

METSÄN TARJOAMAT FYYSISET HYÖDYT YHDYSKUNTASUUNNITTELUSSA

SEPPÖ KELLOMÄKI

SUMMARY:

BENEFITS OF FORESTS IN URBAN ENVIRONMENT

Saapunut toimitukselle 1979-03-16

Esitelmässä on kartoitettu niitä fyysisiä hyötyjä, joita metsät tarjoavat yhdyskuntasuunnittelussa. Erityisesti on pohdittu puuston vaikutusta melun etenemiseen, ilman epäpuhtauksien suodattamiseen sekä rakennettujen alueiden ilmastoinnaisuuksiin. Tarkastelu osoittaa metsiköiden antavan 6–7 dB:n suuruisen lisävaimennuksen verrattuna puuttomiin alueisiin. Lisäksi puustot voivat suodattaa 20 000–30 000 kg/ha/v kiinteitä ja kaasumaisia ilman epäpuhtauksia. Eräitä näkökohtia kaupunkimetsien tarkoituksenmukaisesta käsittelystä on esitetty.

JOHDANTO

Metsäkasvillisuus tarjoaa rakennettavan ympäristön suunnittelussa monia mahdollisuuksia. ROBINNETTE (1972) jakaa kasvillisuuden tarjoamat mahdollisuudet arkkitehtonisiin, teknologisiin ja esteettisiin. Arkkitehtoniset ja esteettiset mahdollisuudet käsittävät paitsi puun- ja pensaskasvillisuuden soveltamisen tilojen jäsentelyyn myös metsien käytön virkistystarkoituksiin. Teknologisia sovellutuksia ovat puu- ja pensaskasvillisuuden käyttö liikennemelun vaimentamiseen, ilman epäpuhtauksien suodattamiseen sekä paikallisten ilmasto-olosuhteiden parantamiseen. Eri sovellutukset kytkeytyvät kiinteästi toisiinsa, ja tavallisesti tiettyyn tarkoitukseen tehty ratkaisu tuottaa

myös muita hyötyjä. Tässä esityksessä tarkastellaan kuitenkin ennen muuta metsäkasvillisuuden teknologisia sovellutuksia rakennettujen ympäristön suojelemiseksi yhdyskuntamelulta ja ilman epäpuhtauksilta sekä metsäkasvillisuuden käyttöä ulkotilojen mikroilmastollisen viihtyisyyden parantamiseen.

Artikkeli pohjautuu suomalais-neuvostoliittolaisena tieteellis-teknisenä yhteistyönä tehtävään projektiin »Luonnonolosuhteiden huomioonottamisesta uusien asuinalueiden suunnittelussa». Asuntohallitus on tukenut työtä myöntämällä apurahalla. Metsänhoitaja Aura Lakka on avustanut työn valmistelussa. Esitän kaikille esitelmän syntyn vaikuttaneille parhaat kiitokseni.

METSÄN VAIKUTUS MELUN ETENEMISEEN

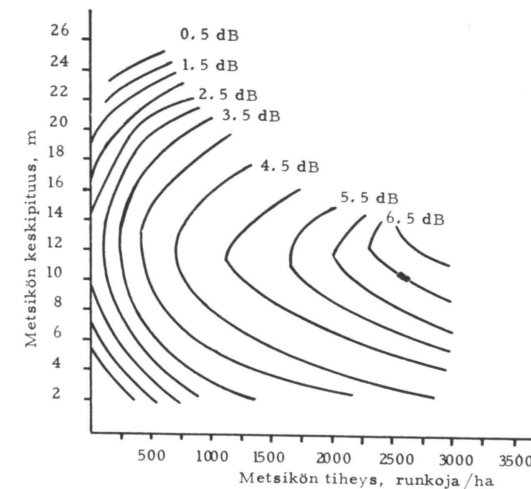
Melu on äänienergiaa, joka alentaa ihmisen fyysistä ja psyykkistä hyvinvointia. Äänienergia etenee palloaaltoina, joiden intensiteetti vähenee verrannollisena etäisyyden neliöön. Esteettömässä tilassa melutaso alenee 6 dB jokaista etäisyyden kaksinkertaistumista kohti ns. geometrisena vaimenemisena, mikäli säätelijät eivät vaikuta melun etenemiseen. Säätelijöiden lisäksi melun etenemiseen vaikuttavat myös mm. maaston topografiset suhteet ja kasvipeite.

BECK (1965) korostaa absorbtion merkitystä arvioitaessa erityyppisten puu- ja pensaskasvustojen melunvaimennuskapasiteettia. Parhaimman melunsuojauksen antavat puulajit, joiden lehdet ovat suuret ja järjestäytyneet ruusukkeisesti, kohtisuorasti melun etenemiseen nähden. Suuri oksien sekä neulasten ja lehtien tiheys kasvuston sisällä myös kohottaa puuston melunabsorbtiokapasiteettia. BECKIN (1965) mukaan havupuiden melunvaimennuskyky on yleensä heikompi kuin lehtipuiden, mutta ympäri- vuotisessa vaimennuksessa havupuut ovat kuitenkin selvästi edullisempia kuin lehtipuut (vrt. WIENER ja KEAST 1959).

