

ARKKITEHTITOIMISTO KIMMO KUISMANEN



Oulun Länsi-Toppilan asemakaava Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja huomioon ottaminen

Kimmo Kuismanen & Irmeli Wahlgren

17.9.2009

Tiivistelmä

Raportissa esitetään selvitys ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja huomioon ottamisesta Oulun Länsi-Toppilan asuinalueen asemakaavoituksessa. Työn ovat tehneet Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen, TkT arkkitehti Kimmo Kuismanen, sekä VTT, erikoistutkija Irmeli Wahlgren.

Ohjeilla tavoitellaan mm. seuraavia parannuksia nykyiseen käytäntöön:

- katujen ja rakennusten ympäristöjen mikroilmaston parantaminen, mikä tekee ulkotoiminnat ja –oleskelun miellyttävämmäksi; tällä on myös positiivisia terveysvaikutuksia
- tuulettaa ilmansaasteita rakennetusta ympäristöstä
- hyödyntää tuulta ja aurinkoa energiatehokkuuden ja asukkaiden mukavuuden parantamiseen sekä ilmanvaihtoon; tämä osaltaan vähentää kasvihuonekaasuja
- edistää ympäristöön sopeutuvaa rakentamista
- lisätä luonnonvalon käyttöä
- hillitä ilmastonmuutosta
- varautua ilmastonmuutokseen, tavoitteena vähentää ilmaston aiheuttamia vaurioita
- parantaa kevyenliikenteenväylien tuuli ja lumisuojausta, sekä vähentää liikkautta
- suojata kesällä rakennuksia auringon yllämmöltä, ja viilentää ympäristöä kuumina päivinä.

Ilmastonmuutoksen vaikutusten arvioimiseksi työssä laadittiin ennuste paikallisesta ilmastonmuutoksesta seuraavan noin sadan vuoden aikana. Ennusteen mukaan lämpötilat nousevat, sulamis-jäätymissyklit vähenevät, sademäärät ja rankkasateet lisääntyvät merkittävästi, lumimäärät vähenevät mutta lumimyrskyt ovat ankarampia ja lumipeitteen kestoaika sekä meren jääpeitteen kestoaika lyhenevät. Merenpinta alkaa Oulussa nousta muutaman kymmenen vuoden kuluessa.

Länsi-Toppilan asemakaavaluonnoksen toteuttamisesta aiheutuvat vaikutukset ilmastonmuutoksen hillinnän ja ekotehokkuuden kannalta arvioitiin VTT:n EcoBalance-arviointimallilla. Arvioituja vaikutuksia ovat alueen koko elinkaaren, tässä 50 vuoden, aikana aiheutuvat energian ja raaka-aineiden kulutus, kasvihuonekaasupäästöt, muut päästöt, vedenkulutus ja jätevedet sekä jätteet. Länsi-Toppilan alueesta aiheutuvia vaikutuksia verrattiin kahden vertailualueen vaikutuksiin.

Länsi-Toppilan alueen toteuttamisesta aiheutuvat energian ja raaka-aineiden kulutus, kasvihuonekaasupäästöt ja muut päästöt ovat vertailualueita pienemmät. Erot alueiden välillä johtuvat eroista liikenteellisessä sijainnissa, aluetehokkuudessa, rakennusten lämmityksen ja sähkön ominaiskulutuksessa, lämmitystavoissa, energiantuotantotavoissa, rakennusmateriaaleissa sekä asumisväljyydessä.

Länsi-Toppilan alue sijaitsee edullisesti yhdyskuntarakenteessa. Alueen käyttöön ottaminen asunto- ja työpaikka-alueena täydentää yhdyskuntarakennetta. Etäisyydet työpaikkoihin ja palveluihin ovat lyhyet. Alueen toteuttaminen vahvistaa joukkoliikenteen edellytyksiä ja voi lisätä sen palvelutasoa myös lähialueiden asukkaille. Pyöräily-yhteydet ovat erinomaiset. Alueella on mahdollista pärjätä ilman henkilöautoa.

Arvioinnin oletuksissa on asetettu osittain vaativiakin tavoitteita ilmastonmuutoksen hillinnän ja kestävä kehityksen tavoitteiden edistämiseksi. Tavoitteiden toteutuessa Länsi-Toppilan alueesta voi muodostua ”vähähiilinen” asunto- ja työpaikka-alue. Tavoitteiden toteuttaminen vaatii määrätietoista työtä jatkosuunnittelussa ja toteutusratkaisuissa erityisesti rakennusten ominaisuuksien suhteen. Rakennusten vähän energiaa kuluttavien ratkaisujen edistäminen jatkosuunnittelussa on tärkeää. Sähkön käytön ja veden kulutuksen minimoimiseksi tulisi varmistaa laitteiden energiatehokkuus. Jatkosuunnittelussa tulisi varmistaa kävely- ja pyöräilyreittien ja –

ympäristöjen hyvä laatu. Bussiyhteyksien ja riittävien vuorovälien varmistaminen, pysäkkien sijoittamisen ja kävely-yhteyksien suunnittelu on tärkeää. Jätteiden lajittelua voidaan edistää lajittelupisteiden sijoittamisella.

Raportissa analysoitiin tehdyn kaavaluonnoksen ympäristöominaisuuksia. Kaavaohjeissa todetaan mm.:

- kaavoituksessa tulisi suosia umpikortteleita ja matala-tiivis rakennetta
- vältetään suoria päätuulien suuntaisia katutiloja
- korttelien suuntaaminen aurinkoon
- pihojen ja jalankulun suojaaminen tuulelta rakennusmassoin
- määräykset tuulensuojaistutuksista ja -rakenteista kaavoihin/korttelisuunnitelmiin.

Arkkitehtisuunnittelussa rakennukset tulisi suunnitella vähintään aurinkoenergiaa passiivisesti hyödyntäviksi. Lämmitykseen käytettävän energian tarpeen vähentyessä entistä tärkeämmiksi muodostuvat rakennuksen käyttöön tai asumiseen liittyvän energiankäytön hillitseminen, sekä rakenteisiin sitoutuneen energian määrän alentaminen.

Yhteenveto rakennus- ja ympäristösuunnitteluohjeista:

- tiivis, matala ja pienimittakaavainen rakentaminen helpottaa hyvän mikroilmaston luomista
- korkeat rakennukset ohjaavat voimakkaita ilmavirtauksia jalankulkijan tasoon
- 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.
- rakennusten suuntaaminen aurinkoon
- autopaikat varjoon
- lehtipuut eteläpuolelle, havupuut pohjoiseen
- välttä turhaa maan tasaamista ja käytä maamassat tontin muotoiluun
- käytä tiheitä monilajisia istutuksia
- suosi kosteikkoja ja vesiaihteita
- säilytä kalliot ja suuret kivet mahdollisuuksien mukaan koskemattomina.
- välttä ruohikoita, ellet tarvitse pallokenttää tms.
- keto puhdistaa ilmaa monikymmenkertaisesti verrattuna leikattuun nurmikkoon
- suosi ikivihreitä kasveja; täydennä istutuksia kukkivilla lajeilla.

Kaikkiaan alueen toteuttaminen tukee valtakunnallisia alueidenkäyttötavoitteita yhdyskuntarakenteen eheyttämisen ja ilmastonmuutoksen hillitsemisen suhteen ja edistää kansallisen ilmasto- ja energiastrategian, Oulun seudun ilmastostrategian ja kansainvälisten ilmastonmuutoksen hillintään liittyvien velvoitteiden toteuttamista.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Taustaa ja tavoitteita	7
1.2	Ilmastotietoinen suunnittelu	9
1.3	Ilmastonmuutos	10
2	ILMASTONMUUTOKSEN ENNAKOINTI OULUSSA	13
2.1	Ilmastonmuutoksen simuloinnit rakentamisen ja maankäytön sovellutuksiin	13
2.1.1	Yleistä taustaa	13
2.1.2	Ilmastosimuloinnit	13
2.1.3	Ääriarvoanalyysi	14
2.2	Ennakoitu ilmastonmuutos Oulussa	15
3	ILMASTON JA SEN MUUTTUMISEN VAIKUTUS KAAVASUUNNITTELUUN	16
3.1	Suomen ilmasto	16
3.2	Oulun ilmasto kaavasuunnittelun kannalta	16
3.3	Länsi-Toppilan alueen mikroilmasto	17
3.4	Rakennettujen alueiden mikroilmaston laadun kriteerit	19
3.5	Ilmastonmuutoksen vaikutus Oulussa	19
4	MERENPINNAN MUUTOKSET	21
4.1	Lähtökohta-aineistot	21
4.2	Ilmastoskenaariot ja niiden vaikutus vedenkorkeuteen Oulussa	22
4.3	Alimman korkeusaseman laskentaan vaikuttavia tekijöitä	22
4.4	Aallonkorkeus Toppilansalmessa	23
5	LÄNSI-TOPPILAN KAAVALUONNOS	24
5.1	Yleiskaavan tavoitteita	24
5.2	Kaava-alueen tulevan rakentamisen analyysi	25
5.2.1	Toppilansalmen rannan korttelit	25
5.2.2	"Seasons" kortteli	27
5.2.3	Korttelianalyysijä	27
5.2.4	Länsi-Toppilan sisämaan korttelit	28
5.3	Ilmastonmuutoksen hillintä ja ekotehokkuus	34
5.3.1	Arviointiperiaatteet	34
5.3.2	Arvioinnin tulokset	37
5.3.3	Johtopäätökset ja suositukset	45

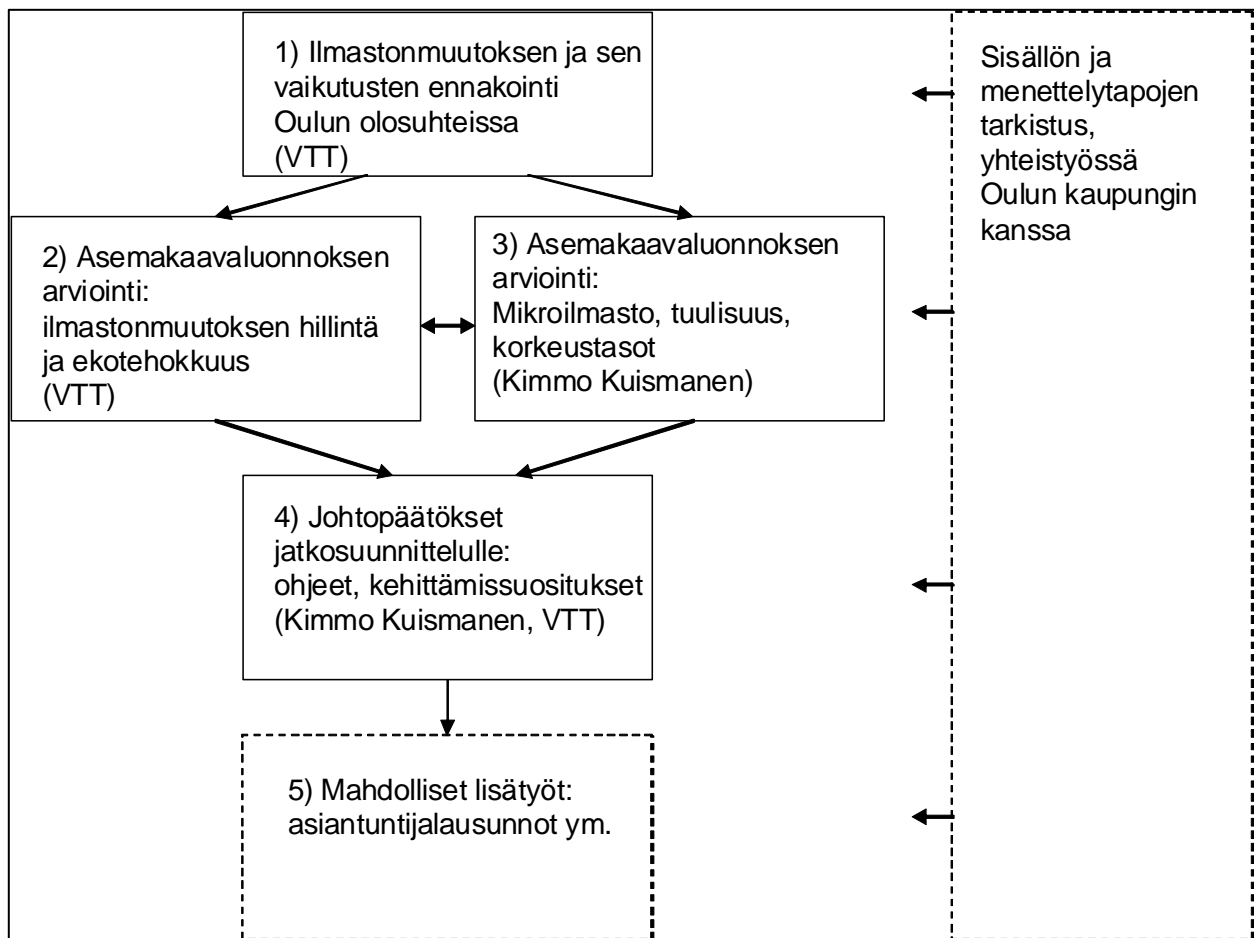
6	SUUNNITTELUOHJEITA JA SUOSITUKSIA	46
6.1	Yleiset tavoitteet	46
6.2	Ilmastonmuutoksen hillitseminen ja ekotehokkuus	46
6.3	Aluetaso	47
6.4	Korttelitaso	48
6.5	Rakennukset	51
6.6	Rantarakentamisen vaihtoehtoiset ratkaisut	54
6.7	Ulkoalueiden ja tuulensuojakasvillisuuden suunnittelu	55
6.7.1	Kadut ja aukiot	55
6.7.2	Viheralueet	55
6.8	Tuulitestauksen käyttäminen	58

1 Johdanto

1.1 Taustaa ja tavoitteita

Ilmastonmuutoksen hillitseminen on eräs tärkeimmistä kansainvälisistä ja kansallisista tavoitteista. Nykyhetken arvio ilmastonmuutoksen luonnontieteellisestä perustasta, vaikutuksista ja hillitsemisestä on esitetty Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneelin IPCC:n neljännessä arviointiraportissa (IPCC 2007). Ilmastonmuutoksen arvioidaan nostavan ilman keskilämpötilaa noin neljä astetta Suomessa seuraavan sadan vuoden tähtäimellä. Tästä aiheutuu muutoksia lumipeitteen ja meren jääpeitteen kestoajoissa sekä meriveden lämpötiloissa. Ennustetut sademäärän muutokset ovat suuria, varsinkin syksyllä. Ääri-ilmiöiden, kuten myrskyjen ja rankkasateiden sekä pitkien kuivien tai kosteiden jaksojen, todennäköisyys kasvaa. (Ala-Outinen et al. 2004)

Rakennettu ympäristö on pitkäikäinen. Kaavoituksella ohjataan yhdyskuntarakenteen ja rakennetun ympäristön kehitystä jopa satojen vuosien päähän. Ilmastonmuutos on siksi otettava jo nyt huomioon rakennusten ja yhdyskuntien suunnittelussa. Ilmastonmuutoksen aiheuttamia vaikutuksia voidaan vähentää hillitsemällä ilmastonmuutosta ja sopeutumalla meneillään olevaan ilmastonmuutokseen. Ilmastonmuutoksen huomioon ottamisen tulisi olla vakiintunut osa kaavoitusmenettelyä. (Wahlgren, Kuismanen & Makkonen 2008)



. Kuva 1. Kaavio tämän selvitystyön sisällöstä.

