

Nilsin Tahkon kehittämissuunnitelmien ilmastovaikutukset

Irmeli Wahlgren, Kimmo Kuismanen & Lasse Makkonen



Nilsin kaupunki
AITOA LUONNONVOIMAA



Tiivistelmä

Raportissa esitellään Tahkon kehittämissuunnitelmien ilmastovaikutusten arviointi. Työssä laadittiin ennuste paikallisesta ilmastomuutoksesta ääri-ilmiöiden ja eräiden keskimääräis-suureiden muutosten osalta seuraavan noin sadan vuoden aikana. Arvion mukaan vuoden keskilämpötila nousee 4 °C, maksimilämpötila nousee 5 °C, minimilämpötila nousee 8 °C, sulamis-jäätymissyklit pysyvät ennallaan, vuoden keskituulennopeus kasvaa 3 %, maksimituulennopeus pienenee 10 %, vuoden sademäärä kasvaa 15 %, 6 tunnin sademaksimi kasvaa 14 %, 5 vuorokauden sademaksimi kasvaa 56 %, 6 tunnin lumisademaksimi kasvaa 1 %, lumipeitteen maksimivesiarvo vähenee 37 % ja lumipeitteen kesto aika lyhenee 45 vrk.

Tahkon osayleiskaavan maankäyttöluonnosta analysoitiin ilmaston ja sen muutoksen kannalta. Raportissa esitetään suunnitteluohjeita ja suosituksia jatkotyöhön. Kaava-alueiden suunnittelun kehittäminen voi lähteä seuraavista periaatteista: suojametsiköt säästetään, tonteilla oleva kasvillisuus säilytetään mahdollisimman laajasti ja uusissa istutuksissa huomioidaan tuulensuojan muodostaminen; matala-tiivis pienimittakaavainen rakennuskanta; mahdollisimman kapeat kadut, joilla ei ole pitkiä päätuulensuuntien suuntaisia suoria; asteittain nousevat suhteellisen tasaiset rakennuskorkeudet, tiivis aluerakenne; tuulen nostaminen kattojen yläpuolelle ja pitäminen siellä; tuulen vaimentaminen katutilassa ja pihoilla istutuksin ja rakentein; mahdollisesti pienoismallien tuulitestausta rakennussuunnitteluvaiheessa. Erittäin tuulisten kortteleiden suunnittelun lähtökohdiksi suositellaan seuraavia: rakennusten lämmöneristyksen ja tiiviyden on ylitettävä 20 % normien vaatimustaso; katto- ja piharakenteiden mitoitustuulikuormien on ylitettävä 20 % normien vaatimustaso; lähellä rantaa olevien rakennusten julkisivujen kosteudenkestosta on annettava selvitys ja kaavoitus ja rakennussuunnittelu tehtävä pienoismallin tuulitestausta hyväksikäyttäen.

Ilmastomuutoksen hillitsemiseen liittyen arvioitiin kehittämissuunnitelmien toteuttamisesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt. Nämä arvioitiin matkailukeskuksen uusien rakennusten energiankäytön ja matkailijoiden lähtöpaikan ja Tahkon välisen liikenteen osalta. Tarkastelun kohteena oli kaksi vaihtoehtoa: vaihtoehdossa 1 Kuopion ja Tahkon välinen joukkoliikenne perustuu linja-autoliikenteeseen ja vaihtoehdossa 2 Tahkolle rakennetaan raideliikenneyhteys. Kehittämissuunnitelmien toteuttamisesta aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä vuonna 2030 kaikkiaan 42 000 CO₂-ekvivalenttitonnia vaihtoehdossa 1 ja 39 000 CO₂-ekvivalenttitonnia vaihtoehdossa 2. Rakennusten lämmityksestä ja sähkön käytöstä aiheutuu kummassakin vaihtoehdossa päästöjä 15 000 CO₂-ekvivalenttitonnia. Liikenteestä aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä 27 000 CO₂-ekvivalenttitonnia vaihtoehdossa 1 ja 24 000 CO₂-ekvivalenttitonnia vaihtoehdossa 2. Matkailijaa kohden laskettuna vuotuisia kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu 114 CO₂-ekvivalenttitonnia/matkailija vaihtoehdossa 1 ja 105 CO₂-ekvivalenttitonnia/matkailija vaihtoehdossa 2. Vaihtoehdossa 2 päästöt ovat kaikkiaan 7 % pienemmät ja liikenteen osalta 12 % pienemmät kuin vaihtoehdossa 1. Arvio on erittäin yleispiirteinen.

Suunnittelun haasteina ovat tuulisuus ja sateiden lisääntyminen. Lumen väheneminen kannattaa ottaa huomioon laskettelurakenteita suunniteltaessa. Suunniteltu biopohjainen aluelämmitys on kasvihuonekaasupäästöjen kannalta edullista. Rakentamisessa tulisi pyrkiä matalaenergiaratkaisuihin ja uusiutuvien energialähteiden käyttöön. Sähkönkulutusta tulisi voida vähentää. Rautatieyhteyden toteuttamisen edellytyksiä Tahkolle kannattaa selvittää. Jos pidetään mahdollisena suhteellisen suurta kulkutavan muuttamista henkilöautosta junaan, yhteyden toteuttaminen on ilmastomuutoksen hillitsemisen kannalta edullista.

Alkusanat

Raportissa esitellään Nilsin Tahkon kehittämissuunnitelmien vaikutusten arviointi ilmastonmuutokseen sopeutumisen ja sen hillitsemisen kannalta.

Työ on osa Ympäristöklusterin tutkimusohjelman neljännen vaiheen 2006 – 2009: Ekotehokas yhteiskunta tutkimushanketta nro 23 ”Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa”. Tutkimus kuuluu myös ilmastonmuutoksen sopeutumistutkimusohjelmaan (ISTO). Työ on tehty VTT:ssä ympäristöklusterin tutkimusohjelman osana Pohjois-Savon liiton toimeksiantona. Työstä on vastannut erikoistutkija Irmeli Wahlgren. Ilmastomallin soveltamisesta on vastannut erikoistutkija Lasse Makkonen. Tutkimusharjoittelija Maria Tikanmäki on osallistunut ilmastomallin datan analysointiin. Alueellisen ilmastomallin datan on toimittanut SMHI, Ruotsi ja sen analysointiin on osallistunut Leena Ruokolainen Helsingin yliopiston fysikaalisten tieteiden laitokselta. Arkkitehti Kimmo Kuismanen on osallistunut kaavaluonnoksen arviointiin ja suositusten laadintaan.

Tutkimusta on ohjannut Pohjois-Savon liiton puolesta suunnittelujohtaja Paula Qvick. Lähtötietoja on toimittanut myös suunnitteluavustaja Mikko Rummukainen Pohjois-Savon liitosta. Nilsin kaupungin yhteyshenkilöinä ovat toimineet elinkeinoasiamies Mikko Lehto ja maankäyttötekniikko Jukka Räsänen.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Alkusanat	4
Sisällysluettelo	5
1 Johdanto	6
2 Tavoite	7
3 Tahkon kehittämissuunnitelmat	8
4 Ilmastonmuutoksen simuloinnit rakentamisen ja maankäytön sovellutuksiin	13
4.1 Yleistä taustaa	13
4.2 Ilmastosimuloinnit	13
4.3 Ääriarvoanalyysi	14
5 Ennakoitu ilmastonmuutos Tahkolla	15
6 Vedenpinnan muutokset	16
6.1 Alimman korkeusaseman laskentaan vaikuttavia tekijöitä	16
6.2 Aallonkorkeus	16
7 Ilmaston ja sen muuttumisen vaikutus kaavasuunnitteluun	17
7.1 Suomen ilmasto	17
7.2 Nilsiän ilmasto kaavasuunnittelun kannalta	17
7.3 Mikroilmasto	20
7.4 Rakennettujen alueiden mikroilmaston laadun kriteerit	20
7.5 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus Tahkon alueella	21
7.6 Osayleiskaava-alueen analyysi	23
7.7 Suunnitteluohjeita	25
7.7.1 Aluetaso	25
7.7.2 Korttelitaso	25
7.7.3 Rakennukset kaavoituksessa	27
7.7.4 Tuulensuojakasvillisuuden suunnittelu	31
7.7.5 Tuulitestauksen käyttäminen	32
8 Kasvihuonekaasupäästöt	33
8.1 Arviointiperiaatteet	33
8.2 Kasvihuonekaasupäästöt	34
9 Epävarmuustekijät	37
10 Johtopäätökset ja suositukset	38
Lähteet	39

1 Johdanto

Ilmastonmuutoksen huomioonottaminen on tärkeä kansainvälinen ja kansallinen tavoite. Ilmastonmuutoksen sopeutumistutkimusohjelmassa 2006 - 2010 todetaan tärkeäksi ilmastonmuutoksen vaikutusten huomiointi jo nyt suunniteltaessa alueiden käyttöä ja yhdyskuntien rakennetta. Ilmastonmuutos on tärkeää huomioida aikaisin myös siksi, että yhdyskunnat uudistuvat hitaasti ja uusien suunnitteluperiaatteiden seuraukset näkyvät yhdyskuntien kehityksessä vasta vuosikymmenten kuluttua. Tietoa tarvitaan siitä, miten yhdyskuntien eri rakenteita voidaan muuttaa kestävämmiksi uusiin ilmasto-oloihin. Ohjelman mukaan tarvitaan selvitystä siitä, miten ilmastonmuutoksen vaikutusten arviointi ja sopeutumistoimet sisällytetään alueidenkäytön ja yhdyskuntien suunnitteluun käytännössä.

Ilmastonmuutoksen kansallisen sopeutumisstrategian (2005) mukaan mahdollisia toimenpide- ja linjauksia alueidenkäytössä ja yhdyskuntasuunnittelussa ovat seuraavat: ilmastonmuutoksen vaikutuksen arviointi sisällytetään alue- ja yhdyskuntarakenteen pitkän aikavälin suunnitteluun; kaavoitusprosessiin liitetään ilmastonmuutokseen sopeutumisen lisäselvitysvaatimus erityisen haavoittuville alueille; tulvaherkät alueet ja rakenteet kartoitetaan; ääri-ilmiöiden ennakointi- ja varoitusjärjestelmiä kehitetään; selvitetään alueellisia ja paikallisia vaikutuksia ja sopeutumiskeinoja; sade- ja pintavesien johtamista parannetaan; selvitetään muutostarvetta maankäyttö- ja rakennuslakiin ja -asetukseen sekä kuntien rakennusjärjestyksiin; eri kaavatasoille annetaan tarvittaessa suosituksia.

Ilmasto- ja energiastrategian päivityksen 2003 - 2004 ympäristöministeriön sektoriraportissa todetaan, että ilmastonmuutoksen huomioon ottaminen saattaa edellyttää suunnitteluperiaatteiden tarkistamista. Erityisen tarpeellista olisi selvittää ilmastonmuutoksen alueellisia ja paikallisia vaikutuksia. Ilmastonmuutoksen vaikutusten arviointi sisällytetään alue- ja yhdyskuntarakenteen pitkän aikavälin suunnitteluun. Kaavoitusprosessiin liitetään ilmastonmuutokseen sopeutumisen lisäselvitysvaatimus erityisesti haavoittuville alueille. Selvitetään alueellisia ja paikallisia vaikutuksia ja sopeutumiskeinoja.

VTT osallistuu Ympäristöklusterin tutkimusohjelman neljänteen vaiheeseen 2006 - 2009: Ekotehokas yhteiskunta hankkeella nro 23 ”Ilmastonmuutoksen huomioonottaminen kaavoituksessa”. Tutkimushankkeen tavoitteena on edistää ilmastonmuutokseen sopeutumista ja sen hillitsemistä kaavoituksessa ja siten mm. vähentää tulva- ja myrskytuhoja sekä kasvihuonekaasupäästöjä. Yhdyskuntien suunnitteluperiaatteita tulisi kehittää niin, että samaan aikaan voidaan ottaa huomioon sekä ilmastonmuutoksen hillitsemiseen että sopeutumiseen liittyvät tavoitteet. Hankkeessa tarkastellaan suunnitteluperiaatteita kummankin tavoitteen kannalta ja arvioidaan mahdollisten ristiriitojen ratkaisukeinoja. Tutkimuksessa tarkastellaan suunnittelua maakunta- ja yleiskaava- ja asemakaavatasoilla käytännön esimerkkien kautta. Arvioinnin pohjaksi laaditaan arviot ilmastonmuutoksen keskeisistä vaikutuksista ao. paikkakunnilla. Tuloksena saadaan suositukset ilmastonmuutoksen vaikutusten arviointiin ja sopeutumistoimiin alueidenkäytön ja yhdyskuntien suunnitteluun käytännössä. Tutkimus tehdään yhteistyössä kuntien ja maakunnan liittojen kanssa.

Tämä Pohjois-Savon liiton ja Nilsin kaupungin kanssa yhteistyössä tehty tutkimushanke koskee Nilsin Tahkon kehittämissuunnitelmien ilmastovaikutusten arviointia.

2 Tavoite

Työn tavoitteena on arvioida Nilsiä Tahkon kehittämissuunnitelmien vaikutukset ilmastonmuutokseen sopeutumisen ja sen hillitsemisen kannalta.

Työssä arvioidaan ilmastonmuutoksesta tulevaisuudessa aiheutuvat keskeiset vaikutukset alueella. Arvio tehdään Ruotsin ilmatieteen laitoksen Rossby Centressä kehitetyllä alueilmastomallilla ja EXTREMES projekteissa VTT:ssa kehitetyillä analyysimenetelmillä. Se painottuu ääri-ilmiöiden muutoksiin noin 100 vuoden aikana.