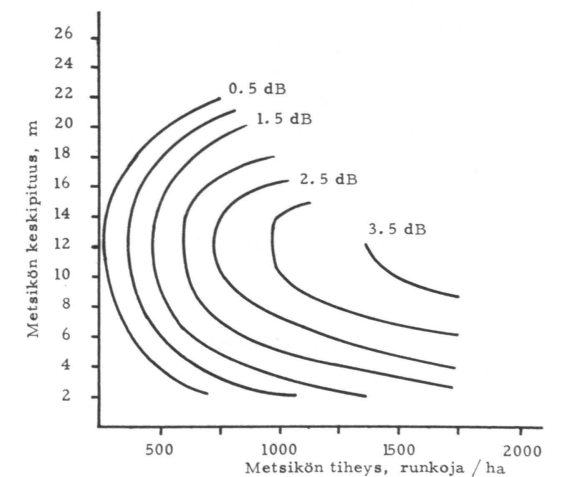
Melun vaimenemiseen vaikuttaa myös se, missä kehitysvaiheessa puusto on. COOKIN ja HAVERBEKEN (1971) mukaan sekä puus-

ton pituus että tiheys vaikuttavat metsikön melunvaimennuskapasiteettiin. KELLOMÄKI ym. (1976) ovat osoittaneet sekä kuusiköiden että männiköiden melunvaimennuskyvyn kohoavan aina 12 metrin pituuteen saakka. Tämän jälkeen runkojen karsiuduttua puuston melunvaimennuskyky vähenee nopeasti. KELLOMÄEN ym. (1976) mukaan kohoaa tiheiden (2 000–3 000 runkoa/ha) kuusiköiden antama lisävaimennus noin 7 dB:iin, jos puuston pituus ei ylitä 12 metriä (vrt. kuvat 1 ja 2). Vastaavanlaisissa männiköissä kohoaa lisävaimennus vain 3,5 dB:iin. COOKIN ja HAVERBEKEN (1971) mukaan voi tiheiden ja sopivista puulajeista koostuvien metsiköiden antama lisävaimennus kohota parhaimmillaan 10–15 dB:iin (vrt. myös BECK 1965).

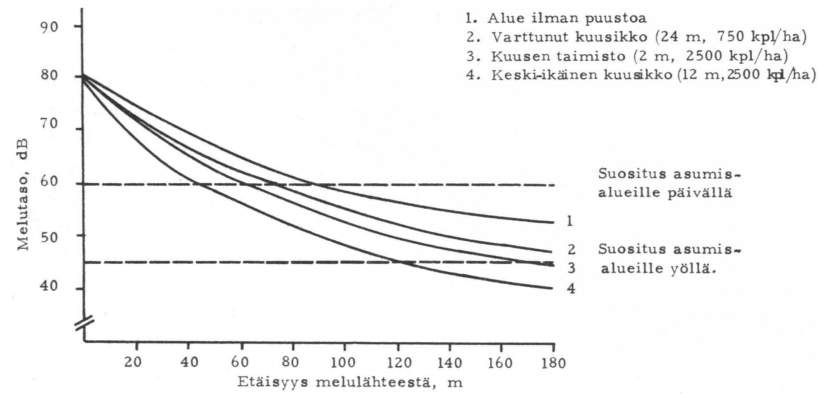
Vallitseva melutaso määräytyy melunlähteen voimakkuuden, melunlähteen etäisyyden sekä melun etenemiseen vaikuttavan kasvillisuuden, maastonmuotojen ja meteorologisten tekijöiden perusteella. Puuston vaikutusta melun etenemiseen on havainnollistettu kuvissa 3 ja 4. Vertailuarvoksi on otettu lääkintöhallituksen suositus suurimmista, asuntoalueilla sallituista melutasoista, 60 dB päivällä ja 45 dB yöllä. Melunlähteen tasoksi on oletettu 80 dB. Havaitaan, että



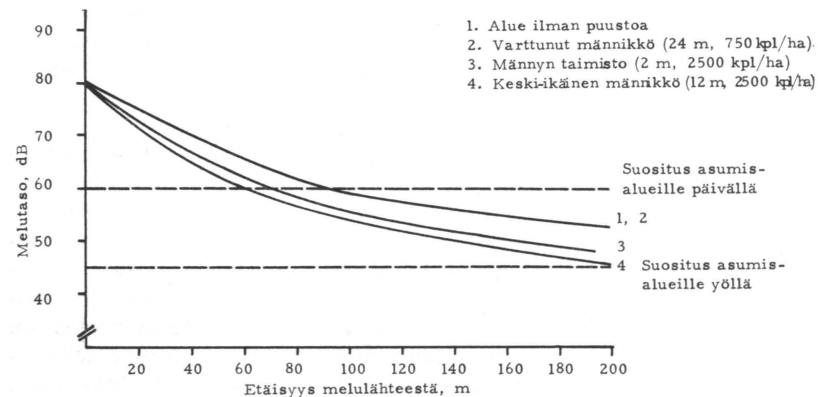
Kuva 1. Kuusiköiden antama lisävaimennus puuston tiheyden ja pituuden funktiona (vrt. KELLOMÄKI ym. 1976).



Kuva 2. Männiköiden antama lisävaimennus puuston tiheyden ja pituuden funktiona (vrt. KELLOMÄKI ym. 1976).



Kuva 3. Esimerkki kuusikon vaikutuksesta melutasoon puuston ominaisuuksien ja melulähteen etäisyyden funktiona.



Kuva 4. Esimerkki männikön vaikutuksesta melutasoon puuston ominaisuuksien ja melulähteen etäisyyden funktiona.

ilman puuston antamaa lisävaimennusta 60 dB:n melutaso saavutetaan 90 metrin päässä melunlähteestä. Vastaava taso kuusen taimistossa saavutetaan 65 metrin, keski-ikäisessä kuusikossa 45 metrin ja vanhassa kuusikossa 75 metrin etäisyydellä melunlähteestä. Yöllä suositeltu 45 dB:n melutaso

puolestaan saavutetaan taimistossa 190 metrin, keski-ikäisessä metsikössä 125 metrin ja vanhassa metsikössä 230 metrin päässä melunlähteestä. Pelkkä geometrinen alenema ei tässä tapauksessa yllä suositellulle tasolle. Männiköiden vastaavat metrimäärät ovat selvästi suuremmat kuin kuusikoiden.

