



Suomen metsien moninaisuutta. Metsässä kulkeminen rauhoittaa mieltä ja poistaa arjen huolet.

## Puu lämmönlähteenä

### Puun polttaminen ennen ja nyt

#### Suomalainen metsä

Metsä on todellinen kansallinen rikkautemme: Suomen maapinta-alasta yli 70 % on metsää. Jokamiehen oikeuden ansioista Suomessa oleskelevilla on mahdollisuus nauttia metsässä retkeilystä, marjastuksesta, sienestyksestä sekä järvissä uimisesta.

Pohjoinen havumetsävyöhyke, johon Suomekin kuuluu, levittäytyy Alaskasta Siperian kautta Kamšatkalle Kauko-Itään. Maailman metsistä 40 % kasvaa tällä vyöhykkeellä. Puulajien määrä on kuitenkin havumetsävyöhykkeellä vähäinen verrattuna esimerkiksi sademetsien laajirunsauteen. Metsiemme puista noin 50 % on mäntyä, 30 % kuusta ja 20 % koivua. Muutakin puulajeja on runsaasti, mutta niiden osuus jää määrällisesti marginaaliseksi.

Suomessa alkuperäiset valtavat luonnonvaraiset metsät on otettu suurelta osin tehokaseen puun tuotantoon. Tämä on muuttanut voimakkaasti metsien olemusta. Nykyisin met-

sämaat voidaan jakaa kangasmaihin ja turvemaihin. Turvemaidet ovat soita, joita metsistämme on kolmannes. Metsää kasvavia suotyyppejä ovat korpi ja räme. Kangasmaidat ovat lehtometsät, tuoreet kangasmetsät ja kuivat kangasmetsät.

Suomen metsiä alettiin hyödyntää teollisesti vasta 1800-luvulla, joskin tervaa on tuotettu ja viety ulkomaille jo aikaisemmin. Metsä on tarjonnut koko historianamme ajan raaka-aineen lähes kaikelle tarve-esineistöllemme ja rakentamiselle. Metsän antimet – marjat sienet ja riista – ovat puolestaan olleet aina keskeinen osa suomalaisia ravintoa. Myös maanviljelyssä metsää on hyödynnetty satojen vuosien ajan kasviviljelyn pohjana.

#### Metsämaa luokitellaan vuotuisen lisäkasvuun perustuen kolmeen luokkaan:

- Varsinainen metsämaa, jossa on yli yhden kiintokuituon vuotuiskasvu.
- Kitumaa, joka tuottaa 0,1–1,0 kiintokuituon lisäkasvuun vuositain.

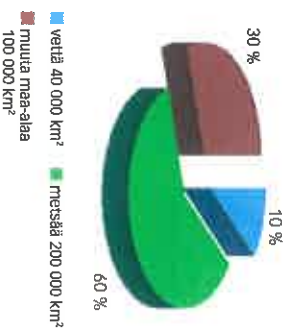
- Joutomaat, jolla lisäkaasu jää alle 0,1 kiinto-kuution.

Suomen metsiä alettiin hyödyntää jo 9 000 vuotta sitten jääkauden jälkeisessä suotuisessa ilmastossa koko maamme alueella. Ajoitus on tehty noin sadan vuoden tarkkuudella radihiilimenetelmällä mm. Heinolan luutuurasta, Kirkkonummien jalaksesta ja Antrean verkosta. Puuta pollettiin niin lämmittämiseen kuin ruoan valmistamiseen.

4 000 vuotta sitten keräily, kalastuksen ja metsästyksen rinnalle tuli kaskeviljely, jonka seurauksena puuta alettiin polttaa entistä enemmän. 500 vuotta myöhemmin maahan-me levisi Lounais-Suomesta alkaen peltoviljely, ja asutus alkoi vakintua paikalleen. Selvä raja kaskeamisen ja peltoviljelyn välille vakintui Kymijoen ja Päijänteen tienoille, joskin valtavasti poikkeutti runsaasti molemmiin puolin.

Kaskeamista on jatkettu paikoin aina 1800-luvulle, ja sevilaisen viimeiset kaskeet pollettiin 1900-luvun alussa. Itä-Suomessa pollettiin haavumetsää surutta huhtakaskeksi, josta saatiin yksi hyvä ruissato. Tämän jälkeen kyseinen alue

Suomen noin 340 000 km<sup>2</sup>:n pinta-alasta on 10 % vesistöjä. Metsämaata on 200 000 km<sup>2</sup>, jonka osuus on vain 66 % maa-alueesta.



oli kaskehtavissa seuraavan kerran noin 40–50 vuoden kuluttua. Myös Länsi-Suomessa kaskeuttiin peltoviljelyn ohella, mutta lehtipuuvältaisissä sekametsissä kaskeet olivat pääasiassa lehtokaskeja. Lehtokaskeja voitiin toistaa samalla paikalla jo 20–40 vuoden välein. Pensaamalle oli mahdollista tehdä 15–17 vuoden välein niin sanottu reskamaa-kaskeaminen. Tuhti pensakko saattoi kasvaa kaskeamalle jo tätäkin nopeammin.

## METSÄTIE TOUITTA

Suomessa on 26,3 miljoonaa hehtaaria metsää. Hyvää, yli yhden hehtaarin vuosikasvan metsää on reilu 20 miljoonaa hehtaaria. 34 % (noin 9 miljoonaa hehtaaria) metsäpinta-alasta on suota, josta on ojitettu 5 miljoonaa hehtaaria. Koko 2,1 miljardin kiintokuution puusto sitoo hiiltä noin miljardi tonnia. Tilukassa suojeluksessa on maassamme 924 000 ha metsää. Maamme 1 505 unalalaisesta lajista metsässä elää 564; näistä 67 alää suovallella.

Metsistä noin 60 % omistaa yksityiset tahot, 25 % valtio, 10 % metsäteollisuus ja loput 5 % kunnat, seurakunnat, yhteismetsäsuuskunnat ja muut yhteisöt. Asukasta kohden metsää on 4,5 hehtaaria. Metsänomistus keskittyy noin 600 000 metsänomistajalle, ja keskimääräinen omistuksessa oleva metsäpinta-ala on 25 hehtaaria.

Kaskealueiden ja polttopuumetsien omistus-oikeus ja rajat muodostuvat kunkin asuin- ja metsästyksympiiriston mukaan pilkkeja puhin veistelemällä. Länsi- ja etelärannikon maanomistusot vakintuivat Suomessa ensimmäisenä Ruotsin läheisyyden ja lakien vaikutuksesta jo toisen vuosituhannen alkupuolella. Rannikkoalueen jätreää puuta korjattiin vienoin 1300-luvulta lähtien. Vuonna 1334 antoi Maunu Ferikinpoka Suomen asukkaalle uudissuutusuksien, jonka mukaan kuka tahansa asumaan ja harjoittamaan viljelystä vapaisiin erämaihin. Maa oli ilmaista, sitä sai kaskeata ja polttopuuta sai tehdä haluamansa määrän. Lisähoukuttimena uudisviljelmille luvatitiin neljän vuoden verovapaus Valtiosa käyttöpuusta kuhui lämmityspuiksi ja kaskeamiseen aina 1900-luvulle asti.

Varsinainen talonpoikien metsäteollisuus alkoi vasta 1600-luvulla yleistyvänä terranpolttona, hirsien, lautojen ja lankkujen valmistuksena ja järeiden kuusen- ja männynruokojen myyntinä maastopuiksi ja "isorakennuspuiksi".

Puuta on poltettu asuntojen lämmitykseen jo tuhansia vuosia. Myös potaskan valmistus edellytti suurien lehtipuunäärien polttamista tuhkakksi. Potaska eli kaliumkarbonaatti (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) on ollut 1600-luvulta asti merkittävä vientitu-lähde Länsi-Suomessa. Potaska tarvititiin teks-tiiteollisuudessa sekä lasin ja saippuan valmistuksessa.<sup>1</sup>

## Metsänhoidon kestävä kehitys, ilmastonmuutos ja puulämmitys

On hälyttäviä merkkejä siitä, että ihminen nakertaa elintavoillaan pohjaa elämissensä viihtyvyydeltä ja jopa sen mahdollisuuksilta. Maailman metsillä on avainasema ihmiskunnan kestäväen kehityksen perustana – metsät ovat maapallon keuhkot joista on pidettävä huolta.

Metsien kokonaisuus pienten vuosittain viidellä miljoonalla hehtaarella. Pienten pinta-ala on siis valtava, mutta onneksi sen osuus maailman metsäalasta on vain runsas promille. Tällainen vauhti tarkoittaa, että metsät ovat loppuneet maailmasta vajaan tuhannen vuoden kuluttua. Suunnan muuttaminen on kuitenkin mahdollista, ja Suomessa tilanne on tällä hetkellä hyvä.

Puut toimivat suhteessa maapallon ilmastoon kuten ihmisen keuhkot suhteessa hengitysilmaan – kuitenkin käänteisesti: metsät tuottavat happea ja kuluttavat hiilidioksidia. Suomessa metsänomistajat hoitavat metsiään tulevat sukupolvet ja metsien kokonaisvaltaisen hyvinvoinnin huomioiden. Suomessa happea tuottava ja hiilidioksidia käyttävä puusto lisääntyy kestäväen kehityksen periaatteiden mukaisella metsänhoidolla vuosittain 40 miljoonaa kiintokuutiometriä.

2000-luvulla puuta on kaadettu metsistä huomattavasti lisäävua vähemmän, ja sen ansiosta metsävaramme ovat lisääntyneet koko 2000-luvun ajan.

