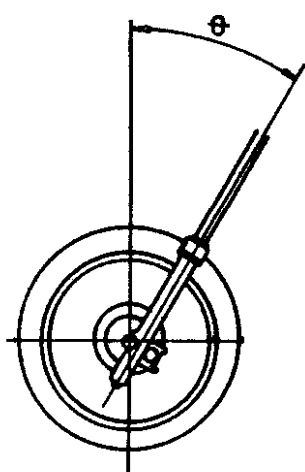
OHJAUSJÄTTÖKIN ON TÄRKEÄ

Toinen tärkeä mitta on ohjausjättö. Se on ohjauksen kääntöakselin ja maanpinnan välisen leikkauspisteen sekä etuakselin kautta piirretyn maahan nähden kohtisuoran tason välinen etäisyys. Myös sen avulla voidaan vaikuttaa ohjauksen ominaisuuksiin. Sitä suurennettaessa pyörän etupää laskeutuu ohjauksen ääriasennoissa yhä voimakkaammin alaspäin, keula pyrkii siis muljahtamaan keskiasennosta puolelle tai toiselle. Renkaan ja tien välinen kosketuspiste siirtyy yhä kauemaksi pyörän keskilinjalta ja sen etäisyys ohjauksen kääntöakselista kasvaa. Kaarreaajossa on kosketuspisteen ja kääntöakselin välisellä etäisyydellä tärkeä merkitys, sillä siitä ja renkaaseen vaikuttavasta sivuttaiskitkavoimasta muodostuu rengasta oikaiseva momentti. Toisaalta suoraan ajettaessa kosketuspisteen suuresta sivusiirtymästä on etua, sillä se oikaisee renkaan tehokkaasti, mikäli ohjaus vaikkapa jostakin kuopan reunasta hypähtää hieman vinoon. Varsinkin etujarrulla jarrutettaessa ohjausjätön vakauttava vaikutus korostuu, keula ei ala pomppimaan puolelta toiselle pahassakaan knöölissä. Valitettavasti suuri jättö kostautuu mutkaan tultaessa, sillä silloin sivuttaisvoimat pyrkivät oikaisemaan ohjauksen ja pyörä on aliohjautuvana vaikea taittaa jyrkkää sisäkurvin linjaa pitkin.

RR-pyörässä ohjausjättö tehdään pienemmäksi kuin hitaasti ajettavaksi tarkoitettuun maastopyörässä. Korkeassa nopeudessa pyörään vaikuttavat sivuttaiset kitkavoimat ovat suuria, ja kun lisäksi etupyörän ja maan välinen kosketuspiste siirtyy vain hyvin vähän eteenpäin, tulisi ohjausta oikaiseva momentti suureksi jos ohjausjättöstä tehtäisiin suuri. Sen sijaan motocrosspyörässä, jossa sivuttaiset tukivoimat eivät koskaan pääse nousemaan korkeaksi, tehdään ohjausjättö suuremmaksi. Siten



Caster-kulma.



Ohjausgeometria. 1983.

	Caster /°	Jättö /mm
Enduro	28...31	115...140
Motocross	26...30	110...135
Touring	28...31	110...145
Cafe Racer	26...29	90...110

tehostetaan oikeamistaipumusta. Tämä on välttämätöntä myös erilaisen ajotekniikan vuoksi, RR-pyörän kuljettaja roikkuu sisäkurvin puolella, mutta motocrosskusi painaa pyöränsä mahdollisimman kallelleen ja pysyttelee itse suorassa. Tästä on luonnollisesti seurauksena erilainen kosketuspisteen liike. Pyörää kallistettaessa kosketuspiste siirtyy eteenpäin ja ohjausjättö pienenee, siksi motocrosspyörässä tarvitaan enemmän jättöä. Jos jättö on liian pieni, pyrkii pyörä kaartamaan yhä

jyrkempää kaarta pitkin ja sen oikaisemiseen tarvitaan voimaa.

Caster-kulma ja ohjausjättö ovat sidoksissa toisiinsa. Suurta casteria vastaa yleensä suuri jättö. Tällöin ohjaus on vakaa kaikissa nopeuksissa, ja tämä geometria soveltuukin hyvin suurkokoisiin matkapyöriin, joilta ei odoteta urheilullisia ominaisuuksia, vaan pääpaino on vakaudella ja vaivattomalla matkanteolla. Sama pätee myös enduroihin. Niiden on oltava vakaita ja käytökseltään rauhallisia

hankalassakin maastossa. Motocrossissa kaivataan terävämpää käyttäytymistä. Pyörän on taivutettava vaivattomasti jyrkintäkin penkkaa pitkin. Haarukka voidaan tehdä pystyymmäksi ja jättöä hieman pienentää. Kaikkein pystyimmät haarukat löytyvät RR- ja urheilullisesta katupyörästä. Niissä ohjauksen täytyy totella pienintäkin kuljettajan liikettä ja hyvä vakavuus saavutetaan vasta suurilla nopeuksilla, joissa etupyörän hyrrävoimat tukevoittavat etupäättä.