METSÄN VAIKUTUS ILMAN EPÄPUHTAUKSIEN LEVIÄMISEEN

Kaupunkialueilla on ilmassa runsaasti sekä kiinteitä että nestemäisiä hiukkasia ja kaasumaisia aineita, jotka eivät kuulu ilman luonnolliseen koostumukseen. Pöly jaetaan tavallisesti leijuvaan ja laskeutuvaan pölyyn. Leijuva pöly sisältää hienojakoisia aineksia, jotka käyttäytyvät ilmassa kaasumaisesti ja laskeutuvat hyvin hitaasti. Laskeutuva pöly muodostuu kookkaista, sedimentoituvista hiukkasista. Kaasumaisten epäpuhtauksien

lisäksi voivat nämä läpimitaltaan 2–5 mikronin hiukkaset tunkeutua ihmisen keuhkorakkuloihin ja aiheuttaa haittaa terveydelle (vrt. NEUWIRTH 1965, BURCHARD 1975).

Kasvillisuus suodattaa ilman epäpuhtauksia joko sedimentoimalla tai sitomalla niitä pinnoilleen. Myös syntyvään kasvimassaan voi sitoutua ilman epäpuhtauksia niiden jouduttua kasvien kaasuaineenvaihduntaan.

Selvän rajan vetäminen eri suodatustapojen välille on usein mielivaltaista, ja sama kasvusto voi myös suodattaa usealla eri tavalla. Maahan sedimentoituvat tai kasveista huuhtoutuvat epäpuhtaudet saattavat sitoutua pysyvästikin kasvuston ravinnekiertoon ja poistua siten ihmisen toimintaympäristöstä (vrt. WARREN 1973).

WENZELIN (1960) mukaan metsä vaikuttaa pölyn sedimentoitumiseen aktiivisesti tai passiivisesti. Metsä suodattaa pölyä aktiivisesti, jos metsän sisään tunkeutuneet ilmavirrat heikkenevät ja epäpuhtaudet laskeutuvat maaperään ja kasvillisuuden pinnoille. Passiivinen suojavaikutus syntyy, kun metsä muodostaa esteen ilmavirtausten liikkeille. Ilmavirtaukset kohoavat metsän reunan yli ja laskeutuvat metsän taakse, minne syntyy ilmavirtausten pyörteitä ja pysähdyksiä. Näiden seurauksena ilmavirtauksissa syntyy nopeuden, suunnan ja paineen muutoksia, jotka edistävät ilman epäpuhtauksien sekoitumista ja sedimentoitumista. Epäpuhtaudet sedimentoituvat sekä metsän tuulen puolella että sen suojan puolella.

Metsiin sedimentoituvien ilman epäpuhtauksien määrä ja puuston ominaisuuksien vaikutus siihen tunnetaan heikosti. WARRENIN (1973) tekemän katsauksen mukaan voi sedimentoituminen varttuneissa männiköissä olla 35 000 kg/ha/v, vastaavanlaisissa kuusikoissa 32 000 kg/ha/v, jalokuusimetsiköissä 32 000 kg/ha/v sekä pyökkimetsiköissä 45 000 kg/ha/v, parhaissa tapauksissa jopa 68 000 kg/ha/v. LAKAN (1978) mukaan alle 10 metrin korkuisissa puustoissa pölyn sedimentoituminen on heikompaa kuin korkeissa yli 20 metrin pituisissa puustoissa. Myös pensaskerroksen esiintyminen näyttää edistävän sedimentoitumista, sillä pensaskerros hidastaa ilmavirtausten liikkeitä, jolloin epäpuhtaudet

laskeutuvat lyhyemmälle matkalle. Puuston tiheydellä ei ole havaittavaa vaikutusta sedimentoitumiseen (vrt. myös NEUWIRTH 1965). HERBST (1965) on todennut passiivisen sedimentoitumisen voivan tuulen puolella kohota viisinkertaiseksi verrattuna metsän suojanpuolisiin alueisiin. Voidaan olettaa, että sopivissa puustoissa voi ilman epäpuhtauksien sedimentoituminen Suomenkin olosuhteissa kohota ainakin 10 000–20 000 kg/ha/v.

Puuston kyky adsorboida ilman epäpuhtauksia näyttää määrääntyvän ennen muuta lehvästön ominaisuuksien, lehvästön määrän sekä puuston tuulenläpäisevyyden mukaan (vrt. WARREN 1973). GREGORYN (1961) mukaan tuuli irroittaa sileille lehdille adsorboituneet epäpuhtaudet helposti, eikä karheiden pintojen tarjoamaa adsorbtiokapasiteettia saavuteta. KELLERIN (1967) mukaan adsorboitui eräässä kokeessa samana aikayksikkönä kuusen sileille neulasille 114 ppm lyijyä neulasgrammaa kohti sekä karheapintaisille ja karvaisille lehdille 119 ppm ja 370 ppm lyijyä lehtigrammaa kohti. Esimerkiksi männyn ilmarakojen syvänteet aiheuttavat epätasaisuuksia, jotka edistävät epäpuhtauksien adsorboitumista (vrt. PODZOROV 1967, HAVAS 1971). Männyn adsorbtiokykyä kohottaa myös neulasten vähäinen liike tuulessa, minkä vuoksi neulaset eivät puhdistu tuulessa yhtä helposti kuin koivun ja haavan lehdet.

Myöskään metsän tarjoaman adsorbtiion suuruudesta ei voida esittää kuin summa-arvioita. Taulukossa 1 on esitetty eräiden puulajien adsorbtiomäärä neulas- tai lehtigrammaa kohti sekä tämän perusteella tehtyjä laskelmia vastaavien metsiköiden adsorbtiokapasiteetista (vrt. KELLER 1971). Havaitaan kokonaisadsorbtiion jäävän huo-

Taulukko 1. Eräiden puulajien adsorbtiotehokkuus KELLERIN (1971) mukaan.