Suomalaisia metsää korjataan suurimmaksi osaksi päätähakkuuperiaatteella. Päätähakkuun jälkeen maapohjan istutetaan uutta metsää 60–100 vuoden kasvujaksoksi ennen uusittavaa päätähakkuuta. Hehtaarelle istutetaan 15 000–30 000 tainta, jolloin metsä kasvaa tiheänä ja tuottaa päätähakkuuseen hyvälaatuisia tikkij-

<sup>1</sup> Tapari Tasaanen: Läski puut yllennähän.

Metsien hoidon historia Suomessa keskiäjalta metsäteollisuuden läpimurtoon 1870-luvulla. Helsinkiin yllöpsistö 2004.



puuta. Metsä harvennetaan sen kasvukautena useampaankin kertaan, jolloin saadaan polttopuuta, sellu- ja tukkipuuta sekä energiapuuta, joka korjataan latvukisista sekä pienistä puista oksineen.

Metsällä on merkittävä rooli myös ilmaston lämpenemisen hidastamisessa. Kaikki lämmitykseen käytetty puu vähentää omalla lämpöarvoillaan fossiilisten polttoaineiden kulutusta ja jarruttaa näin ilmaston lämpenemistä. Puulla lämmittäminen on merkittävä osa biomassasta saatavasta energiasta ja biomassassa on puolestaan merkittävä osa uusiutuvasta energiasta. Uusiutuvia energioita ovat:

- Vesi
- Aurinko
- Tuuli
- Biomassa
- Geoterminen lämpö ja maalämpö

Biomassaksi kutsutaan eloperäisiä hiilipitoisia aineita, joihin yhteyttämisen on sitonut aurin-  
gon energiaa. Biomassaa ovat mm. puu, puujäte, sokeria ja tärkkelystä sisältävät viljakasvit, leivät ja vesikasvit, ojet, ruoho, eläinten lanta ja monet kotitalousjätteet. Energiaa biomassasta saadaan polttamalla ja toisaalta antamalla sen käydä hapettomassa tilassa, jolloin syntyy biokaasua. Lisäksi biomassasta voidaan valmistaa etanolia.

Kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidin ohella otsoni, metaani ja dityppioksiidi. Nämä kaasut estävät maasta heijastuvan valon ja lämmön kulkua takaisin avaruuteen. Maapallon lämpötilapainoon vaikuttaa se, kuinka paljon aurin-  
gosta saapuu lämpöä maahan ja kuinka suuri osa siitä heijastuu takaisin avaruuteen. Mittä runsaamminkin ilmakehässä on hiilidioksidia, sitä



CO<sub>2</sub> ja muut kasvihuonekaasut

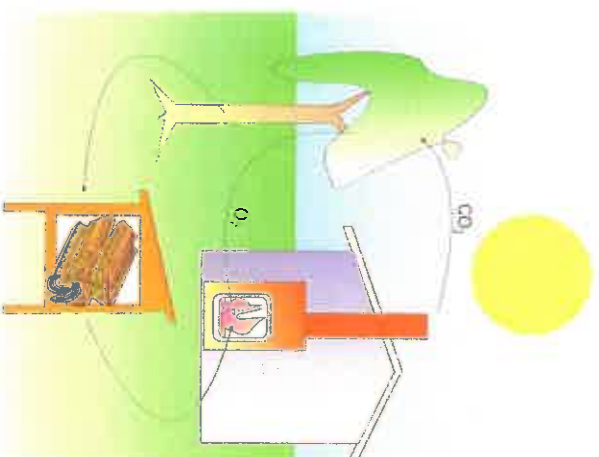
pienempi määrä auringon maahan säteilemistä lämmöstä heijastuu takaisin avaruuteen ja sitä enemmän ilmastomme lämpenee.

Hiilidioksidin lisääntyminen ilmakehässä on me on suurin syy ilmaston lämpenemiseen. Uusiutuvat polttoaineet tuottavat hiilidioksidia ilmakehään siinä missä fossiilisetkin, mutta ne ovat kasvuaikanaan sitoneet juuri tämän saman määrän hiilidioksidia, joka niistä poltettaessa vapautuu. Ne myös vapauttavat tämän saman määrän hiilidioksidia, poltettiin niitä tai ei.

Tällainen hiilidioksidin vapautuminen tapahtuu uusiutuvan polttoaineen maatuessa hitaana palamisena luonnossa. Puuta poltettaessa sen vapauttama hiilidioksidimäärä sitoutuu takaisin uuden puun kasvuun.

Turve luetaan hiilidioksidipäästöjä laskettaessa uusiutuviin polttoaineisiin. Tosin valtaosa turpeesta pitää hiljensä sisällään vuosikatoja ja vuosituhansiakin, ellei sitä kaiveta esiin ja polleta. Ikitoudan alueilta on vaihtavia määriä jäätyneitä eloperäistä biomassaa, jonka sulami-

nen ja lahoaminen vapauttavat suunnattomia hiilidioksidimääriä ilmaston lämpenemisen myötä. Tämä luonnollisesti kiihdyttää ilmaston lämpenemistä entisestään.

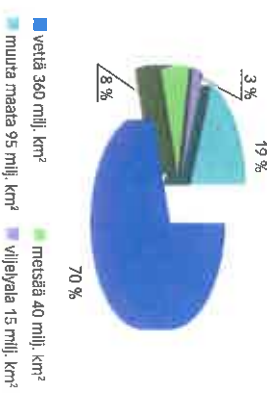


Puu käyttää hiilidioksidia yhteyttessään ja luovuttaa happea. Poltettaessa puuta syntyy hiilidioksidia ja kuluu happea.



Turvesuo

Metsän muun maan ja veden osuus maapallon pinta-alasta



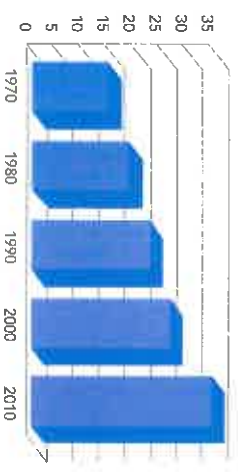
Suomessa hiilidioksidipäästöjä syntyy vuosittain noin 70 miljoonaa tonnia, ja vuonna 2010 maamme hiilidioksidipäästöt kasvoivat 8,5 miljoonalla tonnilla. Vuonna 2006 Suomen hiilidioksidipäästöt olivat Tilastokeskuksen mukaan 12,7 tonnia henkeä kohden. Ruotsissa päästötä syntyi 5,3 tonnia henkeä kohden. EU:n keskiarvo on taas 9,3 tonnia (le Monde 3.7.09). Suomen hiilidioksidipäästöt ovat siis merkittävän suuria.

Suurimmat hiilidioksidipäästöt syntyvät öljyn, maakaasun ja kivihillen polttamisesta. Myös puuta poltettaessa syntyy hiilidioksidia, mutta sen ei katsota lisäävän ilmaston hiilidioksidimäärää, koska puun sisältämä hiili on alun perin syntynyt juuri ilmakehästä otetusta hiilidioksidista.

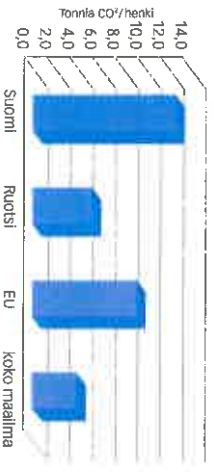
Entäpä jos puu jätettäisiin polttamatta – oisiko tilanne silloin parempi? Kyllä ja ei. Pääsääntöisesti kuitenkin ei, koska tämä puu ennemminkin tai myöhemmin maattu ja vapauttaa sitomansa hiilidioksidin ilmakehään. Vain hyvin pitkäaikaisesti säilötyyn puun osalta hiilidioksidimäärä vähenee ilmakehästä. Ainoastaan suolla kasvava puu muuttuu suoturpeeksi ja säilyy jopa tuhansia vuosia luovuttamatta hiiltään hiilidioksidiksi.

Pienkintesteiden puulämmitys on hajautettua pienimuotoista energiantuotantoa, jonka pienet virrat muodostavat suuren energiatuotannon (7 miljoonaa mottia, jonka lämpöarvo vastaa noin 1,5 miljardia gijylitraa). Tämmäkin energiatuotanto on alun perin aurinkoenergiaa. Puiden vihreät lehdet toimivat energiatehtaina, joissa lehtivihreähuokaset valmistavat erilaisia tärkkelyksiä ja sokereita. Naista lähtöaineista puut muodostavat selluloosaa ja ligniiniä, joiden rakennusaineina ovat lähinnä hiili, vety ja happi. Tähän valmistusprosessiin puut tarvitsevat hiilidioksidia, jonka ne ottavat ilmakehästä vähentäen näin ilmakehän kasvihuonekaasuja. Puuta poltettaessa syntyvät

Maailman päästöt vuositasona Gt CO<sub>2</sub>



CO<sub>2</sub>-päästöt henkilöittain Suomessa, EU:ssa ja koko maailmassa



hiukkaspäästöt ja savut jäävät hyvin vähäisiä, kun puu poltetaan oikealla tavalla ja ennen kaikkea riittävän kuivana. Puiden sytytyksessä voidaan hyvin käyttää sanomalehtipaperia ja pahveja, aikakauslehtien polttaminen sen sijaan synnyttää vain runsaasti tuhkaa. Myöskään muovit ja muut jätteet eivät sovi poltettaviksi ja lämmön lähteiksi. Hyvin asiana osaavaan puulämmittäjän pihpuusta nousee lähes näkymätön vaalea savu. Tumma, tupruava savu on merkki ilmalle haitallisesta poltosta.

Oikealla tavalla poltettuna puu antaa vähäpäästöistä energiaa. Hinnaltaan usein edullinen polttopuu ei kilhdy ilmastion lämpenemistä, koska sen palassa luovuttama hiilidioksidi sitoutuu takaisin luonnon kiertokulkuun meisien kasvaessa.