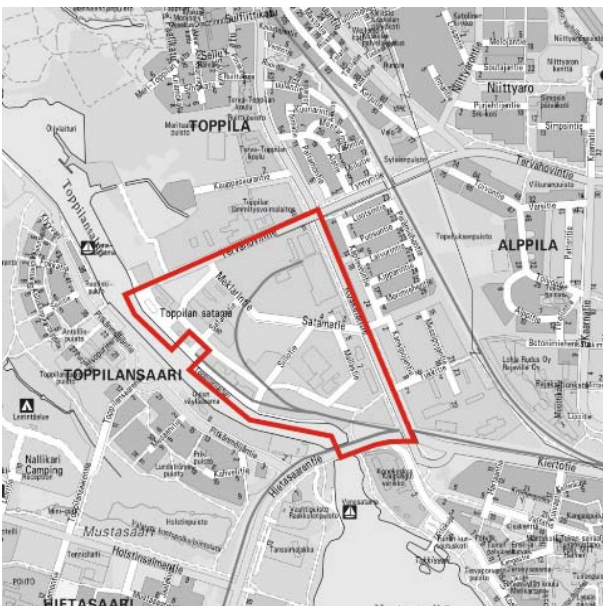
Oulun seudun kuntien yhteisen työryhmän esitys ”Oulun seudun ilmastostrategia” edellyttää seudun hiilidioksidipäästöjen huomattavaa leikkaamista, missä keskeisessä osassa ovat kaavoitus ja rakentaminen. Rakennusten energiankäytössä tavoitteena on 50 %:n vähennys, mutta tulevaisuuden matalaenergiarakentamisella arvioidaan päästävän jopa 70 %:iin (Oulun seudun ilmastostrategia 2008). Nämä tavoitteet edellyttävät kaikkien keinojen käyttöönottoa, ja ilmastotietoinen arkkitehtisuunnittelu voi osaltaan auttaa näiden päämäärien saavuttamisessa arviolta 5 – 15 % (Glaumann, Kivistö, Kuismanen 2008). Tässä selvityksessä tarkastellaan Länsi-Toppilan asemakaava-alueen rakennusten energiankäytöstä ja liikenteestä aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä ottaen huomioon päästöjen vähentämistavoitteet.

Länsi-Toppilan alue on muuttumassa aikaisemmasta pääosin satama-, teollisuus- ja varastokäytöstä kerrostalovaltaiseksi asuinalueeksi Oulun yleiskaavan 2020 mukaisesti. Alueelle on hyväksytty kaavarunko asemakaavoituksen pohjaksi ja laadittu perusselvitykset mm. toiminnallisuudesta, rakennettavuudesta, luonnosta, rakennushistoriasta ja maisemasta sekä voimalaitoksen vaikutuksista. Alueelle on laadittu asemakaavaluonnos 21.4.2008.

Tämän työn tavoitteena on laatia Länsi-Toppilan asemakaavoituksen ja toteutuksen tueksi selvitys ilmastonmuutoksen vaikutuksista ja niiden huomioon ottamisesta koskien asemakaavaluonnoksen 21.4.2008 mukaista aluetta.

Työ on tehty Oulun kaupungin toimeksiannosta. Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen on toiminut työssä pääkonsulttina ja VTT alikonsulttina. Työ on tehty arkkitehti, TkT Kimmo Kuismanen johdolla. VTT:ssa työstä on vastannut erikoistutkija, DI Irmeli Wahlgren. Ilmastomallin soveltamisesta on vastannut erikoistutkija, FT Lasse Makkonen ja ilmastomallin datan analysointiin on osallistunut tutkimusharjoittelija Maria Tikanmäki VTT:ssa.

Ilmastonmuutosennusteet (luku 2) on laadittu VTT:ssa. Lukujen 3 ja 4 arviot on tehty VTT:n ja Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen yhteistyönä. VTT on vastannut asemakaavaluonnoksen arvioinnista ilmastonmuutoksen hillitsemisen ja ekotehokkuuden näkökulmasta. Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen on vastannut asemakaavaluonnoksen analysoinnista mikroilmaston, tuulisuuden ja korkeustasojen kannalta. Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen ja VTT laativat yhdessä suositukset jatkotyölle.



Kuva 2. Länsi-Toppilan asemakaava-alueen sijainti ja rajaus.

1.2 Ilmastotietoinen suunnittelu

Ympäristö muodostaa monimutkaisen keskinäisten riippuvuuksien verkoston, jonka ymmärtäminen muodostaa bioklimaattisen arkkitehtuurin perustan. Ilmastotietoinen suunnittelu puolestaan on keskeinen osa erilaisissa bioklimaattisissa suunnittelukäytännöissä. Alla olevassa taulukossa 1 näytetään tärkeimpiä luonnonympäristön ja eri rakentamisen tasojen suhteita (Kuismanen 2008):

TAULUKKO 1.ILMASTON JA YMPÄRISTÖTEKIJÖIDEN SUHTEITA RAKENNETUSSA YMPÄRISTÖSSÄ

YMPÄRISTÖ	AURINKO	TUULI	VESI	KASVILLISUUS	GEOMORFOLOGIA
katuverkko	suuntautuminen leveys	suuntautuminen muodot	kosteus sumu jää, lumi	sijainti tuuheus	korkeudet jyrkkyys sopeutuminen
luonnon alueet	suuntautuminen valo / varjostus	suuntautuminen maaston muodot	kosteus vesireitit	tyyppi, laatu tuuheus biodiversiteetti	maaperän laatu maisematyyppi
kortteli	suuntautuminen aurinkokulma tehokkuus	suuntautuminen rak. volyymi tiiveys	vesiaiheet	oleva kasvillisuus suojelutarve	korkeuskäyrät sopeutuminen
tontti	aurinkoisuus tehokkuus	avoimuus rak. korkeudet tiiveys	pohjavesi läpäisevyys	oleva kasvillisuus uudet biotoopit	korkeuskäyrät sopeutuminen
rakennus	aurinkotunnit aurinkolämmitys suojaus	avoimuus suojaus tuuletus tuulikanavat	kierrätys	viherjulkisivu	-

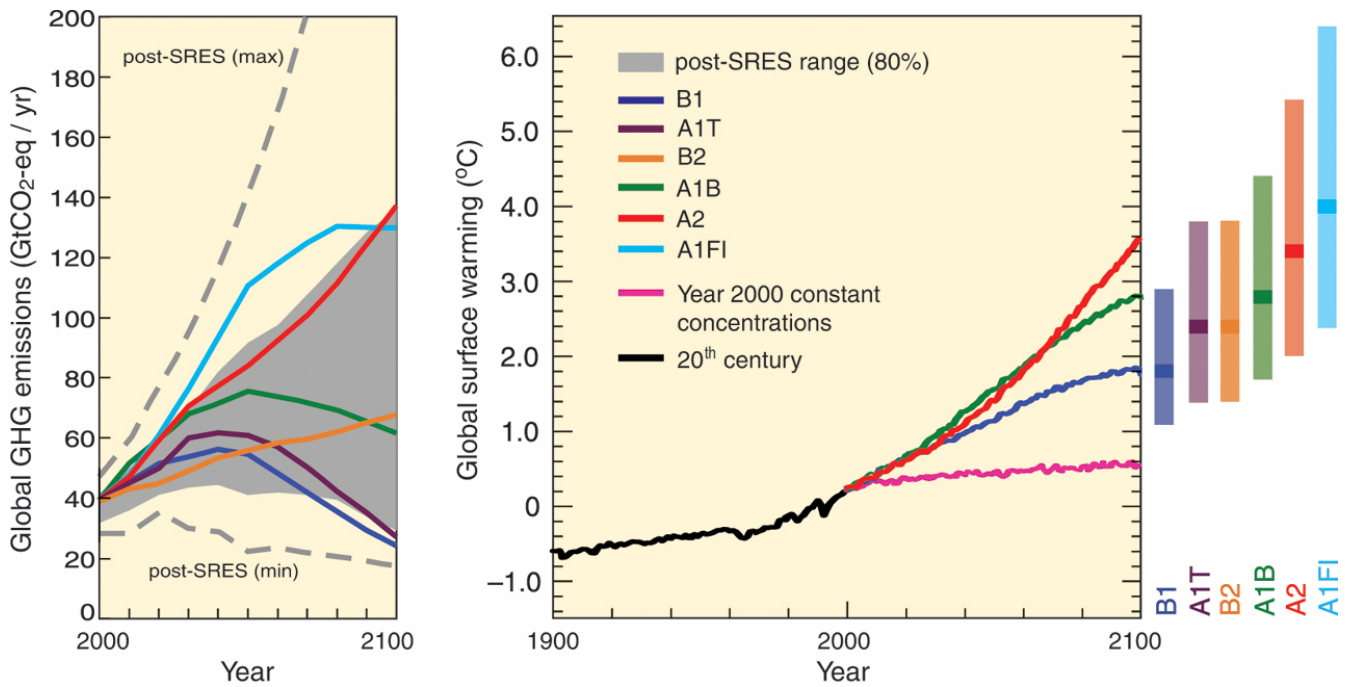
Ilmastotietoisella suunnittelulla tavoitellaan seuraavia parannuksia nykyiseen käytäntöön:

- katujen ja rakennusten ympäristöjen mikroilmaston parantaminen, mikä tekee ulkotoiminnat ja -oleskelun miellyttävämmäksi; tällä on myös positiivisia terveysvaikutuksia
- tuulettaa ilmansaasteita rakennetusta ympäristöstä
- hyödyntää tuulta ja aurinkoa energiatehokkuuden ja asukkaiden mukavuuden parantamiseen sekä ilmanvaihtoon; tämä osaltaan vähentää kasvihuonekaasuja
- edistää ympäristöön sopeutuvaa rakentamista
- lisätä luonnonvalon käyttöä
- varautua ilmastonmuutokseen, tavoitteena vähentää ilmaston aiheuttamia vaurioita rakennuksille
- parantaa kevyenliikenteenväylien tuuli ja lumisuojausta, sekä vähentää liikkautta
- suojata kesällä rakennuksia auringon yllämmöltä, ja viilentää ympäristöä kuumina päivinä.

Ilmastotietoinen suunnittelu edellyttää perusteellisia peruskartoituksia. Tässä selvityksessä käytetty CASE menetelmän sekä ilmasto- ja mukavuuskriteereiden kehittäminen perustuu sekä eri osapuolten tekemin tutkimuksiin että tekijän kenttätöihin.