Puulaji	Lehvästön adsorbtiio mg/g	Lehvästön massa kg/ha	Kokonaisadsorbtiio kg/ha
<i>Fagus sylvatica</i>	70	4 000	280
<i>Quercus robur</i>	90	6 000	540
<i>Picea abies</i>	30	14 000	420
<i>Pinus silvestris</i>	200	5 000	1 000

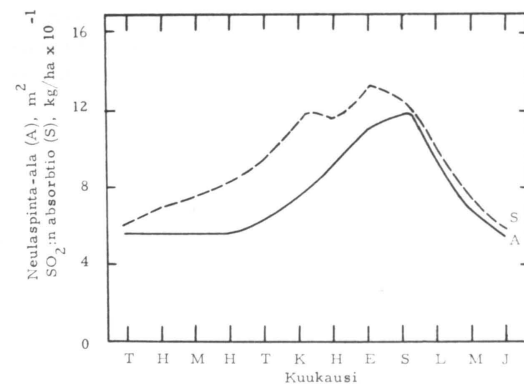
mattavasti vähäisemmäksi kuin vastaavan sedimentaation, sillä parhaimmassakin tapauksessa adsorbtiokoheus vain 1 000 kg:aan hehtaaria kohti vuodessa. Mänty on taulukon mukaan tehokkain adsorbioija. PODZOROVIN (1967) mukaan eräässä Leningradin lähellä tehdyssä kokeessa puusto sitoi 80 % maahan laskeutuvasta pölystä. Tästä männyn osuus oli peräti 40 % sekä koivun 24 % ja haavan 16 %. Myös STEUBING ja KLEE (1970) korostavat havupuiden paremmuutta ilman epäpuhtauksien adsorboinnissa. Havupuiden tehokkuutta lisää erityisesti niiden ympärivuotinen vaikutus. Parhain adsorbtiotulos näytetään saavan, jos vallitsevan puujakson latvuspeittävyys on 0,4–0,6, jolloin ilmavirtaukset tunkeutuvat helposti metsikön sisään (WENZEL 1960). Jos männyn adsorbtiokyvyksi oletetaan KELLERIN (1971) esittämä 200 mg neulasgrammaa ja vuotta kohti, saadaan MÄLKÖSEN (1974) esittämän aineiston perusteella männyn taimiston adsorbtiokapasiteetiksi Suomen olosuhteissa noin 460 kg/ha/v, keski-ikäiselle metsikölle noin 700 kg/ha/v ja vanhalle metsikölle noin 900 kg/ha/v.

Ilman epäpuhtauksien absorboituminen on kaikkein huonoimmin tunnettu suodattamisen muodoista. Voimakkain ja parhaiten tunnettu on adsorbtiokoheus, jonka seurauksena tapahtuu silmin havaittavia tuhoja tai puiden kuolemista (vrt. esim. BJÖRKMAN 1970). Lievemmissä tapauksissa ei adsorbtiokoheuta näkyviä vaurioita, vaikkakin esimerkiksi fotosynteesin tasossa tapahtuisi alenemista (vrt. esim. HAVAS 1971). Kolmantena tapauksena voidaan erottaa adsorbtiotaso, jonka vallitessa absorboitunut epäpuhtaus eivät vahingoita kasvin perustoimintoja (vrt. esim. MURPHY ym 1977). Periaatteessa absorboituminen tässä tapauksessa määräytyy tietyissä rajoissa fotosynteesinopeuden ja sitä säätelevien ekologisten tekijöiden mukaan. Tämän tapahtuman luonnetta on seuraavassa tarkasteltu rikkidioksidin tarjoamaa esimerkkiä hyväksi käyttäen.

Rikkidioksidin absorboituminen määräytyy ensinnäkin niiden ilmakehän prosessin perusteella, jotka vaikuttavat rikkidioksidin kulkeutumiseen absorboiville pinnoille. Myös absorboivien pintojen etäisyys rikkidioksidin lähteistä vaikuttaa rikkidioksidin adsorbtiomäärään. Itse absorboituminen on fysikaali-

nen ja kemiallinen tapahtuma, jossa rikkidioksidi liukenee lehden tai neulasen solunesteeseen. Jos solukkuun tunkeutuvan rikkidioksidin määrä on riittävän alhainen, lehti tai neulanen voi jatkuvasti absorboida sinne tunkeutuvan rikkidioksidin. Esimerkiksi MARTININ ja BARBERIN (1971) sekä ROBERTSIN (1974) mukaan voivat rikkidioksidin tarjonta ja adsorbtiokoheus olla pitkäaikojen aikoja tasapainossa.

MURPHY ym. (1977) olettavat rikkidioksidin tunkeutuvan lehteen tai neulaseen samalla tavalla kuin hiilidioksidin fotosynteesin yhteydessä. Rikkidioksidin absorboituminen riippuu rikkidioksidin tunkeutumisesta soluväleihin sekä sen liukenemisestä solunesteeseen. MURPHY ym. (1977) mukaan erityisesti ilmarakojen liike on tässä suhteessa ratkaiseva. Jos ilmarakojen liikkeen rikkidioksidin adsorbtiokoheus oletetaan säätävän samalla tavalla kuin hiilidioksidin fotosynteesin yhteydessä, voidaan rikkidioksidin adsorbtiokoheutta estimoida ilmastotekijöiden, rikkidioksidin liukenevuuden, rikkidioksidin pitoisuuden ja absorboivan pintalan avulla. MURPHY ym. (1977) ovat tällä perusteella laskeneet kuvassa 5 esitetyn arvion erään loblolly-männikön (*Pinus taeda* L.) rikkidioksidin adsorbtiokoheudesta vuotuisesta kulusta. MURPHY ym. (1977) tulokset vastaavat suuruusluokaltaan eräiden muiden puulajien rikkidioksidiadsorbtiokoheutta, kuten taulukossa 2 on esitetty. Jos adsorbtiokoheudeksi hehtaaria kohti kasvukautena oletetaan 1 kg/ha/kk (neulaspinta-



Kuva 5. Rikkidioksidin absorboitumisen vuotuisen kulun sekä lehtipinta-alan muutos eräässä loblollymännikössä MURPHY ym. (1977) mukaan.