**Puun kemia ja fyysikka**

Puu muodostuu selluloosasta, hemiselluloosasta, ligniinistä sekä asetyyliä. Puu sisältää myös pieniä määriä mineraaleja ja ekstraktiivisia aineita (uuteaineita) sekä aina jonkin verran vettä. Puun kosteuspiisuus huonontaa puun tehollista lämpöarvoa sitä enemmän, mitä vähemmän vettä on.

**Selluloosa**

Selluloosa on suorakejuinen polymeeri, joka koostuu glukoosiyksiköistä. Puun selluloosa voi olla rakenteeltaan joko kiteistä tai amorfista riippuen sijainnistaan puussa. Selluloosa vastaa soluseinän jäykkyydestä ja vahvuudesta.

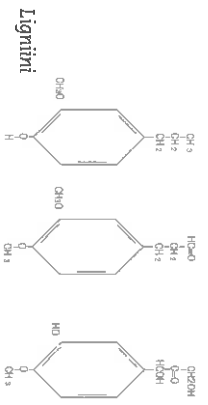
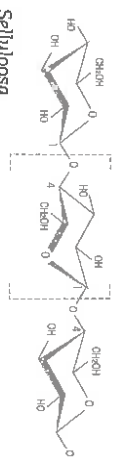
**Hemiselluloosa**

Hemiselluloosa on heteropolysakkaridi. Se on rakenteeltaan usein haaroittunut. Rakenteel-

taan hemiselluloosa on paljon monimuotoisempi kuin selluloosa. Hemiselluloosa muodostaa selluloosan ja ligniinin välille ristisidoksia, jotka vaikuttavat soluseinän joustavuuteen. Hemiselluloosat jaetaan rakenteensa perusteella erilaisiin ryhmiin, joita ovat ksyaanit, mannaanit, galaktaanit, arabiinaanit ja beeta-glukaanit. Näistä rakenteista yleisin on ksyaani.

**Ligniini**

Ligniini on rakenteeltaan haaroittunut heterogeeninen aromaattinen biopolymeeri ja on kasvien soluseinän pääkomponentti selluloosan ohella. Ligniinin päätehtävä on sitoa kasvisolut toisiinsa ja lujittaa kuitua. Puun kuivapainosta ligniiniä on 20–30 %.

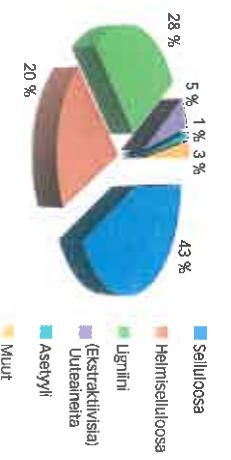


Happpi (O), hiili (C) ja vety (H) ovat puun molekyyli-rakenteiden alkuaineet.

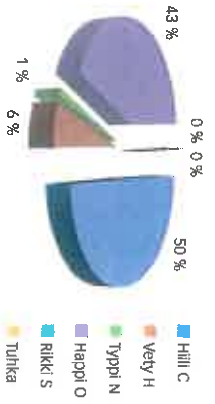
**Puulajeen jakautuma puulajittain**

|                                | Mänty | Kuusi | Koivu |
|--------------------------------|-------|-------|-------|
| Selluloosa                     | 43    | 41    | 38    |
| Hemiselluloosa                 | 20    | 24    | 32    |
| Ligniini                       | 28    | 28    | 20    |
| (Ekstraktiivisia) Uurteaineita | 5     | 3     | 3     |
| Asetyyli                       | 4     | 1     | 4     |
| Muut                           | 3     | 3     | 3     |

**Puun kemiallinen rakenne**



**Puun kemiallinen rakenne alkuaineittain**



**Puun molekyyli-rakenteita muodostavat alkuaineet ovat**

Hiili C 50 % | Vety H 6 % | Typpi N 1 % | Happpi O 43 % | Rikki S 0,05 % | Tuhka 0,5 %  
 Tuhkan ainesosia ja niiden pitoisuus koko tuhkamäärästä:  
 Kalium 25 % | Kalsium 10 % | Magnesium 4 % | Fosfori 3 %

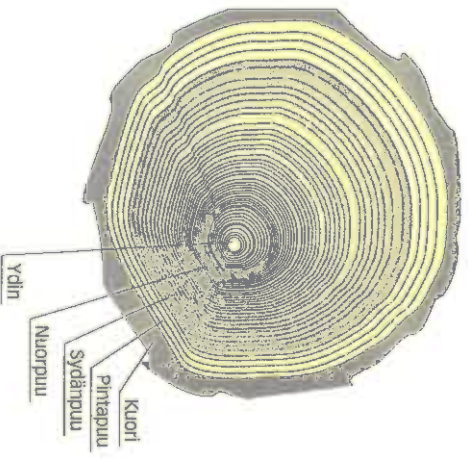
**Puun fysikaaliset ominaisuudet ja rakenne**

Puun lujuus suhteutettuna painoon on teräksen luokkaa. Puun lujuus muodostuu solurakenteesta. Selluloosa muodostaa lujia pitkiä solurakenteita, joita hemiselluloosa täydentää ja sitoo. Ligniini sitoo näitä kaikkia solurakenteita toisiinsa antaen puulle muodonmuutosta vastustavaa jäykkyyttä.

Puun poikkileikkauksesta voidaan erottaa eri kerroksia:

- Puun keskellä tarkkelyksestä koostuva ydin varastoi ravintoa vuosikasvainta ja oksistoa varten. Rungon alaosassa ydin on kuollutta solukkoa.
- 10-15 sisintä vuosirenngasta muodostavat nuorpuun. Nuorpuu on muuta puuainesta heikompa, ja se sisältää aina oksia.
- Puun pääasiallinen lujuus muodostuu sydänpuusta. Sydänpuu on kuollutta, käyttöpuuna puun arvokkainta osaa, joka monissa puu-

**Puun rungon kerrokset**



lajissa erotettu pintapuuta tummempänä. Puun kasvavassa sydänpuun osuus lisääntyy. Pintapu on elävää solukkoa, joka kuljettaa ravinteita ja vettä juurilta oksille. Pintapuuta kutsutaan manttopuiksi.

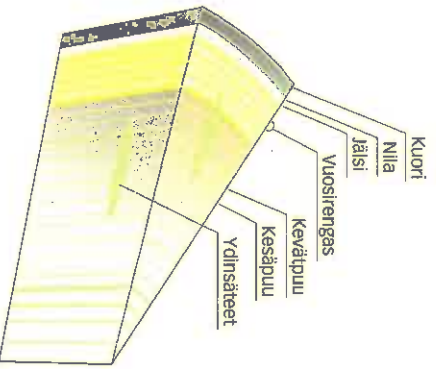
- Kuo'ri on rungon uloin kerros, ja se muodostuu useammasta kerrossosasta.

Eri puulajien lämpöparvo on lähes sama painoyksikköä kohti. Puulämmittäjiä kiinnostaakin tämän vuoksi puun theys, joka kertoo hyvin hal- komotin sisältämän energiamäärän. On myös hyvä huomata, että puu kutistuu kuivuksessaan tilavuudekseen noin 10-15 %. Tästä syystä tuore halkomotti onkin kuivana vain vajaa 0,9 mottia.

**Puun solurakenne**

Prosenkrymi- eli suippusolu on päistään suip- neva pitkä, puuta tukeva ja vettä johtava solu. Suippusolu on sydänpuussa kuolleessa tilassa.

**Puun sisäinen rakenne**

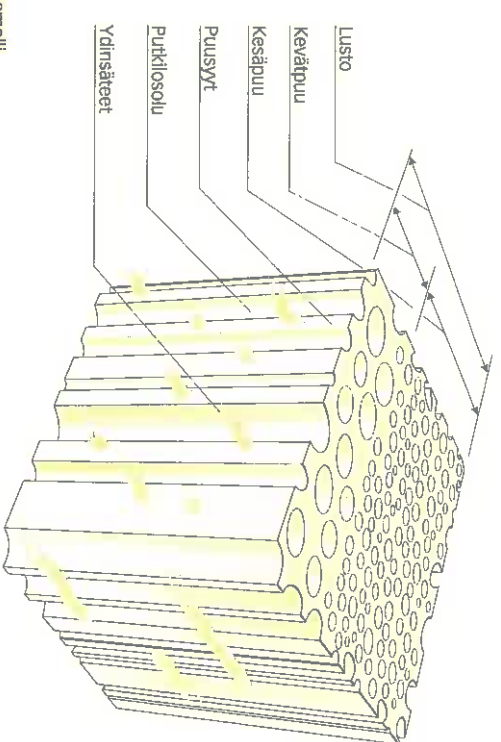


Parenkrymi- eli tyhpyysolu on puun pinnassa ravinteita varastoiva solu. Suurin osa puun so- hukosta muodostuu trakeideista eli vesisolusta, jotka huolehtivat veden kuljetuksesta puun eri osiin ja antavat puulle mekaanisen lujuuden.

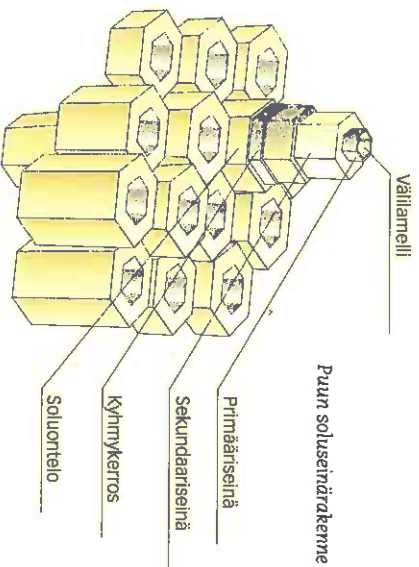
Ydinsädemuodostumat ovat puun pituus- suuntaan kohtisuorassa olevia soluja. Nämä si- tovat puun pituussuuntaista solukkoa toisiinsa. Puun painosta ja tilavuudesta ydinsädesoluk- koa on noin viisi prosenttia.