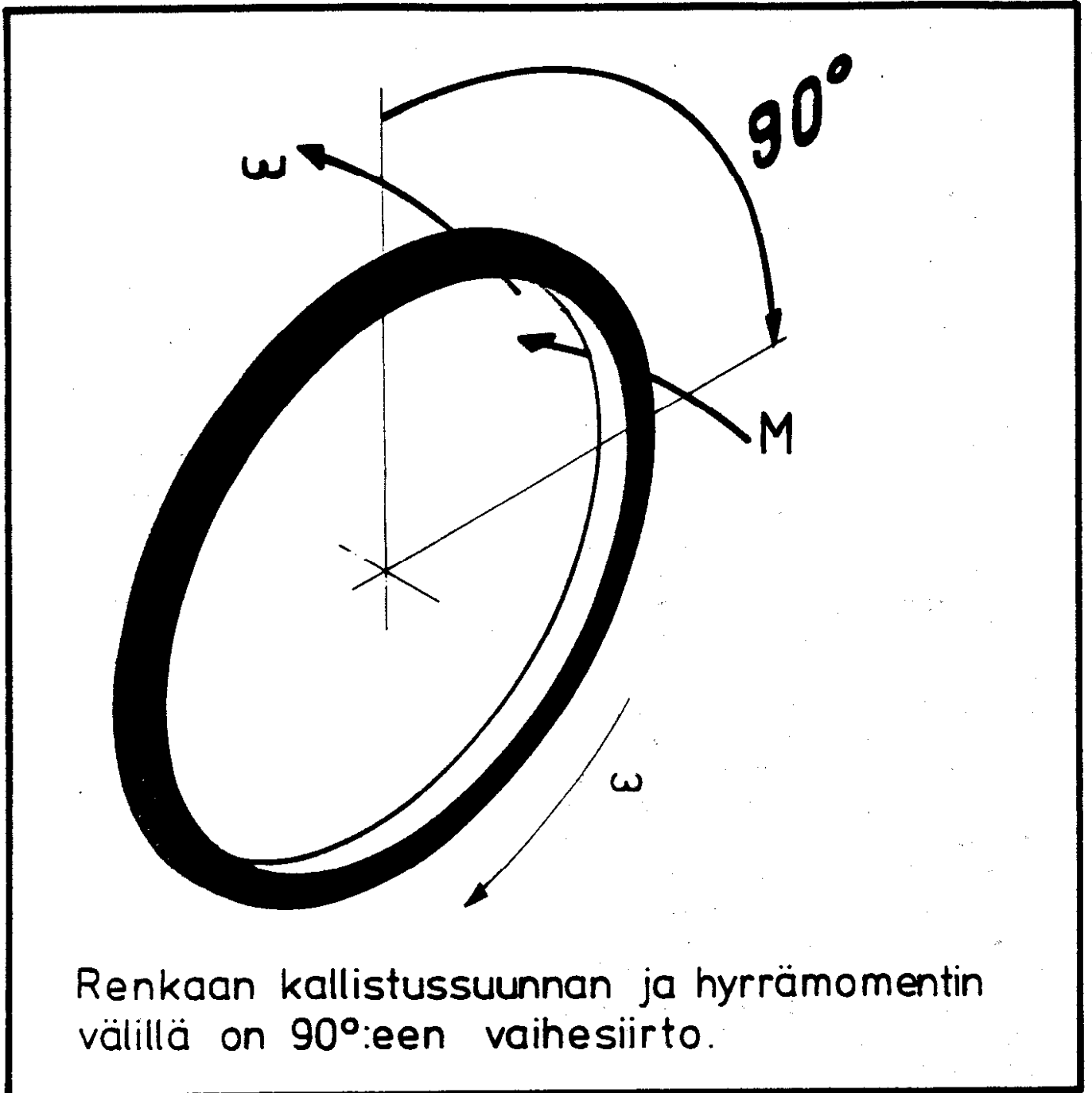
NYÖKKIMINEN JARRUTUKSESSA

Motocrossissa jousituksen pitkät joustovarot ja niiden mukanaan tuomat suuret ohjausgeometrian muutokset aiheuttavat ongelmia. Jarrutuksessa casterkulma saattaa pienentyä 10° ja samalla jättö supistuu puoleen alkuperäisestä. Jos radan pinnassa on sopivaa jarrutusröykkyä, saattaa etupää alkaa puistaa ohjausta puolelta toiselle. Syy tähän epämiellyttävään kokemukseen löytyy jälleen ohjausjätöstä. Renkaan osuessa rökyn vastapenkkaan saattaa ohjausjättö muuttua hetkellisesti negatiiviseksi. Toisin sanoen kosketuspiste siirtyy ohjausakselin etupuolelle. Jos tässä tilanteessa jarrutetaan ja ohjaus on hieman vinossa, on aivan varmaa, että rengas kääntyy entistä vinompaan. Normaalisti ohjausta oikaiseva jättö on nyt negatiivisena lisäämässä sen poikkeamaa. Poikkeman ja jarrutuskitkavoiman muodostama momentti vaihtaa suuntaa ja kääntää pyörää väärään suuntaan. Kun rengas nousee töyssyn päälle, muuttuu jättö jälleen positiiviseksi ja alkaa kääntää rengasta suoraan. Se heilahtaa toiselle laidalle ja osuessaan jälleen vastapenkkaan se kääntyy entistä pahemmin. Tätä jatkuu niin kauan kuin pyörä joko kaatuu tai kuljettaja ymmärtää löysätä jarrua. Paras keino lopettaa värähtely, on ruveta kiihdyttämään, mutta se ei useinkaan ole mahdollista, sillä vauhtia on muutenkin jo liikaa. Eihän muuten jarrutettaisi.

Kiihdytettäessä haarukka kääntyy loivemmaksi ja jättö lisääntyy. Pyörä tulee hyvin vakaaksi ajaa ja sen kääntyminen on hidasta. Osittain vakaasta ohjausgeometriasta ja kasvaneista hyrrävoimista johtuen kuljettaja saa roikkua sisäkurvin puolella pitkään ennen kuin pyörä suostuu kääntymään.

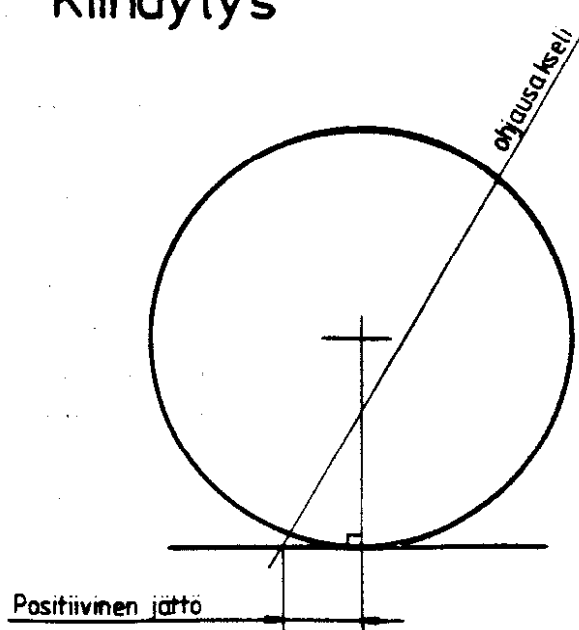
Itse kääntymistapahtuma ei ole mikään yksinkertainen juttu. Sen

aikana tapahtuu paljon sellaista, jota moottoripyörällä ajamaan harjaantunut ei tiedosta. Puhutaan paljon vastaohjauksesta ja pyörän koukkaamisesta ensin vastakkaiseen



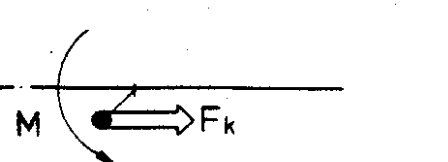
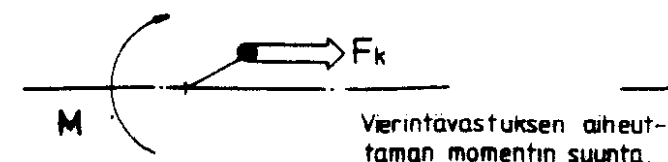
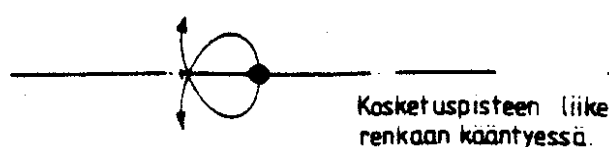
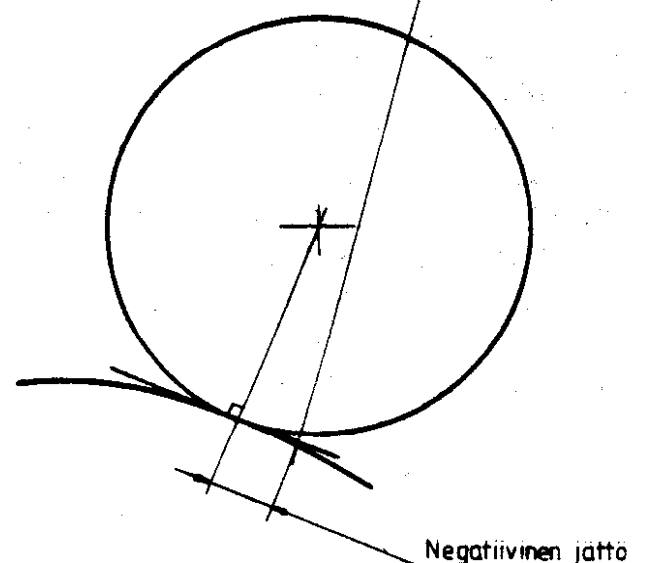
Ohjausjättö eri tilanteissa.