Taulukko 2. Eräiden puulajien adsorbtiokapasiteetti lehtipinta-ala-yksikköä kohti MURPHY ym. (1977) mukaan.

Laji	SO ₂ adsorbtiokoheus kg/ha per tunti per ppb tilavuutta	Lähde
<i>Acer rubrum</i>	8.8 × 10 ⁻⁵	Roberts (1974)
<i>Betula alba</i>	8.6 × 10 ⁻⁵	
<i>Liquidambar styraciflua</i>	7.4 × 10 ⁻⁵	
<i>Fraxinus americana</i>	4.6 × 10 ⁻⁵	Bennett and Hill (1973) Murphy ym. (1977)
<i>Medicago sativa</i>	6.2 × 10 ⁻⁴	
<i>Pinus taeda</i>	2.2 × 10 ⁻⁴ tammikuussa 2.0 × 10 ⁻⁴ kesäkuussa	

ala 8,0 m²/m²) ja kasvukauden pituudeksi viisi kuukautta toukokuun alusta syyskuun loppuun, saadaan MÄLKÖSEN (1974) esittämän aineiston perusteella adsorbtiokoheudeksi suuruudeksi männyntaimistossa (neulaspinta-ala 3,4 m²/m²) 1,9 kg/ha, keski-ikäisen männikön (neulaspinta-ala 5,3 m²/

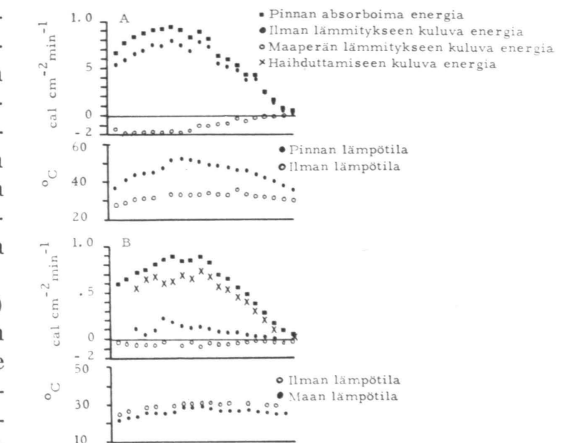
m²) 3,3 kg/ha ja vanhan männikön (neulaspinta-ala 6,6 m²/m²) 4,1 kg/ha. Rikkidioksidin pitoisuus ilmassa on oletettu 50 ppb:ksi. Havaitaan että adsorbtiokoheuden merkitys ilman epäpuhtauksien suodatuksessa on selvästi vähäisempi kuin sedimentoitumisen ja adsorbtiokoheuden.

METSÄN VAIKUTUS MIKROILMASTON OMINAISUUKSIIN RAKENNETUSSA YMPÄRISTÖSSÄ

Pohjoisissa olosuhteissa paikallisilmaston ominaisuudet voivat vaihdella voimakkaasti, mikä tarjoaa suppeillakin alueilla mikroilmastollisesti erilaisia rakennuskohteita. Eryteisesti ympäristön energiatasossa, lämpötilassa, kosteudessa ja tuulisuhteissa on vaihtelua, joka vaikuttaa ihmisten viihtymiseen ja asumiskustannuksiin. Tämä vaihtelu tulisi ottaa huomioon asuinalueiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Seuraavassa on esitetty muutamia esimerkkejä kasvillisuuden mikroilmastollisista vaikutuksista kaupunkiympäristössä.

Kuvassa 6 on esitetty MILLERIN (1977) mukaan asfalttipintaisen pysäköintialueen ja sen viereisen metsäalueen energiatase sekä ilman lämpötila ja maanpinnan lämpötila. Havaitaan, että asfalttipinnan ja lehti-puulatuksen absorboimat energiamäärät ovat samansuuruisia. Asfalttipinnalla pääosa energiasta kuuluu ilman lämmittämiseen, sen sijaan puustoisella alueella energia kuluu ilman lämmittämiseen, sen sijaan puus-

toisella alueella energia kuluu veden haihduttamiseen. Ilmavirtausten vuoksi eivät

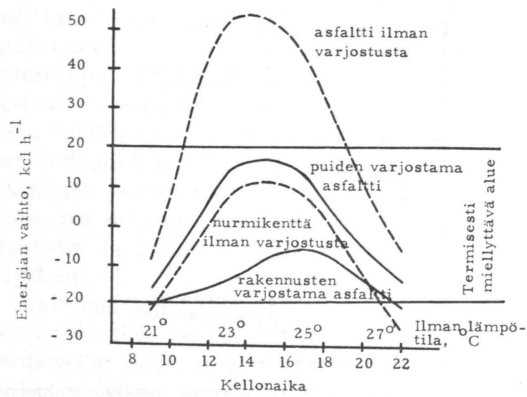


Kuva 6. Erään asfalttipintaisen pysäköintialueen (A) ja sen viereisen metsäalueen (B) energiabudjetti sekä ilman ja maaperän lämpötila eräänä aurinkoisena kesäpäivänä MILLERIN (1977) mukaan.

ilman lämpötilat vertailtavilla alueilla kuitenkin poikkeaa olennaisesti toisistaan. Sen sijaan asfalttipinnan lämpötila on huomattavasti korkeampi kuin puuston alla olevan maaperän.