Vuosilustot syntyvät varhaiskasvuun ja myö- häiskasvun erilaisuudesta. Varhais- eli kevät- puu muodostuu solukoltaan suunnitittaiseksi, ohutseinäiseksi ja tiheydelään harvemmaksi kuin myöhäiskasvu. Myöhäis- eli kesäpuun so- hukko on paksuseinäistä ja tiivistä. Solukon lajissa selvästi vuosirenngana.

**Puun solurakenne**



**Puun soluseinärakenne**





Palaakseen puu tarvitsee riittävän korkean lämpötilan. Palamisen alkun saamiseksi tarvitaan helposti syttyvää ja herkästi palavaa syytettä, joka nostaa puun lämpötilaa riittävästi sen palamisen käynnistämiseksi. Itse palaminen tuottaa runsaasti lämpöä myös palamisreaktion jatkuvaan ylläpitoon.

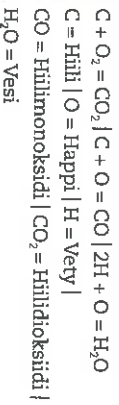
### Palaminen

1. Polton alimmassa vaiheessa eli palamisyyöhyykkeessä polttoaine kuivuu ja lämpöä kehittyy.
2. Toisessa vaiheessa kiinteä aine hajoaa, mikä yhteydessä muodostuu runsaasti erilaisia kaasuja. Tätä kutsutaan pyrolyysiksi.
3. Seuraavassa vaiheessa suurin osa kaasuista palaa, ja reaktio muodostaa paljon lämpöä. Tämä on kaasununtumisyöhyke.
4. Neijälämmessä vaiheessa jäljellä oleva hiili palaa, ja tässäkin loppuvaihevaiheessa muodostuu runsaasti lämpöä.

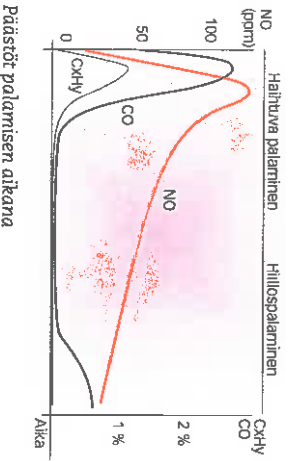
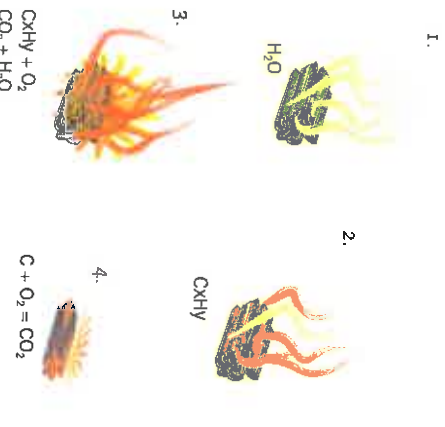
Palamisessa tapahtuvat kemialliset reaktiot hiili, jota on noin puolet puun painosta, palaa happeen yhteydessä hiilidioksidiksi ja hiilimonoksidiksi, joka on häkääkaasua ja sinänsä tapava kaasu. Hiilimonoksidia syntyy enemmän, jos palaminen tapahtuu niukassa hapessa (huono tai tarkoituksella pihistetty veto). Puun sisältämä 6 %:n vety määrä palaa vedeksi yhteydessään happeen. Hapetta sis tarviataan palamiseen aina. Puun omista molekyyliyksistä on jo sinänsä hapetta 43 % puun painosta. Tämä ei kuitenkaan riitä, vaan tarvitaan lisähapetta, jota puu palaessaan saa ilmasta. Ilmassa on 21 % hapetta, ja yksi kuutio ilmaa painaa reilun kilon.

Puulämmittäjiä kiinnostaa lähinnä, kuinka paljon lämpöä puusta saadaan sitä pollettaessa. Tätä kannalta hyvään tulokseen päästään

polttamalla kuivia puuta riittävän korkealla lämpötilalla ja sopivalla vedolla säätäen vetoa palamistapahtuman aikana kulloiseenkin palovaiheeseen sopivaksi.



### Puun palaminen



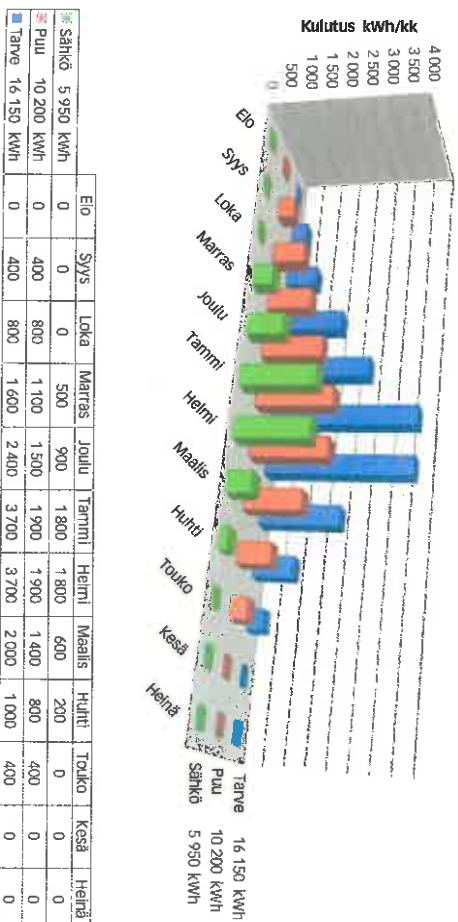
## Puulla lämmittäminen

### Puu lämmönlähteenä omakotitaloissa ja kesämökeillä

Suomalaiset ovat lämmittäneet asuinhuoneistonsa pääasiantyöisesti varaavilla pönnillä ja kaakeliuunilla sekä erilaisilla, niin ikään varaavilla leivinuunilla ja puuhelloilla aina 1960-luvulle saakka. Vanhat lämmitysunit olivat rakenteeltaan ja palo-ominaisuuksiltaan erinomaisia, ja niiden hyötysuhde oli erittäin hyvä.

Halvan energian aikana vuosina 1960–1990 kotimaisen puunenergian käyttö väheni huomattavasti. Asunnoista purettiin laadukkaita leivinuuneja, puuhelloja, pönnitöunneja ja kaakeliuuneja. 1970-luvun öljykriisi herätteli puulämmityksen uudelleen suosioon, mutta öljyn nopeasti halvennuessa suosio jälleen hiipui.

### Energiantarve jaettuina peruslämmitykselle ja puulämmitykselle



käytetään yhä enemmän eri peruslämmitys-  
muotojen lisäksi täydentämissä lämmitystä ja  
tasamassa lämmityskuluja.

Nykyiset asunnot rakennetaan lämpöalou-  
dellisesti edullisin ratkaisuin, ja valitsoa oma-  
koti- ja rivitalosta varustetaan puulämmitys-  
mahdollisuudella. Yleisin pienalojen lämmit-  
tysratkaisu on sähköön pohjautuva varaava  
ja/tai maalämpöä hyödyntävä lämmitys. Täy-  
dentäviä lämmitysmuotoja ovat puulämmi-  
tys eri muodoissaan sekä ilmalämpöpumput  
ja jossain määrin myös aurinkoenergia. Myös  
puulämmitystä käytetään jonkin verran perus-  
lämmityksenä.

Puu on otavallinen täydentävä lämmitysmu-  
to niin suoran kuin varaavan sähkölämmityk-  
sen, kaukolämmön sekä maa- ja ilmalämpö-  
pumppun rinnalla. Lämpöpumput pudottavat  
voimakkaasti sähkölämmityksen kustannuksia,  
ja talvisajkaan rinnalle otettu puu karsii sähkön  
kulutusta juuri kaunisähkön kalleimpaan ai-  
kaan. Puun käyttöä sähköisen peruslämmityk-  
sen rinnalla voidaan perustella kaikilla sähkö-  
tarifeilla. Eriyisesti kaunisähkötariffilla puun  
käyttö kalliin sähkön aikana puoltaa paikkaan-  
sa, ja säästö on huomattavan suuri.

Puulämmityksen ohella toimiva ilmalämpö-  
pumppu soveltuu mainiosti kuljettamaan puu-  
uunin antamaa lämpöä tasaisesti koko asun-  
toon. Myös välkkäusen lämmön tuotto ennen  
peruslämmön kytkemistä sykyisin ja taas  
keväisiin voi tapahtua pelkästään puuta hyö-  
dyntäen. Kylminä syyspäivinä selvittää hyvin  
joulukuulle peruslämpöä päälle kytkemättä.  
Syksyllä lämmin uunin kylki antaa kodikasta  
lämpöä, ja maalis-huhtikuun vaihteessa aurin-  
gon jo tuodessa ikkunoista uusuutuvaa luonnon  
lämpöenergiaa voidaan peruslämpöä kytkä pois  
ja lämmitellä kodikkaasti uunin. Lämmitykseen

tarvittava puumäärä voidaan säätää yöpakkas-  
ten vaatimusten mukaan.

Kun huoneiston lämmitys perustuu kausi-  
sähkötariffin, edullista aikaa voidaan hyödyn-  
tää suoran sähkölämmityksen ja ilmaläm-  
pöpumppun tai maalämmön yhdistämisellä.  
Talvipäivien kallista sähköä kannattaa puole-  
staan korvata puulla ja mahdollisella yövaraajal-  
la. Talvipäiväsähköä voidaan käyttää tasamaan  
muulla tavoin aikaansaatu lämpöä miellyt-  
tävän tasaiseksi. Sähköntuottajat säätelävät  
kaunisähkön avulla kulutuksen huippuja, jotka  
keskiytyvät talvipäiviin.