Kiihdytys



Jarrutus

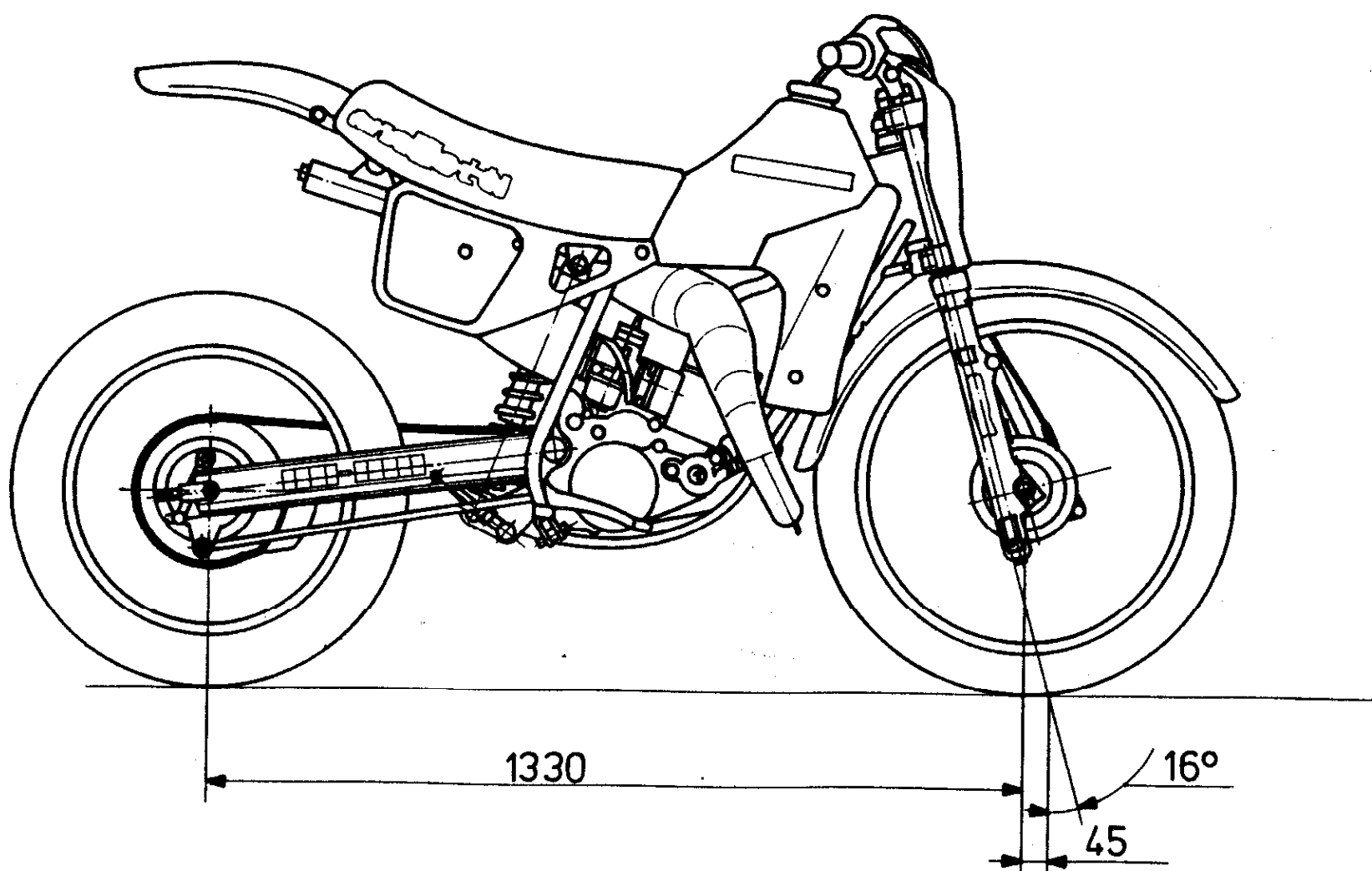
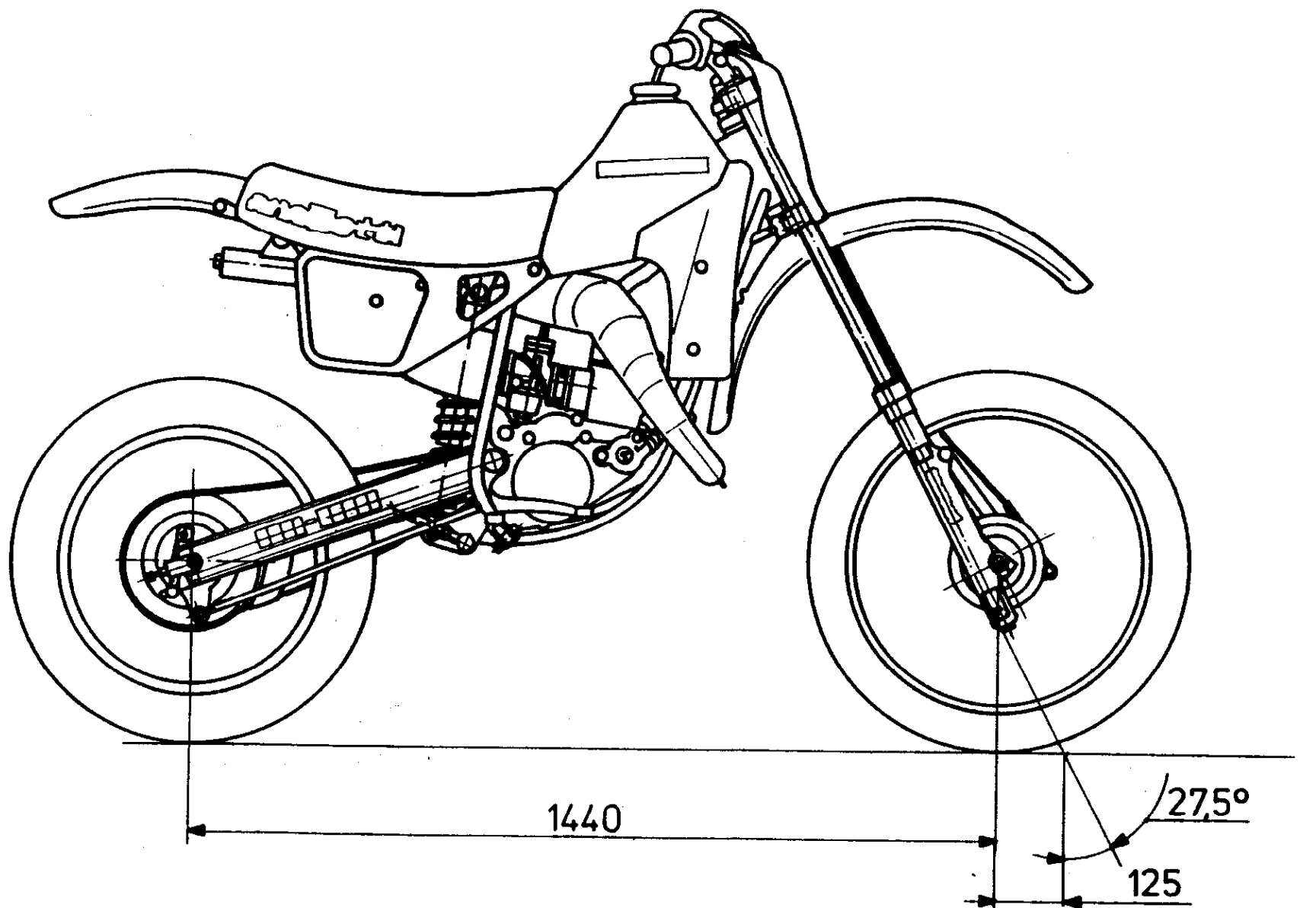
(Epätasaisella pinnalla)