MILLERIN (1977) tulokset osoittavat, että keinotekoisista materiaaleista luoduissa ympäristöissä ihmiset voivat joutua voimakkaan lämpöstressin alaisiksi, mikäli luonnonpintojen tarjoamaa puskurivaikutusta ei käytetä hyväksi. Vastaavasti voidaan puhua myös kylmyystressistä olosuhteissa, missä kehon lämmöntuotanto on alhaisempi kuin ympäristöön tapahtuva lämmönmenetys. ARENSIN ja BALLANTIN (1977) mukaan ulkotilojen viihtyisyys määräytyy viime kädessä ulkona oleskelijan lämpötasapainon mukaan. Kehon lämmöntuotannon tulee olla tasapainossa ympäristöön tapahtuvan lämmönmenetyksen kanssa. Kehon lämmönmenetykseen vaikuttavat mm. pukeutumisen laatu, hikoilussa tapahtuva evaporaatio sekä hengityksestä tapahtuva lämmönmenetys (vrt. ARENS ja BALLANTI 1977).

ARENSIN ja BALLANTIN (1977) mukaan tulosäteilyn määrä, ilman lämpötila ja tuuli vaikuttavat eniten ulkotilojen viihtyisyyteen. Puuston varjostusta hyväksi käyttäen voidaan jo ennakoita vaikuttaa ympäristöön lankeavan säteilyn määrään (vrt. MITSCHERLICH 1940). Suoran säteilyn lisäksi vaikuttaa ulkona liikkujan saamaan lämpömäärään erilaisten pintojen lähettämä lämpösäteily. Kuvassa 7 on esitetty PLUMLEYN (1977) aineiston perusteella ulkona liikku-

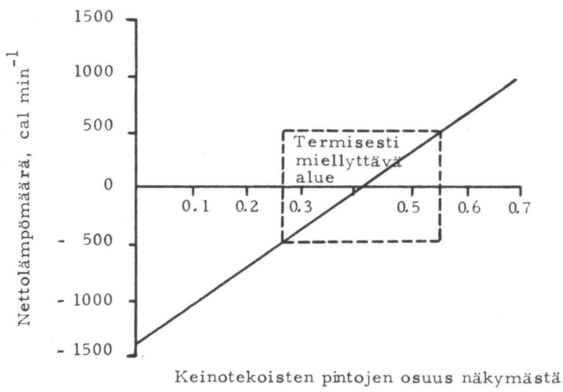


Kuva 7. Jalankulkijan lämmönvaihto ympäristön kanssa erilaisten pintojen luonnehtimissa ympäristöissä (PLUMLEY 1977).

jaan kohdistuva lämpömäärä erilaisten pintojen luonnehtimissa tiloissa ilman lämpötilan funktiona. Havaitaan, että varjostamattomilla asfalttipinnoilla ulkona liikkujaan kohdistuu lämpömäärä, joka ylittää suositukset lähes koko päivän ajan. Sen sijaan varjostetuilla pinnoilla lämpömäärä pysyy lähes koko päivän suositetulla tasolla.

STARKIN ja MILLERIN (1977) mukaan ulkona liikkujaan kohdistuva lämpömäärä on riippuvainen keinotekoisien pintojen tai vastaavasti luonnon pintojen kokonaismäärästä. Kuvassa 8 esitetty miellyttävän lämpötila-alue riippuu jossain määrin liikunnallisen aktiviteetin määrästä. Se on esimerkiksi istuttaessa toisenlainen kuin nopeassa liikkunnassa. GAGGEN (1969) mukaan »terminen hyvinvointi» on myös yksilöstä riippuva tulkinta kehon fysiologisesta tilasta (vrt. myös HERRINGTON ja VITTMU 1977).

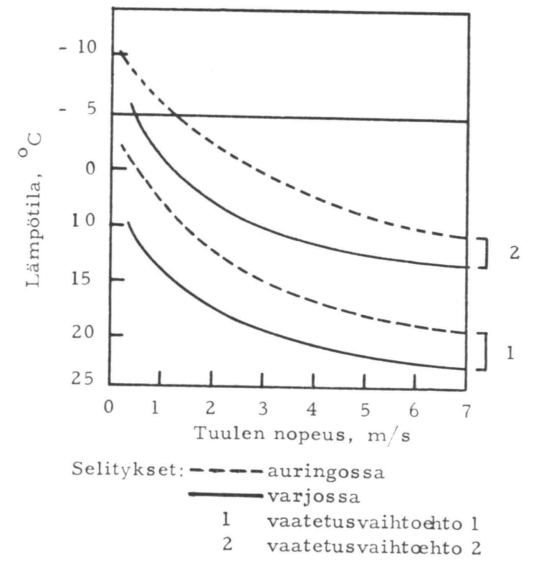
Tuulen vaikutus ulkona liikkujan lämpötilouteen liittyy toisaalta tuulen jäädyttävään vaikutukseen ja toisaalta vaikutukseen, joka tuulella on liikunnan vaatiman työn määrään (ARENS ja BALLANTI 1977). Kuvassa 9 on esitetty kehon lämmöntuotannon ja lämmönmenetyksen tasapaino tuulen nopeuden ja lämpötilan funktiona ARENSIN ja BALLANTIN (1977) aineiston perusteella. Havaitaan, että lämmönmenetys kasvaa nopeasti tuulen nopeuden kasvaessa. Tällöin lisääntyy myös tuulen voittamiseen tarvittavan työn määrä, mikä lisää vastaavasti kehon lämmöntuotantoa (vrt. PENWARDEN 1973). Koska puusto vaikuttaa



Kuva 8. Jalankulkijaan kohdistuvan lämpömäärän riippuvuus ympäristön keinotekoisien pintojen osuuden funktiona (STARK ja MILLER 1977).