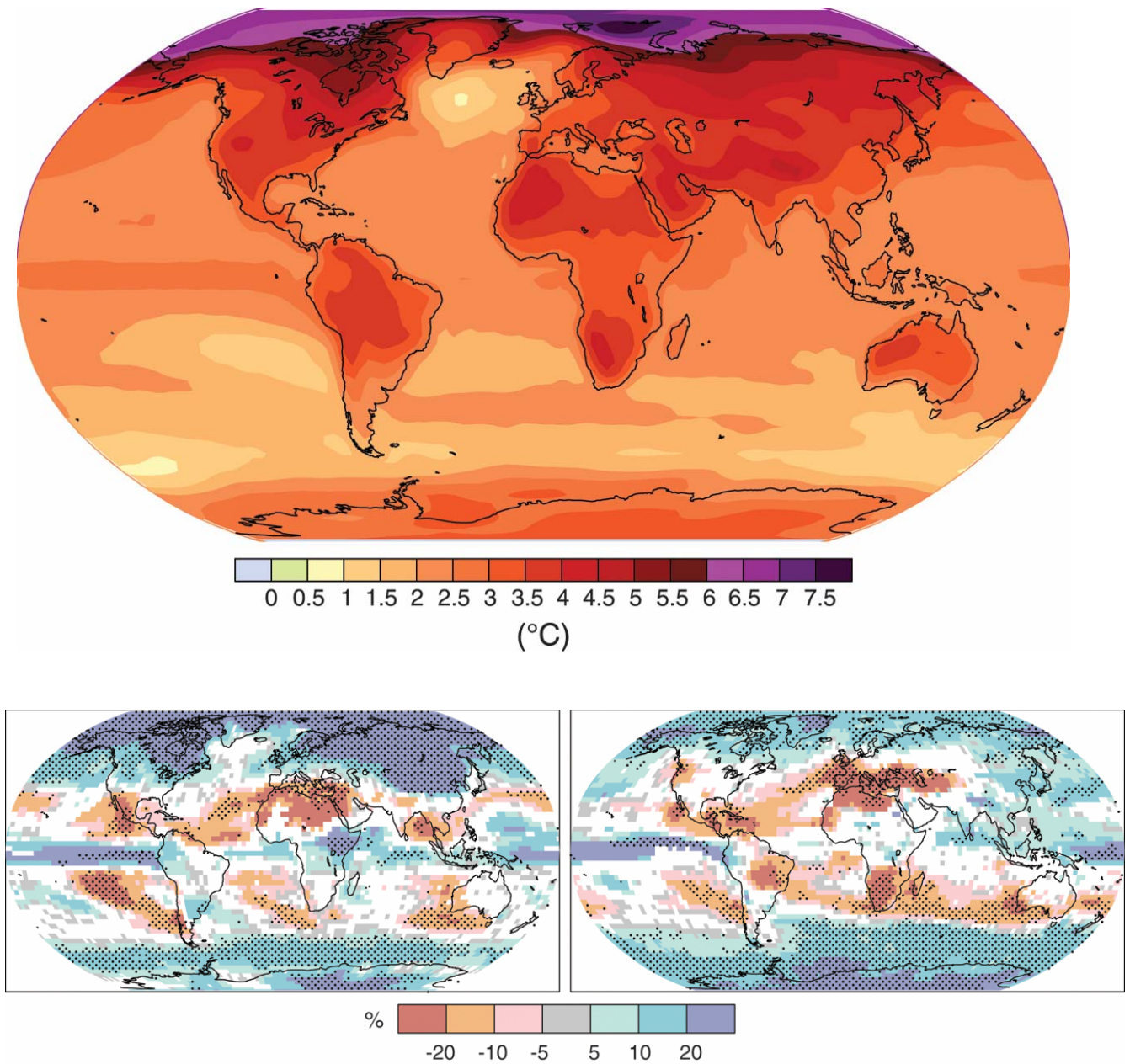
1.3 Ilmastomuutos

Hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin (IPCC) neljännessä arviointiraportissa on kuvattu viime vuosien aikana tehtyjen tutkimusten mukaan arvioitu ilmastomuutos, sen vaikutukset ja hillitsemismahdollisuuksia (IPCC 2007). Kuvassa 3 esitetään kasvihuonekaasupäästöjen arvioitu kehitys ja maapallon keskilämpötilan tähänastinen (v. 1900 – 2000) ja ennustettu muutos eri päästöskenaarioiden mukaan.



Kuva 3. Vasemmalla kasvihuonekaasupäästöjen arvioitu kehitys eri päästöskenaarioiden mukaan vuosina 2000 – 2100. Oikealla maapallon keskilämpötilan muutos vuosina 1900 – 2000 ja ennustettu muutos eri päästöskenaarioiden mukaan vuoteen 2100 asti, verrattuna jaksoon 1980 - 1999. (IPCC 2007)

Ilmastonmuutoksen vaikutukset kohdistuvat eri tavoin eri puolille maapalloa. Kuvassa 4 esitetään ennakoitua muutokset pintalämpötilassa ja sademäärässä.



Kuva 4. Ilmastonmuutoksen vaikutukset eri puolilla maapalloa. Ylhäällä ennustetut pintalämpötilan muutokset ($^{\circ}\text{C}$) ja alhaalla suhteelliset muutokset sademäärässä (%) kaudella 2090-2099 verrattuna kauteen 1980-1999 skenaariossa A1B. Sademäärän muutokset vasemmalla talvella (joulukuusta helmikuuhun) ja oikealla kesällä (kesäkuusta elokuuhun). Suomessa lämpötila nousee keskimääräistä enemmän ja sademäärät kasvavat erityisesti talvella. (IPCC 2007)

Ilmastonmuutoksen ennakkoinnissa ihmisen toimintaa kuvataan erilaisilla skenaarioilla, joiden toteutuessa kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat erilaiset. Seuraavassa kuvataan IPCC:n päästöskenaarioiden ominaisuuksia (Päästöskenaarioiden erikoisraportti SRES, käänös Kimmo Ruosteenoja, IL).

A1skenaarioperhe kuvaa tulevaisuuden maailmaa, jossa talouskasvu on hyvin nopeaa ja maapallon väestö kasvaa kuluvan vuosisadan puoliväliin saakka alkaen sen jälkeen pikku hiljaa vähentyä. Tekniikan kehitys on nopeaa, ja uusi tekniikka otetaan nopeasti käyttöön ympäri maailmaa. Kansainvälisen vuorovaikutuksen oletetaan olevan vilkasta sekä maapallon eri alueiden kehityserojen kaventuvan ja tulonjaon tasaantuvan. A1skenaarioperhe jakaantuu kolmeen eri alaskenaarioon. A1FIskenaariossa oletetaan tulevan energiantuotannon perustuvan edelleenkin nimenomaan fossiilisten polttoaineiden käyttöön, A1Tskenaariossa taas ei-fossiilisiin energianlähteisiin A1Bskenaario edustaa näitten vaihtoehtojen välimuotoa.

A2skenaarioperheessä teollisuusmaiden (kehittyneiden maiden) ja kehitysmaiden kehityserot säilyvät suurina. Maapallon eri alueet pyrkivät omavaraisuuteen ja oman erikoislaatunsa säilyttämiseen. Teknologian siirto kehitysmaihin on vähäistä, ja eri maitten väliset tuloerot säilyvät suurina. Koko maapalloa ajatellen taloudellinen kehitys on hitaampaa kuin A1skenaarioissa. Väestönkasvu jatkuu kehitysmaissa nopeana ja maapallon väkiluku kasvaa nopeasti.

B1skenaarioperheessä teollisuus ja kehitysmaiden erot tasaantuvat, mikä saa väestönkasvun talttumaan, aivan kuten A1skenaarioissakin. Erona A-skenaarioihin on, että talous suuntautuu tavartuotannon asemesta enemmän palveluiden ja tietoyhteiskunnan kehittämiseen. Kestävä kehitys on arvossaan, ja ympäristölle ystävällisen teknologian kehittäminen ja käyttöönotto on nopeaa. Ongelmiin pyritään etsimään maailmanlaajuisia, koko ihmiskunnan kannalta oikeudenmukaisia ja ympäristön säilymisen huomioon ottavia ratkaisuja.

B2skenaarioperheessä pyritään myös ottamaan ympäristönäkökohdat huomioon päätöksenteossa, mutta päätökset määräytyvät enemmän paikallisten etujen perusteella kuin B1skenaarioissa. Eri alueiden kehityserot säilyvät suurina ja väestönkasvu jatkuu, tosin ei yhtä nopeana kuin A2skenaarioissa. Talouden ja tekniikan kehitys on kohtuullisen nopeaa, mutta jakautuu epätasaisesti maapallon eri alueille.

IPCC:n näkemyksen mukaan kaikki nämä tulevaisuuden skenaariot ovat mahdollista, eikä mitään tiettyä skenaariota voida pitää muita todennäköisempänä. Skenaariot eivät sisällä nykyisten lisäksi tehtyjä ilmastotoimenpiteitä, mikä tarkoittaa, että skenaarioihin ei ole sisällytetty skenaarioita, jotka olisivat ilmastopimuksen toteutumisen tai Kioton pöytäkirjan mukaiset päästötavoitteet.

Tässä työssä on käytetty ilmastonmuutoksen ennakkoinnin pohjana A2 ja B2 –skenaarioita.

2 Ilmastomuutoksen ennakointi Oulussa

2.1 Ilmastomuutoksen simuloinnit rakentamisen ja maankäytön sovellutuksiin

2.1.1 Yleistä taustaa

Seuraavassa esitetään ilmastomuutoksen ennakointiin liittyviä taustatietoja, jotka on esitetty VTT:n tutkimuksessa ”Ilmastomuutoksen huomioiminen kaavoituksessa” (Wahlgren et al. 2008).

Meteorologiset ja geofysikaaliset ääri-ilmiöt, kuten myrskytuulet, tulvat ja ankarat lumimyrskyt voivat aiheuttaa tuhoja rakennetulle ympäristölle. Yhdyskunnat on suunniteltava kestäväksi kohtuullisen usein esiintyvät luonnonilmiöt, mutta hyvin harvinaisiin ääritapauksiin varautuminen ei ole taloudellisesti järkevää, elleivät tapauksen vahingolliset seuraukset ole erityisen suuret (padot, voimalat, sähköjakoverkko, 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).

Toistuvuusanalyysijä 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 ilmastomuutos 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 ilmastomuutoskenaarioiden ja alueellisen ilmastomallin avulla sitä, miten ilmastomuutos vaikuttaa ääri-ilmiöiden esiintymiseen Suomessa ja muissa pohjoismaissa (Makkonen et al. 2007).

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

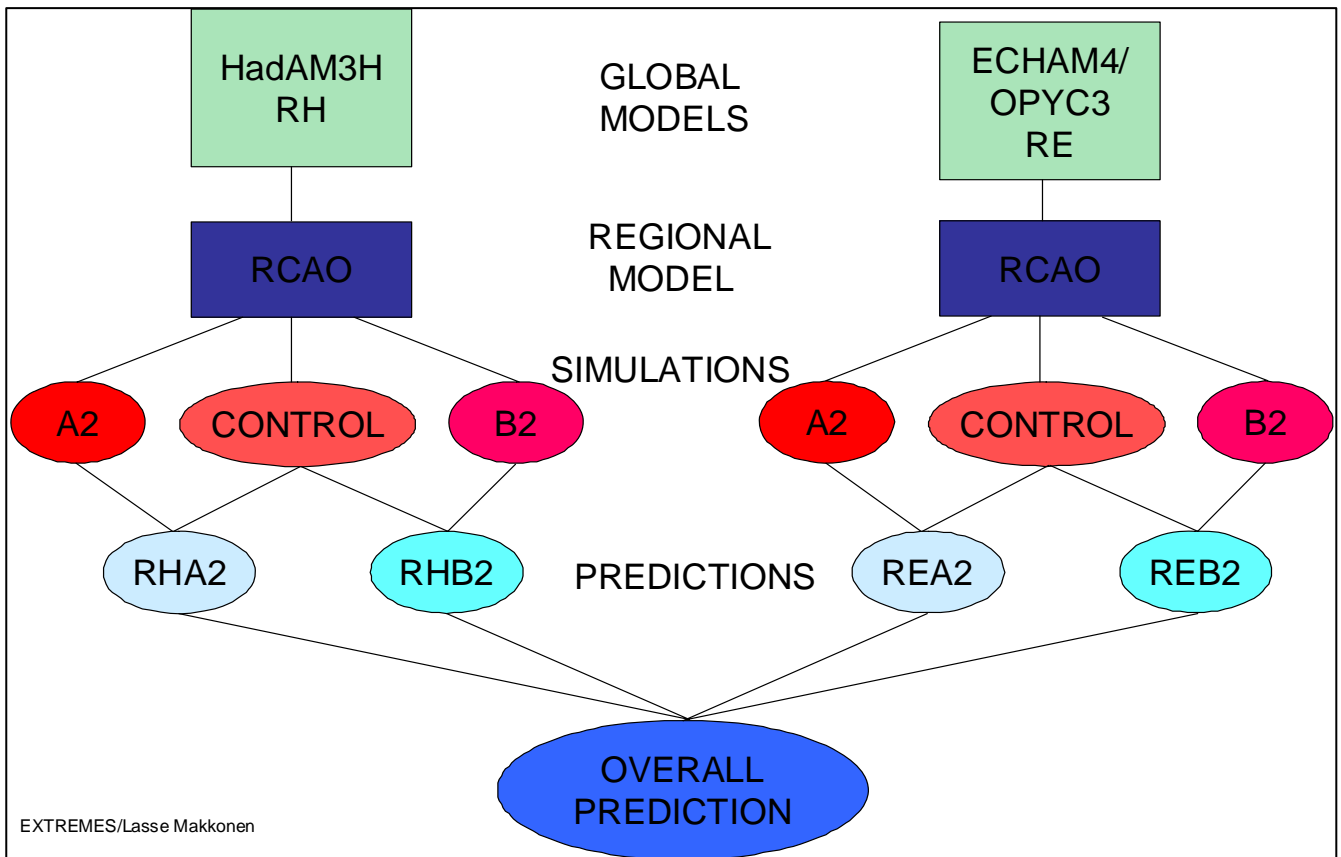
2.1.2 Ilmastosimuloinnit

Tässä esitettävät ilmastosimulointien tulokset perustuvat mallisysteemiin, joka koostuu koko maapallon kattavasta globaalista ilmacehjä/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 erotus-kyvyllä ja kuuden tunnin aikaresoluutiolla Pohjolan alueelle. Näistä malliajodatoista on poimittu ääritapauksia ja tehty niistä tilastollista ääriarvoanalyysia.

Tulevaisuutta simuloivat ajot pohjautuvat hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin (IPCC) A2- ja B2-skenaarioihin, jotka antavat kaksi vaihtoehtoista arviota kasvihuonekaasujen päästöistä tulevien 100 vuoden aikana. A-skenaariot ovat kulutusyhteiskuntaskenaarioita ja B-skenaariot tähtäävät kestävään kehitykseen. Tässä käytettävät A2- ja B2-skenaariot ovat ääri-päiden välissä. Alueelliset RCAO-ajot käyttävät hyväkseen reunaehtona kahden eri globaalin mallin (Hadley Centre ja Max Planck Institute) tuloksia. Näin on saatu neljä erillistä malliennustetulosta, joiden keskiarvoa voidaan tarkastella ”parhaana ennusteena”. (Makkonen et al. 2007, kuva 5)

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



Kuva 5. Periaatekuva mallisimuloinneista ilmastomuutokseen liittyvien ääri-ilmiöiden esiintymisen muutoksen ennakoimiseksi (Wahlgren, Kuismanen & Makkonen 2008).