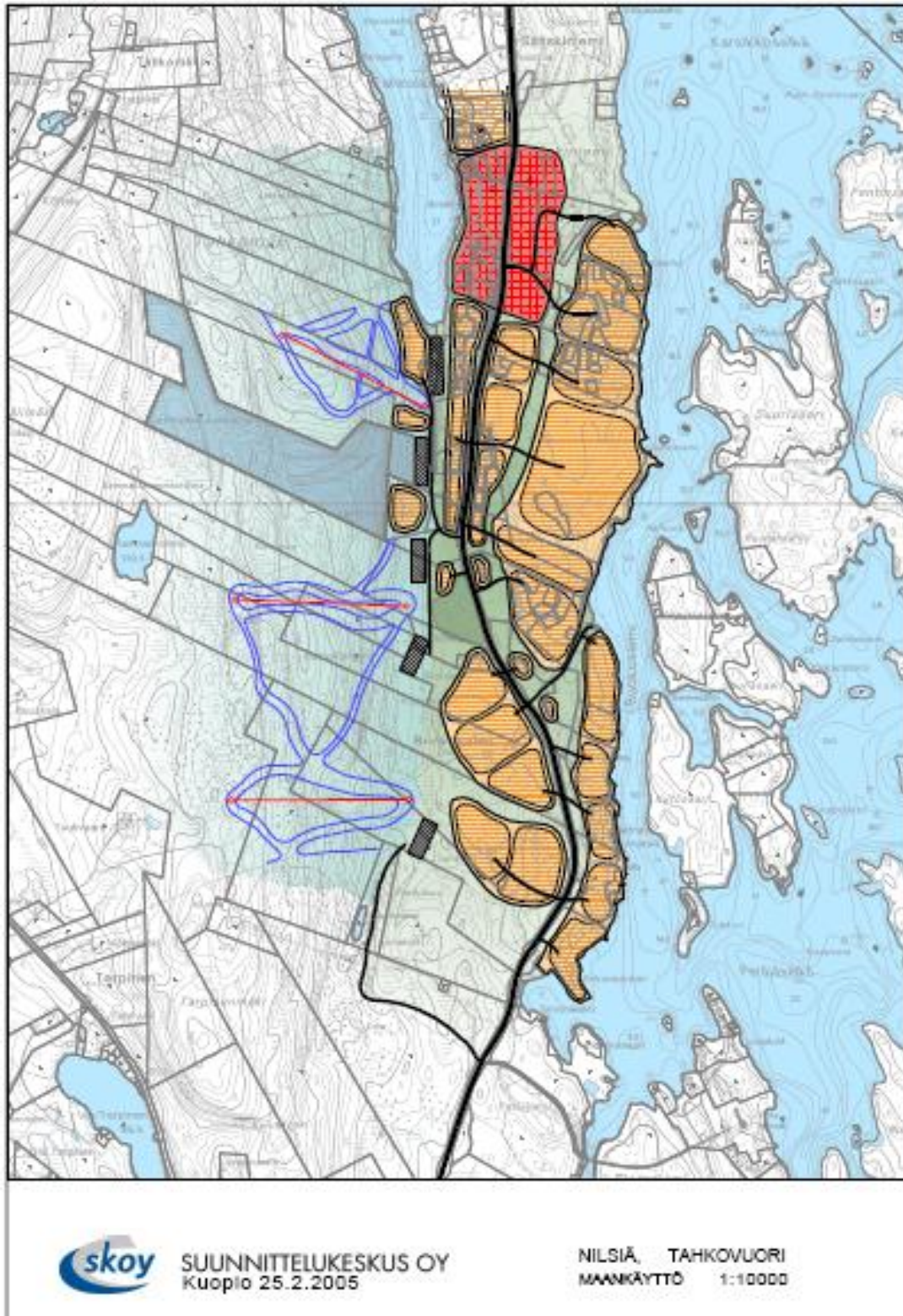
Arvioitaviin kehittämissuunnitelmiin sisältyvät Tahkon majoituspaikkojen lisääminen, siihen liittyvä alueen osayleiskaavatyö ja tehokasta joukkoliikenneyhteyttä Tahko-Kuopio -välillä koskevat vaihtoehdot. Kehittämissuunnitelmien ratkaisuja analysoidaan pienilmaston kannalta ottaen huomioon arvioidut ilmastonmuutoksen vaikutukset.

Lisäksi arvioidaan suunnitelmien vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin eli ilmastonmuutoksen hillitsemiseen.

Arvioinnin perusteella laaditaan suosituksia Nilsiä Tahkon kehittämissuunnitelmien ja Pohjois-Savon maakunnallisten suunnitelmien jatkotyötä varten.

3 Tahkon kehittämissuunnitelmat

Nilsian kaupungissa sijaitsevaa Tahkon (Tahkovuoren) aluetta suunnitellaan kehitettäväksi kasvavana matkailukeskuksena. Kuvassa 1 esitetään alueen maankäyttöluonnos.



Kuva 1. Nilsian Tahkon maankäyttösuunnitelma (Nilsian kaupunki, Suunnittelukeskus Oy).

Tahkon alueen kehittämissuunnitelmat vuoteen 2030 saakka ulottuvina ovat valmisteluvaiheessa. Kokonaisvuodepaikkamäärä on tavoitetaso, joka tulee ottaa huomioon valmisteilla olevassa maakuntakaavassa ja jonka mukaan aluevaraukset tehdään vuonna 2009 käynnistävissä osayleiskaavan uudistamistyössä. Tässä tarkasteltavat suunnitelmat ovat vielä keskenäisiä ja ne voivat muuttua paljonkin.

Vuonna 2007 alueen kokonaisvuodepaikkamäärä oli 8 000 kpl, joista hotelleissa noin 400 kpl, huoneistohotelleissa noin 400 kpl, vuokrattavissa loma-asunnoissa noin 4 000 kpl ja muuta kapasiteettia 3 200 vuodepaikkaa. Vuokrattavien loma-asuntojen suhteen on huomattava, etteivät läheskään kaikki ole koko ajan vuokrauskäytössä. Kaupallisten yöpymisten määrä oli noin 302 000 yövuorokautta. Asuntojen omistajien omakäyttö saattaa olla luokkaa 150 000 yövuorokautta edellisten lisäksi. Tärkeimmät matkailijoiden tulosuunnat ovat Etelä-Suomen lääni yli 50 %, Venäjä (Pietari) 17 % ja Baltian maat.

Määrällinen arvio vuoteen 2030 mennessä toteutettavista investoinneista on rakennusoikeutena noin 360 000 k-m², lomahuoneistojen ja hotellihuoneiden määränä 3 100 kpl ja vuodepaikkoina 28 000 – 30 000 vuodepaikkaa. Talojen lukumäärää on vaikea arvioida ilman kaavataarkastelua, vähintään niitä on noin 500 kpl. Osa alueista on jo toteutusvaiheessa, osa suunnitelu/asemakaava-vaiheessa ja osa vaatii osayleiskaavan tarkistaminen ja aluelaajennuksen.

Vuodepaikkatavoitteen täyttäminen edellyttää varsin tiivistä ja tehokasta rakentamista. Yksittäisinä mökkeinä ja paritaloina tavoite ei toteudu. Kahden kolmen viime vuoden aikana on pääosa kapasiteetin lisäyksestä toteutettu pienkerrostaloissa ja myös suurissa yksiköissä. Tämän kehityksen arvioidaan jatkuvan edelleenkin. Toinen kehityssuunta on hotellien ja huoneistohotellien määrän kasvaminen. Hotellihankkeita on jo suunnitteilla.

Majoitusrakennusten lisäksi kasvu edellyttää palvelurakentamista, kuten kauppoja, ravintoloita, kokoustiloja, liikuntatilojen laajennuksia, mahdollisesti uuden kylpylöitä, huoltorakennuksia. Osa näistä palveluista tulee sijoittumaan majoitusrakennusten yhteyteen.

Vuonna 2030 arvioidaan yöpymisvuorokausien määrän olevan 1 300 000 yö-vrk. Mikäli keskiviipymä on 3,5 vrk, on yksittäisten henkilöiden määrä noin 370 000 henkilöä.

Hotellien ja huoneistohotellien lisääntyminen tulee vaikuttamaan käyttöasteen kasvuun, joten mahdollista on myös 1,3 miljoonaa yöpymistä selvästi suuremmatkin arvot. Toinen näkökulma on ns. kakkosasuntojen ja eläkeasuntojen määrän lisääntyminen ja näissä ryhmissä puolestaan keskiviipymät ovat erittäin korkeita. Ilmastokuormituksen ja erityisesti liikennekuorman näkökulmasta kysymys on ääriarvoista.

Ulkomaalaisten osuus kasvaa noin 35 prosenttiin kokonaiskäynneistä. Lähtösuuntana Venäjä on edelleen suurin, mahdollisesti Lähi- ja Kaukoidän maiden asukkaiden osuus tulee kasvaamaan merkittävästi. (Nilsin kaupunki)



Kuva 2. Näkymä Tahkolta (kuva: Irmeli Wahlgren).



Kuva 3. Näkymä Tahkolta (kuva: Irmeli Wahlgren).



Kuva 4. Tahkon rakennuksia (kuva: Irmeli Wahlgren).



Kuva 5. Tahkon rakennuksia (kuva: Irmeli Wahlgren).



Kuva 6. Tahkon rantaa (kuva: Irmeli Wahlgren).



Kuva 7. Tahkon rakennuksia (kuva: Irmeli Wahlgren).

4 Ilmastonmuutoksen simuloinnit rakentamisen ja maankäytön sovellutuksiin

4.1 Yleistä taustaa

Meteorologiset ja geofysikaaliset ääri-ilmiöt, kuten myrskytuulet, tulvat ja ankarat lumimyrskyt voivat aiheuttaa tuhoja rakennetulle ympäristölle. Yhdyskunnat on suunniteltava kestämään kohtuullisen usein esiintyvät luonnonilmiöt, mutta hyvin harvinaisiin ääritapauksiin vauriutuminen ei ole taloudellisesti järkevää, elleivät tapauksen vahingolliset seuraukset ole erityisen suuret (padot, voimalat, sähkönjakeluverkko, jne.). Infrastruktuurin suunnittelu perustuukin osaltaan siihen, että arvioidaan kullakin paikalla tarkasteltavalle kohteelle valitun turvallisuusrajan ylittävän ilmiön esiintymistodennäköisyys. Mitoituksessa käytettävä ääri-ilmiön arvo saadaan käänteisesti: Määritetään se ilmiön arvo, joka ylittyy tietyllä todennäköisyydellä eli toistuvuusajalla (normeissa yleensä 50 vuotta).

Toistuvuusanalyysyjä tehdään yleensä luonnonilmiöistä tehtyjen havaintojen avulla, mutta niitä voidaan tehdä myös numeerisilla ilmastomalleilla simuloidun datan avulla. Uusia menetelmiä tähän kehitettiin VTT:ssä Ympäristöklusterin rahoittamassa EXTREMES projektissa v. 2004 - 2008 (Makkonen 2005, 2006, 2008a, 2008b).

Tulevaisuudessa globaali ilmastonmuutos aiheuttaa muutoksia myös ääri-ilmiöiden toistuvuudessa. Kun rakennettu ympäristö suunnitellaan yleensä ainakin 50 vuoden käyttöikä ajatellen, ja mitoituksen perusteena on mittausaineisto esim. 30 edeltävän vuoden ajalta, on hyvin kyseenalaista ovatko suunnitteluperusteet oikeat, jos ilmastossa tapahtuu merkittäviä muutoksia. EXTREMES-hankkeessa tutkittiinkin globaalien ilmastonmuutoskenaarioiden ja alueellisen ilmastomallin avulla sitä, miten ilmastonmuutos vaikuttaa ääri-ilmiöiden esiintymiseen Suomessa ja muissa pohjoismaissa.

Näitä laskentatuloksia voidaan tarkastella erikseen tutkimuspaikkakuntien osalta, jolloin saadaan keskeistä perustietoa paikallisesti ilmastonmuutokseen sopeutumistoimia varten erityisesti olemassa olevan rakennuskannan riskiarvioiden ja korjaustarpeiden, rakennusnormien uusimisen ja maankäytön suunnittelun kannalta (Ala-Outinen et al., 2004).

4.2 Ilmastosimuloinnit

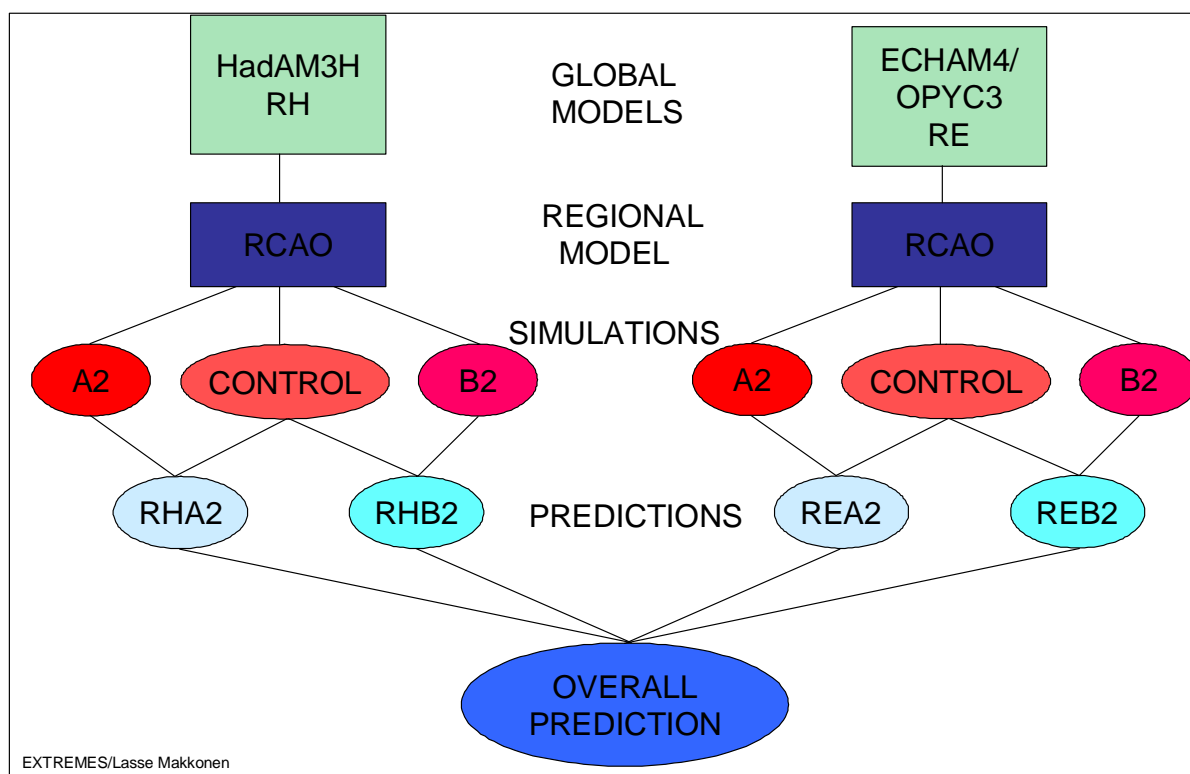
Tässä esitettävät ilmastosimulointien tulokset perustuvat mallisysteemiin, joka koostuu koko maapallon kattavasta globaalista ilmakehä/meri laskentamallista ja Pohjoismaiden aluetta kuvaavasta Ruotsin ilmatieteen laitoksen (SMHI) laskentahilaltaan tarkemmasta alueellisesta ilmastomallista RCAO (Rummukainen et al., 2001, Räisänen et al., 2004). Siinä on mukana erillinen Itämeren lämpötila- ja jääoloja simuloiva malli.

Tutkittava mallisysteemillä tuotettu data käsittää useita 30-vuotisia malliajoja 49 km erotuskyvyltä ja kuuden tunnin aikaresoluutiolla Pohjolan alueelle. Näistä malliajodatoista on poimittu ääritapauksia ja tehty niistä tilastollista ääriarvoanalyysia.

Tulevaisuutta simuloivat ajot pohjautuvat hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) A2- ja B2-skenaarioihin, jotka antavat kaksi vaihtoehtoista arviota kasvihuonekaasujen päästöistä tulevien 100 vuoden aikana. Alueelliset RCAO-ajot käyttävät hyväkseen reunaehtona kahden eri globaalien mallin (Hadley Centre ja Max Planck Institute) tuloksia. Näin on saatu

neljä erillistä malliennustetulosta, joiden keskiarvoa voidaan tarkastella ”parhaana ennusteenä”. (Makkonen et al. 2007) (Kuva 8)

Vertailuajojen 1961-1990 tuloksia on verrattu ennusteajon 2071-2100 tuloksiin ja näistä laskettu muutokset kerran 50 vuodessa ylittyville arvoille. Muista julkaistuista tuloksista (Rummukainen & Räisänen, 2001, Palmer & Räisänen, 2002, Räisänen et al., 2004) on etsitty vertailtavaksi myös tarkasteltavien suureiden keskiarvoissa samalla mallisysteemillä lasketut ennakoitavat muutokset.



Kuva 8. Periaatekuva mallisimuloinneista ilmastonmuutokseen liittyvien ääri-ilmiöiden esiintymisen muutoksen ennakoimiseksi.

4.3 Ääriarvoanalyysi

Viidenkymmenen vuoden toistuvuusaikaa vastaavat arvot on analysoitu EXTREMES-projektissa kehitetyllä menetelmällä (Makkonen 2005, 2006, 2008a, 2008b). Tulokset perustuvat simulointijakson 15 suurimman (minimilämpötilan tapauksessa pienimmän) arvon analyysiin sovittamalla niihin GEV-jakauma siten, että sen parametrit määräytyvät empiirisesti jokaisessa tapauksessa erikseen. Sovitus on tehty minimoimalla tarkasteltavan muuttujan varianssi pienimmän neliösumman menetelmällä.