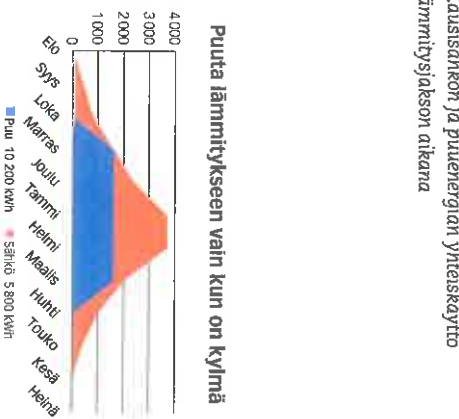
Useimmat ihmiset haluavat nukkua viileässä  
ja oleilla päivisin lämpimässä. Edullisen yösä-  
hkön hintaa voi madaltaa yövaraajalla mutta  
myös lämmittämällä huoneistoa heti aamusta  
puulla. Myös huoneita varaa lämpöä varsinhin,  
jos myös sisäseinät ovat tiilitalossa kiveä. Jär-  
kevästi ajastettuna sähkölämmitys kannattaisi  
aloittaa varhain aamuyöstä, minkä jälkeen se  
noin kello 7 katkaistaisiin ja lämmitystä jat-  
kettaisiin puulla. Tällä tavoin huoneiston oma  
varauskyky saataisiin hyödynnettyä parhaiten.  
Käyttämällä lämmitykseen sähkön sijaan kym-  
menen mottia puuta säästää noin 500 euroa  
vuodessa.

Sivun 23 kaaviossa kuvattu 16 000 kilowatti-  
tunnin vuoden kokonaiskulutus jakautuu valta-  
osaltaan puulle. Käytetäessä puuta lisäämmi-  
tyksenä esimerkiksi leivinuunissa tai varaavassa  
takka-uunissa on sydäntalven suurempi läm-  
möntarve vaikka täyrtää pelkällä puulla. Päi-  
nottamalla sähkölämmön osuutta öiselle ajalle  
saadaan säästöä syntymään.

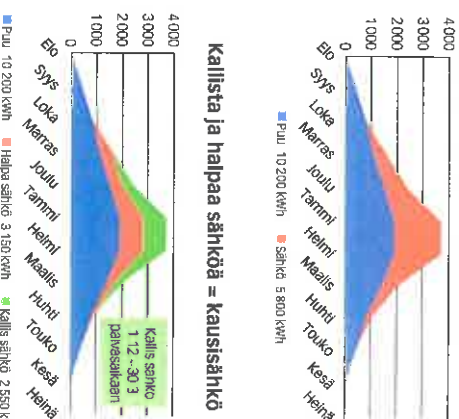
Ilmalämpöpumppun osuus on merkittävä  
myös uunilämmön kuljettajana koko asuin-  
tilaan. Ilmalämpöpumppun käytön edut jää-  
vät kuitenkin pienemmiksi kovilla pakkasilla.

Alla on esitetty erilaisia mahdollisuuksia puu-  
lämmön ja kaunisähkön keskinäisistä suhteista.  
Sähkön toimittajat tarjoavat kaunisähköä paitsi  
erihintoisena, myös eri kalenterin- ja kellonajoin.

Kaunisähkön ja puuenergian yhteiskäyttö  
lämmitysjaksos aikana



Puuta lämmitykseen vain kun on kylmä



Kallista ja halpaa sähköä = kaunisähkö

Puulämmittäjä turvautuu joko kuiven  
klapien polttamiseen, puoliksi tehdyn  
puun (rankojen, ropsten tai halkojen)  
omatoimiseen hyödyntämiseen  
klapeiksi eli pilkkeiksi tai polttopuun  
hankintaan pystyymisestä. Kaikissa  
näissä tapauksissa jää lämmittäjälle  
enemmän tai vähemmän työtä, jota voi  
piittää erinomaisen kunnonkohoittajana ja  
hyötykiluntana!

**Hyviä syitä lämmittää puulla**

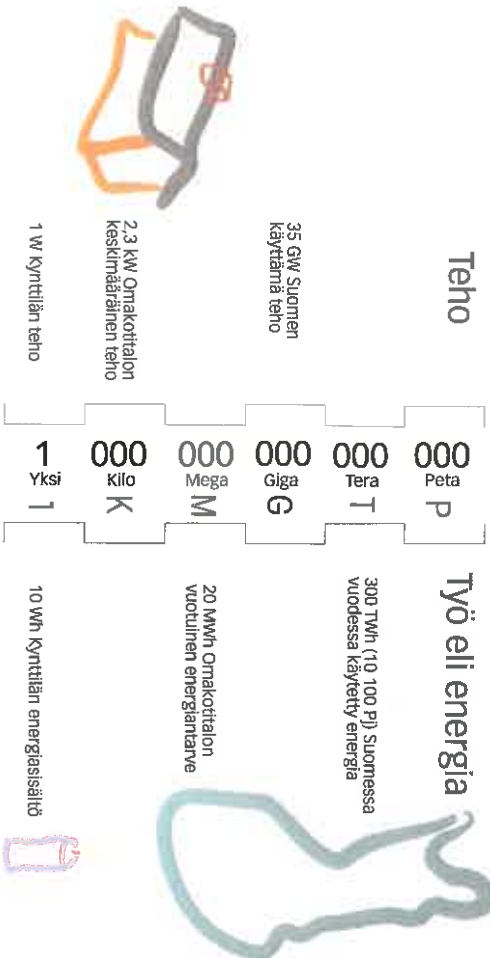
- Ilmaston lämpeneminen hidastuu.
- Energiaa vapautuu muuhun käyttöön.
- Puu voi olla monille lähes ilmaista.  
(Oman metsätontin kunnostuksen tuotetta.)
- Puunkeruu ja puulla lämmitäminen on mukavaa.
- Puulämpö antaa kodikkautta.
- Puulämpö uunissa tai hellassa tarjoaa ruuantekopaikan.
- Puunkeruu hoitaa metsää.

## Energian ja tehon arvioinnin

Energiamääriä ilmoitetaan monilla erilaisilla yksiköillä. Usein energiayksikkönä käytetään petajoulua. Useimmille meistä kilowattituntti (kWh) on energiayksikkönä tuttu jo siitä syystä, että käyttämme sähköenergiaa veloitetaan kilowattituntien perusteella.

Normaali omakotitalo tarvitsee vuodessa lämmitysenergiaa noin 20 000 kilowattitunttia (kWh). Teknologian tutkimuskeskuksen (VTT)

Energian suuruusluokat

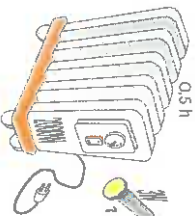


## ENERGIAN KULUTUKSESTA

Energian ja materiaalien tehokkaaseen ja kestävään käyttöön keskittyneen Motivan laskeleen mukaan Suomen vuotuinen energian kokonaiskulutus 2012 on noin 300 TWh (TWh = terawattituntti, 300 TWh = n. 1 100 PJ), josta uusiutuvan energian osuus on noin 100 TWh. Kokonaisteho on tästä laskettuna keskimäärin 35 GW, josta voimaloiden yhteisteho on noin 13 GW (Tekniikka&Talous).

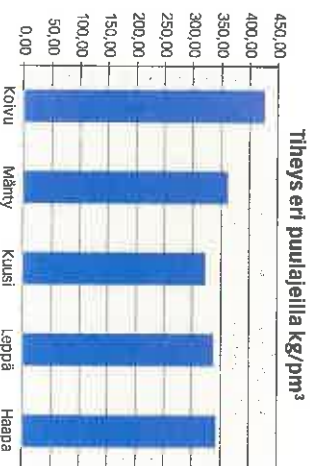
tävimmät tekijät ovat tuumin rakenne, sytyys- ja polttotapa sekä puiden kosteusaste.

Energiamäärien suuruusluokista on hyvin vaikea päättää konkreettiseen käsitykseen jo sen vuoksi, että energiamääriä ilmoitetaan monilla eri yksiköillä. Jonkinlaisen suuruusluokkakäsitksen voi saada, kun muistaa, että 1 kg käysin kuivaa poltopuuta sisältää lämpöenergiaa reilusti 5 kWh ja että kilowattitunnin hinta on keskimäärin 10 senttiä (v. 2012). Motti kuivaa koivuhalkoa painaa noin 300 kg. Sen sisältämän energian rahallinen arvo on tämän laskeلمان perusteella  $300 \times 5 \times 0,1 \text{ €} = 150 \text{ €}$ , kun sitä verraan sähköenergiaan. Koivuhalkomotin myynti-



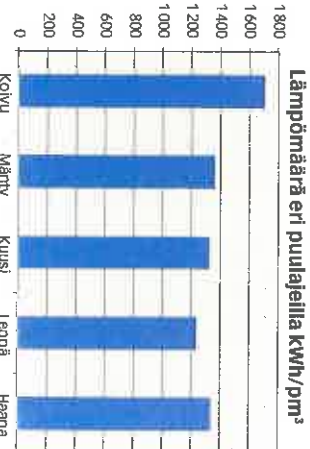
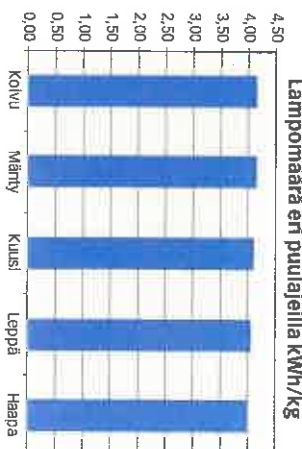
Yhden kWh:n energia kuluu sähköpatterilla puolesta tunnissa, mutta taskulamppu saa polaa kuukauden yöitä päivää samalla energiamäärällä

| Suure   | Lämpöpatteri | Taskulamppu |
|---------|--------------|-------------|
| Energia | 1 kWh        | 1 kWh       |
| Teho    | 2000 W       | 3 W         |
| Aika    | 0,5 h        | 1 kuukausi  |



hinta kotiin kuljetettuna on vuonna 2012 noin 50-60 €

Energian suuruusluokkia käsiteltäessä usein sekoitetaan energiamääriä ja tehon käsitteet. Energia on jokin määrätyn kokoinen kokonaisuus, joka hankitaan, ostetaan, siirretään, tuhlataan tai hyödyksi käytetään haluttuna ajanjaksona. Teho taas kuvaa energian ja ajan keskinäistä suhdetta. Teho muodostuu, kun jokin energiamäärä käytetään määrätyn ajan kuluessa. Motti halkoja on energiamäärä, joka on stourunut puuhun kemiallisena energiana. "Pesä halkoja päivässä" on jonkinlainen ilmaisu lämmitystehosta.