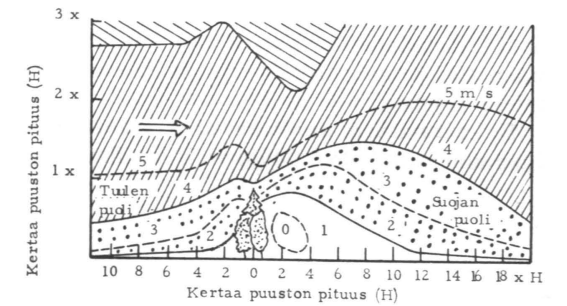
voimakkaasti tuulen nopeuden horisontaaliseen ja vertikaaliseen jakautumaan (vrt. kuva 10), voidaan puuston avulla vaikuttaa termisen ympäristön laatuun monella tavalla. Samalla puusto vähentää myös tuulen mekaanisia vaikutuksia, esimerkiksi tuulen nostattaman pölyn määrää tai pyörteiden esiintymistä. PENWARDENIN (1974) mukaan tuulen mekaaninen vaikutus ei vaikuta oleellisesti ihmisten viihtymiseen, mikäli nopeudeltaan yli 5 m/s suurempien tuulien frekvenssi ei ylitä 20 prosenttia tuulten kokonaismäärästä.

Puuston avulla voidaan vaikuttaa myös sisätilojen lämpötilouteen. ROBINNETTEN (1972) mukaan voi ilman lämpötila tuulensuojaitusten suojanpuolella olla sekä öisin että päivisin korkeampi kuin alueilla, joilla tuuli voi esteettä vaikuttaa (vrt. kuva 11). Koska sisätiloista ulkotiloihin virtaavan lämmön määrä on suoraan verrannollinen näiden välillä vallitsevan lämpötilagradientin suu-

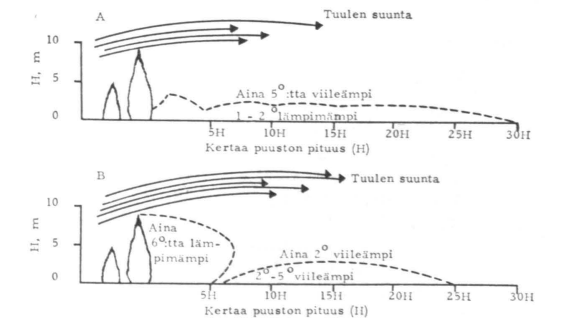


Kuva 9. Lämpötilan ja tuulen yhteisvaikutus ympäristön ja kehon väliseen lämpötasapainoon kahta eri vaatetusvaihtoehtoa soveltaen. Kehon lämmöntuotanto 150 W/m² (mikä vastaa 4.8 km/h kävelynopeutta) ja auringon tulosäteilyn määrä 285 W/m² (ARENS ja BALLANTI 1977).

ruuteen, voidaan puusto- ja pensaskasvillisuuden avulla vähentää syntyvää lämmönvaihtoa ja lämmityskustannuksia. Tehokkaammin kuin tuulensuojaistutuksin voidaan lämmitystappioihin kuitenkin vaikuttaa muodostamalla rakennusten seinustoille tiheitä istutuksia, jotka estävät välittömästi seinän tuntumassa olevan ilmassan liikkeen. OLGAY ja OLGAYN (1963) mukaan vähensi näin suoritettu suojaus eräissä tapauksissa lämmityskustannuksia 20–30 prosenttia. Istutukset estivät ilman pyörteisyyttä ja liikkeitä sekä vähensivät lämpötilagradienttia sisätilojen ja ulkotilojen välillä. Kesäaikaan istutukset puolestaan varjostavat ja vähentävät sisätilojen tuuletustarvetta.



Kuva 10. Puuston vaikutus tuulen horisontaaliseen ja vertikaaliseen jakautumaan (BAUMGARTNER 1961).



Kuva 11. Erään tuulensuojaistutuksen vaikutus ilman lämpötilaan yöllä (A) ja päivällä (B) ROBINNETTEN (1972) mukaan.

LOPPUKATSAUS

Metsäkasvillisuus tarjoaa lukuisia mahdollisuuksia luotaessa terveellistä, turvallista ja viihtyisää kaupunkiympäristöä. Erilaisien hyötyjen hankintaa asettaa kuitenkin erilaisia vaatimuksia metsien käsittelylle, sillä puuston soveltuvuus eri tarkoituksiin riippuu voimakkaasti puuston vallitsevasta tilasta. Esimerkiksi KELLOMÄEN (1975) mukaan puuston esteettinen arvo on suurimmillaan vanhoissa ja järeissä metsissä. KELLOMÄEN ym. (1976) mukaan tällaiset metsät soveltuvat kuitenkin heikosti esimerkiksi yhdyskuntamelun torjuntaan. Toisaalta tällaisten metsien kulutuskestävyys sekä ilman epäpuhtauksien sieto ovat heikkoja. Optimaalisen ratkaisun löytäminen näyttää johtavan kaupunginsisäisten metsäalueiden hoidossa tietynlaiseen eriyttämiseen, missä kutakin metsäaluetta käsitellään sen tarjoamien tärkeimpien hyötyvaikutusten asettamissa rajoissa.