5 Ennakoitu ilmastonmuutos Tahkolla

Tulokset perustuvat Ruotsin ilmatieteen laitoksen Rossby Centre:n maa-meri alueilmastomallin RCAO simulointeihin. Extreemien osalta analyysit on tehty Helsingin yliopiston ja VTT:n yhteistyönä. Simuloinnit on tehty kahden globaalimallin reunaehdoilla ja kahta eri Kansainvälisen Ilmastopaneelin IPCC määrittelemää päästöskenaariota A2 ja B2 käyttäen. Tulokset muutosten osalta kuvaavat näistä saadun neljän simuloinnin keskiarvoa Kuopion kohdalla sijaitsevassa laskentapistessä, joka vastaa mallissa 50 km x 50 km aluetta.

Vertailujaksona ("nykytila") on simulointijakso 1961-1990 ja skenaariojaksona ("ennuste") on simulointijakso 2071-2100.

Extreemit eli maksimit ja minimi kuvaavat keskimäärin kerran 50 vuodessa ylittyvää (alittuvaa) arvoa.

Arvioidut muutokset:

Vuoden keskilämpötila	+ 4 °C
Maksimilämpötila	+ 5 °C
Minimilämpötila	+ 8 °C
Sulamis-jäätymissyklit	0 %
Vuoden keskituulenoisuus	+ 3 %
Maximituulenoisuus	- 10 %
Vuoden sademäärä	+ 15 %
6 tunnin sademaksimi	+ 14 %
5 vuorokauden sademaksimi	+ 56 %
6 tunnin lumisademaksimi	+ 1 %
Lumipeitteen maksimivesiarvo	- 37 %
Lumipeitteen kesto-aika	- 45 vrk

6 Vedenpinnan muutokset

6.1 Alimman korkeusaseman laskentaan vaikuttavia tekijöitä

Merentutkimuslaitoksen tutkimuksen “Alimmat suositeltavat rakennuskorkeudet Pohjanlahden, Saaristomeren ja Suomenlahden rannikoilla” (Kahma et al. 1998) mukaan alin suositeltava rakennuskorkeus Nilsin alueella on 1,55 m N60-järjestelmän nollakohtaan yläpuolella. Tämä on keskimäärin kerran vuoteen 2200 mennessä saavutettava vedenkorkeus, ja siihen sisältyy minimaaltiluvara 30 cm. Suositus perustuu seuraaviin rakennuksia koskeviin oletuksiin:

- Rakennuskorkeuden enintään metrin luokkaa oleva nosto ei mainittavasti muuta rakennuskustannuksia tai vähennä rakennuksen käyttöarvoa
- Tulvimisen aiheuttamat vauriot ja esimerkiksi homevaurioiden korjaus aiheuttavat merkittäviä kustannuksia rakennuksen kokonaiskustannuksiin verrattuna
- Tulvavesi saa saavuttaa alimman suositeltavan tason rakennuksen käyttöaikana todennäköisimmin vain kerran ja korkeintaan muutamia kertoja, mutta ei toistuvasti
- Rakennuspaikan edessä olevalle rannalle ei pääse aaltoja.

Alimman rakennuskorkeuden määrittelyyn vaikuttavat:

- Aallokko ja roiskeet
- Hyväksyttävä ylityksen todennäköisyys, joka riippuu tulvimisen aiheuttaman vahingon laadusta ja laajuudesta
- Rakennuskorkeuden noston kustannukset ja korkeudesta riippuva käyttöarvo
- Käyttöikä. (Kahma & Johansson)

6.2 Aallonkorkeus

Rantaan kohdistuvan aallokon korkeuteen vaikuttavat saaristo, rannan muoto ja rantaveden mataluus. Pääsääntöisesti tarkastelualueen rannoilla laineet ovat suhteellisen matalia, eikä suurempaan aallokkoon tarvitse varautua. (Ollila 2002)

7 Ilmaston ja sen muuttumisen vaikutus kaava-suunnitteluun

7.1 Suomen ilmasto

Ilmastoa voidaan tarkastella kolmella eri tasolla: suurilmasto, keski-ilmasto ja itse alueella vallitseva pienilmasto. (Mattson)

Suomen suurilmasto on lounaasta vuorotellen tulevien atlantisten matalapaine- ja korkeapainejärjestelmien hallitsema. Säännöllisesti esiintyy myös muutaman vuorokauden pituisia kylmiä pohjoistuulia, lämpimiä etelätuulia sekä ajoittain mantereisia kaakkoistuulia, jotka yleensä ovat kesäisin lämpimiä, talvisin kylmiä, ja joiden mukana monesti tulee runsaita sateita.

Vuotuisten maksimi ja minimilämpötilojen ero on Suomessa suuri. Rakennuksen julkisivun lämpötila voi talvella olla -25°C ... -45°C , kesäisin auringossa $+50^{\circ}\text{C}$... $+80^{\circ}\text{C}$, mikä tarkoittaa yli 100 asteen lämpötilaeron rasiutusta julkisivumateriaaleille. (Tilastoja)

7.2 Nilsiän ilmasto kaavasuunnittelun kannalta

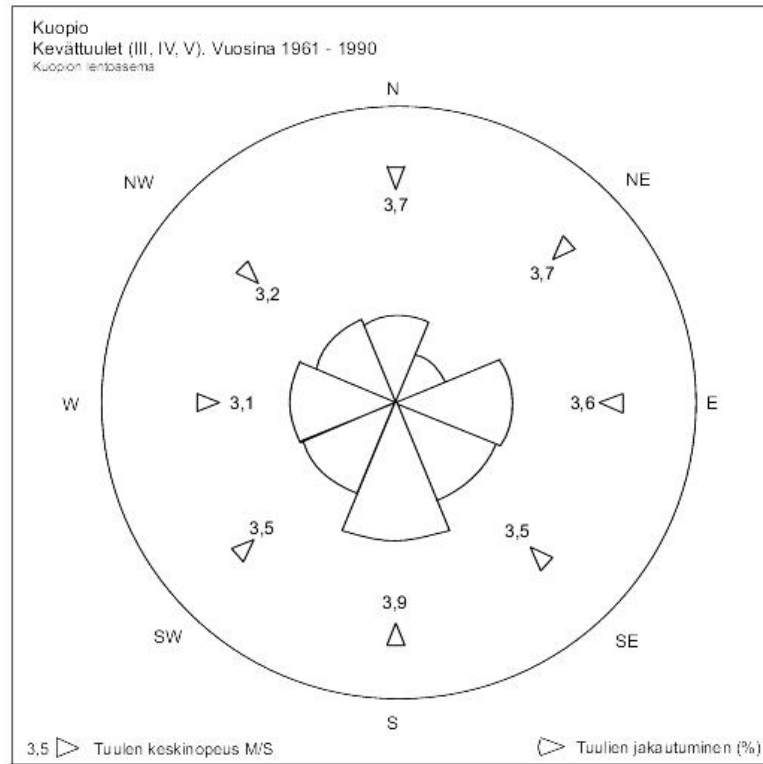
Riittävän pitkäaikaisen havaintoaineiston saamiseksi ilmastollisina lähtökohtatietoina on käytetty Ilmatieteen laitoksen ilmastotilastoja vuosilta 1961 - 1990. Koska tavanomaiset ilmastotilastot eivät sisällä riittävää informaatiota suunnittelun pohjaksi, on tuulisuus jaettu neljälle vuodenaikalle, ja tältä pohjalta on laadittu kuvaus ilmastosta kaavoituksen ja arkkitehtisuunnittelun kannalta. Ilmastonmuutoksen ennuste perustuu luvuissa 4 ja 5 kuvattuun alueellisen ilmastomallin simulointiin ja sen tuloksiin.

Alueen ilmastoa on havainnoitu lähellä kaupunkia lentoasemalla olevalla mittausasemalla. Eri vuodenaikoina esiintyvät tuulensuunnat ja niiden keskimääräinen nopeus Kuopion lentoaseman sääasemalla on esitetty kaavioissa (kuvat 9 - 12). Tahkovuoren alue rajoittuu osittain pohjoisessa ja idässä vesistöön, mistä syystä tuulet pääsevät sieltä päin suuremmalla voimalla kuin muista suunnista.

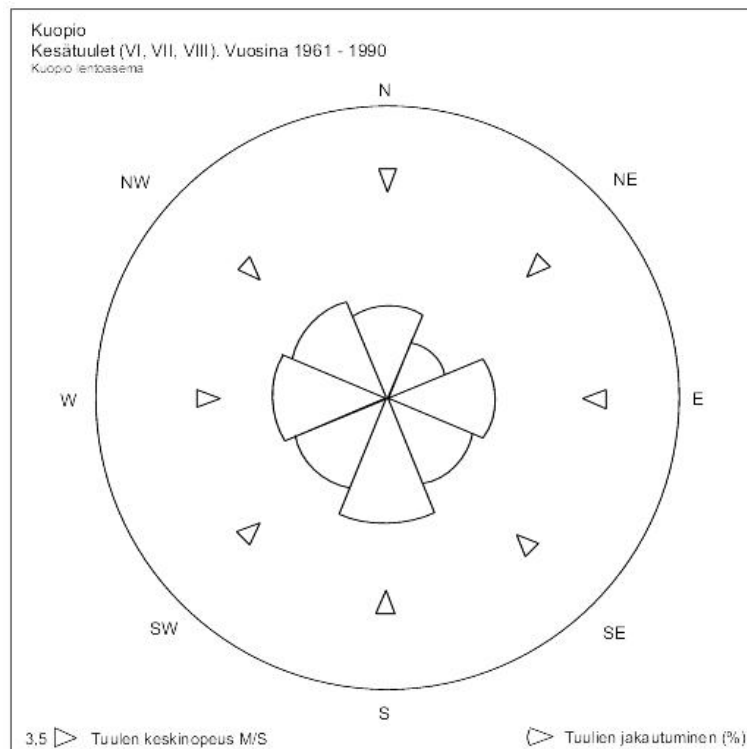
Tahkon alueella esiintyy kaikkina vuodenaikoina keskituulennopeuksia, jotka edellyttävät suunnittelun kannalta huomioimista:

- Kevät: itä-etelä sektori ja länsi
- Kesä: etelä, itä sekä länsi-luode sektori
- Syksy: etelä-länsi sektori sekä kaakko ja luode
- Talvi: etelä, länsi-luode sektori ja kaakko

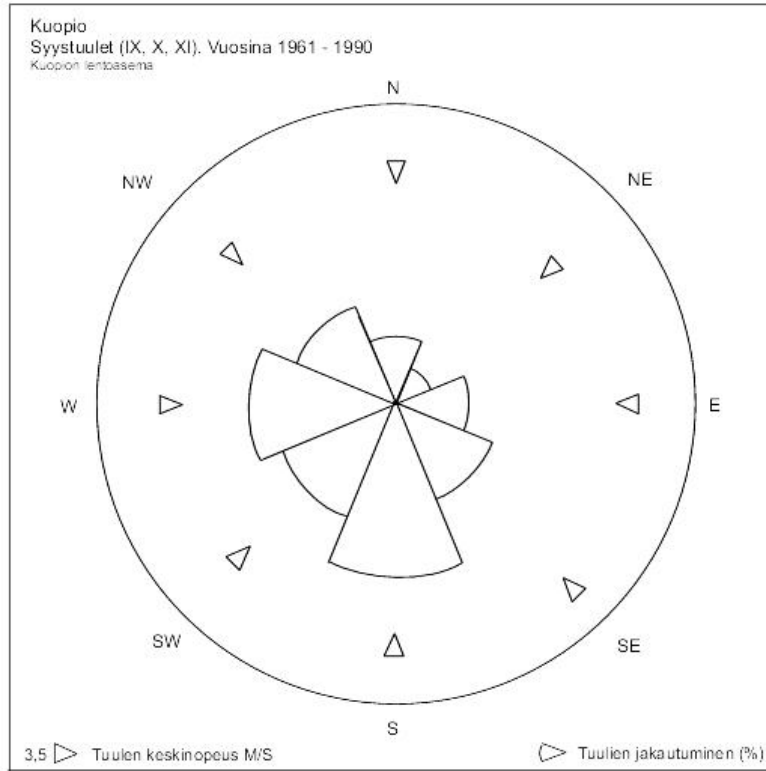
Yleisesti ottaen pihojen ja oleskelualueiden suojauksen kannalta tärkeimmät tuulensuunnat Tahkon alueella ovat kaakko-itä ja pohjoinen. Laskettelon kannalta tuulille alttiimmat ovat etelään ja länteen avautuvat rinteet. (Mattson, Tilastoja)



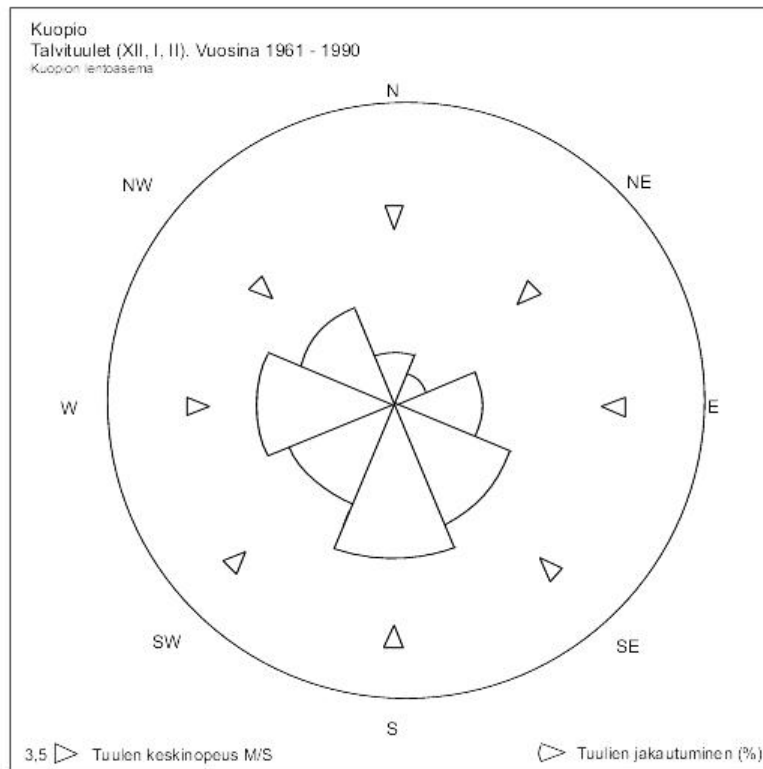
Kuva 9. Tuulen keskinopeus ja jakautuminen keväällä Kuopion lentoasemalla 1961 -1990.



Kuva 10. Tuulen keskinopeus ja jakautuminen kesällä Kuopion lentoasemalla 1961 -1990.



Kuva 11. Tuulen keskinopeus ja jakautuminen syksyllä Kuopion lentoasemalla 1961 -1990.



Kuva 12. Tuulen keskinopeus ja jakautuminen talvella Kuopion lentoasemalla 1961 -1990.

7.3 Mikroilmasto

Alueen mikroilmastoa muokkaavat vesistöt, maaston muodot, yhtenäiset metsät ja tulevaisuudessa rakennettavat suuremmat rakennusmassat. Vuoret, jyrkät rinteet, laaksot ja monimuotoiset vesistöt ohjaavat tuulta paikallisesti, ja aiheuttavat paikallisia voimakkaita tuulikanavia ja toisaalta suojaisia vyöhykkeitä. Rakennettavat suuret kerrostalomassat muokkaavat lähiympäristönsä olosuhteita, sillä niiden ympärillä esiintyy tuulikanavia sekä ylös- ja alaspäin suuntautuvia ilmavirtauksia ja turbulensseja. Myös avoimet katutilat ja viheriöt sekä suuret paikoituskentät ovat varsin tuulisia.