## Puun lämpöarvo

1 kg kuivaa puuta sisältää energiaa noin 5 kWh, joten puunkulutuksen voidaan laskea olevan omakotitalossa noin 4 000 kg vuodessa. Koska puu on aina jonkin verran kosteaa ja puulämmityksen hyötysuhde on väistämättä sähkölämmityksen hyötysuhdetta huonompi, vuositahnen puunkulutus on arvioitavissa noin 5 000 kg:ksi. Kaikki polttopuulajit sisältävät melko tarkoin saman energiamäärän kiloa kohti. Moiteiksi muutettuna tilanne kuitenkin muuttuu. Koivunnoiteja tarvitaan vähemmän kuin kuusi-puunnoiteja, koska koivu on selvästi kuusipuuta painavampaa.

Tarkkoja kiintokuutiopainoja ei puulle voida antaa, koska puun tiheys on riippuvainen monista tekijöistä. Kuutiopainoon vaikuttaa eniten puun kosteus, mutta merkitystä on myös puun kasvupaikalla, kasvunopeudella sekä sillä, mistä kohdasta runkoa polttopuu on otettu. Liktimäättäiset tiheyzarot voidaan antaa sekä tuoreelle että esimerkiksi 15 %:n kosteusolosuhteille puulle.

Puun lämpöarvo kertoo, kuinka tehokkaasti pollettava puu lämmittää. Kuivan polttopuun lämpöarvo on suurempi ja päästöt vähäisempiä kuin kostean puun. Koska koivu on puulajeistamme tihein, sen lämpöarvo tilavuusyksikköä

| Puulaji | Lämpöenergia kWh/kg | Lämpöarvo kWh/g·m <sup>3</sup> |
|---------|---------------------|--------------------------------|
| Koivu   | 4,15                | 1 700                          |
| Mänty   | 4,15                | 1 360                          |
| Kuusi   | 4,10                | 1 320                          |
| Leppä   | 4,05                | 1 230                          |
| Haapa   | 4,00                | 1 330                          |

kohden on suurin. Pinokuittometri kuivaa koivupilkettä vastaa energialtaan 170 litraa kevyttä polttoöljyä.

Taulukossa 2 on nähtävissä, kuinka korkeako puun kosteusprosentti laskee tehollista lämpöarvoa (huomaa myös paino pinokuituota kohti). Tiheys ei siis ole kiintopuun tiheyttä. Puun painoa eri tiloissa voidaan kuvata myös sivun 29 Ilkjarvoisella taulukolla 3.

Puun täsmällisiä energia-arvoja on hankala antaa. Esimerkiksi puun tuoretiheys riippuu paljon siitä, onko puu kaadettu talvella vai kesällä. Talvella puun tuoretiheys on huomattavasti korkeampi kuin kesällä. Taulukon 2 kuivatteen vaikutusta paljon puun syyrakenteen ja solukon solujen seinämäpaksuus, kansanomaisesti sanottuna se, onko puu tiukkaa vai "höttöpuuta". Taulukon 1 suuri ero taulukkon 2 verrattuna selittyy kosteusprosentista.

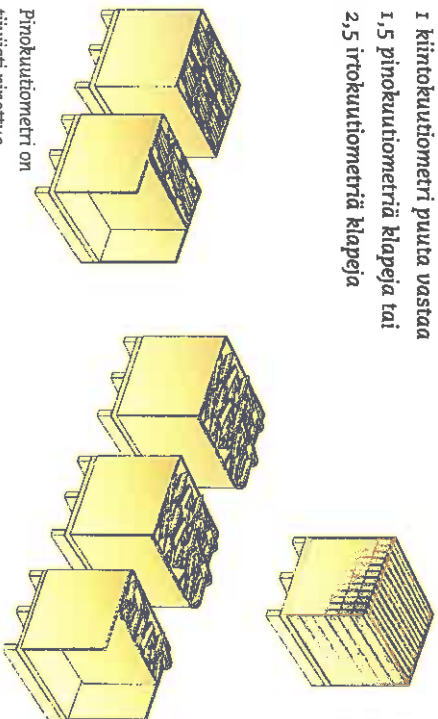
Kiintokuution, pinokuution ja irtokuution suhteista ei myöskään voida sanoa mitään tarkkaa. Voi olla myös niin, että halkojpinomotiasta ei saadaakaan täyrtä klappinmotittia, koska pidempi puu vie enemmän tilaa sen epäsuoruden vuoksi - epäsuorudet oikeinevat, kun puu sahataan kolmeen osaan. Rankapinoa hankittaessa tai myytessä on täysin mahdollista, että rankamotiasta tulee vain puoli klappinmotittia.

Puulämmittäjää kiinnostaa ennen kaikkea, kuinka paljon hän saa halkomotistaan energiaa. Motista saatava lämmitysenergia riippuu kolmesta päätekijästä. Ensimmäinen ja tärkein on puun kosteusprosentti. Märkkää puuta ei kerta kaikkiaan ole mitään syytä polttaa. Pollettava puu ei saisi sisältää yli 25 prosenttia kosteutta (ks. luku Puun kuivaus ja säilytys). Toinen tärkeä tekijä on se, miten ja minkälaisessa uunissa puu poltetaan. Lisäksi on syytä olla tietoinen, kuinka paljon puuta ostettu motitt sisältää kiloina.

Taulukko 2

| Puu   | Kosteus % | Tiheys (kg/g·m <sup>3</sup> ) | Tehollinen lämpöarvo kWh/kg | Tehollinen lämpöarvo kWh/g·m <sup>3</sup> |
|-------|-----------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|
| Haapa | 25        | 340                           | 3,7                         | 1 260                                     |
| Koivu | 25        | 425                           | 3,8                         | 1 580                                     |
| Kuusi | 25        | 320                           | 3,8                         | 1 210                                     |
| Leppä | 25        | 335                           | 3,7                         | 1 250                                     |
| Mänty | 25        | 360                           | 3,9                         | 1 390                                     |

1 kiintokuutiometri puuta vastaa 1,5 pinokuittometriä klapeja tai 2,5 irtokuutiometriä klapeja



Irtokuutiometri (irtomotti) on sekaisin olevaa puutavaraa. Irtomotiasta käytetään myös nimityksiä heittomotti.

Taulukko 3

| Puulaji | Puun paino kg/m <sup>3</sup> |       | Pinokuitto |       | Irtokuuti |       |
|---------|------------------------------|-------|------------|-------|-----------|-------|
|         | tuore                        | kuiva | tuore      | kuiva | tuore     | kuiva |
| Koivu   | 920                          | 500   | 613        | 333   | 368       | 200   |
| Mänty   | 890                          | 410   | 593        | 273   | 356       | 164   |
| Kuusi   | 800                          | 380   | 533        | 253   | 320       | 152   |
| Leppä   | 780                          | 390   | 520        | 260   | 312       | 156   |
| Haapa   | 780                          | 390   | 520        | 260   | 312       | 156   |

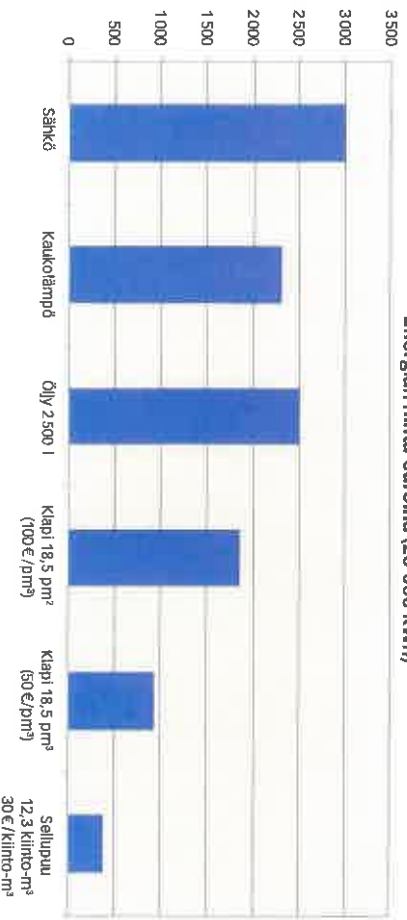
Kiintokuutiometri on 1,5 pinokuituota p-m<sup>3</sup> ja 2,5 irtokuutiota i-m<sup>3</sup>

Ajan myötä on alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota asuntojen lämmityksen kokonaisvaikutukseen niin kustannusten, työmäärän kuin päästönkin suhteen. On ilmeistä, että lämmityskustannukset tulevat yhä nousemaan tuotettua kilowattituntia kohden ja että eri energiamuotojen hinta nousee riittävästi. Öljyn ja maakaasun energian hinnannousu nostaa väistämättä sähkön hintaa, koska sähkö valmistetaan aina osittain näistä energioista. Myös kaukolämmön tuottamiseen käytetään osittain fossiilisia polttoaineita, vaikka biopolttoaineiden osuutta kaukolämmössä pyritäänkin lisäämään. Muiden energiamuotojen hinnannousu vaikuttaa puuenergian hintaan jo kysynnän ja tarjonnan seurauksena. Puu kykenee kuitenkin kilpailemaan hinnallaan hyvin, on sen tuottamista mikä hyvänsä.