suuntaan, ja niinhän tietenkin tapahtuukin. Kuljettaja tekee ensin hyvin pienen ohjausliikkeen vastakkaiseen suuntaan, jolloin hyrrävoiman vaikutuksesta pyörä alkaa kallistua oikeaan suuntaan.

Tätä painovoima vielä tehostaa, koska eturenkaan kosketuspiste on siirtynyt sivuun pyörän keskilinjalta. Pyörän kallistuminen jatkuu ja hyrrävoima kääntää eturengasta oikeaan suuntaan. Kaartosäde pienenee ja pyörä kallistuu lisää. Kuljettaja voi lopettaa kaartamisen jyrkkenemisen kääntämällä sarvista hieman sisäkurviin päin, jolloin pyörää kallistavan painovoiman ja sen painopistettä ulos-

päin vetävän keskipakovoiman tasapaino saavutetaan. Jos hän haluaa oikaista pyörän kaartein lopussa, hän tekee vielä suuremman ohjausliikkeen sisäkurvin puolelle ja pyörän keskipakovoiman suuretessa se alkaa nousta pysähtyy. Nousemisnopeutta voidaan säädellä vaikuttamalla ohjauksen oikeamisnopeuteen. Jos oikeamista hidastetaan, vaikutetaan painovoiman ja keskipakovoiman mo-



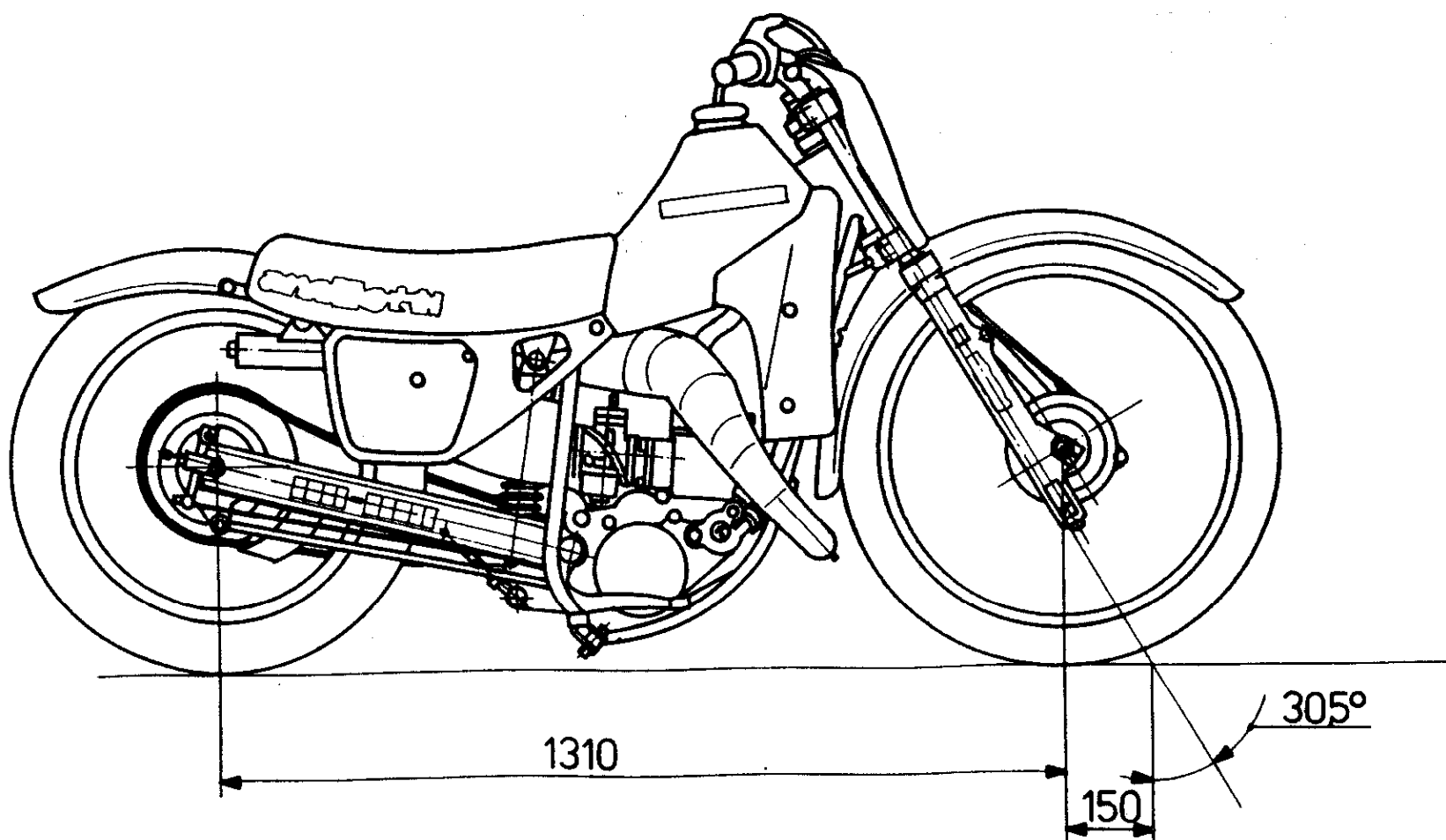
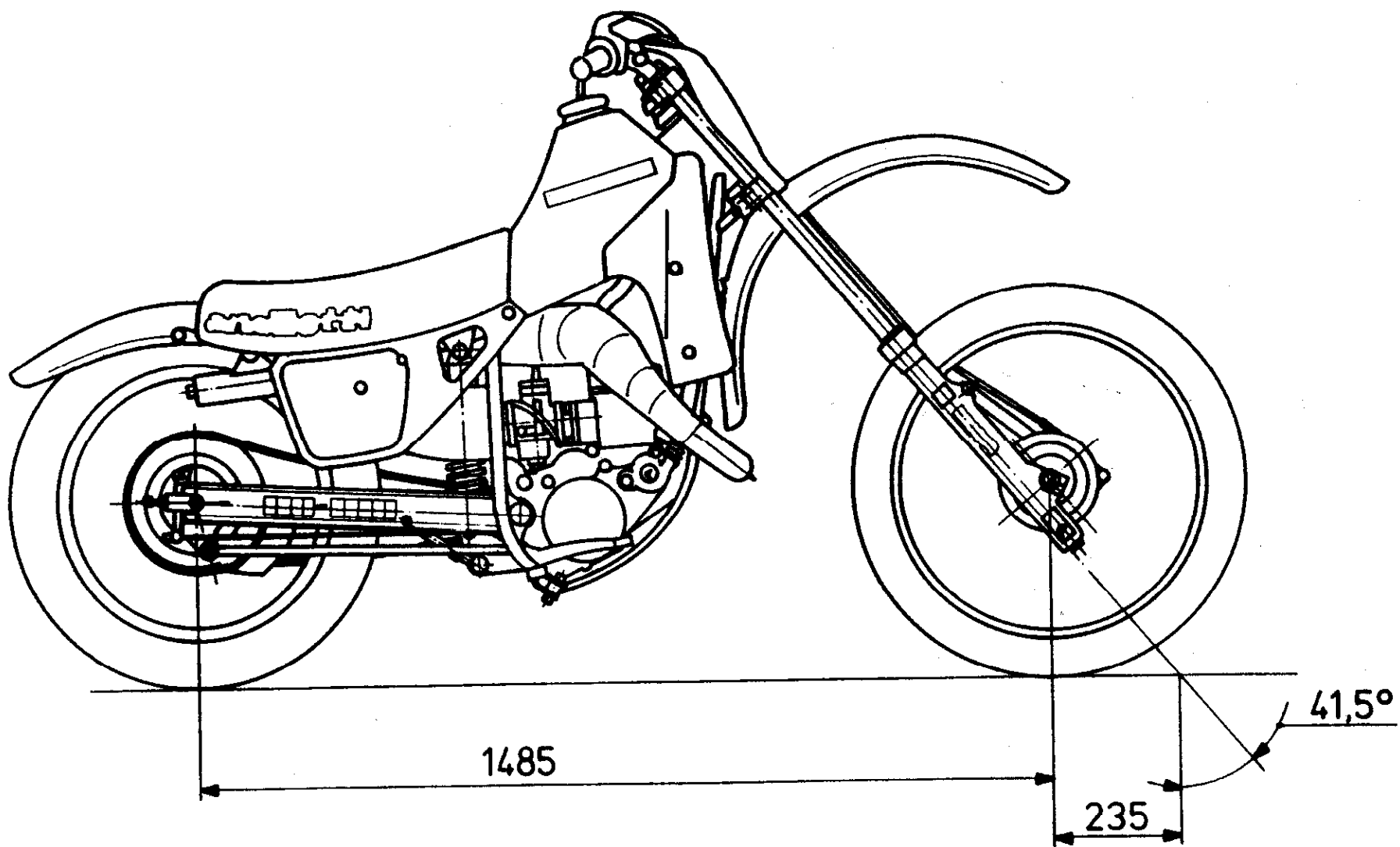
menttitasapainoon siten, että pyörä nousee nopeammin pystyyn. Moottoripyörällä ajaminen ei siis ole teoriassakaan mitenkään yksinkertaista ja jokainenhan tietää, ettei se ole sitä kaikissa tilanteissa käytännössäkään.