Voimakkaat ilmavirtaukset tekevät ulkona olemisen kylmäksi, kulkemisen vaaralliseksi, aiheuttavat vaurioita kylmänaroille kasveille ja lisäävät energiankulutusta. Toisaalta tuulet ovat sikäli hyödyksi, että ne tuulettavat pois pakokaasut ja muut ilmansaasteet.

Suunnittelualueella kasvaa sankkaa metsää, joka suojaa paikallisesti tuulilta. Rakentaessa tämä suojametsä yleensä käytännössä häviää, ja ainoastaan suuremmat yhtenäiset metsiköt voidaan huomioida tuulensuojina.

Pihojen, leikkikenttien, kevyen liikenteen väylien ja linja-autopysäkkien viihtyisyyden kannalta tärkeintä on suojautuminen länsi-, luoteis- ja kaakkoistuulia vastaan. Energian säästämiseksi rakennusten julkisivuja tulisi suojata luode-pohjoinen- ja itä-kaakko-sektoreista kohdistuvilta viimoilta. Suunnittelualan itäisen osan rannat ovat monin paikoin erityisen avoimia kylmille tuulille, jotka tulevat koko koillinen-kaakko-sektorilta.

Olevaa rakentamista, tulevia kaava-alueita ja mikroilmastoa on arvioitu TkL Kimmo Kuismanen kehittämällä CASE-menetelmällä. (Kuismanen 2008)

7.4 Rakennettujen alueiden mikroilmaston laadun kriteerit

Ihmisen kokema tuulisuutta on tutkittu kokeellisesti useissa maissa, ja näiden selvitysten perusteella on laadittu tuulisuuden raja-arvoja jalankulun ja erilaisten ulkotoimintojen kannalta. Alla olevassa taulukossa on esitetty mikroilmaston laadukriteerit, jotka on useiden tutkimusten perusteella sovellettu Skandinavian ilmasto-olosuhteisiin (taulukko 1). (Daniels, Glaumann & Westerberg)

Taulukko 1. Ulkoalueiden tuulisuuskriteerit (Glaumann & Westerberg 1980, suom. Kimmo Kuismanen)

Ulkoalueiden tuulisuuskriteerit ajallisena vallitsevuutena (%) ja koettuna tuulennopeutena. Kriteerit pätevät sekä kenttä- että tuulitunnelimittauksien tuloksiin.		
ULKOALUEET	VAIHTOEHTOISET RAJA-ARVOT	
	SEN AJANJAKSON OSUUS VUODESTA, JOLLOIN TUULENNOPEUTTA 5 M/S EI SAA YLITTÄÄ	TUULEN VUOTUINEN KESKIVÄRTI M/S, JOTA EI SAA YLITTÄÄ
Kävely- ja pyörätiet - henkilövahinkojen riski	50 %	5
Lyhyen oleskelun ulkotila, esim. tori, bussipysäkki - raja hyväksyttävälle olosuhteille	20 %	3
Pitkäaikaisen ulkona olemisen alue, esim. oleskelu- ja leikkipaikat - tavoitteellinen olosuhteiden raja	0,5 %	1,5

Useilla tuulensuunnilla vapaan ilmavirtauksen keskinopeus Tahkon alueella ylittää 5 metriä sekunnissa. Eräillä rantakaistoilla, rinteillä ja korkeiden talojen ympärillä on odotettavissa jopa 6-7 m sekunnissa keskinopeuksia ja myrskyjen aikaan vaarallisia puuskia. Tällaiset nopeudet edellyttävät tutkimusten ja em. kriteerien mukaan erityisiä suojaustoimenpiteitä.

7.5 Ilmastonmuutos ja sen vaikutus Tahkon alueella

Alueellisen ilmastomallin simuloinnin perusteella (luku 5) alueen ilmastossa tulee tapahtumaan useita muutoksia:

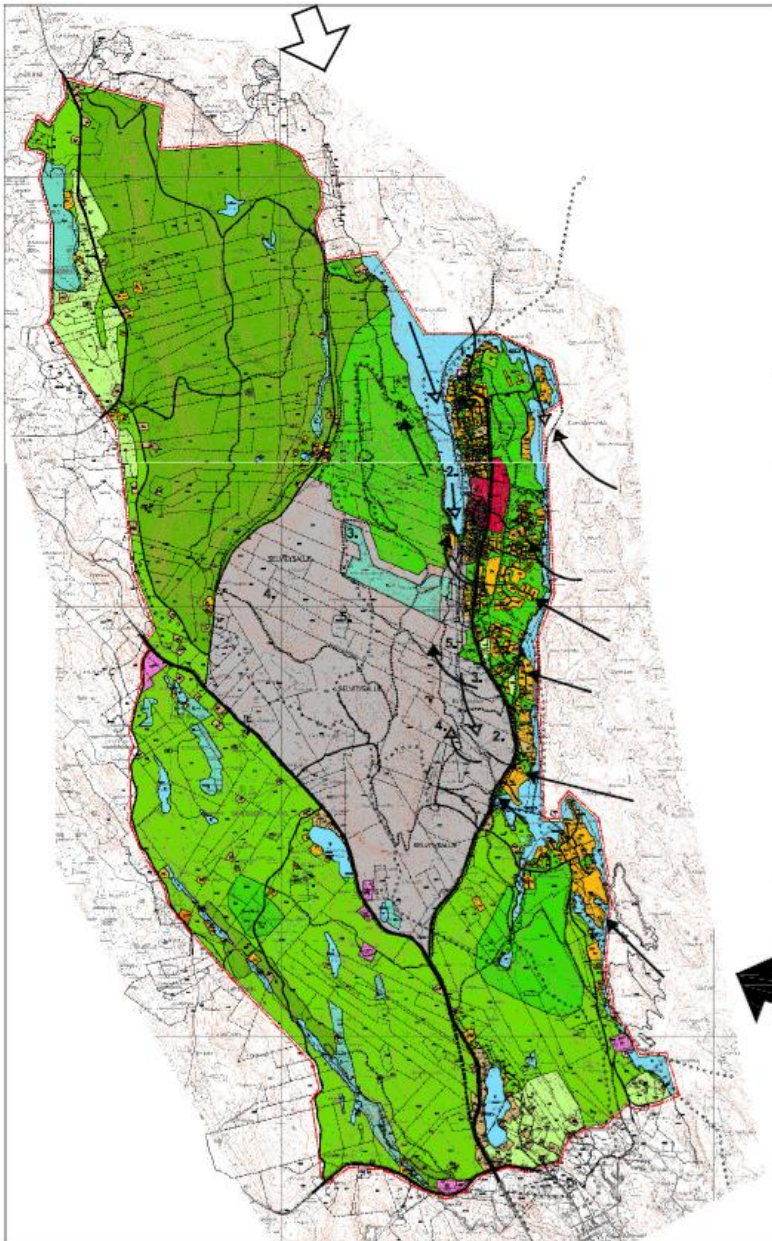
- lämpötilat tulevat nousemaan
- keskituulennopeus nousee hieman, mutta maksiminopeudet laskevat
- vesisateet ja sateen rajuus lisääntyvät
- lumimäärät vähenevät, mutta lumimyrskyt voivat olla ankaria
- järvi on jäässä nykyistä lyhyemmän ajan, jolloin aallokko, kosteus ja roiskeet lisääntyvät.

Lämpötilan nousu tulee vähentämään kylmyydestä johtuvaa lämmönkulutusta. Toisaalta koska paikoin alueella tuulen jäähdyttävä voima on merkittävä, ei energian säästötoimenpiteistä voida tinkiä.

Vaikka tuulisuus ei tulevaisuudessa nykyisestä lisäännä, tuuli ja kosteus rasittavat yhdessä nykyistä enemmän rakennuksia. Rantalaitureilla ja silloilla kulkeminen on kovalla tuulella vaikeaa, ja kattorakenteisiin, julkisivuihin, katoksiin sekä parvekelasituksiin kohdistuu paikallisesti (asemakaavoista ja suunnitteluratkaisuista riippuen) ilmavirtausten kanavoitumisesta johtuen suuria tuulikuormia. Järven pysyminen sulana kauemmin, yhdessä tuulen lievän lisääntymisen kanssa, pidentää kosteaa tuulista välivuodenaikaa. Kosteuden lisääntyminen nollalämpötilan molemmiin puolin lisää liukkautta. Rantoihin kohdistuu pidempään terävä aallokko, joka rantaa tullessaan heittää pisaroita rantarakenteille ja vesistöiden lähellä olevien rakennusten julkisivuihin.

Sateiden lisääntyminen on huomioitava sadevesiviemäreiden mitoituksessa.

Kuvassa 13 esitetään Tahkon nykyisen osayleiskaavan pohjalta laadittu ilmastoanalyysi.



TUULEN SUUNTA ANALYYSISSÄ
MUSTA KAAKKO
VALKOINEN LUODE



VOIMAKAS KYLMÄ LUOTEIS- TAI POHJOISTUULI



VOIMAKAS KAAKKOIS- TAI ETELÄTUULI

- 1) RANNALLA MYRSKYTUULIA JA LENTÄVIÄ PISAROITA
- 2) ASUNTOALUEELE KANAVOITUU VOIMAKKAITA ILMAVIRTAUKSIA
- 3) LAAKSOON SIOJITTUVA TUULIKANAVA
- 4) TUULINEN RINNE
- 5) KYLMÄNILMANPAINANNE

Kuva 13. Tahkon ilmastoanalyysi, pohjana nykyinen osayleiskaava.

7.6 Osayleiskaava-alueen analyysi

Tahkon kehittämisen tavoitteisiin kuuluu kaavarakenteen eheyttäminen ja rakentaminen maisemaa hyödyntäen vesistöiden läheisyyteen ja maisemallisiin rinteisiin. Monin paikoin rakennuspaikat on kaavoitettu vesistöihin asti.

Alue on vesistöiden ympäröimä, maastoltaan erittäin voimakkaasti vaihteleva ja suhteellisen hyvin metsittynyt rikkonainen niemi. Niemen pohjoispää ja suurin osa mäkimaastosta säilyvät viheralueena, mikä antaa hyvän tuulensuojan. Vallitseviin tuulensuuntiin nähden alue on kuitenkin paikoitellen avoin ja suojapuusto tulee rakentamisen myötä osin häviämään, mikä asettaa hyvin korkeat vaatimukset detaljikaavoitukselle ja rakennussuunnittelulle viihtyisän mikroilmaston, kevyenliikenteen turvallisuuden, rakenteiden kestävyuden ja energiankulutuksen hallinnan kannalta.

Käytännössä rakentamisen ja istutustenkin jälkeen pihat ovat vuosia avoimia tuulille, koska kookasta olevaa puustoa ei usein jää tuulensuojauksen kannalta riittävästi. Asuntopihat ovat suojauksilla hoidettavissa, mutta suorat katutilat ja avoimet kentät jäävät ilman erityistoimenpiteitä tuuliseksi. Mahdolliset muita korkeammat talot ohjaavat voimakkaita ilmavirtauksia katutasolle. Ulapalle aukeavat rantakorttelit altistavat rakennukset ja pihat vallitseville tuulille ja aallokon lennättämille vesipisaraille. Ehdotetut pienimuotoiset korttelit saadaan oikein suunnitteleamalla helposti mikroilmastoltaan miellyttäväksi.

Ehdotetut suorat pääliikenneväylät mahdollistavat suuret ilmavirtausten nopeudet, mutta luonnoksessa paikoin esitetyt kaarevat katulinjaukset vaimentavat tuulisuutta.

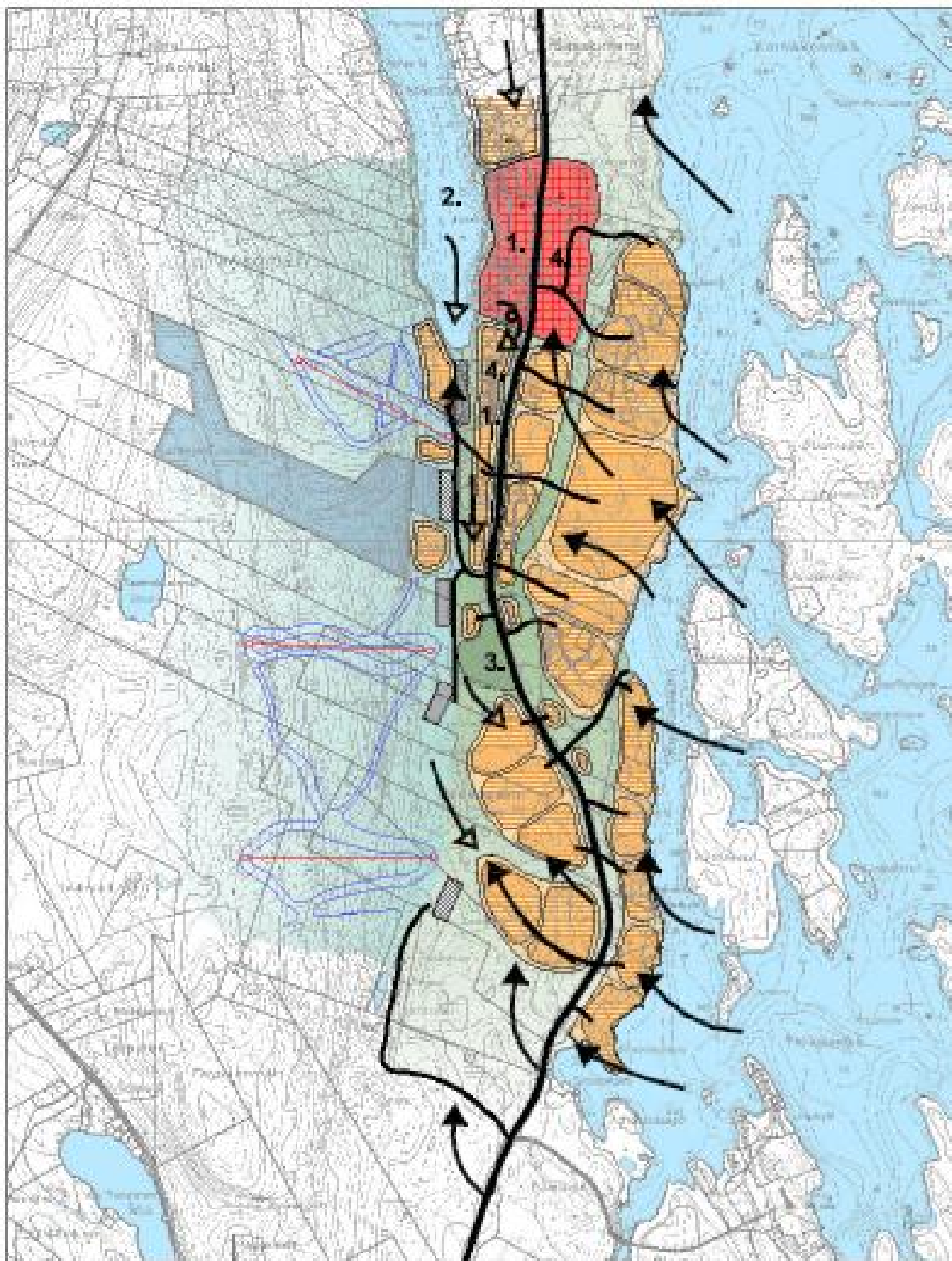
Kaava-alueiden suunnittelun kehittäminen voi lähteä seuraavista periaatteista:

- suojametsiköt säästetään, tonteilla oleva kasvillisuus säilytetään mahdollisimman laajasti ja uusissa istutuksissa huomioidaan tuulensuojan muodostaminen
- matala-tiivis pienimittakaavainen rakennuskanta
- mahdollisimman kapeat kadut, joilla ei ole pitkiä päätuulensuuntien suuntaisia suoria
- asteittain nousevat suhteellisen tasaiset rakennuskorkeudet, tiivis aluerakenne
- tuulen nostaminen kattojen yläpuolelle, ja pitäminen siellä
- tuulen vaimentaminen katutilassa ja pihalla istutuksin ja rakentein
- mahdollisesti pienoismallien tuulitestaus 1:500 yhteismallilla rakennussuunnitteluvaiheessa.