Rakentaminen muuttaa aina ympäristön luonnonolosuhteita. Maaperän ja ilmaston

muutokset heijastuvat nopeasti myös kasvillisuuteen ja elämistöön, joiden kasvu- ja kehitysmahdollisuuksiin esimerkiksi ilman epäpuhtaus vaikuttavat. Elävän luonnon kasvu ja kehitys edellyttävät kuitenkin tiettyjen perusprosessien tapahtumista, ja ainoastaan tietyn suuruiset poikkeamat ekosysteemin normaalista toiminnasta ovat sallittuja. Parhaimmillaankin on Suomen luonnon tuottokyky alhainen, mikä merkitsee ympäristön herkkää haavoittuvuutta ja syntyneiden vaurioiden hidasta korjaantumista. Tämän vuoksi elävä luonto asettaa rakentamiselle selvät rajat, joiden ylittäminen ei ole mahdollista vähentämättä ympäristön terveellisyttä, turvallisuutta ja viihtyisyyttä. Näiden rajojen selvittäminen on ongelma, johon perinteisesti suuntautuneet tieteenalat antavat vähän selvyttä. Tämän vuoksi tarvitaan uutta, kaupunkiekologisesti painotunutta otetta rakentamisen ja ympäristön luonnonolosuhteiden välisen suhteen selvittämiseksi.

LÄHDEVIITTEET

- ARENS, E. & BALLANTI, D. 1977. Outdoor comfort of pedestrians of cities. Teoksessa: Proceedings of the conference on metropolitan physical environment. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-25, s. 115–129.
- BAUMGARTNER, A. 1961. Baum und Windfeld. Allg. Forstz. 16: 228–229.
- BECK, G. 1965. Untersuchung über Planungsgrundlagen für eine Lärmbekämpfung um Freiraum mit Experimenten zum artspezifischen Lärminderungsvermögen verschiedener Baum- und Straucharten. Arbeit aus dem Institut für Gartenkunst und Landschaftsgestaltung der Technischen Universität Berlin. Nr. 178.
- BENNETT, J. H. & HILL, A. C. 1973. Absorption of gaseous air pollutants by a standardized plant canopy. J. Air Pollut. Control Assoc. 23: 203–206.
- BJÖRKMAN, E. 1970. The effect of fertilization on sulphur dioxide damage to conifers in industrial and built-up areas. Stud. For. Suec. 78.
- BURCHARD, J. K. 1965. Luftverunreinigung und Filterwirksamkeit des Waldes. Der Forst- und Holzwirt 20: 211–215.
- COOK, D. I. & HAVERBEKE, D. F. 1971. Trees and shrubs for noise abatement. USDA For. Serv. Res. Bull. 246.
- GAGGE, P. A. 1969. Man, his environment, his comfort. Heating, Piping and Air Cond. Jan: 209–224.
- GREGORY, P. 1971. The microbiology of the atmosphere. Leonard Hill Limited. London.
- HAVAS, P. 1971. Injury to pines in the vicinity of a chemical processing plant in northern Finland. Acta For. Fenn. 121.
- HERBST, W. 1965. Filter- und Schutzwirkung des Waldes gegen radioaktive und andere Beimengungen der Atmosphäre. Der Forst- und Holzwirt 20: 216–220.
- HERRINGTON, L. P. & VITTMUM, J. S. 1977. Human thermal comfort in urban outdoor spaces. Teoksessa: Proceedings of the conference on metropolitan physical environment. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-25, ss. 130–138.
- KELLER, Th. 1971. Die Bedeutung des Waldes für den Umweltschutz. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 122: 600–613.
- KELLOMÄKI, S. 1975. Forest stand preferences of recreationists. Acta For. Fenn. 147.
- » —, HAAPANEN, A. & SALONEN, H. 1976. Tree stands in urban noise abatement. Silva Fenn. 10 (4): 237–256.
- LAKKA, A. 1978. Puustot pölyn sitojina kaupunkialueella. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa.
- MARTIN, A. & BARBER, F. R. 1971. Some measurements of loss of atmospheric sulphur

dioxide near foliage. Atmos. Environ. 5: 345–352.

- MILLER, D. R. 1977. Structure of the microclimate at woodland/parkinlot interface. Teoksessa: Proceedings of the conference on metropolitan physical environment. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-25, s. 109–114.
- MITSCHERLICH, G. 1940. Das Forstamt Deitzhausen. Zeitschr. für Forst- und Jagdw. 72: 149–188.
- MURPHY, C. E. JR., SINCLAR T. R. & KNOERR, K. R. 1977. An assessment of the use of forests as sinks for the removal of atmospheric sulfur dioxide. J. Environ. Qual. 6: 388–396.
- MÄLKÖNEN, E. 1974. Annual primary production

- and nutrient cycle in some Scots pine stands. Commun. Inst. For. Fenn. 84.5.
- NEUWIRTH, R. 1965. Der Wald als Aerosolfilter. Der Forst- und Holzwirt 20: 220–223.
- OLGYAY, V. & OLGAY, A. 1963. Design with climate. Princeton University Press. Princeton.
- PENWARDEN, A. D. 1973. Acceptable wind speed in towns. Build. Sci. 8: 259–267.
- » — 1974. Effect of wind on people. Proc. Seminar June 12, Build. Res. Establ. Watford, England.
- PLUMLEY, H. J. 1977. Desing of outdoor urban spaces for thermal comfort. Teoksessa: Proceedings of the conference on metropolitan. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-25, s. 153–162.

SUMMARY:

BENEFITS OF FORESTS IN URBAN ENVIRONMENT

The potentials of forests in abatement of urban noise and air impurities are discussed based on literature and calculations. Excess attenuation of 6–7 dB seems to be possible in noise abatement applying spruce plantations. The potential in dust sedimentation is of 10 000–20 000 kg/ha/yr.

In addition, the adsorption of impurities may exceed to 900 kg/ha/yr and adsorption to 7 kg/ha/yr. Forests seem also have considerable potentials for control of climatic conditions in urban areas. Management of forests in urban environment is discussed.