#### Puun polton tulevaisuuden näkymiä

- Puun käyttö energian tuotannossa lisäänty öljyn kalistumisen myötä.
- Puun käytön lisääntyminen saattaa olla niin voimakasta, että se taitamattoman hoidon vuoksi heikentää maailman metsien hiilidioksidin tuotannon tehoa merkittävästi.
- Energiapuun hinta nousee.
- Puun polton säädöt kehittyvät myös puun pienpoltoissa. Savukaasujen poistumislämpötilaa tullaan laskemaan alemmas. Palamislämpötilaa säädetään automaattisesti palotapah-tuman ja savukaasujen lämpötilojen sekä savukaasuanalyysin mukaan. Savukaasuja mitataan happipitoisuutta, hakepitoisuutta ja hiilivetyrikoisuutta säätöjen määrittelymiseksi.

Energian hinta euroina (20 000 kWh)



- Puun pienpoltoon kehittää ajatellaan eri-laisia standardeja tulipeskoon ja muodon sekä polttoainepainoksen yhteistäistämiseksi.
- Polttopuutuotanto kehittyä ja saa uusia muotoja.
- Polttopuun varastointi ja kuivaustavat kehittyvät.

#### LÄMMITYSMUOTOJEN VERTAILU

Vertailussa omakotitalon eri lämmitysmuotoja on energiakulutusta saatava yhteismitalliseksi.

Vertailuja on mahdollista tehdä esimerkiksi näin: Puun lämpöarvo on 18,5–19,5 MJ/kg, eli kilogramma kuivaa puuta sisältää kemiallisesti sitoutunutta energiaa 18,5–19,5 MJ eli megajoulea. Joule (J) vastaa suuruudeltaan wattisekuntia (Ws). Mega (M) tarkoittaa puolestaan miljoonaa (eli 10<sup>6</sup>).

Vertaamalla puun lämpöarvoa tutumpaan energiayksikköön kilowattituntin (kWh) päästään käsitykseen energian rahallisesta arvosta: 18,5–19,5 MJ vastaa 5,14–5,42 kWh:a.

Yksi kWh maksaa vuonna 2012 noin 10 senttiä. Näin saamme selville, että kilogramma kuivaa polttopuuta antaa lämpöenergiaa, joka sähkönä ostettuna maksaisi reilu 50 senttiä.

Omakotitalon keskimääräinen 20 000 kilowattitunnin vuosittainen energiankulutusarvo maksaa sähkönä ostettuna noin 2 500–3 000 euroa (vuonna 2012). Öljylämmityksellä saadaan litraa

- Metsien hoito kehittyä myös polttopuun tuotannon kannalta.
- Metsien määrää ja tottona polttopuun korjauksen lisääntymistä heikenee maailmalla, mutta kehittyä vähitellen lähelle Suomen harjoitettua kestävää kehitystä.

kohden noin 10 kilowattituntia (11,8 kWh/kg = 42,7 MJ/kg). Lämmityksen hyötysuhde saadaan helposti 80 prosenttiin, joten öljyä tarvitaan 20 000/0,8 × 10 kg = 2 500 litraa. Tämä maksaa vuonna 2012 noin 2 500 euroa.

Täysin kuivasta polttopuusta saadaan lämpöenergiaa noin 5 kWh ja ulkokuivasta puusta noin 4 kWh kilolta. Kun hyötysuhde on noin 80 %, saadaan kilosta polttopuuta lämpöenergiaa 3,2 kWh.

Omakotitalon vuotuiseen lämmitykseen tarvitaan näin laskien 20 000/3,2 kg = 6 250 kg polttopuuta. Koska pihnomotti koivua painaa 340 kg, tarvitaan mottia 6 250/340 kappaletta = 18,5 mottia. Tämä maksaa Savon seudulla vuonna 2012 kalleimmillaan valmiina kuivina klapelina noin 1 850 euroa. Halvimmillaan polttopuu on koivuseulupuu, jota voi saada hintaan 20 €/pihomotti (myydään kilnintomotteina: 30 €/kilnintomotti). 20 000 kWh:n energian hinnaksi tulee tällä yhtälöllä vain 370 € – sekä paljon työtä.

## Näin lämmität

### Oikealla tavalla polttaminen

Kuinka puuenergiasta saadaan mahdollisimman suuri osuus hyödyksi? Taitavalla polttolalla ja asianmukaisilla lämmitysuneilla sitä on mahdollista saada hyödynnettyä 90%, kun sen sijaan huolimattomalla lämmityksellä puuenergiasta voi palaa hukkaan jopa 80%.

Omakotitalossa lisälämmön tuottajana on useimmiten varaava puu-uuni. Kevytakenteisen uunin lämmittämiseen riittää yhden pesän polttaminen. Painavampaan varaavaan uuniin voidaan lisätä puuta polton aikana kerran tai kahdesti.

Polttopuupesällisen sytyttäminen päältä on osoittautunut tutkimuksissa\* alta sytyttämistä paremmaksi sytytystavaksi. Päältä sytyttäessä puusta haihtuvat kaasut palavat tarkemmin ja pienhiukkasia syntyy vähemmän. Näin myös polttamisen hyötysuhde saadaan paremmaksi.

Päältä sytytettäessä tuli kuumentaa puuta alapuoleltaan, ja kun puiden kaasu nousee päällä olevan tulen läpi, puut myös palavat tehokkaasti. Alla oleva tuii kyljä kaasunnutta puuta tehokkaasti mutta ei polta syntyneitä kaasuja tarkoin, vaan jättää runsaasti palamatonta kaasuja ja pienhiukkasia piipusta tulevan savun vuun. Tämä näkyy myös piipusta tulevan savun voimakkaan tummana värinä.

\* Erilisiä tutkimuksia ovat tehneet esimerkiksi Motiva, Tekes ja Ilmatieteen laitos. Esimerkiksi vuonna 2011 julkaisun, Tekesin ja ympäristöministeriön rahoittaman PUPO-tutkimusohjelman toteuttanut yhteistyössä VTT, Kuopion yliopisto, Yötehoosena, Ilmatieteen laitos KTL, Yötehoosena sekä YTV. Tutkimuksen keskeisenä kohteena oli Kuopion Kärkimäen kaupunginosa.

Tulisjälle on huolehdittava sopiva ilmamäärä eri palotilanteissa. Puun luovuttama kokonaislämpöenergia saadaan suureksi, kun sytytysvaiheessa pidetään huoli runsaasta ilman saamisista myös puiden alta. Tämän vuoksi ensimmäinen pesällinen ladotaan ilmavasti. Kun palaminen on jo voimakasta, säädetään veto sopivaksi niin, että palaminen on melko voimakasta. Näin puut pääsevät palamaan hyvin ja korkealla lämpötilalla. Liian matala palamislämpötila saa aikaan vajaan palamisen ja sen myötä epäedullisen hyötysuhteen, häikäkaasua ja hiukkaepästöjä.

Palamistapahtuma on ihanteellinen, kun veto on oikean suuruisen ja palopätkä oikea. Hyvän tuloksen päästään johtamalla palamisilmaa palokohteen alapuolelta. Tämän lisäksi johdetaan sekundaariveto palokohteen päälle, jolloin alkuperäinen tapahtuva tehokkaan puun kaasunutumisen seurauksena kaasut palavat täydellisemmin. Klassisissa helleissa ja uuneissa primääriveto käy tuhkaluokun kautta arinan läpi palokohteeseen ja täytti uunkun alareunan kautta palokohteen päälle.

### Vedon merkitys

Vedon voimakkuus niin primääri- kuin sekundaarivedon osalta on olttava kuhunkin palovaiheeseen sopiva. Alkupalamisen on tapahtuttava voimakkaasti, eikä vetoa ole syytä pantata liikaa. Kitupolito on pahimpia hiukkasto-ot-tapoja. Kitupolito aiheuttaa myös hormien piteentymistä ja otollisia olosuhteita noxiipalolle. Alkupalamisessa ei kuitenkaan saa olla liikaa ilmaa, niin että palo alkaa humahdaen. Hyvin voimakkaalla ja tehokkaalla polttamisella suuri osa lämpöenergiasta karkaa piipusta liian ilmamäärän ja korkean savukaasulämpötilan mu-

kana. On siis haettava optimiarvoja vetoa säädettäessä. Riittävä vetoa on pidettävä yllä niin kauan kuin puut palavat voimakkaana liekki-palamisena.

Myös puiden lisäämisen ja niiden polttamisen aikana pidetään riittävä vetoa yllä. Puuta lisätään hiipuvan hilloksen päälle. Liekkien päälle ladottu toinen pesällinen syttyy rajusti ja nopeasti, jolloin palaminen jää epätydelliseksi ja puusta saadaan hyödyksi vain osa sen lämpöenergiasta. Lisättävät puut voivat olla suurempia, ja ne voidaan asettaa tiiviiseen muotoon palavan hillokselle laskeutuneen pesällisen päälle. Puiden suurempi koko ja tiiviimpi latominen estää lisättyjen puiden liian nopean kaasunutumisen ja mahdollista sen, että kaikki kaasunnut puu myös palaa eikä poistu piipusta palamattomana.