Suosituksia erittäin tuulisten kortteleiden suunnittelun lähtökohdiksi:

- rakennusten lämmöneristyksen ja tiiviyden on ylitettävä 20 % normien vaatimustaso
- katto- ja piharakenteiden mitoitusluormien on ylitettävä 20 % normien vaatimustaso
- lähellä rantaa olevien rakennusten julkisivujen kosteudenkestosta on annettava selvitys
- kaavoitus ja rakennussuunnittelu tehtävä pienoismallin tuulitestausta hyväksikäyttäen.

Kuvassa 14 esitetään Tahkon maankäyttöluonnoksen tuulisuusanalyysi.



Luoteistuuli (valkokärkiset nuolet). Länsituulella tilanne on lähes samanlainen.
 Kaakkoistuuli (mustakärkiset nuolet). Etelä- ja itätuulilla tilanne on lähes samanlainen.

- 1) Ilmavirtauksia ja turbulensseja.
- 2) Alueelle suuntautuva tuulikanava.
- 3) Tuulinen katu.
- 4) Mahdolliset korkeat rakennusmassat aiheuttavat voimakkaita alaspäin suuntautuvia ilmavirtauksia ja pyörteisyyttä maantasoon.

 VOIMAKAS TUULI

 PYÖRTEINEN TUULI

Kuva 14. Tahkon maankäyttöluonnoksen tuulisuusanalyysi.

7.7 Suunnitteluohjeita

7.7.1 Aluetaso

Alueen osayleiskaavan rakennuskortteleiden päälinjat määräytyvät rannan- ja maastonmuotojen, tiestön ja olevan rakennuskannan mukaan, eikä niiden muuttaminen oleellisesti ole mahdollista. Maaston perusmuodoista ja avoimista vesipinnoista johtuen alueelle kohdistuu useita tuulikanavia, jotka toisaalta huonontavat mikroilmastoa, mutta toisaalta tuovat maiseman esiin. Aluetasolla ei mikroilmastolle tai ilmaston muutoksen tuomille ongelmille voida tässä tapauksessa tehdä paljoakaan.

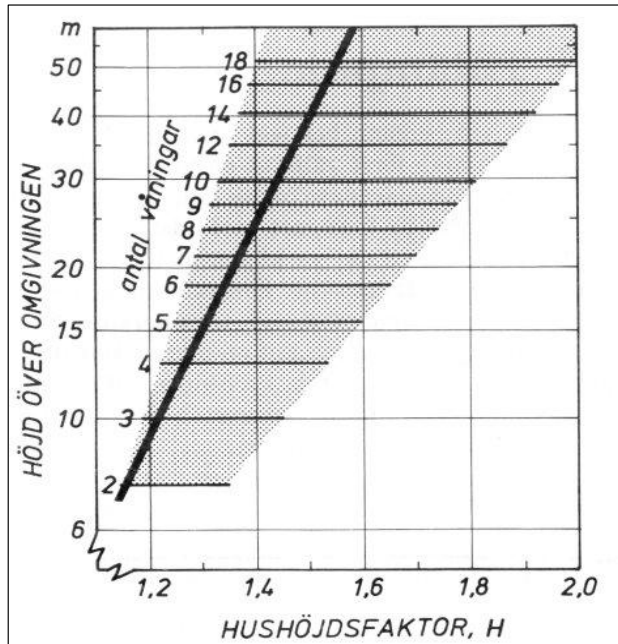
Hyvä mikroilmasto rakennettuun ympäristöön olisi ensisijaisesti luotava korttelitason kaavoituksella ja rakennusten suunnittelulla sekä säilyttämällä oleva puusto. Kaavoitettavien rakennusalueiden tulisi olla mahdollisimmat tehokkaita ja tiiviitä, jotta vastaavasti voitaisiin jättää laajoja yhtenäisiä metsäalueita luonnontilaan ("tiivistä suojellaksesi"). Viiman estämisellä voidaan parantaa myös rakennusten lämpötaloutta. Katujen tuulisuutta voitaisiin jonkun verran vähentää kaavoittamalla vaihteleva katuverkosto.

Mikäli yhdyskuntarakennetta ja rakennuksia muotoilemalla ei saavuteta hyväksyttävää mikroilmaston tasoa, parannetaan olosuhteita tuulensuojauksella. Suojaamista tarvitsevat myös jotkin urheilusuorituspaikat ja rinteet. Toimenpiteet voidaan jakaa etäsuojaukseen (*fjärrskydd*) ja lähisuojaukseen (*närskydd*). Suojaistutuskaitat, jotka vähentävät tuulisuutta koko alueella ovat esimerkki etäsuojauksesta, ja ne ovat yleensä muodoltaan korkeita ja rakenteeltaan harvoja. Lähisuojat ovat matalia ja tiiviimpiä, usein rakennusaineisia tai tiheää kasvustoa. Lähisuojat suunnitellaan suojaamaan pienehköjä ulko-oleskelualueita ja kulkuväyliä.

Etäsuojana useat yhdensuuntaiset esteet toistensa vaikutusalueella antavat yhdessä paremman tuloksen kuin erilliset. Tehokkain yhdistelmä saadaan etäisyydeltään 8-10 kertaa esteen korkeuden verran sijaitsevilla läpäisyltään 20 %:n suojilla. Tiheydellä 15-20 %:a suoja-alue muodostuu lähelle suojarakennetta. Suurin suoja-alue kohtuullisella virtausnopeudella saadaan käytettäessä 50 %:n rakennetta. Suoran suojan vaikutus jää aina huonommaksi verrattuna polveilevaan suojaan, koska tuulen suunta käytännössä vaihtelee jonkin verran. Luonnossa ei saavuteta samaa tehokkuutta kuin tuulitesteissä, koska testissä virtauksen suunta on vakio. (Glaumann & Westerberg, Kuismanen 1993)

7.7.2 Korttelitaso

Tuulisuutta ajatellen maaston muodot, suojakasvillisuus, katualueet, rakennukset ja pihat muodostavat yhdessä toimivan kokonaisuuden. Sulkemalla kortteleita ja rakentamalla suhteellisen tiheää tasakorkeaa struktuuria voidaan ilmavirtauksia vaimentaa huomattavasti varsinkin pihoilla. (Kuva 15)

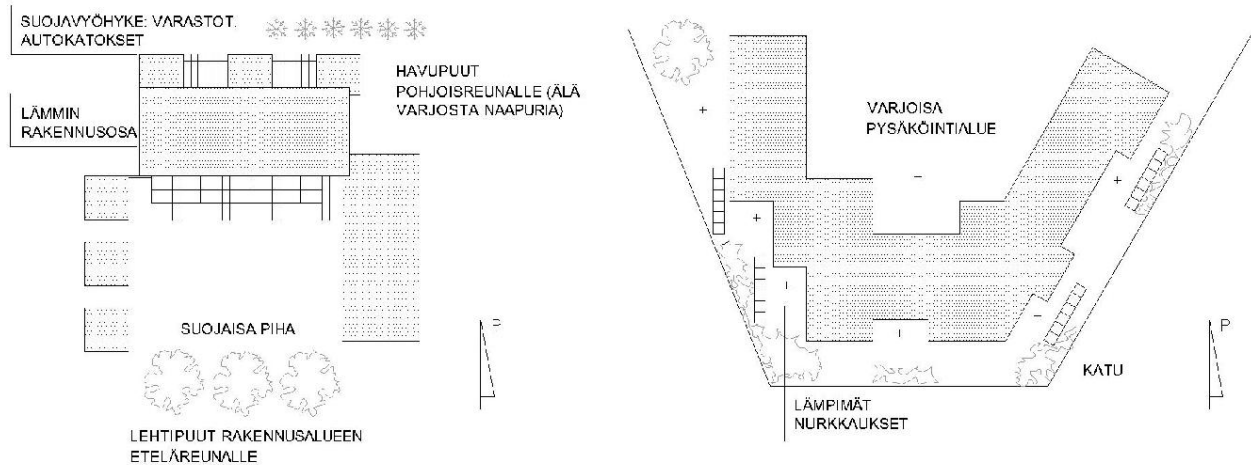


Kuva 15. Ympäristöään korkeamman rakennuksen vaikutus suhteelliseen tuulisuuteen 2 m korkeudella. Pystyakselilla ilmoitetaan rakennuksen korkeus yli ympäristönsä. Luvut alhaalla ilmaisevat paljonko rakennus lisää tuulen suhteellista nopeutta. Yleensä rakennukset sijoittuvat rasteroidulle alueelle. (Glaumann & Westerberg)

Yleensä matala rakentaminen ja kasvillisuus vähentävät tuulten vaikutusta, ja korkeat rakennukset voimistavat. Rakennusten nurkissa ovat ilmavirtaukset vaikeimmin hallittavissa. Suurten rakennusten aiheuttamaa turbulenssia voidaan vähentää porrastamalla korkeutta nurkissa tai liittämällä matalampia huoltorakennuksia kulmiin. Paras suojaus maanpinnan tasoon saadaan rakentamalla rakennukset umpipihan muotoon. Kulmanmuotoisilla rakennuksilla on helpompi muodostaa positiivinen mikroilmasto kuin suorakaidemassoilla. Pyöreät ja pyramidimaiset massat aiheuttavat vähemmän pyörteitä ympäristöönsä, mutta niiden suojavaikutus on myös pieni.

Pitkät suorat kadut ovat helposti tuulisia, ja viisto tuuli aiheuttaa tällaisessa katukanjonissa pitkän pyörteisen virtauksen. Yli 30 metrin mittaisilla aukeilla tuuli laskee alas maantasoon ja pääsee puhaltamaan jo voimakkaasti. Yli kolmekerroksiset ja 20 metriä pitkät rakennukset sekä tornit tai muut ympäristöään korkeammat rakennukset aiheuttavat voimakkaita turbulensseja ympärilleen. (Alberts, Børve, Evans)

Kuvassa 16 esitetään ohjeita rakennusten suuntauksesta auringon suhteen.



- PASSIIVISEN AURINKOTALON PERIAATE:
 - SUUNTAUS KAAKON JA LOUNAAAN VÄLILLE
 - AURINGONHEIJASTAJAT KERÄÄVÄT MATALALLA PAISTAVAN TALVIAURINGON JA HEIJASTAVAT SEN SISÄTILOIHIN (VARJOSTAVAT KESÄLLÄ)
 - TUMMAT PUURAKENTEET OLESKELUPIHALLA KERÄÄVÄT LÄMPÖÄ
 - LEHTIPUUT VARJOSTAVAT KESÄLLÄ, MUTTA EIVÄT VARJOSTA TALVELLA
 - RAKENNUKSEN AVOIN SIVU KAAKON JA LOUNAAAN VÄLILLE
 - RAKENNUKSEN SULJETTU SIVU LUOTTEEN JA KOILLISEN VÄLILLE.
- AUTOPAIKAT TONTIN VARJOISALLA OSALLA TAI KADUN VARRELLA.
- RAKENNA TONTIN HUONOIMMALLE PAIKALLE, SÄILYTÄ PARHAAT OSAT LUONNONTILAISINA.
- ÄLÄ SIJOITA RAKENNUSTA KESKELLE TONTTIA (PIHA-ALUE PIRSTOUTUU).

Kuva 16. Rakennusten suuntaus auringon suhteen (Kuismanen 2008).

Tuulen vaimentamiseksi pihat jaotellaan tarvittaessa piharakennuksin, aidoin ja istutuksin. Autopaikat tulisi sijoittaa tontin varjoisalle osalle tai kadunvarsipaikoille.

Leikkipaikoille asetetaan monipuolisia vaatimuksia:

- suojattu tuulilta, melulta ja liikenteeltä
- aurinkoisuus; auringon paistettava yli viisi tuntia tasauspäivänä
- vaihtelevia luontotyyppisiä ja materiaaleja; kiviä, hiekkaa, vettä, kasveja...
- hiekkamaa on lämpimin leikkialusta, savikko kylmin
- rakennelmissa käytettävä terveellisiä luonnonmateriaaleja.

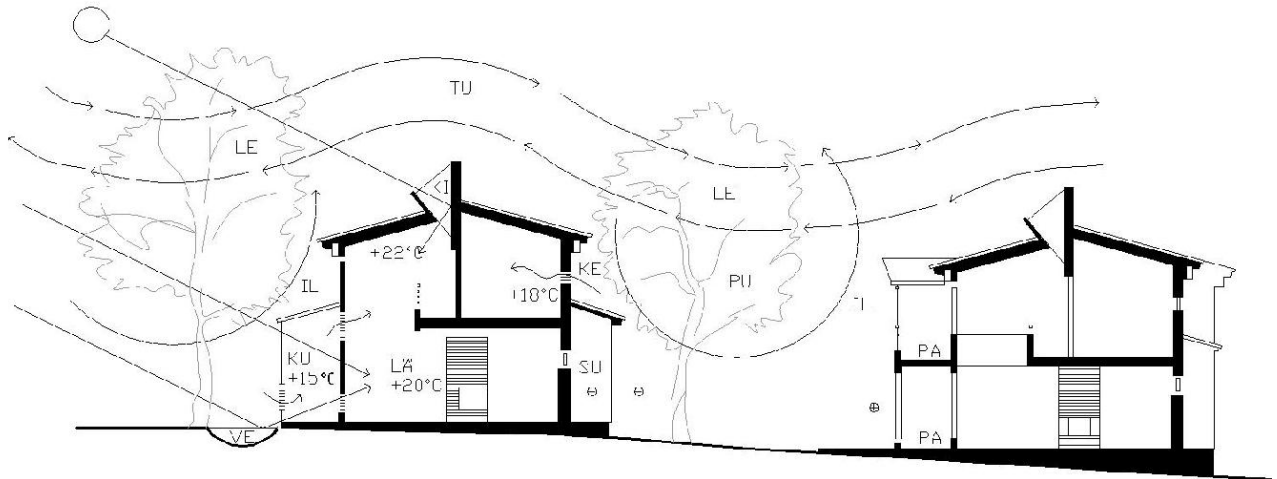
Kaavallinen sijoittelu:

- suositaan matala-tiivis rakennetta
- vältetään suoria päätuulien suuntaisia katutiloja
- korttelien suuntaaminen aurinkoon
- pihojen suojaaminen tuulelta rakennusmassoin
- määräykset tuulensuojaistutuksista ja -rakenteista kaavoihin. (Kuismanen 2007)

7.7.3 Rakennukset kaavoituksessa

Pienilmaston kokonaisvaikutus koostuu tuulesta, aurinkoisuudesta ja rakennuspaikan lämpimyydestä. ASTA II tutkimuksen mukaan maksimi- ja minimitapausten välinen suhteellisen lämmönkulutuksen erotus on omakotitaloilla 40 kWh/k-m² (28 %), lamellitalolla runsaat 37

kWh/k-m² (27 %) ja pistetalolla 35 kWh/k-m² (28 %) vuodessa. Voidaan kuitenkin arvioida, että todellisissa tilanteissa päästään korkeintaan ehkä 20 %:n lisäykseen minimistä maksimiin. Glaumannin ja Westerbergin mukaan rakennusten lämmitystarvetta voidaan vähentää noin 10 %, kun tuuliolosuhteet otetaan huomioon rakenteiden ja rakennusmuodon valinnassa. (Glaumann & Westerberg, Kivistö Raportti 2)