2.1.3 Ääriarvoanalyysi

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

2.2 Ennakoitu ilmastonmuutos Oulussa

Tulokset perustuvat Ruotsin ilmatieteen laitoksen Rossby Centren maa-meri alueilmastomallin RCAO simulointeihin. Extreemien osalta analyysit on tehty Helsingin yliopiston ja VTT:n yhteistyönä. Simuloinnit on tehty kahden globaalin mallin reunaehdoilla ja kahta eri Kansainvälisen Ilmastopaneelin IPCC määrittelemää päästöskenaariota käyttäen. Tulokset muutosten osalta kuvaavat näistä saadun neljän simuloinnin keskiarvoa laskentapisteessä, joka vastaa mallissa 50km*50 km aluetta Oulun ympäristössä. Laskentapiste sijaitsee merellä melko lähellä Länsi-Toppilan aluetta.

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

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

Arvioidut muutokset Oulussa:

Vuoden keskilämpötila	+4 °C
Maksimilämpötila	+4 °C
Minimilämpötila	+11 °C
Sulamis-jäätymissyklit	- 20 %
Vuoden keskituulennopeus	0 %
Maksimituulennopeus	+5 %
Vuotuinen sademäärä	+20 %
6 tunnin sademaksimi	+45 %
5 vuorokauden sademaksimi	+30 %
6 tunnin lumisademaksimi	+50 %
Lumipeitteen maksimivesiarvo	-10 %
Lumipeitteen kesto aika	-60 vrk
Merens jääpeitteen kesto aika	-30 vrk

3 Ilmaston ja sen muuttumisen vaikutus kaavasuunnitteluun

3.1 Suomen ilmasto

Ilmasto 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 ... -40 °C , kesäisin auringossa $+50\text{ °C}$... $+80\text{ °C}$, mikä tarkoittaa yli 100 asteen lämpötilaeron rasiudesta julkisivumateriaaleille. (Tilastoja)

3.2 Oulun ilmasto kaavasuunnittelun kannalta

Oulun ilmasto voi kuvata kahdella sanalla; tuulinen ja aurinkoinen.

Riittävän pitkäaikaisen havaintoaineiston saamiseksi ilmastollisina lähtökohtatietoina on käytetty Ilmatieteen laitoksen ilmastotilastoja vuosilta 1961 - 1990. Oulun rannikon keskimääräisen suurilmaston tuulisuutta kuvaava tieto perustuu Oulunsalon lentoaseman mittauksiin (Tilastoja). Koska tavanomaiset ilmastotilastot eivät sisällä riittävää informaatiota suunnittelun pohjaksi, on tuulisuus jaettu neljälle vuodenajalle, ja tältä pohjalta on laadittu kuvaus Oulun ilmastosta kaavoituksen ja arkkitehtisuunnittelun kannalta. Ilmastonmuutoksen ennuste perustuu luvussa 2 kuvattuun alueellisen ilmastomallin simulointiin ja sen tuloksiin.

Oulu rajoittuu lännessä mereen, mistä syystä tuulet pääsevät kaupunkiin lännestä ja luoteesta suurella voimalla. Eri vuodenaikoina esiintyvät tuulensuunnat ja niiden keskimääräinen nopeus on esitetty kaavioissa (kuva 7).

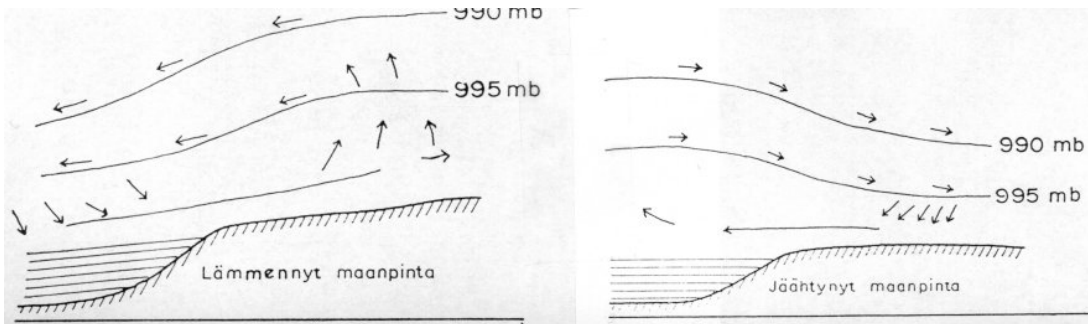
Länsi-Toppilassa esiintyy kaikkina vuodenaikoina suuria keskituulennopeuksia, jotka edellyttävät suunnittelun kannalta erityistoimenpiteitä:

- Kevät: Yleisimmät tuulensuunnat ovat kaakko etelä ja länsi. Länsituuli on usein kylmä merituuli ja kaakkoistuuli lämmin mannertuuli tai öinen maatuuli. Suojauksen kannalta tärkein on lounasluode sektori. Merituulen keskinopeus on korkea.
- Kesä: Vallitsevat tuulet tulevat lännestä, luoteesta ja pohjoisesta. Länsituuli on usein merituuli. Oleskelualueet olisi suojattava länsi-pohjoinen sektorin ilmapirtauksilta. Merituulen keskinopeus on huomattavan korkea.
- Syksy: Yleisimmät tuulensuunnat ovat etelä, kaakko sekä pohjoinen, ja niiden keskinopeus on suuri. Suojauksen kannalta tärkein on meren suunta ja pohjoinen.
- Talvi: Vallitsevat tuulet tulevat kaakosta ja etelästä, ja niiden keskinopeus on korkea.

Keski-ilmastoa muokkaa voimakkaasti rannikosta johtuva vuorokautinen tuulijärjestelmä, jossa esiintyy päiväsaikaan navakka läntinen merituuli ja yöaikaan heikko maatuuli. Tämä rannikkotuuli on yleinen erityisesti keväisin ja kesäisin aurinkoisina päivinä. Merituulen ympäristöä kuormittava

voima on nähtävissä sekä rakennuksissa että maastosta. Varsinkin kylminä talvipäivinä voi Oulujokilaaksossa havaita kylmän kaakkoisen laaksotuulen.(Mattson, Tilastoja)

Yleisesti ottaen pihojen ja oleskelualueiden suojauksen kannalta tärkeimmät tuulensuunnat Länsi-Toppilassa ovat lounas-länsi sektori sekä luode.



Kuva 6. Merituuli syntyy aurinkoisina päivinä maan lämmitessä ja maatuuli yöllä meren säilyttäessä lämpönsä.(Venho)

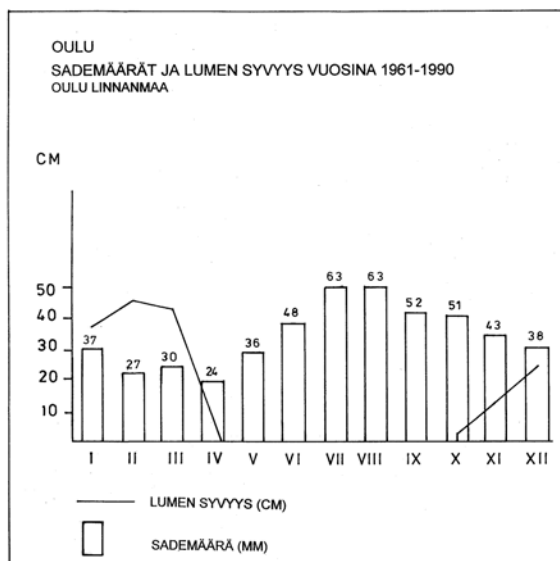
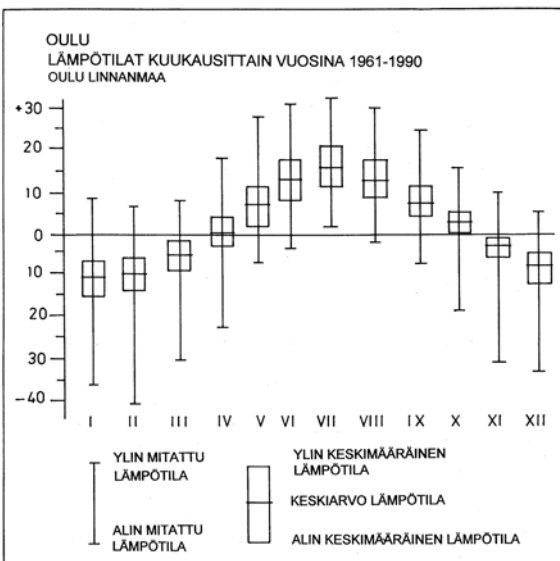
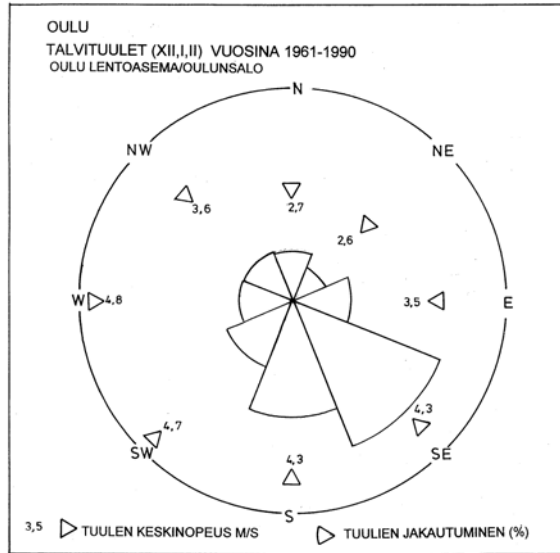
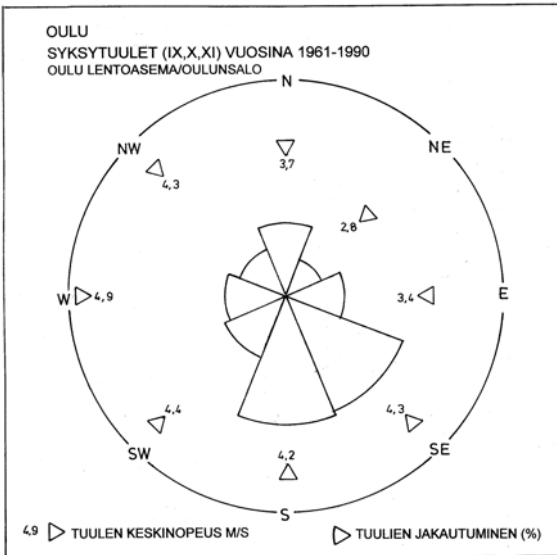
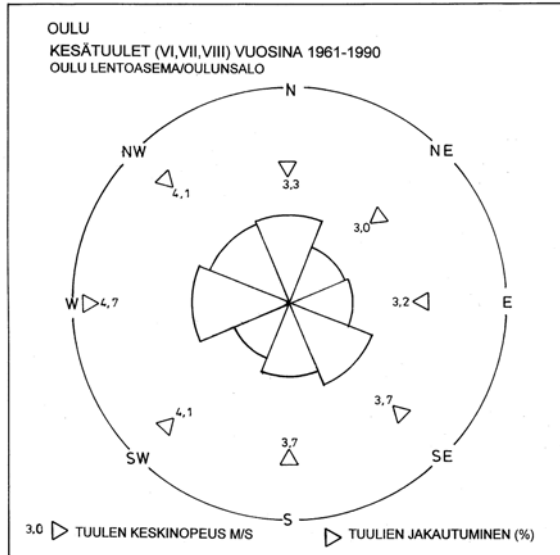
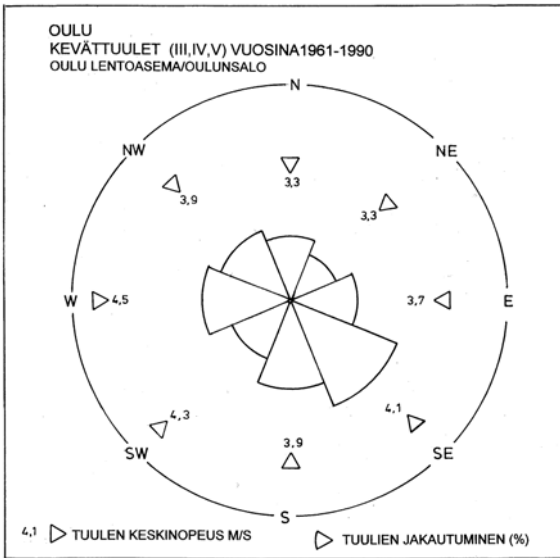
3.3 Länsi-Toppilan alueen mikroilmasto

Kaupunginosan mikroilmastoa muokkaavat vesistöt, yhtenäiset metsät sekä olevat ja tulevaisuudessa rakennettavat kerrostalomassat, joiden ympärillä esiintyy tuulikanavia sekä ylös- ja alaspäin suuntautuvia turbulensseja. Myös avoimet katutilat ja viheriöt sekä suuret paikoituskentät ovat varsin tuulisia. Voimakkaat ilmavirtaukset tekevät ulkona olemisen kylmäksi, kadulla kulkemisen vaaralliseksi, aiheuttavat vaurioita kylmänarolle kasveille ja lisäävät energiankulutusta. Toisaalta tuulet ovat sikäli hyödyksi, että ne tuulettavat pois pakokaasut ja muut ilmansaasteet.

Suunnittelualueen länsipuolella kasvaa metsää ja on suhteellisen tiivistä rakennuskantaa, jotka suojaavat suurinta osaa alueesta länsituulilta. Sen sijaan salmen ranta altistuu kylmille merituulille. Maatuuli ja muut itäiset virtaukset eivät vaikuta kovin voimakkaasti. Etelätuulia vastaan alue on suhteellisen hyvin suojattu aivan eteläisimpiä rantakortteleita lukuun ottamatta.

Pihojen, leikkikenttien, kevyenliikenteenväylien ja linja-autopysäkkien viihtyisyyden kannalta tärkeintä on suojautuminen lounas-luode sektorilta kohdistuvia tuulia vastaan. Energian säästämiseksi rakennusten julkisivuja tulisi suojata lounas-pohjoinen sektorista sekä kaakosta kohdistuvilta viimoilta. Salmen rantakortteleissa on huomioitava luoteismyrskyjen aiheuttama tuulen ja aallokon yhteisvaikutus.