KEINUHAARUKKA TOIMII TOISIN

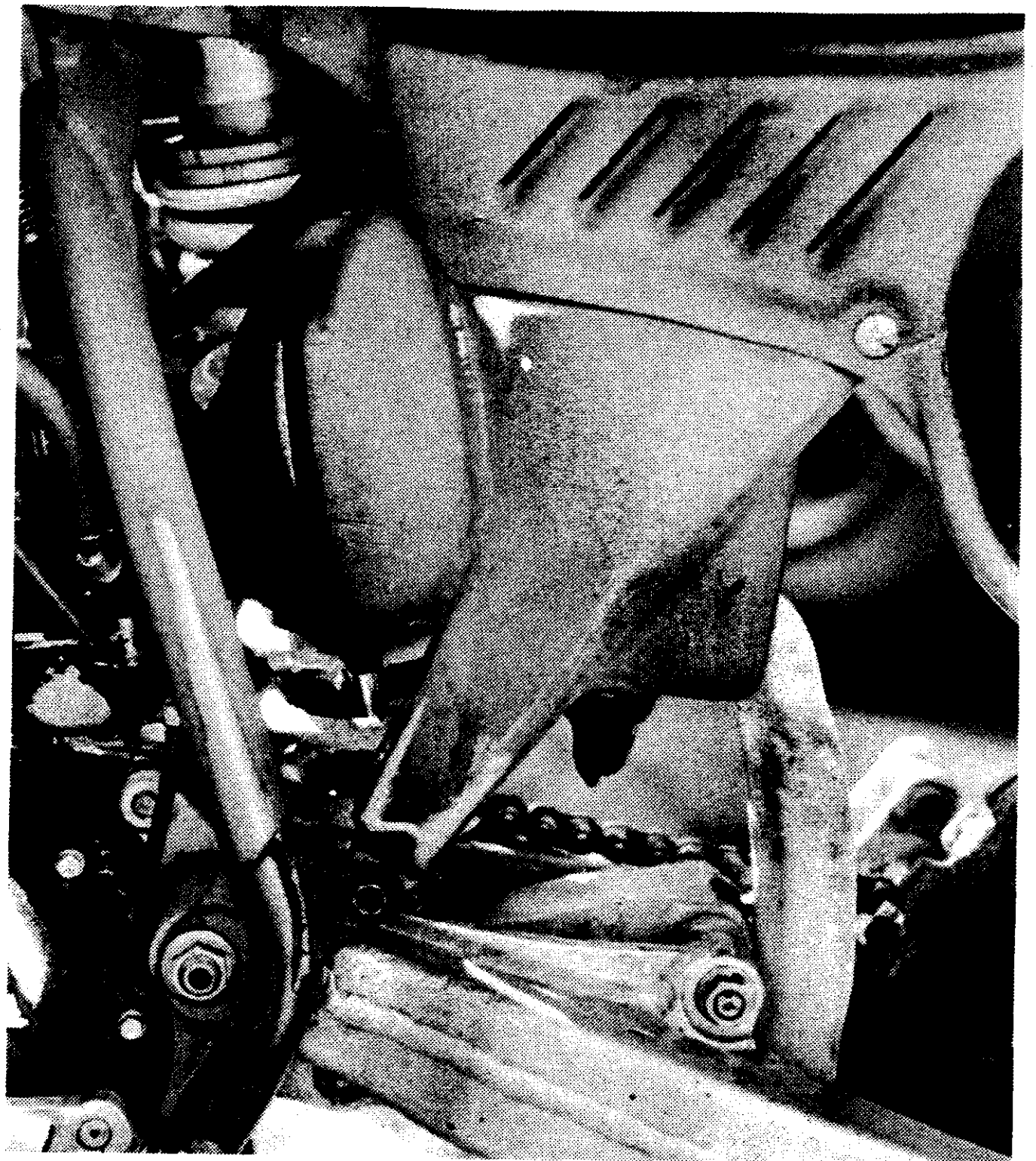
Kaikki edellä keksitty piti paikkansa teleskooppihaarukalla. Tilanne on hieman toinen, jos pyörässä on edessä keinuhaarukka, tai vaappuhaarukka niin kuin sitä joku nimittää. Teleskoopissahan liike tapahtui ohjausakselin suuntaisesti ja ohjauksen poikkeutus pysyi koko ajan vakiona. Keinuhaarukassa se sen sijaan muuttuu jouston aikana, poikkeutus lisääntyy jouston edetessä ja jättö pie-