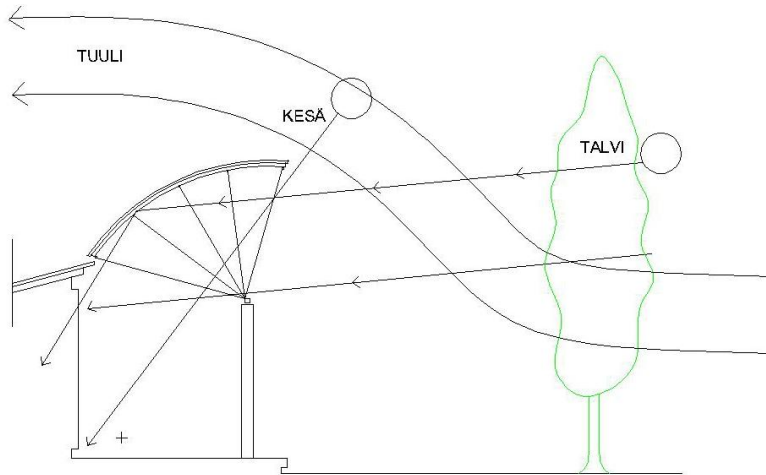


IL	VARJON JA AURINGON AIHEUTTAMA TERMINEN ILMAVIRTAUS PIHALLA
KE	KESÄLLÄ KORVAUSILMA VARJON PUOLELTA
KI	KATTOIKKUNA TUULETUSREITTINÄ KESÄLLÄ
KU	LÄMMITTÄMÄTTÖMÄLTÄ AURINGOISELTA KUISTILTA KORVAUSILMA LÄMMITYSKAUTENA
LE	LEHTIPUUT SUOJAAVAT AURINGOLTA KESÄLLÄ
LÄ	LÄMPÖÄ TUOTTAVAT TOIMINNAT KESKELLE
PA	PARVEKETTA VOI KÄYTTÄÄ KORVAUSILMAN ESILÄMMITYKSEEN
PU	PUUT PUHDISTAVAT ILMAA
SU	LÄMMITTÄMÄTTÖMIEN RAKENNELMIEN MUODOSTAMA SUOJAVYÖHYKE
TU	PIENIMITTAKAAVAINEN RAKENTAMINEN PITÄÄ TUULET KATTOJEN YLÄPUOLELLA
VE	VESILÄMMIKKO HEIJASTAA VALOA JA TOIMII LUMENKERÄYSPAIKKANA TALVELLA

Kuva 17. Rakennusten sisä- ja ulkotilojen välinen vuorovaikutus (Kuismanen 2008).

Usein esiintyvä ongelma etenkin on kylmän tuulen puhaltaminen samalta suunnalta auringon kanssa. Tällöin pyritään tuuli ohjaamaan pihan yli ja luomaan suojaisa poukama esimerkiksi tuulen suuntaan avautuvan auran muotoisella pohjapiirroksella tai katoksella tuulen puolella (kovera muoto). Toisaalta suora tai kupera seinä tuulen puolella aiheuttaa turbulenssin, joka vähentää lumen kinostumista. Loiva pitkä katto suojan puolella vähentää suojaisaa aluetta ja lumen keräytymistä. Mahdollisuuksien mukaan talon ja rakennusryhmän selkä käännetään päätuulensuuntaan. Kolonnadit ja katetut jalkakäytävät suojaavat sateelta, liukkaudelta ja liialta auringolta.

Rakennusmassat kannattaa yleensä jaotella pihan muodostamisen helpottamiseksi, ja aputilat voi usein sijoittaa omiin rakennuksiinsa tontin reunoille. Taloja ei saisi sijoittaa keskelle tonttia, ettei piha pirstoonnu. Rivitalot tulisi toteuttaa lyhyinä massoina, jotka muodostavat piha-piirin. Pitkät rinteen suuntaiset rivi- tai kerrostalot voivat katkaista pohjaveden virtauksen ja keräävät helposti kylmänilmantaskun ylärinteen puolelle.



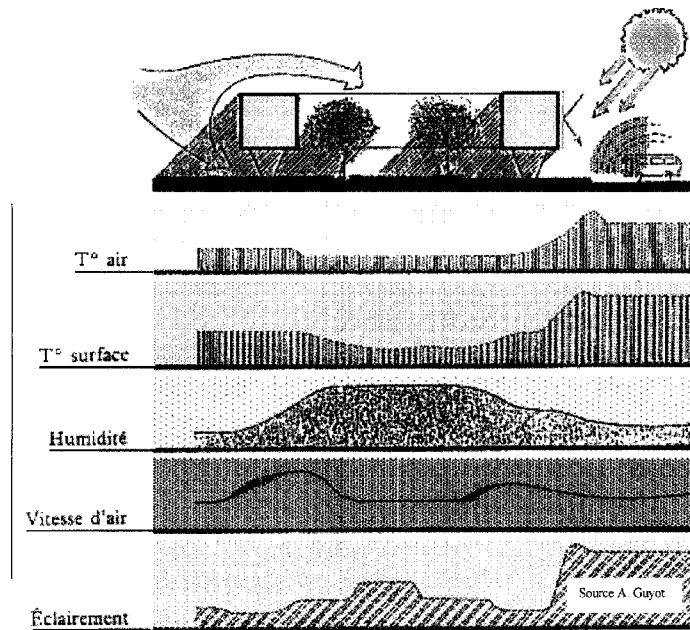
Kuva 18. Lounaistuulen puolelle rakennettu lippa, joka muodostaa tyynen oleskelualueen, varjostaa kesällä ja päästää auringon sisään talvella. (Kuismanen 2008)

Rakennukset olisi suunniteltava muodostuvan vyöhykkeistä rakennuspaikan tuuli- ja valaisuolosuhteiden mukaisesti. Pohjoiseen ja tuulisiin ilmansuuntiin päin tehdään suojavyöhykkeet kylmistä taloustiloista, luhtikäytävistä, säleikoista, lasikoista jne. Kaavamääräykset ja rakennusalat on muotoiltava siten, etteivät nämä kylmät ja puolilämpimät tilat vie varsinaista rakennusoikeutta, vaan tulevat normaalitehokkuuksien lisäksi.

Mikäli talojen suuntaus on oikea, sekä passiivisesti että aktiivisesti aurinkoenergiaa käyttävien talojen toteuttaminen on Nilsiässä jo nykytekniikalla realistista. Kaikki rakennukset tulisi suunnitella ainakin passiivisen aurinkotalon periaatteilla, mikä edellyttää kaavoitusvaiheessa aurinkoisuusanalyysien tekemistä. Rakennus on monilla muillakin tavoin yhteydessä ulkona tapahtuviin luonnonprosesseihin ja vaikuttaa ympäristönsä mikroilmastoon.



Kuva 19. Rakennuksen muotoilulla ja yksityiskohdilla voidaan vaikuttaa lähiympäristön tuulisuuteen ja vähentää tuulen jäädyttävää vaikutusta. (Kuismanen 2008)



Kuva 20. Monimuotoiset rakennukset vaikuttavat rakennuspaikan ilman lämpötilaan, maanpinnan lämpötilaan, kosteuteen, ilmavirran nopeuteen ja valaisun voimakkuuteen. (Ecole)

Rakennuksen kattopintojen reuna-alueet ja nurkat noin 0,5 m leveydeltä ovat erityisen alttiita tuulen painevaikutuksille. Tasakatolla vallitsee yleensä alipaine ja esiintyy erilaisia turbulensseja. Tuulenpaine muuttuu alipaineisesta ylipaineiseksi kattokulman kasvaessa. Välillä 14° - 21° voi esiintyä sekä positiivista että negatiivista kuormitusta. Harjakaton kulman ollessa vajaa 30° ovat painevaikutukset pienimmillään. Pulpettikattoa vetää alipaine kaltevuuskulmalla 0 - 15° . Yli 15° :n kallistus aiheuttaa hieman ylipainetta katon keskelle, ja noin 25° :n asennossa yli- ja alipainevoimat jakautuvat säännönmukaisesti. Kattokaltevuuksia koskevia tarkkoja sääntöjä ei voida esittää, koska tuulivoimien jakaantumiseen ja syntymiseen vaikuttavat monet tekijät, kuten vesikaton alapuolisen rakennusosan korkeus ja yksityiskohdat, pinnankarkeuden vaihtelut, naapurien aiheuttamat ilmavirrat jne. (Børve, Jensen, Mattson)

Myrskytuhojen välttämiseksi räystäiden, kattojen, julkisivujen, kiinnitysten ja lasitusten lujuutta tuulikuormia vastaan on parannettava tuulisilla tonteilla nykyisiin normeihin ja käytäntöihin verrattuna arviolta 20 %.

Rakennussuunnittelu:

- tiivis, matala ja pienimittakaavainen rakentaminen helpottaa hyvän mikroilmaston luomista
- korkeat rakennukset ohjaavat ilmavirtauksia maantasoon
- rakennuksen suunnittelu vyöhykkeittäin siten, että pohjoisen tai tuulten puolella on kylmien rakennelmien muodostama puskurivyöhyke, keskellä lämmin sydän, ja auringon puolella oleskeluun tarkoitettuja sisä- ja ulkotiloja
- suojautuminen tuulilta parvekkeilla tai kaksinkertaisella julkisivulla
- parvekkeet, lipat ja luhtikäytävät vähentävät alas suuntautuvia ilmavirtauksia, samoin rakennuksen viereiset kasvit, köynnössäleiköt, katokset yms.
- suositeltava kattokulma tuulen kannalta on 15° - 21°
- aerodynaamisesti oikein muotoiltu räystääs vähentää turbulensseja
- rakennusten suuntaaminen aurinkoon
- autopaikat varjoon
- lehtipuut eteläpuolelle, havupuut pohjoiseen. (Kuismanen 2000)

7.7.4 Tuulensuojakasvillisuuden suunnittelu

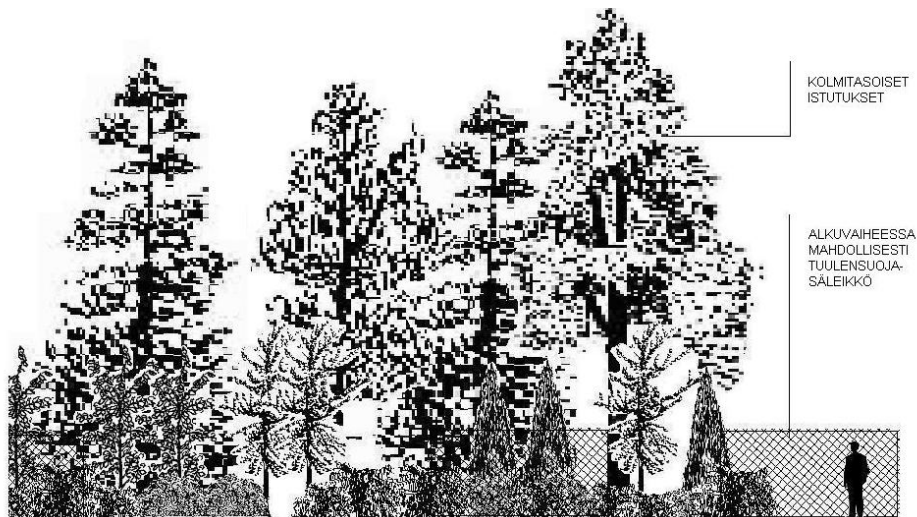
Tontin ja sen ympäristön luonteenomaiset kasvupaikkatyypit muodostavat lähtökohdan kasvilajeja ja kasviyhdyksuntia suunniteltaessa. Pieneliöstön ja -kasvuston on pystyttävä vaihtamaan geenejä ympäröivän luonnon kanssa viherkäytävien kautta.

Luonnonmukaisten helppohoitoisten tuulensuojaistutusten lähtökohtana ovat maaperän ja ilmaston mukaiset kasvustot. Perusta puutarhasuunnitelmalle saadaan luontoanalyysistä, jossa määritellään mm. rakennuspaikan luontotyyppi. Tämä antaa jo suunnan tuleville vihertöille ja kasvivalinnoille. Selkeän lähtökohdan suunnittelulle antaa Alangon ja Kahilan esittämä jako:

1. Harjupuutarha.
2. Kallio- ja kivikkopuutarha.
3. Metsäpuutarha.
4. Rodo- eli alppirusupuutarha.(Alanko)

Lehtipuiden vaikutus tuulenopeuteen vaihtelee vuodenajoittain lehvästön vähentäessä tuulisuutta 20 - 30 %. Korkeat puut rakennusryhmän keskellä vähentävät tuulisuutta tehokkaasti. Puuston suojaava vaikutus ulottuu aivan latvuston tasalle, ja siksi on tärkeää, että tuulisella seudulla rakennuksia ei uloteta latvuksien yläpuolelle. Suojattavat alueet mieluummin ympäröidään suojaistutuksin ja vältetään istutuslinjojen säännönmukaisuutta, koska tuulensuunta voi usein vaihdella jopa 90°, vaikka keskisuunta säilyisikin samana. Puuston valmistelu ja harventaminen kestävyuden lisäämiseksi olisi tehtävä viitisen vuotta ennen rakentamista. Harvahkoilla lehtipuukujilla ei mikroilmaston kannalta ole paljoa vaikutusta. (Maaninen, Miller)

Monissa kohdissa oikein tehty vihersuunnittelu on hyvä keino aktiivisesti parantaa mikroilmastoa. Tehokkaimmat tuulensuojat syntyvät kolmitasoisista istutuksista, ja Istutuksissa on käytettävä samalta tai pohjoisemmalla kasvuvyöhykkeeltä peräisin olevia taimia.



- ISTUTUSTEN PERIAATE:
 - MAANTASSOISSA 0,5-1,5 M KORKEAT TIHEÄT PENSAAIKOT
 - VÄLITASOISSA 1,5-3 M KORKEAT PENSAAIKOT JA PUUT, JOTKA OVAT LÄPÄISEVYYDELTÄÄN 30-50 %:A
 - YLÄTASSOISSA PUUSTO; LÄPÄISEVYYDELTÄÄN YLI 50 %:A.
- ERIKORKEUDET ISTUTUKSET SEKOITETTUNA ANTAVAT PARHAAN SUOJAN TUULTA VASTAAN.
- HAVUPUUT SUOJAAVAT TALVELLA PARHAITEN.
- VARSINKIN ALKUVUOSINA ISTUTUKSIA ON HYVÄ TÄYDENTÄÄ TUULENSUOJASÄLEIKÖIN (LÄPÄISY 30%-60%).
- IKIVIHREITÄ KASVEJA TULISI SUOSIA.

Kuva 21. Kolmitasoiset istutukset. (Kuismanen 2008)

Pihojen tuulisuutta voidaan vähentää istutuksilla. Toisaalta tämä kuitenkin on vaikeaa, jollei samalla haluta menettää järvimaisemaa, ja siksi jouduttaneen miettimään pihojen maisema-arkkitehtuuria, lasirakenteita ja julkisivujen detaljointia keinoina estää kiusallisen voimakkaat ilmavirtaukset.