Olevaa rakentamista, tulevia kaava-alueita ja mikroilmastoa on seuraavissa luvuissa arvioitu TkT Kimmo Kuismasen kehittämällä CASE-menetelmällä.(Kuismänen 2008)



Kuva 7. Oulun tuuliruusuut vuodenajoittain sekä lämpötilat ja sateisuus

3.4 Rakennettujen alueiden mikroilmaston laadun kriteerit

Tuulisuuden kokemista on tutkittu eri tavoin monissa tutkimuslaitoksissa. Liitteessä on esitetty yhteenveto eräistä tutkimustuloksista, joita on käytetty Länsi-Toppilan kriteereitä muodostettaessa.

Useilla tuulensuunnilla vapaan ilmavirtauksen keskinopeus Länsi-Toppilan alueella ylittää taulukossa 2 ilmaistun jalankulun mukavuuskriteerin selvästi. Eräillä rantakaistoilla, katutiloissa ja kerrostalojen ympärillä on odotettavissa jopa 6-7 m sekunnissa keskinopeuksia ja myrskyjen aikaan vaarallisia puuskia, jotka aiheuttavat henkilövahinkojen riskin. Tällaiset nopeudet edellyttävät tutkimusten ja em. kriteerien mukaan erityisiä suojaustoimenpiteitä.

TAULUKKO 2. SALLITTU MAKSIMITUULISUUS LÄNSI-TOPPILAN KAAVA-ALUEELLA

	HYVÄ	SIEDETTÄVÄ
ISTUMINEN	1,5 M/S	2,0 M/S
SEISOMINEN	3,0	3,5
RAUHALLINEN KÄVELY	4,0	4,5
KÄVELY / TEKEMINEN	4,5	5,0

3.5 Ilmastonmuutoksen vaikutus Oulussa

Ilmastonmuutoksen vaikutukset Oulun olosuhteissa arvioitiin VTT:ssa (luku 2). Aikatähtäimenä on vuosisadan loppu. Arvioitavia tekijöitä ovat vuoden keskilämpötila, maksimilämpötila, minimilämpötila, sulamis-jäätymissykli, vuoden keskituulennopeus, maksimituulennopeus, vuoden sademäärä, 6 tunnin sademaksimi, 5 vuorokauden sademaksimi, 6 tunnin lumisademaksimi, lumipeitteen maksimivesiarvo, lumipeitteen kesto aika ja meren jääpeitteen kesto aika.

Alueellisen ilmastomallin simuloinnin perusteella (luku 2) Oulun ilmastossa tulee tapahtumaan useita muutoksia:

- lämpötilat tulevat nousemaan
- vesisateet ja sateen rajuus lisääntyvät huomattavasti
- viistosateet tulevat lisääntymään huomattavasti
- maksimituulennopeudet kasvavat hieman
- lumimäärät vähenevät, mutta lumimyrskyt ovat ankarampia
- meri on jäässä nykyistä lyhyemmän ajan, jolloin aallokko, kosteus ja roiskeet lisääntyvät.

Lämpötilan nousu lyhentää talvea ja tulee vähentämään kylmyydestä johtuvaa lämmönkulutusta. Toisaalta koska Länsi-Toppilan alueella tuulen jäähdyttävä voima on merkittävä, ei energiansäästötoimenpiteistä voida tinkiä. Kesällä on varauduttava nykyistä suurempiin lämpökuormiin.

Vaikka keskimääräinen tuulisuus ei tulevaisuudessa Oulussa nykyisestä lisäännä, rasittavat myrskyt, viistosade ja lumimyrskyt entistä pahemmin rakennuksia ja vaikeuttavat kevytliikennettä. Rantalaitureilla ja silloilla kulkeminen on vaikeaa, ja kattorakenteisiin, julkisivuihin, katoksiin sekä parvekelasitukseen kohdistuu suuria tuulikuormia ja kosteusriskejä. Korroosiovaurioiden vaara kasvaa.

Sateen lisääntyminen 20 % ja erityisesti rankkasateiden lisääntyminen 45 % on huomioitava sadevesiviemäreiden mitoituksessa. Rakennusten julkisivujen ja kattojen kannalta uusia kestävyysongelmia aiheuttaa se, että viistosateiden määrä lisääntyy 50 % ja korroosioaika 40 %. Myös maaperän kosteus lisääntyy, ja lisääntyvän haihtumisen myötä ajoittain myös ilmankosteus. (IPCC 2007, Makkonen & Tikanmäki 2009)

Luminen aika lyhenee, mutta lumimyrskyissä kerralla satavan lumen määrä voi lisäytyä peräti 50 %, mikä tuo aivan uusia ongelmia puhtaanapidolle sekä väylien ja sisäänkäyntien suojaukselle.

Meren pysyminen sulana kauemmin, yhdessä tuulen lisääntymisen kanssa, pidentää kosteaa tuulista välivuodenaikaa. Kosteuden lisääntyminen nollalämpötilan molemmin puolin lisää liukkautta. Rantoihin kohdistuu pidempään terävä aallokko, joka rantaa tullessaan heittää pisaroita rantakaduille ja niiden varrella olevien rakennusten julkisivuihin.



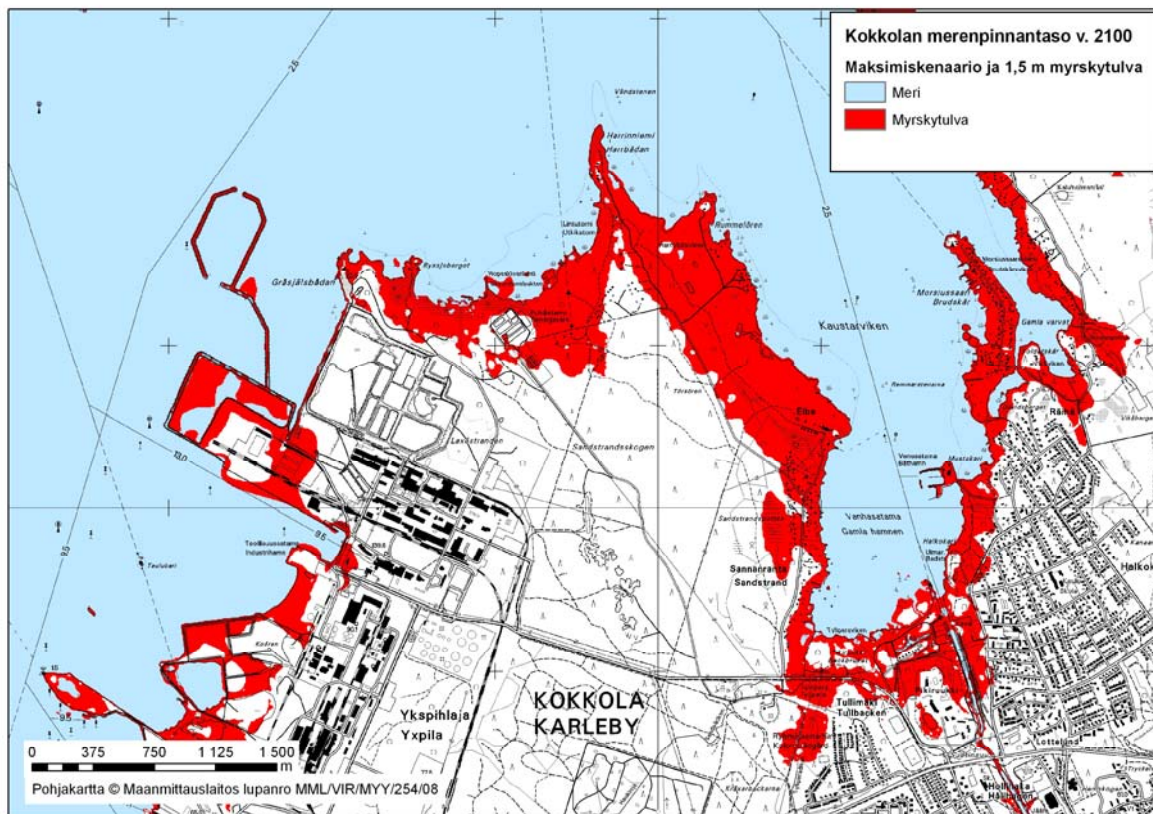
Kuva 8. Länsi-Toppilan kaava-alue ja sen ympäristö. Pohjoinen ylhäällä.

4 Merenpinnan muutokset

4.1 Lähtökohta-aineistot

Meriveden pinnankorkeuden muutoksia ja maankohoamisen vaikutuksia arvioitiin ASTRA-projektin ja Merentutkimuslaitoksen tutkimusaineistoilla sekä uusimmilla käytettävissä olevilla IPCC:n ja kansainvälisten tutkimushankkeiden valtameren pinnan muutoksia koskevilla tutkimustuloksilla. Aineistoa täydennettiin VTT:n Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa –tutkimuksen perusteella. Lisäksi hyödynnettiin paikallista kartta-, tilasto- ym. materiaalia. Myös tulvakorkeus ja aaltoiluvara arvioitiin em. aineistojen perusteella.

Kuvassa 9 esitetään esimerkki arvioidusta merenpinnan tason noususta Kokkolassa (Wahlgren, Kuismanen & Makkonen 2008). Maksimiskenaariossa meren pinnan nousu kompensoi pääosin maankohoamisen vaikutuksen. Myrskytulva nostaa veden pinnan maa-alueille, osittain rakennetuille tai suunnitelluille alueille. Samantyyppinen kehitys on mahdollinen myös Oulun olosuhteissa.



Kuva 9. Kokkolan merenpinnan taso vuonna 2100 maksimiskenaarion ja 1,5 metrin myrskytulvan mukaan (ASTRA, Kokkolan kaupunki). (Wahlgren, Kuismanen & Makkonen 2008)

Pohjaveden korkeuden muutokset arvioitiin suhteessa merenpinnan korkeuden muutoksiin. Oulun seudulle ennakoitujen ilmastonmuutoksen vaikutusten perusteella arvioitiin keskeiset muutokset tuulisuudessa, sateisuudessa, kosteudessa, lämpötilassa sekä lumi- ja jääolosuhteissa Länsi-Toppilassa.

4.2 Ilmastoskenaariot ja niiden vaikutus vedenkorkeuteen Oulussa

Merentutkimuslaitoksen raportin mukaan Suomen rannikon vedenkorkeuksien pitkä- ja lyhytaikaisiin muutoksiin vaikuttavat seuraavat tekijät: Maankohoaminen, valtameren pinnan nousu, Itämeren kokonaisvesibalanssi, tuuli, ilmanpaine, Itämeren ominaisheilahtelu eli *seiche* sekä vuorovesi.

Oulun edustalla maankohoamisen arvoksi on laskettu 6,9 mm vuodessa. Keskimääräisen vedenkorkeuden pitkäaikaisen muutoksen suunta määräytyy maankohoamisen ja valtameren pinnan nousun erosta. Tulevaisuudessa valtameren pinnan nousun ennustetaan kiihtyvän, jolloin keskimääräinen vedenkorkeus saattaa lähteä nousuun Perämerellä.

Suomen rannikon vedenkorkeuden pitkäaikaiseen käyttäytymiseen vaikuttaa myös Itämeren kokonaisvesimäärä. Sitä säätelee pääasiassa veden vaihto Tanskan salmien läpi. Tanskan salmien ahtaudesta johtuen veden vaihto on hidasta, eivätkä nopeat vedenkorkeusvaihtelut tasoitu salmien läpi. Vesimäärän vaihtelut ovat sidoksissa länsivirtauksen voimakkuuteen. Vedenkorkeuden pitkäaikaiset vaihtelut ovat samantapaisia koko Itämerellä. Lyhytaikaisten vaihteluiden kannalta tärkeimmät tekijät ovat tuuli ja ilmanpaine. Niiden vaikutus voi olla hyvinkin paikallinen.

Ilmanpaine vaikuttaa vedenkorkeuteen ns. käänteisen barometriefektin kautta. Korkea ilmanpaine painaa vettä alaspäin, kun taas matalapaine nostaa vedenpinnan tasoa. Teoriassa yhden millibaarin ilmanpainemuutos aiheuttaa yhden senttimetrin vedenkorkeusmuutoksen käytännössä muutos on pienempi. Itämeri on lähes suljettu allas, jossa esiintyy vedenkorkeuden heilahtelua altaan päästä toiseen. Vuorovesi on amplitudiltaan vain joidenkin senttimetrin luokkaa Suomen rannikolla. (Kahma & Johansson)

Toppilansalmessa paikalliset olosuhteet aiheuttavat vedenkorkeuden poikkeamisen Oulun edustan yleisestä arvosta. Näistä tärkein on luoteistuulen aiheuttama veden pakkautuminen salmen pohjukkaan. Tähän tilanteeseen aina liittyy myös aallokkoa.

Maanpinnan nousu huomion ottaen merenpinnan voidaan Oulussa arvioida nousevan ainakin 0,3 m vuoteen 2100 mennessä, ja mikäli kasvihuonekaasuja ei saada kuriin, voi nousu jatkua edelleen.

4.3 Alimman korkeusaseman laskentaan vaikuttavia tekijöitä

Merentutkimuslaitoksen tutkimuksen "Alimmat suositeltavat rakennuskorkeudet Pohjanlahden, Saaristomeren ja Suomenlahden rannikoilla" (Kahma et al. 1998) mukaan alin suositeltava rakennuskorkeus Oulun alueella on 2,15 m N60-järjestelmän nollakohdan 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.
- Merivesi saa saavuttaa alimman suositeltavan tason rakennuksen käyttöaikana todennäköisimmin vain kerran ja korkeintaan muutamia kertoja, mutta ei toistuvasti.
- Rakennuspaikan edessä olevalle rannalle ei pääse aalloja.