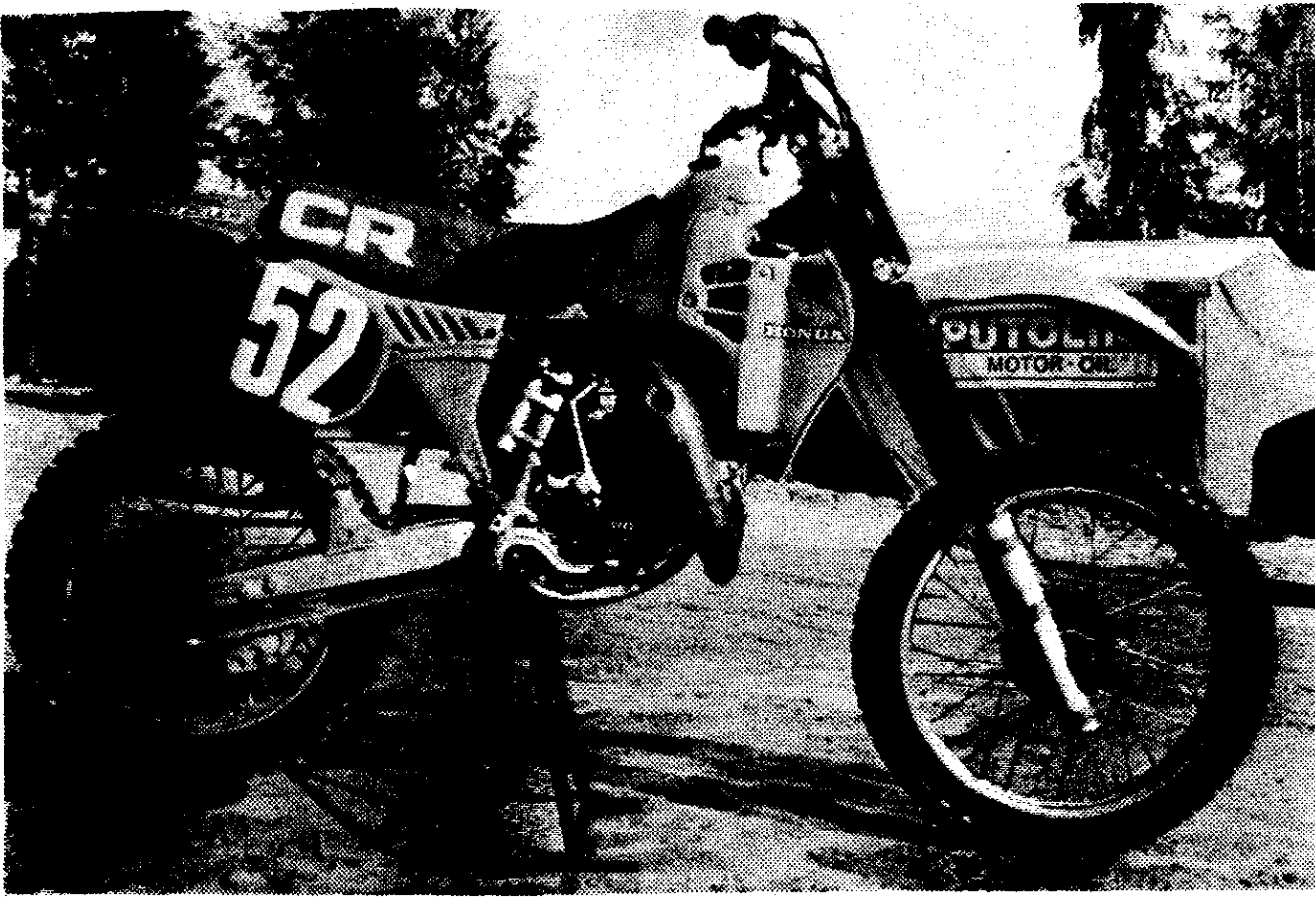
163

nenee nopeammin kuin teleskoopissa. Se onkin arempi puistamaan ohjausta jarrutuksissa ja vielä teleskooppiakin vakaampi kiihdytyksissä. Siis näiltä osin se on teleskooppia huonompi. Hyvänä



puolena voidaan kuitenkin mainita sen parempi tukevuus. Juuri tukevuutensa ansiosta siitä on tullut erittäin suosittu sivuvaunupyörissä, joissa renkasiin kohdistuu suuria sivuttaisvoimia. Soolopyörien pienemmät sivuttaisvoimat saadaan pidettyä kurissa teleskoopillakin ja niinpä tukevuutta haettaessa ei tarvitse turvautua keinuhaarukkaan. Tavallisella keinuhaarukalla on mahdotonta tehdä ohjauksen poikkeutuksesta jouston mukana suurenevaa, mutta se onnistuu kyllä kaksivipuisella keinuhaarukalla. Tyyppi tunnetaan keksijänsä Ribin mukaan. Se on melko monimutkainen ja siksi niin paljon huoltoa vaativa, että jo yksistäänkin se estää haarukan käyttöönoton tuotantopyörissä. Sitä on kuitenkin kokeiltu tehdaspyörissä suhteellisen hyvällä menestyksellä. Kokeiltavana ollut versio muistutti hyvin paljon teleskooppia, sillä siinä ohjauksen poikkeutus pysyi lähes vakiona koko jouston matkalla tai ehkä hieman lisääntyi sen edetessä. Tämä oli oman käsitykseni mukaan virhe, sillä vasta päinvstaisella järjestelyllä olisi