Suunnitteluohjeita:

- valitse puutarhan peruslinja ja kasvilajit rakennuspaikan maaperän ja luontotyyppin mukaan
- vältä turhaa tasaamista ja käytä maamassat tontin muotoiluun
- käytä tiheitä monilajisia istutuksia
- suosi kosteikkoja ja vesiaiheita
- säilytä kalliot mahdollisuuksien mukaan koskemattomina.
- suosi paikalla luonnostaan kasvavia lajeja
- vältä suuria ruohikoita, ellet tarvitse pallokenttää tms.
- käytä luonnollisia maanpeitekasveja
- keto puhdistaa ilmaa monikymmenkertaisesti verrattuna leikattuun nurmikkoon
- suosi ikivihreitä kasveja; täydennä istutuksia kukkivilla lajeilla
- vältä suuria asfalttipintoja; käytä materiaaleja, jotka eivät estä sadeveden imeytymistä maahan
- kerää pintaturve rakennuspaikalta, varastoi se ja käytä tontin viherrakentamiseen
- itsehoitavat istutusryhmät (ekologinen puutarha) vähentävät kiinteistön hoitokuluja
- eri vuodenaikojen kukat ja värit sommitelmina. (Kuismanen 2007)

7.7.5 Tuulitestauksen käyttäminen

Sisämaassa tuulennopeudet ovat yleensä kohtuullisia. Tuulen kanavoitumisen vuoksi Tahkon alueen tuulennopeudet ylittävät joissain paikoissa kynnyksen, jonka jälkeen tutkimusten mukaan olisi kaava- ja rakennussuunnittelua tehtäessä suoritettava mikroilmastoanalyysit ja käytettävä tuulitestausta (taulukko 2).

Tässä raportissa on tehty suuntaa antava mikroilmastoanalyysi ja laadittu kokemukseen perustuvat suunnitteluohjeet. Mikäli halutaan suurempi varmuus tulevan rakentamisen mikroilmaston hyvästä laadusta, olisi tehtävä tärkeimmistä osa-alueista pienoismallit, jotka tuulitestataan. Testauksen perusteella voidaan antaa tarkempia suosituksia kaavan kehittämiseksi. Myös suurempien rantarakennusten ja korkeiden kerrostalojen tuulitestausta rakennussuunnittelun yhteydessä on syytä harkita.

Taulukko 2. Tuulen keskinopeuden luonnehdinta ja tarvittavat suunnittelutoimenpiteet (Glaumann & Westerberg 1980, suom. Kimmo Kuismanen)

KESKINOPEUS 2 M KORKEUDESSA M/S	TUULISUUDEN LUONNEHDINTA	SUUNNITTELUTOIMENPITEITÄ
yli 5,5	Hyvin tuulinen	Rakennukset ja alueet vaativat suojaamista. Tuulitunnelitestausta voidaan edellyttää.
4,0 - 5,5	Tuulinen	Oleskelu- ja kevyen liikenteen väylät sijoitettava suojaan ja varustettava tuulen suojauksella
2,5 - 4,0	Hieman tuulinen	Pihat ja parvekkeet tarvitsevat suojausta
alle 2,5	Suojaisa	Tuuli ei ole ongelma, ja suojausta tarvitaan vain joissain erikoistapauksissa

8 Kasvihuonekaasupäästöt

8.1 Arviointiperiaatteet

Tahkon kehittämissuunnitelmien toteuttamisesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu uusien matkailu- ja vapaa-ajan rakennusten energiankäytön ja matkailijoiden henkilöliikenteen osalta vuoden 2030 tilanteessa muutoksena nykytilanteeseen verrattuna.

Uuden rakennuskannan kerrosala on kaikkiaan 360 000 k-m². Rakennukset ovat hyvin erityyppisiä: hotelleja, huoneistohotelleja, kerrostalo-, pienkerrostalo- ja rivitalo- sekä pientalotyyppejä majoitusrakennuksia ja vapaa-ajan asuntoja. Rakennusten keskimääräiseksi lämmitysenergian ominaiskulutukseksi on arvioitu 120 kWh/k-m² ja sähkön keskimääräiseksi ominaiskulutukseksi 85 kWh/k-m². Ominaiskulutukset on arvioitu tavoitteellisesti niin, että lämmön ominaiskulutuksen arvioidaan pienenevän 20 % nykyisestä ja sähkön ominaiskulutuksen kasvun arvioidaan pysähtyvän.

Uudesta rakennuskannasta arvioidaan 85 % sijoittuvan kauko- tai aluelämmityksen piiriin ja 15 % lämmitettävän sähköllä. Aluelämmitys perustuu biopohjaisiin energialähteisiin. Sähköstä arvioidaan 70 % tuotettavan paikallisella sähkön ja lämmön yhteistuotannolla ja 30 % valtakunnallisen arvioidun tulevan jakauman mukaan. Lämmitysenergiantuotannon päästöiksi arvioidaan keskimäärin 12 CO₂-ekv.g/kWh ja sähköntuotannon päästöksi keksimäärin 420 CO₂-ekv.g/kWh. Päästöissä on mukana ns. alkupään osuus.

Yöpymisvuorokausia arvioidaan olevan 1,3 miljoonaa vuodessa ja matkailijamäärän kaikkiaan 370 000 matkailijaa. Matkailijoiden lähtöalueena arvioidaan olevan 45 % Uusimaa tai vastaava etäisyys, 20 % Pohjois-Savo (keskimäärin 100 km) ja 35 % Pietari tai vastaava etäisyys.

Tutkimuksessa tarkastellaan henkilöliikenteen kannalta kahta vaihtoehtoa: vaihtoehdossa 1 liikenne Kuopion ja Tahkon välillä tapahtuu henkilöautolla tai linja-autolla, ja vaihtoehdossa 2 Tahkolle rakennetaan uusi raideyhteys. Vaihtoehdossa 1 valtaosa matkoista tehdään henkilöautolla (95 %) ja loput lähtöalueesta riippuen bussilla, junalla tai lentokoneella. Vaihtoehdossa 2 osa henkilöautolla ja lentokoneella kulkevista siirtyy käyttämään junaa. Henkilöauton osuus on lähtöalueesta riippuen 82 – 90 %, junan 5 – 16 % ja loput matkat tehdään bussilla tai lentokoneella.

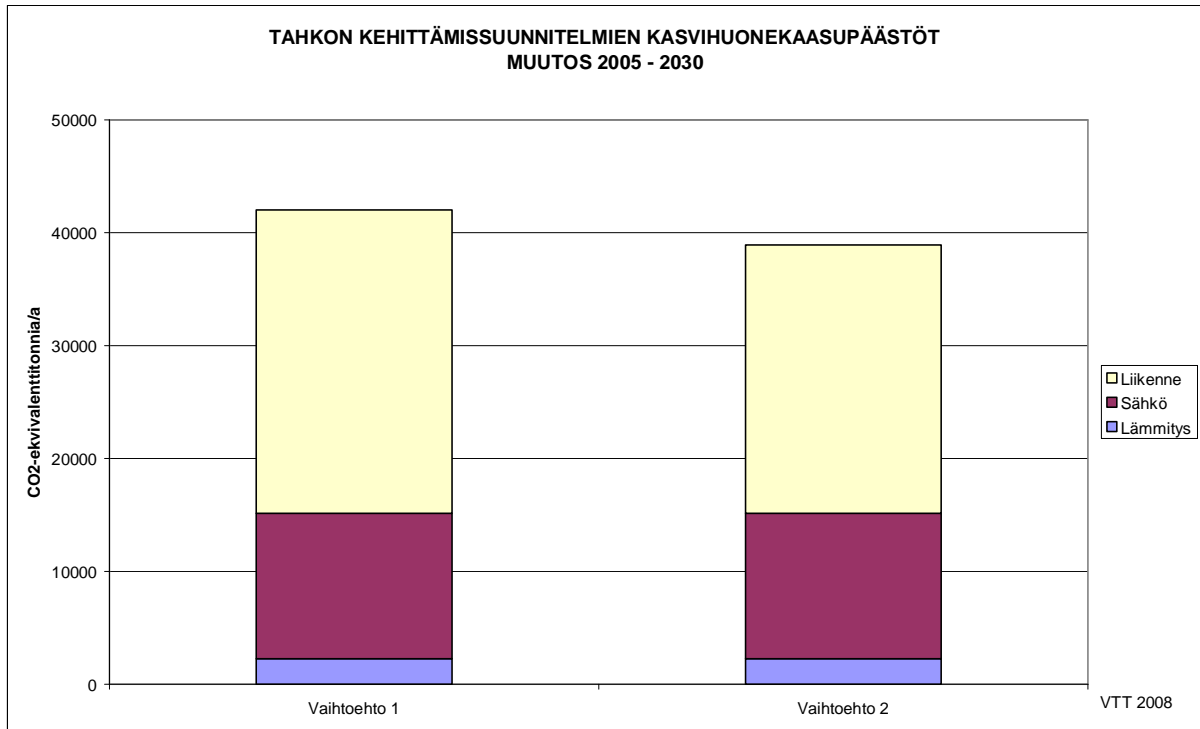
Ominaispäästöinä on käytetty henkilöauton osalta 92 CO₂-ekv.g/henkilö-km, linja-auton osalta 50 CO₂-ekv.g/henkilö-km, junan osalta 20 CO₂-ekv.g/henkilö-km ja lentokoneen osalta 163 – 192 CO₂-ekv.g/henkilö-km (LIPASTO). Päästöjen arvioidaan tavoitteellisesti pienenevän noin 5 % nykyisestä tasosta.

Kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu kertomalla vuotuinen matkailijamäärä kahdella (edestäkainen matka), määrittelemällä etäisyydestä (lähtöalueesta) riippuen kulutapajakauma, laskeamalla sen perusteella henkilöliikennesuorite kulkutavoittain ja kertomalla suorite ominaispäästöllä.

Arvio on erittäin yleispiirteinen.

8.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Tahkon kehittämissuunnitelmien toteuttamisesta aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä vuosittain kaikkiaan 42 000 CO₂-ekvivalenttitonnia vaihtoehdossa 1 ja 39 000 CO₂-ekvivalenttitonnia vaihtoehdossa 2. Rakennusten energiankäytöstä aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä kummasakin vaihtoehdossa 15 000 CO₂-ekvivalenttitonnia. Liikenteestä aiheutuu kasvihuonekaasupäästöjä 27 000 CO₂-ekvivalenttitonnia vaihtoehdossa 1 ja 24 000 CO₂-ekvivalenttitonnia vaihtoehdossa 2. (Kuva 22)

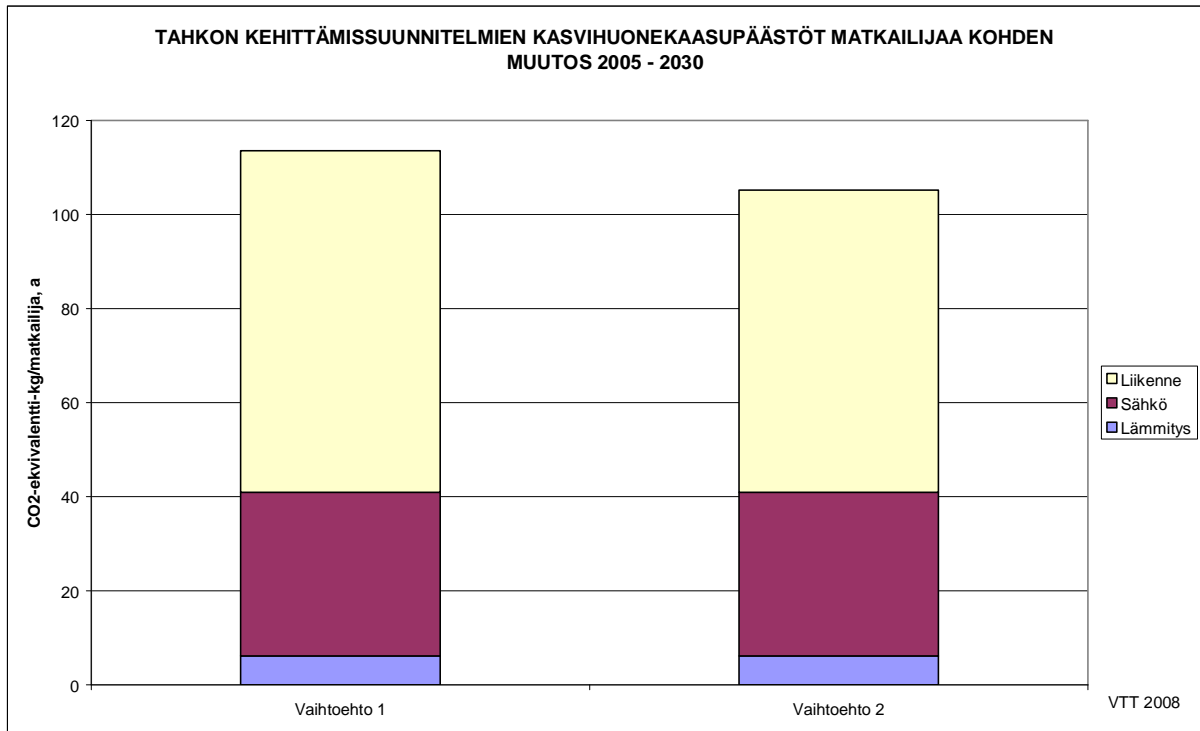


Kuva 22. Tahkon kehittämissuunnitelmien kasvihuonekaasupäästöt.

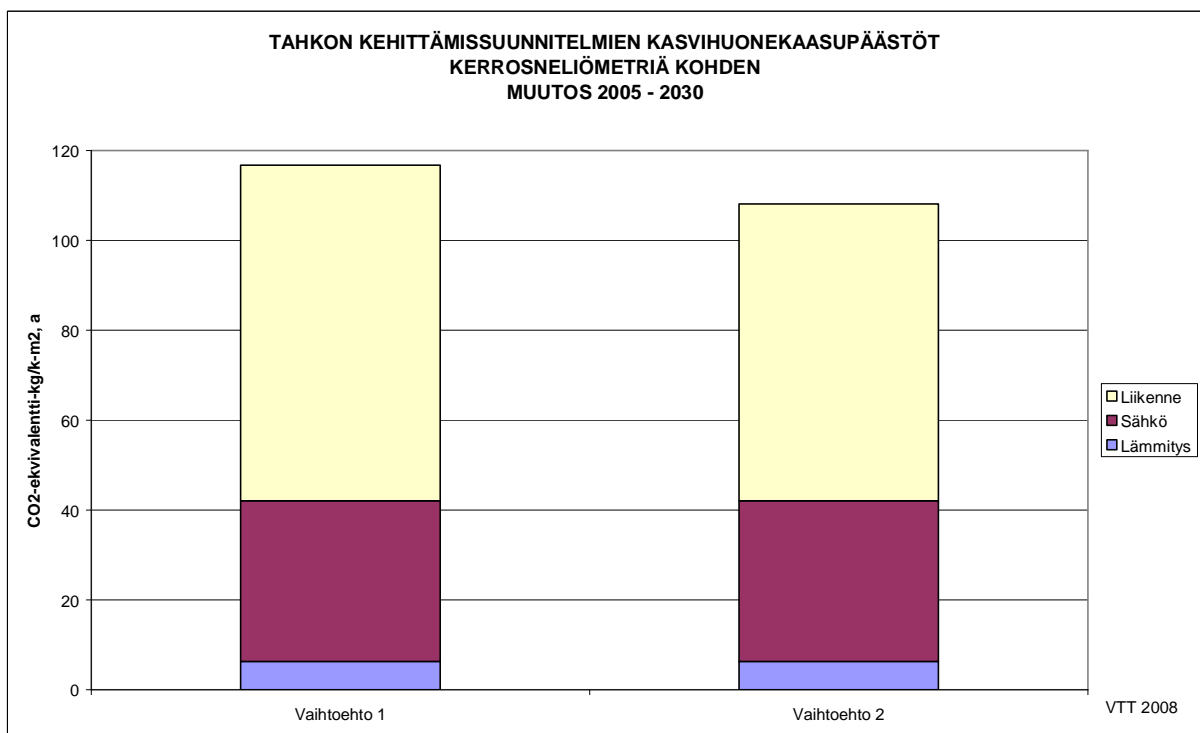
Matkailijaa kohden laskettuna vuotuisia kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu 114 CO₂-ekvivalenttitonnia/matkailija vaihtoehdossa 1 ja 105 CO₂-ekvivalenttitonnia/matkailija vaihtoehdossa 2 (kuva 23).