Nämä oletukset vaikuttavat suositukseen koska Itämeren rannoilla meriveden tulvariskit ovat hyvin paljon riippuvia siitä, miten pitkälle tulevaisuuteen riskiä katsotaan. Esimerkiksi vuoden 2002 aikana riski saavuttaa vedenkorkeus 1,55 m N60-tason yläpuolella on noin 1/200. Vaikka seuraavan kahden sadan vuoden aikana korkeus 1,55 m saavutetaan todennäköisesti kerran, se ei tarkoita, että riski saavuttaa 1,55 m olisi yhden vuoden aikana 1/200. Meriveden vaihteluiden luonne Itämerellä on sellainen, että tulvariskin epäsuhtainen kasvu ajan mukana koskee sekä vuosikymmenien, vuosien että kuukausien pituisia ajanjaksoja.

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)

Länsi-Toppilan alinta rakentamiskorkeutta määriteltäessä on lähdetty seuraavista oletuksista (Kahma, Kuismanen 2008):

- Maksimi tulvankorkeus on 1,8 m.
- Valtameren pinta nousee 1 m.
- Oulussa merenpinta nousee 0,3 m.
- Tarvittava aaltoiluvara Länsi-Toppilassa on 0,9 m.
- Alapohjarakenteen paksuus on noin 0,4 m.

Koska tulvahuippu on lyhytaikainen ja rakennukset eivät sijaitse aivan vesirajan läheisyydessä, ei alapohjan alla olevaa kapillaarisen veden nousun estävää kerrosta tarvitse laskea alapohjan rakennepaksuuteen.

4.4 Aallonkorkeus Toppilansalmessa

Rantaan kohdistuvan aallokon korkeuteen vaikuttavat saaristo, rannan muoto ja rantaveden mataluus. Toppilansalmessa voi luoteismyrskyllä syntyä korkeampaa aallokkoa, jota salmensuulla oleva aallonmurtaja kuitenkin tehokkaasti hillitsee.

Matala ranta hillitsee aaltojen korkeutta, mutta syvemmissä kohdissa laineet lyövät täydellä voimalla rantaan. Pystysuurille rakenteille aaltoiluvara on peräti kaksi kertaa paikallisen aallokon korkeus. Tällaisessa tapauksessa pärskeet voivat lentää jopa kymmenen metrin korkeuteen. (Ollila) Toppilansalmeen muodostuu ristiaallokko, ja luoteismyrskyllä keskituulennopeudella 25 m/s aallonkorkeuden suunnittelualueella arvioidaan nousevan seuraavan asetelman mukaiseksi:

KOHDE	AALLON NOUSUKORKEUS
Salmen suu, matala ranta	60 cm
Rantalaiturit, maksimi	90 cm
Salmen pohjukka	50 - 80 cm

Näiden korkeuksien lisäksi tulevat pärskeet.

5 Länsi-Toppilan kaavaluonnos

5.1 Yleiskaavan tavoitteita

Oulun Yleiskaava 2020:n päätavoitteisiin kuuluu Oulun kehittäminen merikaupunkina suuntaamalla rakentamista meren läheisyyteen. Toppilan entisen satama-alueen rannat ovat kaupunkirakenteen ja meren kohtausvyöhykettä, ja meri tuodaan keskeiseksi osaksi kaupunkikuvaa Toppilansalmen asuntoalueen rantakortteleissa, sekä Nallikarissa, jonne keskittyy matkailupalveluita. Pääsääntöisesti rannat on tarkoitus säilyttää yleisessä käytössä, mutta paikoin myös rantaan ja sen läheisyyteen kaavoitetaan rakentamista.



Kuva 10. Länsi-Toppilan asemakaavaluonnoksen illustraatio.

5.2 Kaava-alueen tulevan rakentamisen analyysi

5.2.1 Toppilansalmen rannan korttelit

Kaavassa Länsi-Toppilan alue on pääasiassa varattu tehokkaalle kerrostalorakentamiselle, jonka tehokkuus ja korkeus kasvavat sisämaahan mentäessä. Kaavassa on myös tornitaloja. Korttelit sijaitsevat Toppilansalmen möljän lähellä, josta ne erottaa yhteisten rantatoimintojen kaista. Rakennuspaikka on entistä satamaa, jossa on korkeat suorareunaiset rannan suuntaiset laiturit.

Kaava-alueen pohjoispuolella salmen suussa on matala ranta-alue, joka säilyy rakentamattomana vihervyöhykkeenä. Tuulensuojakasvillisuus pohjoispuolella lisääntyy vielä oleellisesti Toppilan lämpövoimalan ympärille istutettavaksi suunniteltujen suojametsiköiden myötä. Myös kaavaehdotuksen pohjoisrajan rakennusten muurimainen sijoittelu suojaa pihvoja ja aukioita luodekoillinen sektorin tuulilta.

Koillinen-kaakko sektorin suunnalla on mittakaavaltaan vaihtelevaa sekalaista kaupunkirakennetta, joka yhdessä puuston kanssa antaa kohtuullisen suojan sieltä päin kohdistuvia tuulia vastaan. Suorien katujen ja laajojen paikoitusalueiden kohdalla esiintyy paikallisia tuulikanavia, ja suhteiltaan mittakaavaton Koskelantie on tuulinen.

Suunnittelualueen etelä-länsipuolella on Toppilansalmi ja sen toisella puolella Toppilansaaren kerrostalovaltainen asuinalue. Vaikka Toppilansaari ja Hietasaari suojaavatkin Länsi-Toppilaa pahimmilta merimyrskyiltä ja aallokolta, pääsee noilta suunnilta tuleva tuuli laskeutumaan salmen kohdalla veden ja maan tasoon, ja kohdistumaan tarkasteltavalle alueelle suurella voimalla. Merelle aukeava luoteissuunta jää täysin suojattomaksi merituulille ja aallokolle.

Rakentamisen ja istutustenkin jälkeen valtaosa Toppilansalmen rantakortteleiden pihosta on avoimia tuulille, koska kookasta olevaa puustoa ei ole, ja merimaisemaa tuskin halutaan tiheillä suojaistutuksilla kätkeä. Rantakorttelit aukeavat lounaaseen salmelle, altistaen rakennukset ja pihat vallitseville tuulille. Kaavaluonnoksen mukaiset matala-tiivis korttelit saadaan oikein suunnitteleamalla mikroilmastoltaan miellyttäviksi. Salmelta kohtisuoraan sisämaahan suuntautuvat kadut ohjaavat tuulen suunnittelualueen sisäosiin. Asuntopihat ovat suojauksilla hoidettavissa, mutta suorat katutilat ja avoimet kentät jäävät ilman erityistoimenpiteitä tuuliseksi. Mahdolliset muita korkeammat talot ohjaavat voimakkaita ilmavirtauksia katutasolle.

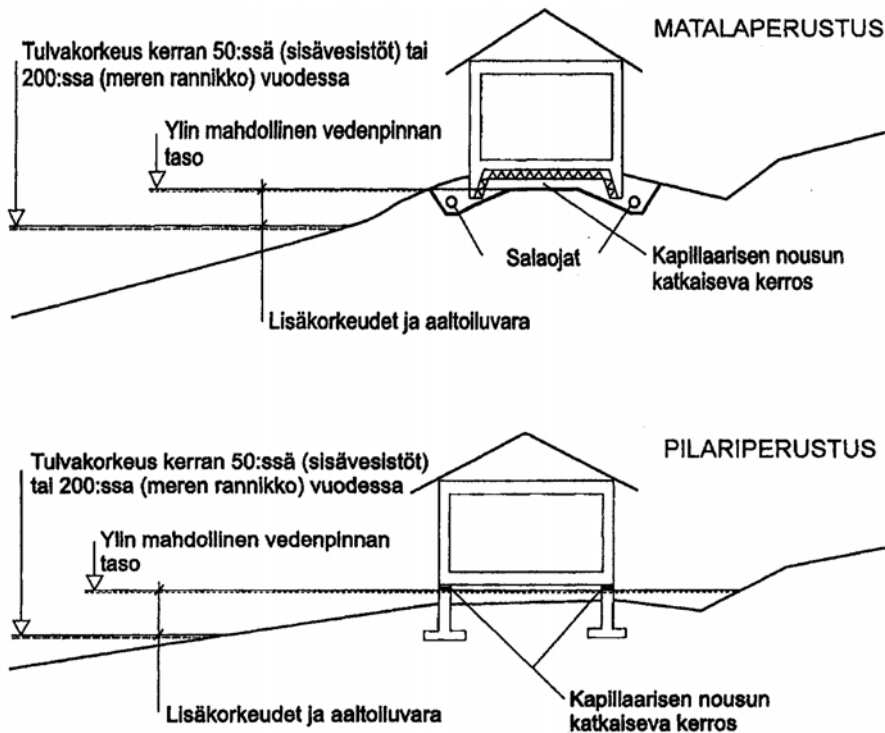
Pihasuunnittelussa on varauduttava nykyistä suurempiin sadevesimääriin. Vaikka lumen määrä vähenee, kerralla satavat lumimäärät kasvavat. Ankarammat viistosateet rasittavat julkisivuja ja kattoja entistä enemmän, ja lisäävät myös korroosiota. Talot tulisi avata kaakko-lounas sektorille hyödyntämään ainakin passiivisesti auringon energiaa, mutta toisaalta kesäisin on torjuttava asuntojen liiallinen kuumeneminen.

Rannan puoleiset rakennukset voivat tulevaisuudessa joskus joutua myrskytulvan uhkaamiksi, ellei riittäviä perustamiskorkeuksia noudateta, tai mikäli rantalaitureita mataloitetaan. Maksimitulvan ja maksimiaallokon yhtäaikaisen esiintymisen perusteella rakennusten alin sallittu lattiakorko on Länsi-Toppilassa seuraava:

- Pilariperusteisen rakennuksen alapohjan alapinta noin + 3,0 m.
- Matalaperusteisen rakennuksen lattiakorko noin + 3,5 m.

Korkeus määritellään kuvan 11 esittämien periaatteiden mukaisesti. Rannan muotoilu vaikuttaa oleellisesti roiskeiden määrään, eikä yllä olevissa korkeusasemissa ole huomioitu aaltojen aiheuttamia roiskeita, joten rakennusten etäisyys rannasta on oltava riittävä, tai taloihin on

rakennettava muunlaisia suojarakenteita. Alapohjan täytön pitää estää kapillaarinen veden nousu rakenteisiin.



Kuva 11. Lattiatason määrittäminen eri perustamistavoilla.(Ollila)

Merennousu on pohjaveden korkeuden nouseminen rantakaistalla periaatteessa mahdollista. Koska rakentaminen normaalisti alentaa pohjaveden pintaa ja merennousu Oulussa on suhteellisen vähäinen, on todennäköistä, ettei suunnittelun kannalta merkittävää muutosta pohjavesiolosuhteissa tapahdu.

Rakenteissa, joissa on kosteudelle alttiita osia, kuten lämmöneristeet, tulisi noudattaa edellä mainittuja perustamiskorkeuksia. Sellaisia rakenteita ja tiloja, kuten autohallit, joissa oikein suunniteltuna satunnainen kastuminen ei aiheuta suurta vahinkoa tai terveysriskiä, voidaan harkinnan mukaan sijoittaa alemmillekin tasoille.

Katujen korkeusasema riippuu niiden liikenteellisestä asemasta. Pääkatujen korkeuden tulisi olla vähintään noin 2,5 m, kun taas toisarvoisia väyliä ja rantalaitureita voidaan sijoittaa alemmaksi. Kunnallistekniikka maan alla kestää lyhytaikaisia tulvia, eikä ennakoitu meren nousu vaikuta sen toimintaan.

Rantakortteleiden suunnittelun kehittäminen voi lähteä seuraavista periaatteista:

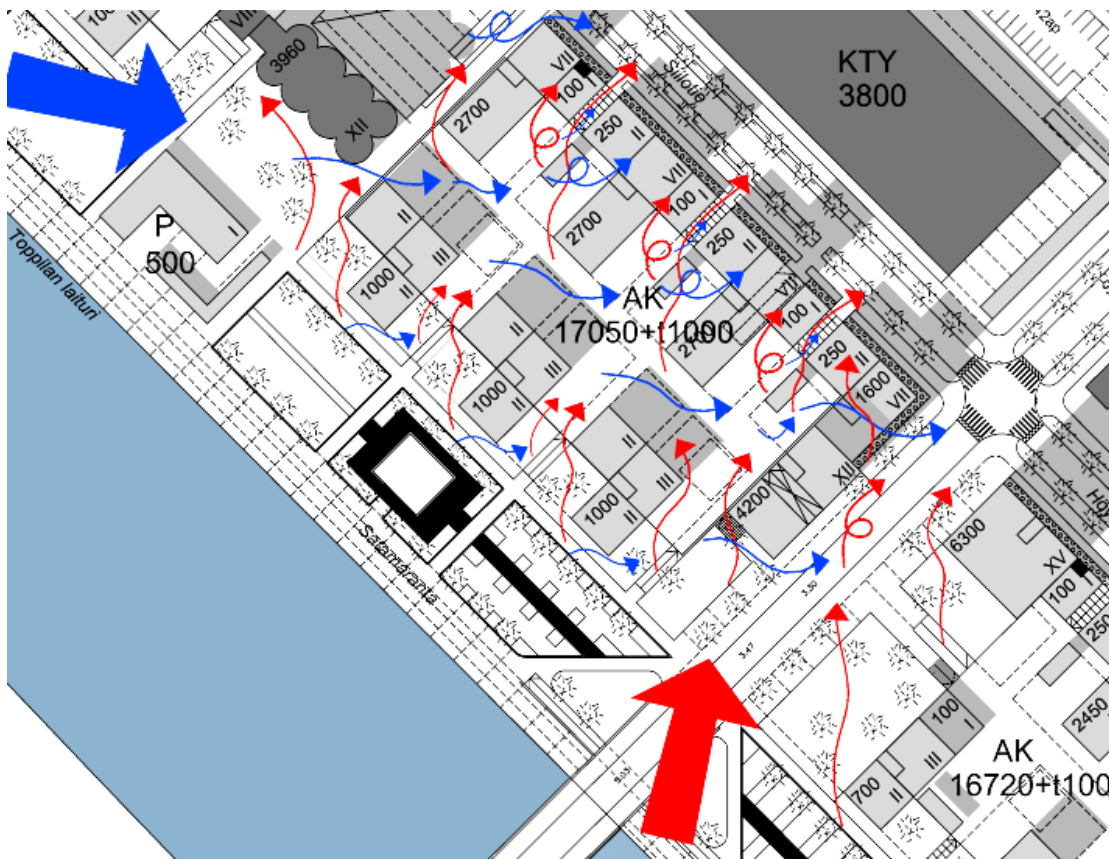
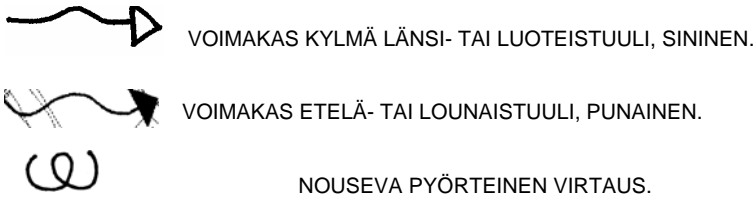
- matala-tiivis pienimittakaavainen rakennuskanta
- asteittain nousevat suhteellisen tasaiset rakennuskorkeudet
- tuulen nostaminen kattojen yläpuolelle, ja pitäminen siellä
- tuulen vaimentaminen katutilassa ja pihalla istutuksin ja rakentein
- rantojen virtausdynaaminen muotoilu tuulen ja aallokon haittojen minimoimiseksi.