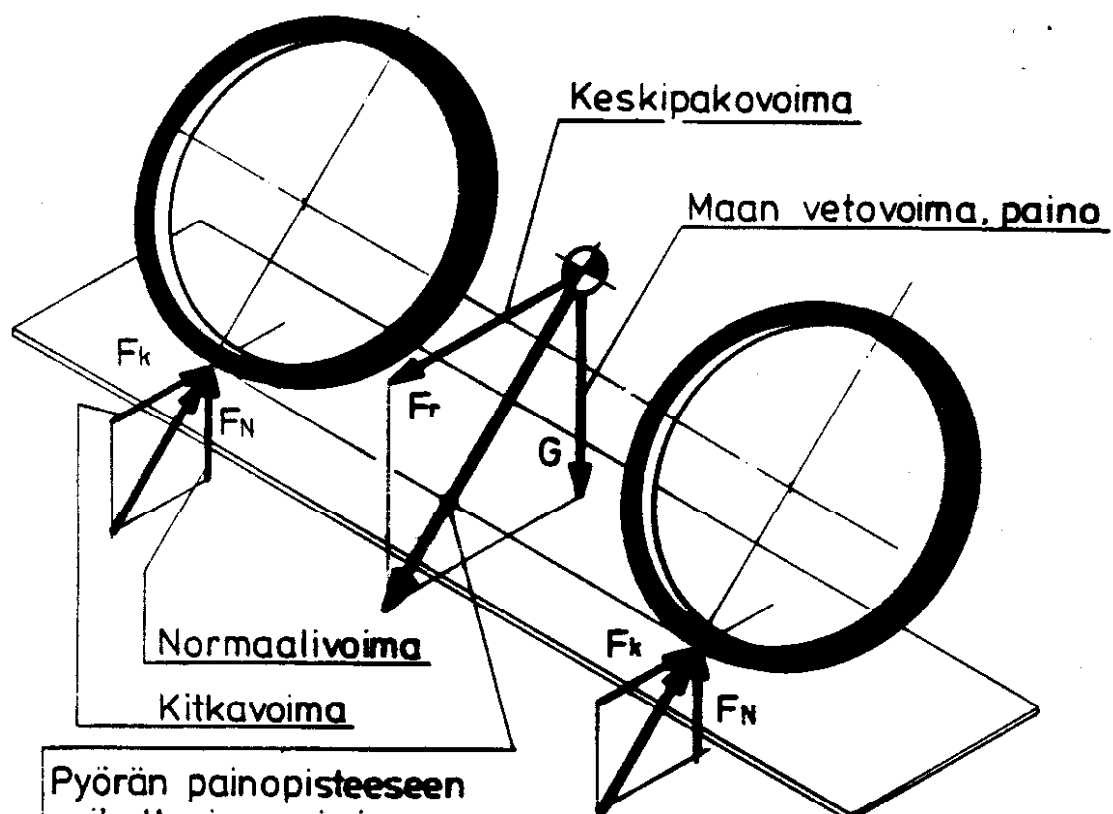
saatu jotakin ratkaisevaa etua monimutkaisesta konstruktioista. Tällöin olisi akseliväli lyhentynyt teleskooppihaarukkaista pyörää enemmän jousituksen painuessa, mutta en usko sen kuitenkaan haittaavan kovin paljon, kun verrataan sitä niin saavutettavaan suureen jättöön jarrutustilanteessa. Ilmeisestikin muutkin ovat vakuuttuneita tämän jousitusvaihtoehdon eduista, sillä sen patenttioikeudet on ostettu Japaniin ja huhujen mukaan sitä siellä edelleen kehitellään. Väitetään, että tavoitteena on rakentaa yksi-iskunvaimenninversio, johon voidaan liittää nykyisiä takaiskunvaimentimia muistuttava iskunvaimennin. Itse epäilen kuitenkin sen onnistumista, sillä iskunvaimennin olisi pakko sijoittaa etulokasuojan päälle ja silloin sen paino olisi niin ylhäällä, että se haittaisi ajo-ominaisuuksia ja myös sen sijoittuminen varsin kauas kääntöakselin etupuolelle haittaisi ohjauksen toimintaa. Nähdäkseni on parasta pitäytyä nykyisessä kahdessa vaimentimessa ja pyrkiä tekemään ne mahdollisimman kevyeksi. Jousituksen säätömahdollisuudet ovat näinkin paljon suuremmat kuin teleskooppihaarukassa ja jousituksen toiminnan onkin sanottu olevan paremmin nykyisiä tarpeita vastaava kuin muiden vaihtoehtojen.

Mielenkiintoinen mahdollisuus on myös etu- ja takajousituksen yhteen kytkeminen siten, että etupään painuessa kokoon takajousituksen esijännitys pienenee ja sekin laskeutuisi alaspäin. Näin pyörän asennonmuutokset vähenisivät jarrutuksen ja kiihdytyksen aikana. Järjestelmähän laskisi keulaa kiihdytyksen aikana samalla periaatteella kuin jarrutuksessa perää. Käytännön toteutus on sellainen, että takajousitukseen kytketään ilmasylinteri siten, että sen tilavuus suurenee jousituksen puristuessa, siis toisinpäin kuin ilmajousituksessa. Ilmanpaine johdetaan siitä etuteleskooppeihin ja yhdistetään niiden yläpäähän ilma-tilaan. Etujousituksen puristuessa kokoon teleskoopin ilmatilavuus pienenee ja paine nousee. Tämä