Kerrosneliometriä kohden laskettuna vuotuisia kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu 117 CO₂-ekvivalentti-kg/k-m² vaihtoehdossa 1 ja 108 CO₂-ekvivalentti-kg/k-m² vaihtoehdossa 2 (kuva 24).

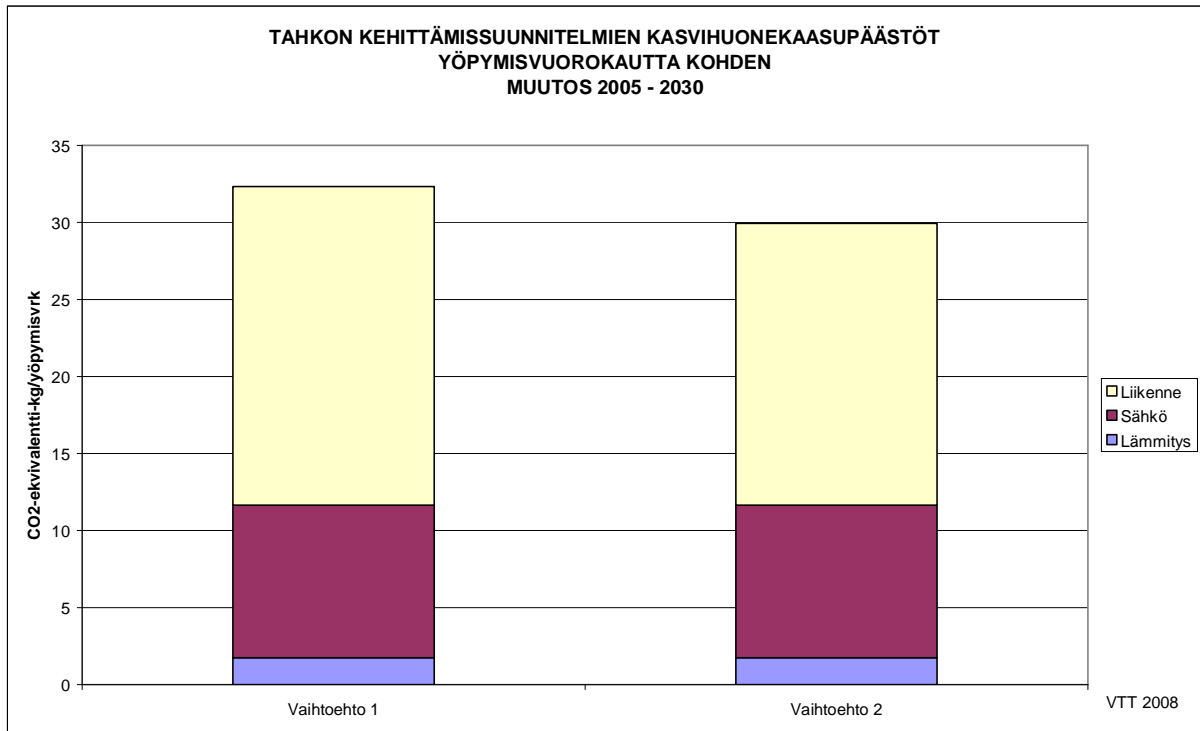
Yöpymisvuorokautta kohden laskettuna vuotuisia kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu 32 CO₂-ekvivalentti-kg/yö-vrk vaihtoehdossa 1 ja 30 CO₂-ekvivalentti-kg/yö-vrk vaihtoehdossa 2 (kuva 25).



Kuva 23. Tahkon kehittämissuunnitelmien kasvihuonekaasupäästöt matkailijaa kohden



Kuva 24. Tahkon kehittämissuunnitelmien kasvihuonekaasupäästöt kerrosneliometriä kohden.



Kuva 25. Tahkon kehittämissuunnitelmien kasvihuonekaasupäästöt yöpymisvuorokautta kohden.

Lämmityksestä aiheutuvat päästöt ovat pienet johtuen biopohjaisista energialähteistä. Vaihtoehtoon 2 päästöt ovat kaikkiaan 7 % pienemmät ja liikenteen osalta 12 % pienemmät kuin vaihtoehdossa 1.

9 Epävarmuustekijät

Tämä tutkimus on ensimmäisiä, jossa tarkastellaan ilmastonmuutoksen huomioon ottamista kaavoituksessa sekä sopeutumisen että hillitsemisen kannalta. Tutkimus on siten pilottityyppinen ja muodostetut arviointimenetelmät vaativat osittain edelleen kehittämistä.

Tehdyt arviot ilmastonmuutoksen vaikutuksista ovat ensimmäisiä, joissa on arvioitu paikallisia muutoksia globaalien ilmastomallien ja skenaarioiden perusteella. Arvio sisältää epävarmuuksia, jotka pienenevät tulevaisuudessa menetelmää kehitettäessä. Arvioituja muutoksia voidaan kuitenkin pitää suuntaa antavina ja suhteellisen luotettavina.

Kasvihuonekaasupäästöjen arvioinnissa on muodostettu menetelmä matkailijoiden liikenteestä aiheutuvien päästöjen arviointiin. Kasvihuonekaasupäästöt on arvioitu hyvin yleispiirteisesti, ja ne antavat kuvan lähinnä suuruusluokista ja tarkasteltujen vaihtoehtojen välisistä yleispiirteisistä eroista.

Arviointi perustuu sitä tehtäessä käytettävissä olleeseen suunnitteluaineistoon, joka kehittyy ja muuttuu.

10 Johtopäätökset ja suositukset

Alueen suunnittelussa suositellaan mm. kasvillisuuden säilyttämistä siltä osin kuin mahdollista, matala-tiivis-pienimittakaavaista rakennuskantaa, tiivistä rakennetta, kapeita liikenneväyliä ja erityisesti tuulen huomioon ottamista. Sateiden lisääntyminen on otettava huomioon sadevesiviemärien mitoituksessa.

Lumipeitteen ja sen kestoajan väheneminen kannattaa ottaa huomioon talvimatkailutoimintoja suunniteltaessa.

Suunniteltu biopohjainen aluelämmitys on kasvihuonekaasupäästöjen kannalta edullista. Sähkönkulutusta tulisi voida vähentää. Rakentamisessa tulisi pyrkiä matalaenergiaratkaisuihin ja uusiutuvien energialähteiden käyttöön.

Rautatieyhteyden toteuttamisen edellytyksiä Tahkolle kannattaa selvittää. Jos pidetään mahdollisena suhteellisen suurta kulkutavan muuttamista henkilöautosta junaan, yhteyden toteuttaminen on ilmastonmuutoksen hillitsemisen kannalta edullista.

Lähteet

Alanko, P. & Kahila, P. 2004. Luonnonmukainen puutarha. Tammi, Helsinki

Ala-Outinen, T., Harmaajärvi, I., Kivikoski, H., Kouhia, I., Makkonen, L., Saarelainen, S., Tuhola, M. & Törnqvist, J., 2004. Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT Tiedotteita 2227.

Alberts, W., 1982. Modelling the wind in the town planning process, in Bitan A (Ed), The impact of climate on planning and building, Elsevier Sequoia.

Børve, A. B., 1987. Hus og husgrupper i klimautsatte, kalde strøk. Utforming og virkemåte. Bodø. Arkitektthøgskolen i Oslo.

Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C.G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr and P. Whetton, 2007. Regional Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M.)

Daniels, K. Simulationen im Windkanal und im Klimalabor, kirjassa Oswald, Wohltemperierte Architektur.

Ecole d'Architecture Marseille Luminy, 2006. Mécanisme microclimatique à propos d'une cour urbaine. www-sivut 2.11.2006.

Evans B. H., 1991. Natural Air Flow around Buildings. Artikkelit 1972, Working 1991.

Glaumann, M. & Westerberg, U., 1988. Klimatplanering, vind, AB Svensk Byggtjänst, Åkersberga.

Harmaajärvi, I., 2000. EcoBalance model for assessing sustainability in residential areas and relevant case studies in Finland. Environmental Impact Assessment Review 20 (2000) 373-380. Elsevier Science Inc. UK.

Harmaajärvi, I., 2002. Helsingin yleiskaava 2002, vaikutusten arviointi. Luonnoksen ilmasto-vaikutukset. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2002:13, 19.12.2002.

Harmaajärvi, I., 2002. Pääkaupunkiseudun kasvihuonekaasupäästöihin merkittävästi vaikuttavat hankkeet – Päästöjen vähentämismahdollisuudet. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 2002:6. Helsinki.

Harmaajärvi, I., 2005. Rokua Life - Matkailuympäristön ekologinen kehittäminen. Ekologisuuden huomioiminen kaavoituksessa ja suunnittelussa. VTT Tutkimusraportti RTE 2073/05. Espoo.

Harmaajärvi, I., 2005. Rokua Life - Matkailuympäristön ekologinen kehittäminen. Ekologisen matkailuympäristön ja rakentamisen kehittäminen. VTT Tutkimusraportti RTE 2074/05. Espoo.

Harmaajärvi, I., 2005. Rokua Life - Matkailuympäristön ekologinen kehittäminen. Ympäristöä säästävä yhdyskuntatekniikka. VTT Tutkimusraportti RTE 2075/05. Espoo.

Harmaajärvi, I., Huhdanmäki, A., Lahti, P., Mäkelä, K., Niskanen, S., Rosenberg, M., Räsänen, J. & Tuominen, H.T., 2002. Maankäytön ja liikenteen suunnittelun keinoja ilmansuojelun ja meluntorjunnan edistämiseksi. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2002:9, Helsinki.

Harmaajärvi, I. & Huhdanmäki, A., 1999. Pääkaupunkiseudun yhdyskuntarakennevaihtoehtojen vaikutukset hiilidioksidipäästöihin. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1999:16.

Harmaajärvi, I., Huhdanmäki, A. & Lahti, P., 2001. Yhdyskuntarakenne ja kasvihuonekaasupäästöt. Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 522. Helsinki.

Ilmasto- ja energiastrategian päivitys 2003 - 2004 (2005). Ympäristöministeriön sektoriraportti. Ympäristöministeriön moniste 144.

Ilmastonmuutoksen kansallinen sopeutumisstrategia (2005). MMM:n julkaisuja 1/2005.

IPCC, 2007. Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli. Neljäs arviointiraportti. Useita osaraportteja: Luonnontieteellinen perusta, vaikutukset, hillitseminen.

Jensen, M., Frank N. Model-Scale Tests in Turbulent Wind, Part I and II, København, 1964 & 1965.

Kahma, K. & Johansson, M. Perusselvitys Kruunuvuorenrannan kaavoituksen merenpinnan suunnitteluohjetta varten. Merentutkimuslaitos.

Kahma K., Pettersson H., Boman H., Seinä A. 1998. Alimmat suositeltavat rakennuskorkeudet Pohjanlahden, Saaristomeren ja Suomenlahden rannikoilla. Merentutkimuslaitos.

Kansallinen ilmasto-ohjelma – Ympäristöministeriön sektoriselvitys (2001). Suomen ympäristö 473.

Kansallinen ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 27.3.2001. VNS 1/2001 vp.

Kivistö T. & Rauhala K. 1982, 1987. Asuntoalueiden kaavoitus- ja käyttökustannukset (ASTA II), Raportti I ja Raportti 2: Aluekohtaiset tulokset ja johtopäätökset, YM Kaavoitus- ja rakennusosasto, 7/1982 ja 2/1987.

Kuismanen, K. 2008. Climate conscious architecture - design and wind testing method for changing climates, Oulun Yliopisto, Arkkitehtiosasto, Oulu.

Kuismanen, K. (ed.) 2007. Eco-House North – Ecological Wooden House Handbook. Pohjois-Pohjanmaan liiton julkaisusarja B:44. Oulu.

- Kuismanen K. 2000. Ilmastotietoinen suunnittelu ja pienoismallien tuulitestauslaite, Oulun Yliopiston Arkkitehtuurin osaston julkaisu A28. Oulu.
- Kuismanen K. 1993. Tervolan koetalon suunnitelmat ja mallitestauksen tutkimusraportti. Oulu.
- LIPASTO. Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. VTT. <http://lipasto.vtt.fi>
- Maaninen, A. Kylmän ilmanalan rakentaminen, paper, s.a.
- Makkonen, L. 2005. A new approach to estimating return periods of extreme events. IABSE Report "Structures and Extreme Events", Vol. 90, 382-383 & CD Rom.
- Makkonen, L. 2006. Plotting positions in extreme value analysis. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 45(2), 334-340.
- Makkonen, L. 2008. Problems in the extreme value analysis. *Structural Safety* (painossa).
- Makkonen, L. 2008b. Bringing closure to the plotting position controversy, *Communications in Statistics – Theory and Methods* 37(3), 460-467.
- Makkonen, L., Ruokolainen, L., Räisänen, J. & Tikanmäki, M. 2007. Regional Climate model estimates for changes in Nordic extreme event. *Geophysica* 43 (1-2): 19-42.
- Mattson J. O. 1979. Mikro- och lokalklimatologin. Malmö.
- Miller, F., Reite, A. 1993. *Levende hus - om miljø- og ressursvennlig bygging*. Oslo.
- Ollila Markku (toim.). *Ylimmät vedenkorkeudet ja sortumariskit ranta-alueille rakennettaessa*, Suomen Ympäristökeskus, Ympäristöopas 52, Helsinki 2002
- Palmer, T.N. & Räisänen, J., 2002. Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate. *Nature*, 415, 512-514.
- Rummukainen, M. & Räisänen, J., 2001. A regional climate model for northern Europe: model description and results from the downscaling of two GCM control simulations. *Climate Dynamics*, 17, 339-359
- Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Döscher, R., Graham, L.P., Jones, C., Meier, H.E.M., Samuelsson, P. & Willén, U., 2004: European climate in the late 21st century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Climate Dynamics*, 22, 13-31.
- Swedish Meteorological and Hydrological Institute. *Sea Level Change Affecting the Spatial Development in the Baltic Sea Region*, Geological Survey of Finland, Special Paper 41.
- Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Döscher, R., Graham, L.P., Jones, C., Meier, H.E.M., Samuelsson, P. & Willén, U., 2004: European climate in the late 21st century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Climate Dynamics*, 22, 13-31.
- Tahkon kehittämissuunnitelmat. Nilsin kaupunki ja Pohjois-Savon liitto.

Tilastoja Suomen ilmastosta 1961-1990. Ilmatieteen laitos, Helsinki 1990.

Wahlgren, I., 2006. Ilmastonmuutoksen haasteet kaavoitukselle. Maankäyttö (2006) No: 2, s. 6 – 10.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa – tapauskohtaisia tarkasteluja. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03986-08. Espoo. 173 s.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Kokkolan Vanhansatamanlahden yleiskaavan ilmastovaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03981-08. Espoo. 61 s.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Kuopion Saaristokaupungin ilmastovaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03983-08. Espoo. 54 s.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Sodankylän raviradan asuntoalueen ilmastovaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03985-08. Espoo. 47 s.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2007. Sörnäistenranta-Hermanninranta-osayleiskaava. Ilmastonmuutoksen huomioonottaminen. VTT Tutkimusraportti VTT-R-00471-07. Espoo. 57 s.

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. Uudenmaan maankäytön kehityskuvavaihtoehtojen ilmastovaikutukset.. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03982-08. Espoo. 89 s.