5.2.2 "Seasons" kortteli

Korttelista järjestettiin Pohjoismainen kutsukilpailu, jonka voittajaehdotus "Seasons" poikkeaa kaavan mukaisesta ratkaisusta. Työn lähtökohtana on puolimpinainen kortteli, joka aukeaa kanavalle, ja näin ollen myös päätuulensuuntaan, päin. Näkymän ja aurinkoisuuden puolesta perusteltu avoimuus päästää merituulen vapaasti korttelipihaan, ja ehdotettu massan kohoaminen vielä tehostaa pihan turbulentsuutta. Suunnitelman räystäätön rakennusmassa on altis rakennevaurioille.

Ehdotuksen ilmastollisia ominaisuuksia on tarpeen parantaa jatkotyöskentelyssä. Suunnitelman pihojen mikroilmastoa voidaan parantaa maaston muotoilulla, istutuksilla ja suojarakenteilla. Rakennusten mikroilmastollisia ominaisuuksia voidaan parantaa lipoilla, suojakatoksilla ja aitauksilla.

5.2.3 Korttelianalysejä



KUVA 12. AK

- RAKENNUSMASSAT NOUSEVAT RANNAN KAHDESTA KERROKSESTA MAANPUOLEN SEITSEMÄÄN KERROKSEEN.
- RAKENNUSTEN VÄLISSÄ ON TUULIKANAVIA, JA VARSINKIN KORKEAT TALOT AIHEUTTAVAT PYÖRTEISIÄ VIRTAUKSIA PIHOILLE.
- KATU ON ERITTÄIN TUUNINEN.
- PAIKALLISIA TUULELTA SUOJATTUJA ALUEITA VOI MUODOSTAA NOSTAMALLA MERITUULTA PIHATASOSTA RANTAPIUSTON MAANMUOTOILULLA, AITAUKSILLA JA ISTUTUKSILLA.



KUVA 13. AKR

- MATALA-TIIVIS RAKENNE, JOHON KUITENKIN ON JÄÄNYT PÄÄTUULENSUUNNILLE AVOIMIA TUULIKANAVIA.
- PIHOILLA ESIINTYY PAIKALLISESTI HUOMATTAVIA ILMAVIRTAUKSIA JA TURBULENSSEJA.
- KORTTELIN MIKROILMASTOA VOIDAAN PARANTAA LUOMALLA AITOJEN, ISTUTUSTEN JA LIPPOJEN AVULLA SUOJASIA NURKKAUKSIA JA SULKEMALLA TUULIKANAVIA.
- MERITUULTA VOI NOSTAA PIHATASOSTA RANTAPUISTON MAANMUOTOILULLA JA ISTUTUKSILLA.

5.2.4 Länsi-Toppilan sisämaan korttelit

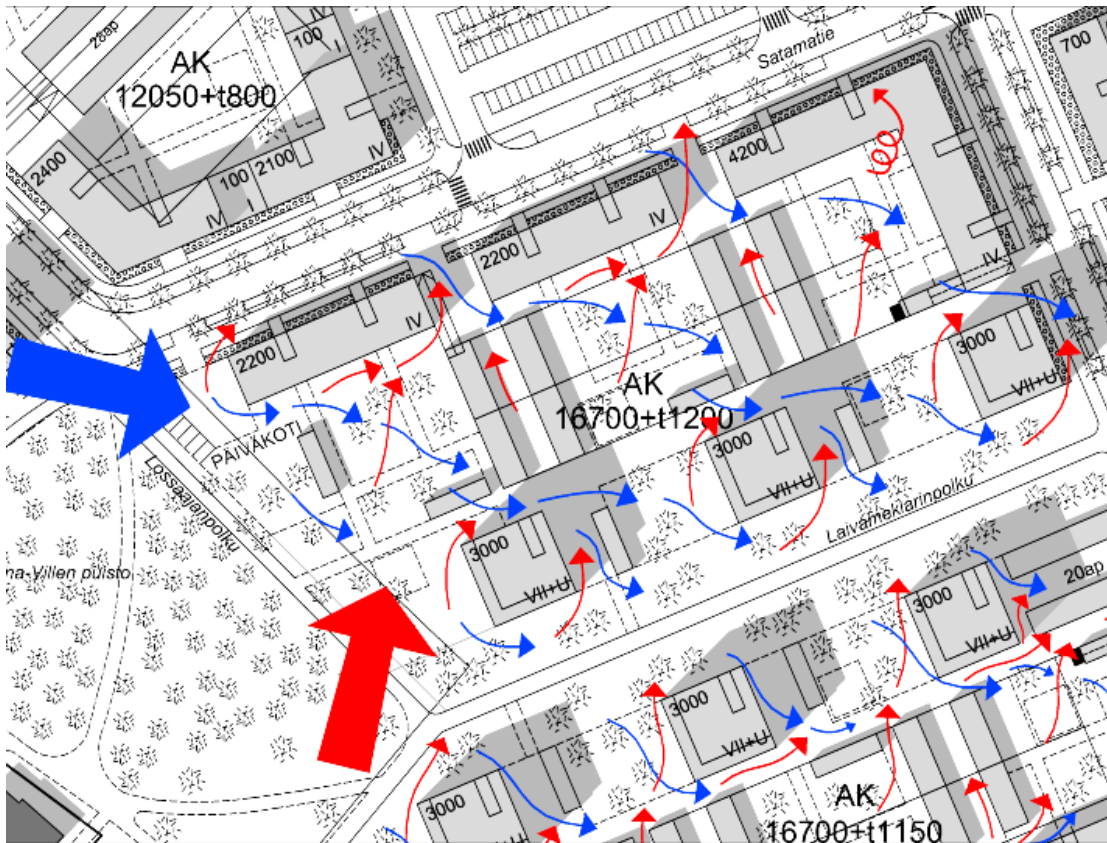
Alueen luonnontilainen puusto säilyy, mikä paikoitellen takaa kohtuullisen hyvän perussuojan tuuliilta. Läpikulkevat avoimet katutilat sen sijaan ovat hyvinkin tuuliset, mikä on epämiellyttävää kevyenliikenteen kannalta, mutta toisaalta tuulettaa liikenteen saasteet pois.

Ehdotetut suorat leveät pääliikenneväylät mahdollistavat suuret ilmavirtausten nopeudet, mutta luonnoksessa esitetyt polveilevat katulinjaukset vaimentavat tuulisuutta. Esitetyt harvat puurivit lisäävät kohdallaan hieman katutasen tuulisuutta erityisesti kesäisin ja alkusyksystä.

Kortteliin suunnitellut kahdeksankerroksiset vapaastiseisovat kerrostalot sieppaavat puuston yläpuolelta eri suunnilta puhaltavat tuulet, ja ohjaavat voimakkaat ilmavirtaukset julkisivua myöden alas piholle, aiheuttaen voimakkaita turbulenttisia puuskia sivuille ja jopa suojan puolelle. Tässä korttelissa positiivisen mikroilmaston luominen vaatisi arkkitehtonisia erityistoimenpiteitä (ks. suunnitteluohjeet).

Suunnittelun lähtökohtia:

- olevan kasvillisuuden säilyttäminen
- tuulikanavien sulkeminen
- varsinkin korkeiden rakennusten täydentäminen lipoilla, suojakatoksilla, aitauksilla jne.



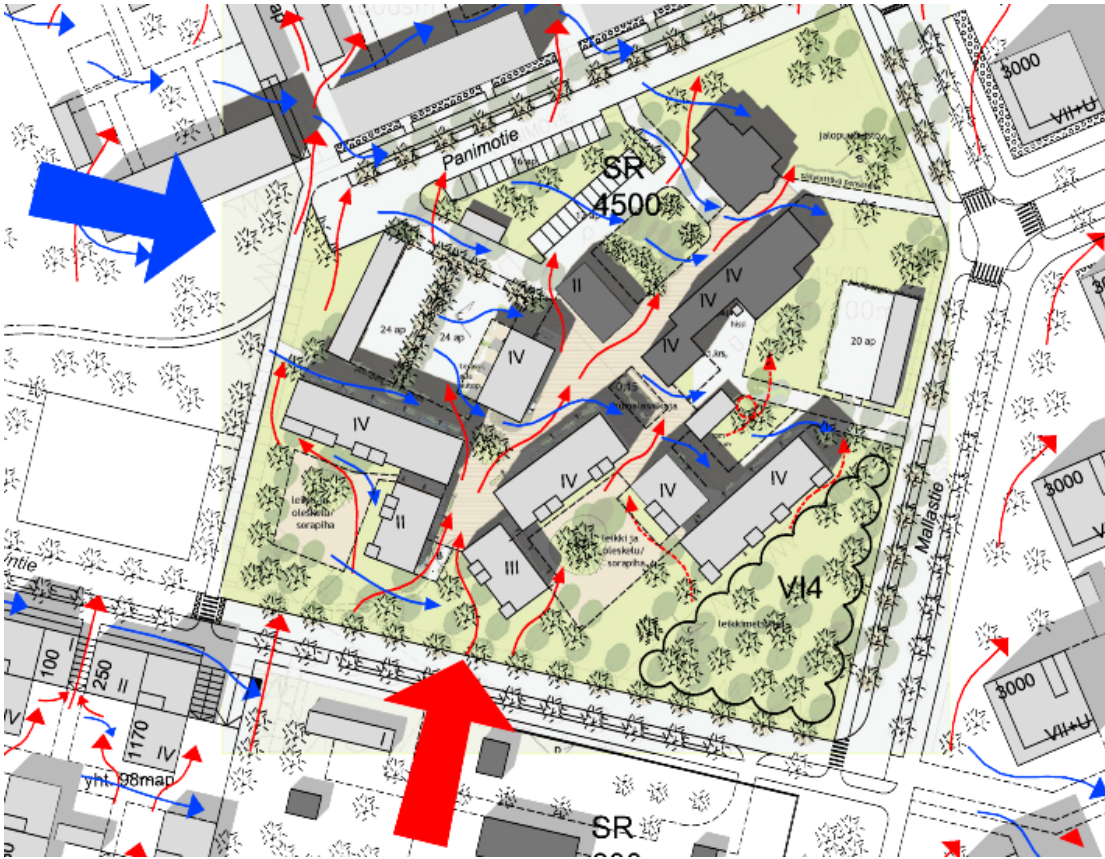
KUVA 14. AK

- POHJOISSIVULTAAN PUOLISULJETTU KORTTELI, JONKA ETELÄREUNALLA ON XX KERROKSISIA TORNITALOJA.
- RAKENNUSMASSOILTAAN KORTTELI ON AVOIN ETELÄÄN JA LÄNTEEN, JA SELLAISENAAN ALTIS VALLITSEVILLE TUULILLE.
- MIKÄLI LOSSAJANPOLUN JA LAIVAMEKLARINPOLUN SUUNNALLE SAADAAN SÄILYTETTYÄ JA ISTUTETTUA RIITTÄVÄSTI SUOJAPUUSTOA, MUODOSTUU KORTTELISTA SUHTEELLISEN SUOJATTU TUULILTA; VAIN TORNIT OHJAAVAT PAIKALLISESTI VOIMAKKAITA ILMAVIRTAUKSIA MAAN TASOON.