Hillosvaiheessa ilman kulutus on huomattavasti vähäisempää ja niin primääri- kuin sekundaariveto voidaan pienentää. Vedon säätämisessä käytetään pääosin imupuolen primääri- ja sekundaarivedon säätöä. Jos palaminen on liian voimakasta, vedon voimakkuutta voi hillitä myös savupellin säädöllä. Varsinkin kolmeen kerrokseen rakennettujen ns. rintamialojen keilarisaunujen piiput vetävät korkeutensa vuoksi niin voimakkaasti, että palaminen on erittäin rajua. Hyvin voimakkaalla palamisella pesällinen palaa hetkessä ja palokaasut poistuvat piipusta liian kuumina viiden runsaasti energiaa mukanaan. Kun palon voimakkuutta hillitään savupeltisäädöllä, palotapahtuman hyötysuhde paranee.

Hyötysuhde on parhaimmillaan, kun paloilma ohjataan sekä täytti uunkun alaosassa että tulipesän uunirakenteen sivuilta tulipesän sivulle aina takaosaan asti palokohdan yläpuolelle. Valmistusunien valmistajat kiinnittävät

### Tulipesän täyttämisen

Asettele ihtran maitotökin kokoon pilkkotut puut vaaka-asentoon. Lado puut harvakseltaan niin, että suuremmat tulevat alle ja pienimmät päälle. Jätä ylimmäksi jonkin verran hyvin pienikokoisia puuta. Käytä syykkeenä lastuja, tikkua, tuolta, paperia tai syytyksipaloja.

### Tarkkalle savupiipusta tuleva savu

Savun tulisi muuttua pian sytyttämisen jälkeen vaaleaksi. Saasteittomasti ja hyvällä hyötysuhteella tapahtuva palaminen tuottaa piipusta vain heikosti havaittavaa värilyä.

Tumma, pahalle haiseva savu kertoo huonosta ja saastuttavasta palamisesta. Kunnollisessa uunissa oikein poltettuna kuivat puut eivät aiheuta haitallista savuainetta.

uusissa uunimalleissaan runsaasti huomiota nimenomaan palotapahtuman hyötysuhteeseen.

Saatavana on myös automaattisia vedon-säätöjärjestelmiä. Automaattikka tutki palon eri vaihteita, palokaasujen koostumusta ja palokaasujen poistolämpötilaa ja säätelää paloilman saantia optimaarivoinin. Nykyteknikalla on mahdollista ohjata palotapahtumaa optimaariseksi, kun mitataan poistuvan savukaasujen häikäpitoisuutta, happipitoisuutta, palamatonta jäätettä hiilivetyä ja lämpötilaa. Huomiota olisi kiinnitettävä myös itse palotapahtuman lämpötilaan ja mielellään myös puupolitoaineen kosteuspitoisuuteen. Pellettipoltossa ja keskuslämmityspoltossa on tässä suhteessa edistytty jo paljon.





1. Polttopanos 5 kg kuivaa koivukäppä.  
Syykkeinä tikkuja ja tuolta.



2. Tulisijana on 1950-luvun pönttöuuni,  
jonka pesään puut ladotaan linnavasti:  
suuret alle ja pienet päälle, pinnalle  
runsaasti syykkeitä.



3. Syttymisvaihe.  
Luukku voidaan pitää raollaan.



4. Voimakkaan palon vaihe.  
Luukku suljetaan ja vetoiluukut avataan.



5. Hiilloksen syntyvaihe.  
Vetoiluukkuja pienennetään tässä vaiheessa.



6. Hiilospalamisen vaihe.  
Veto säädetään huomattavasti pienemmälle.



7. Puiden lisääminen laskeutuneelle  
hiillokselle. Veto säädetään suuremmalle  
ja palamisen annetaan jatkua  
voimakkaana (muistettava kuitenkin  
kohtuus ja hallittavuus).



8. Lisätyt puut palavat voimakkaasti luukku  
suljettuna ja veto riittävän suureksi  
säädetyinä.

## Palamistapahumassa tarvittavan

### ilman määrä

Puukilo tarvitsee palaakseen teoreettisesti 3,7 m<sup>3</sup> ilmaa. Erityisen tarkalla palotapahumassa ohjauksella ja valvonnalla voidaan lähelle tätä arvoa tulevaisuudessa päästääkin. Nykytilanteessa ihanteesta ollaan kuitenkin vielä kaukana.

Puukilon polttaminen tarvitsee nykytiedon perusteella hyvin palaakseen reilusti kaksinkertaisen määrän ilmaa teoreettiseen arvoon verrattuna. Normaalissa varaavassa tulstijassa kuluu ilmaa noin 8 m<sup>3</sup>. Jos yksi polttopanos on 5 kg puuta, tarvitaan sen polttamiseen 40 m<sup>3</sup> ilmaa. Kun tämä panos poltetaan tunnissa, on ilman tarve reilu 10 litraa sekunnissa.

Tämä ilmanäärä on luonnollisesti saatava jostakin tulen ruokkimiseksi. Nykytietämisen tiivistä rakennettu asunto saattakin osoittautua niin tiiviiksi, ettei vetoteknisesti oikein rakennettu ja riittävän pitkä piippu kykene pitämään vetoa yllä syntyvää alipainetta vastaan. Tätä ongelmaa ei ole vanhemmissa, ns. vapaasti hengittämissä rakennuksissa.

Koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä huomioi useissa asunnoissa puupolton vaatiman ilmamäärän. Kun koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä pitää huolen, että huoneistossa on sama tai aavistuksen ulkoilman painetta suurempi paine, ei veto-ongelmia pitäisi syntyä. Joissakin ilmastointilaitteissa on asia huomioitu erillisellä takkakytkimellä.

Puupolton tarvitsema lisäilma voidaan ohjata palotilaan myös suoraan ulkoilmasta erillisellä paloilmanakanavalla. Paloilman johtamisen suoraan ulkoilmasta takkaunniin on alan ammattihenkilöille kuuluva työ. Ise viriteytyt ulkoilmakanavat voivat tuoda mukanaan sekä kondenssivesihaittoja että veto-ongelmia.

## Puiden polttaminen ja vedon säätäminen

- Tyhjänä turkkaita pehdistään (saunan kiukaasta ja karniinasta ennen jokaisaa sytytystä).
- Käytä vain kiviä pottopuuta.
- Lado puut harvakseltaan, suuret alle ja pienet päälle.
- Jätä noin puolet tulipesän korkeudesta vapaaksi pihon yläpuolelle (tulipesä jatkuu usein suulukuun yläpuolelle)
- Säädä veto suurelle.
- Huolehdi sekä ensi- että toisiovedosta.
- Pidä peiti täysin auk- asennossa.
- Sytytä tuli puiden päältä ja käytä riittävästi sytykkeitä.
- Pidä suuluukku osittain avoimena sytytyksen ajan (luukun takana mahdollisesti oleva kipinäluukku on kiinni)
- Kun palaminen on alkanut voimakkaasti, säädä vetoa pienemmälle kaikista paloilman syöttökohdista.
- Erityisen pitkä savupiippu antaa alakerrokseen todella hyvän imun. Säädä imua pienemmälle sulkeamalla peiliä pellin varteen tekemääsi maallimerkkiin (merkin voi tehdä sopivaan kohtaan kokemuksen perusteella)
- Lisää laskeutuneen hiililoksen päälle suurempikokoista puuta tiiviisti latteen.
- Vähennä reilusti sekä ensi- että toisiovetoa palovaiheen vaihtuessa hiiliospaioon.
- Sulje peit kokonaan vasta hiililoksen täysin tummuttua. (Varha kansantietämys "kun hiililoksessa ei enää esiinny sinisiä liekkejä, on hääkäära ohitettu" ei kaikissa oloissa pidä paikkaansa.)

- Pellissa voi käyttää häkävarkausta, joka päästää ilian aikaisin suljetun pellin takaa häkäkaasut ulos.



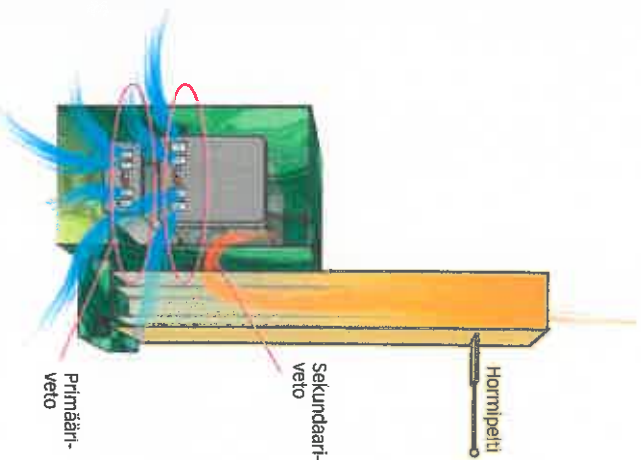
- Käytä tulipesän läheisyydessä häkävaroitinta. Palovaroitin ei tunnista häkäkaasua.



## Häkävaroitimen saa parilla kymppillä

- Jos veto on huono
- Yleisin syy huonoon vetoon on kosteus. Täällin uuni vetää vain vähän aikaa ja veto loppuu pian. Huono veto voi johtua myös siitä, että ilma ulkona on lämpimämpi kuin sisällä.
- Koneellinen ilmanvaihto voi aiheuttaa alipainetta. Uuni on ollut pitkään käytännä, jolloin myös veto heikkenee.
- Jos epäilet, etten vetoa ole, polta testiksi muutama sanomalentakaama rufattuna nokkiliukuksa.

## Vedon säätö: primaari- ja sekundaariveto sekä piippupeili.



Uunin kytkäkaavat johtavat sekundaari-ilmaan suoraan liekkien päälle. Joitkut uuninvalmistajat johtavat sekundaarivedon suoraan puiden päälle uunin tulipesän kyijissä olevista kanavista.