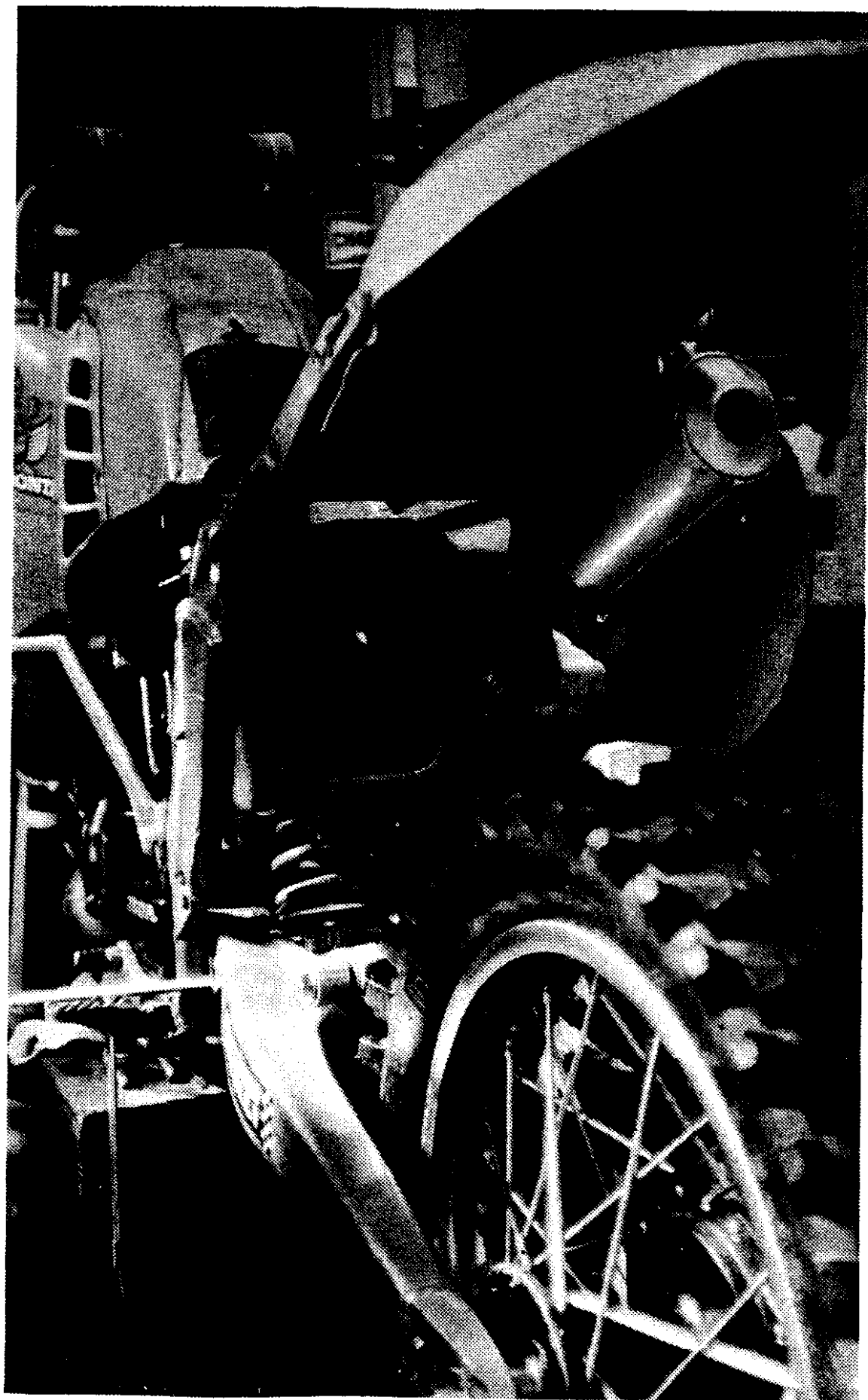
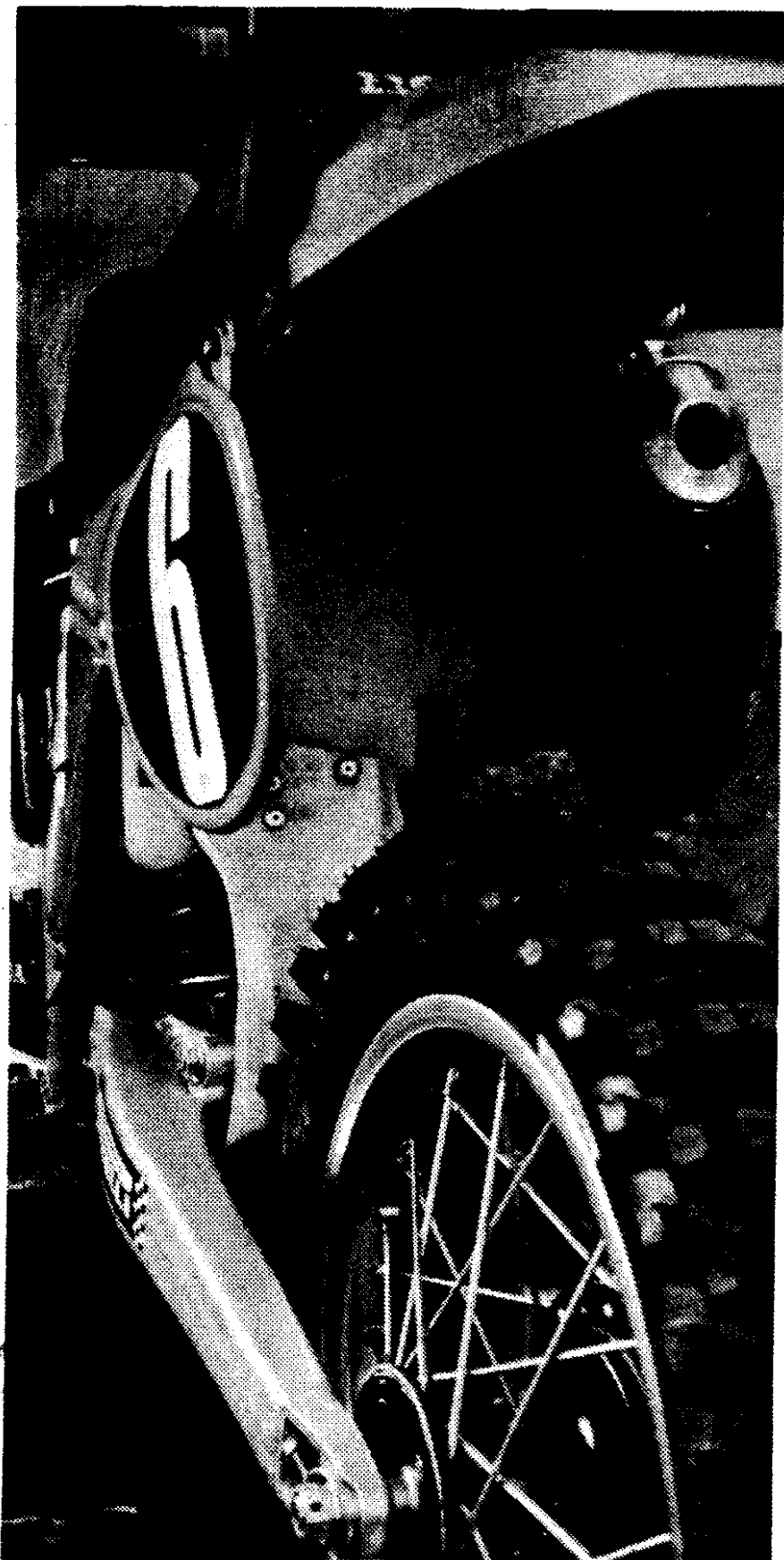
Klaus Bernd Kreuzin Hondassa on erikoisuutena alas valahtava polttoainesäiliö, jonka avulla saadaan painopistettä alemmaksi. Polttoaine on kuitenkin pumpattava kalvopumpulla sen alaosasta polttoainehanalalle, ja se tuo mukanaan turhaa monimutkaisuutta. Myös pyörän takaosa sisältää erikoista tekniikkaa. Rungon takaosa on irroitettava kokonaisuus ja valmistettu kevytmetallista.

samainen paine puristaa takajousitusta kokoon ja pyörä pysyy suorassa. Nyt tulee tietenkin mieleen, että eihän se mitenkään voi toimia knöölissä, jossa etujousituksen ja takajousituksen täytyy toimia itsenäisesti. Niinhän se tietenkin onkin, ilmaputkeen täytyy lisätä suutin, joka jarruttaa ilman virtaamista molempiin suuntiin ja siksi järjestelmä ehtii toimia vain pitkässä kiihdytyksessä ja jarrutuksessa ja se ei soke jousituksen toimintaa töyssyissä. En tiedä, onko tätä koskaan käytännössä kokeiltu, mutta ainakin teoriassa se tuntuu mielenkiintoiselta vaihtoehdolta. Saattaa hyvinkin olla, että se toimisi erittäin hyvin jarrutuksen loppuun asti, mutta kun sen jälkeen on tarkoitus ruveta kaartamaan, olisi pyörän asento epäedullinen.

Voimatasapaino kaarreajossa.



Pyörän painopisteeseen vaikuttavien voimien resultantti kulkee renkaiden kosketuspisteiden välistä suoraa leikaten.



MOTOCROSS
- MEKAANIKON
KÄSIKIRJA



ISBN 951 - 99582 - 4 - X