KUVA 15. AK

- ETELÄ- JA ITÄREUNOILTAAN PUOLISULJETTU KORTTELI, JONKA POHJOISREUNALLA SEISOO TORNITALOJA
- RAKENNUSTEN MASSOITTELU PÄÄSTÄÄ MERITUULET VAPAASTI PIHATILOIHIN, MUTTA SUOJAA KOHTUULLISESTI ETELÄTUULILTA
- MIKÄLI LÄNSIPUOLEN PUISTO SÄILYY TAI ISTUTETAAN KOHTUULLISEN TIHEÄKSI, VOIVAT PIHAT KUITENKIN MUODOSTUA SUHTEELLISEN SUOJAIKSI, JOITAIN TORNIEEN AIHEUTTAMIA VIRTUKSIA LUKUUN OTTAMATTA



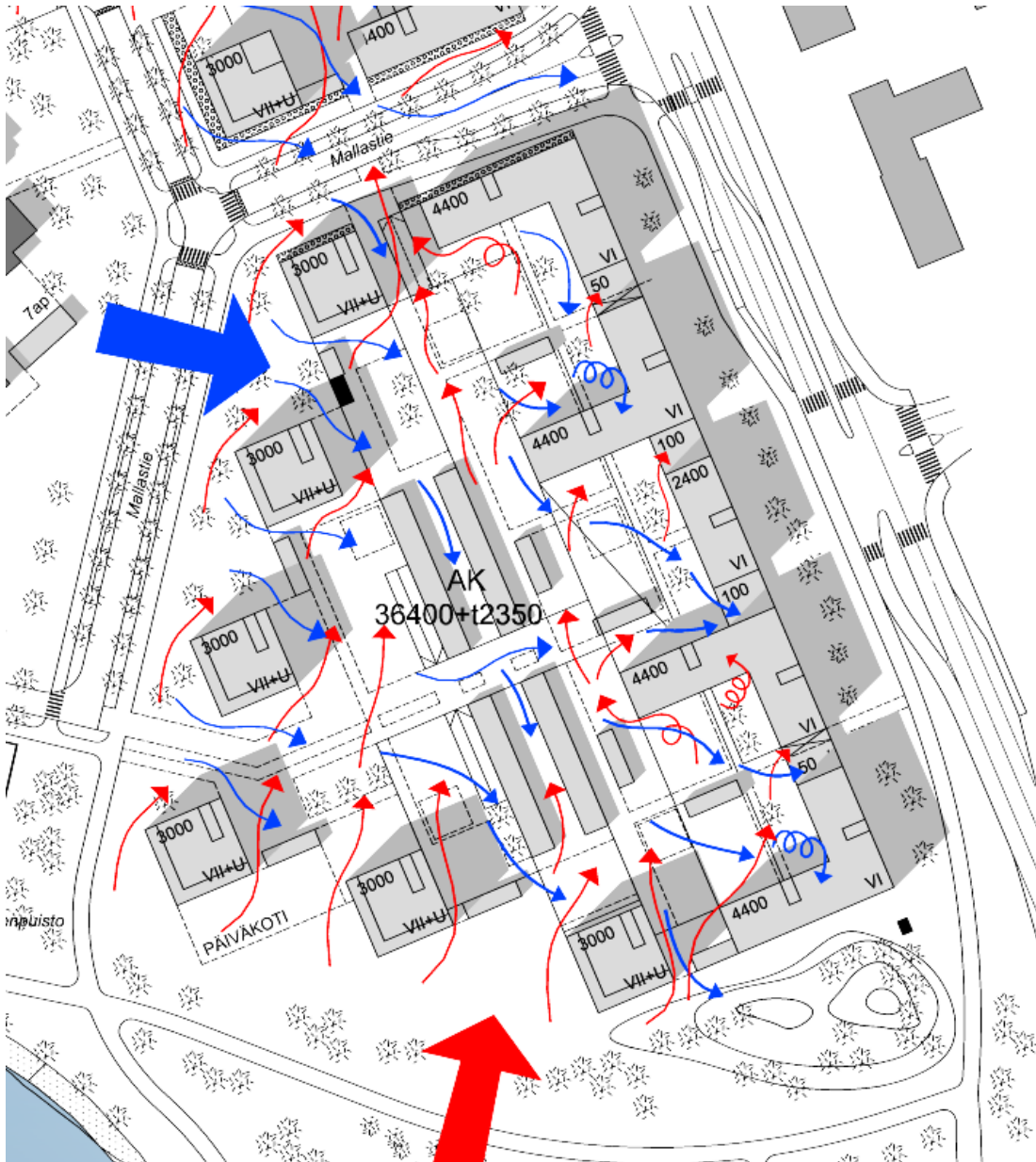
KUVA 16. MALLASJUOMANKORTTELI

- KAHDEN INTIIMIN KUJAN VARTEEN EPÄSÄÄNNÖLLISESTI SIJOITETTU XX KERROKSIINEN RAKENNUSRYHMÄ.
- RAKENNUSTEN MUODOSTAMAT "SUPPILOT" OHJAAVAT ETELÄ-LOUNAISTUULET KUJILLE, MUTTA VIRTAAUSNOPEUS RIIPPUU RATKAIKSEVASTI SÄILYTETTÄVÄN TAI ISTUTETTAAN PUUSTON LAADUSTA.
- LUOTEISTUULET PÄÄSEVÄT TUNKEUTUMAAN KORTTELIIN, JA RAKENNUSTEN VÄLEIHIN MUODOSTUU TUULISIA PAIKKOJA.
- LÄNTEEN JA POHJOISEEN ALUE ON SUHTEELLISEN HYVIN SUOJATTU.
- KORTTELI ON HELPOSTI SUOJATTAVISSA RAKENTEIN JA ISTUTUKSIN.



KUVA 17. AK

- KAHESTA PUOLISULJETUSTA RAKENNUSRYHMÄSTÄ MUODOSTUVA KORTTELI, JONKA ETELÄNURKASSA YKSI TORNITALO.
- RAKENNUSTEN VÄLISIIN AUKKOKIIN MUODOSTUU PAIKALLISIA TUULIKANAVIA, JA VARSINKIN ETELÄISEMPI PIHA ON ALTIS LOUNAIS- JA LÄNSITUULILLE.
- KESKIMÄÄRIN VIRTAUSNOPEUDET JÄÄVÄT YLEENSÄ KOHTUULLISIKSI, TORNIN YMPÄRISTÖÄ LUKUUN OTTAMATTA.
- MIKROILMASTOA VOIDAAN HELPOSTI PARANTAA AITAUKSILLA, PIHARAKENNUKSILLA JA SUOJAISTUTUKSILLA.



KUVA 18. AK

- KOILLISSIVULTAAN SULJETTU XX KERROKSIINEN KORTTELI, JONKA ETELÄ- JA LÄNSIREUNAT MUODOSTUVAT XX KERROSTA KORKEISTA TORNITALOISTA
- KORTTELI ON AVOIN PÄÄTUULENSUUNTIIN, JA ILMAN VIRTAAUSNOPEUDET MUODOSTUVAT PAIKOIN SUURIKSI JA VIRTAAUS TURBULENTTISEKSI
- MAHDOLLISUUDET KORJATA MIKROILMASTOA ISTUTUKSIN OVAT SUHTEELLISEN RAJOITETUT

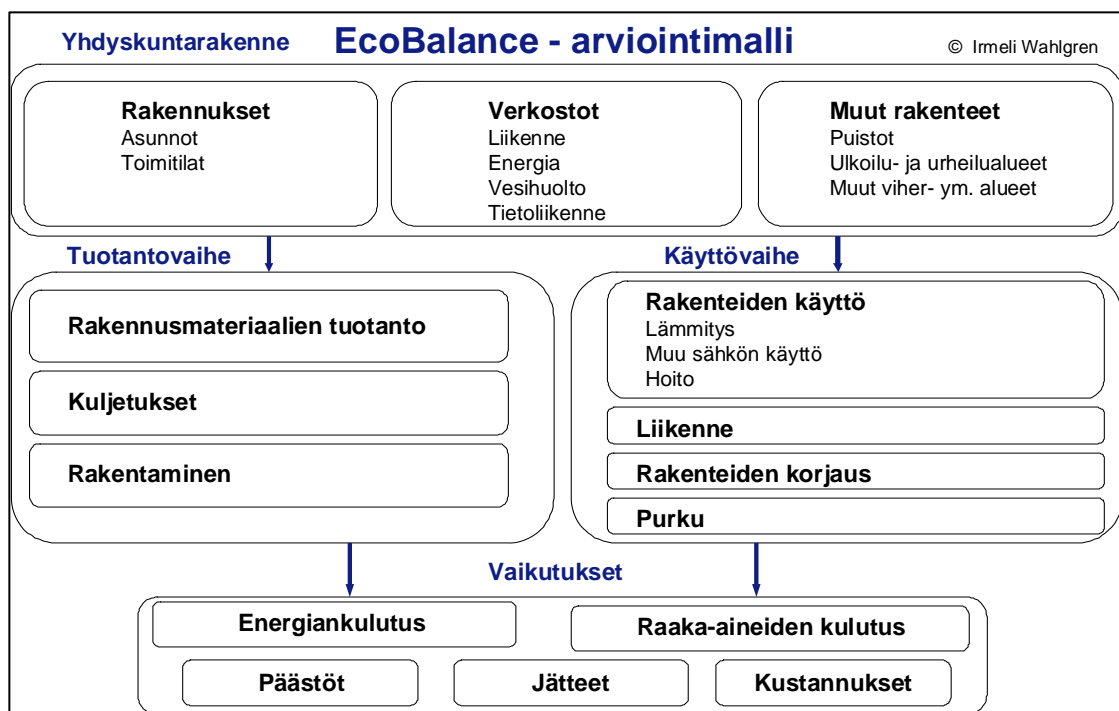
5.3 Ilmastonmuutoksen hillintä ja ekotehokkuus

5.3.1 Arviointiperiaatteet

5.3.1.1 EcoBalance-arviointimalli

Länsi-Toppilan asemakaavaluonnosta 21.4.2008 tarkastellaan ilmastonmuutoksen hillinnän ja ekotehokkuuden kannalta arvioimalla alueen rakennuksista, perusrakenteesta ja liikenteestä aiheutuvat koko elinkaaren aikaiset energian ja raaka-aineiden kulutus, kasvihuonekaasupäästöt, muut päästöt ja jätteet. Ekotehokkuusarvio sisältää sekä rakenteiden tuottamisesta että käytöstä ja liikenteestä aiheutuvat vaikutukset. Arvio on yleispiirteinen. Vaikutukset suhteutetaan kerrosalamäärään ja asukkaiden määrään, ja niitä voidaan vertailla muihin kohteisiin. Ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta keskeisiä ovat aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt.

Arvio tehtiin käyttäen VTT:n EcoBalance –arviointimallia (Wahlgren). EcoBalance - mallilla voidaan arvioida alueen ns. ekologinen tase: rakenteiden (rakennusten, verkostojen ja muiden rakenteiden) tuottamisesta ja käytöstä sekä liikenteestä aiheutuvat vaikutukset energian ja luonnonvarojen (raaka-aineiden) kulutukseen sekä aiheutuviin kasvihuonekaasupäästöihin, muihin haitallisiin päästöihin (CO, SO₂, NO_x, CH, hiukkaset) ja yhdyskuntakustannuksiin. Arviointi laaditaan rakenteiden koko elinkaaren ajalta käyttäen 50 vuoden ajanjaksoa. Arviointi tehdään määrällisenä arviona, jossa kukin tekijä kuvataan sille ominaisella yksiköllä (kWh, kg, euro). Tässä arvioissa eivät ole mukana yhdyskuntakustannukset. EcoBalance-mallin periaate esitetään kuvassa 19.



Kuva 19. EcoBalance-arviointimallin periaatekaavio (Wahlgren).

Vaikutukset on arvioitu yhdyskuntarakenteen koko elinkaaren ajalta. Ajanjakson pituutena on käytetty 50 vuotta, joka vastaa yhdyskuntarakenteiden keskimääräistä käyttöikä (rakennuksilla käyttöikä on pidempi ja johdoilla yms. lyhempi). Vaikutukset on arvioitu asuinrakennusten ja

toimitilojen, liikenneverkon, vesihuollon, energihuollon, televerkon, viheralueiden sekä asukkaiden liikenteen osalta. Arvioituja vaikutuksia ovat:

1. Energiankulutus (primäärienergia) (MWh)

- rakennusmateriaalien tuotanto
- rakennusten lämmitys ja sähkönkäyttö
- energiantuotanto
- liikenteen polttoaineet ja niiden tuotanto

2. Raaka-aineiden kulutus (tonnia)

- rakennusten ja verkostojen materiaalit (puu, betoni, muu kivi, öljy- ja muovituotteet, lasi, metalli)
- polttoaineet (öljytuotteet, kivihilli, maakaasu, turve, puu, biokaasu ym.)

3. Päästöt (tonnia)

- rakennusmateriaalien tuotannon päästöt
- polttoaineiden käytön ja tuotannon päästöt
- rakennusten energiankäytön ja energiantuotannon päästöt
- erikseen kasvihuonekaasupäästöt (CO₂, CH₄ ja N₂O muunnettuna CO₂-ekvivalentiksi) ja muut päästöt (CO, SO₂, NO_x, CH, hiukkaset)

4. Vedenkulutus ja jätevedet

- asuntojen ja toimitilojen vedenkulutus

5. Jätteet

- rakennusjätteet
- yhdyskuntajätteet

Energian ja raaka-aineiden kulutuksen merkitys liittyy mm. luonnonvarojen riittävyyteen erityisesti uusiutumattomien luonnonvarojen osalta. Luonnonvarojen säästeliäs käyttö on osa ekotehokkuuden lisäämisessä. Ekotehokkuus merkitsee luonnonvarojen käytön vähenemistä jokaista tuotettua tai kulutettua fyysistä tai talouden yksikköä kohti mahdollisimman vähän ympäristöä kuormittaen (Heinonen et al. 2002).

Päästöinä on tarkasteltu hiilidioksidia (CO₂), hiilimonoksidia (CO), rikkidioksidia (SO₂), hiilivetyjä (CH), typen oksideja (NO_x) ja hiukkasia. Päästöt on jaoteltu kasvihuonekaasupäästöihin ja muihin päästöihin niiden erilaisen merkityksen vuoksi. Kasvihuonekaasupäästöinä on tarkasteltu hiilidioksidin lisäksi metaania (CH₄) ja typpioksiduulia (N₂O). Metaani on muunnettu hiilidioksidiekvivalentiksi kertomalla se 21:llä ja typpioksiduuli vastaavasti 310:llä.

Kasvihuonekaasupäästöt ovat merkittävin ilmastomuutosta edistävä tekijä. Ne eivät ole sinänsä ihmisen terveydelle ja luonnolle haitallisia. Kasvihuonekaasupäästöjen merkitys korostuu niiden vähentämiseen pyrkivien kansainvälisten veloitteiden lisääntyessä.

Muut päästöt voivat olla ihmisen terveydelle haitallisia ja ne voivat aiheuttaa maaperän happamoitumista. Hiilimonoksidi aiheuttaa hengitettynä hapenottokyvyn laskua ja suurina annoksina sydänoireita. Rikkidioksidi happamoittaa maaperää ja aiheuttaa oireita hengitysteissä. Typen oksidit aiheuttavat happamoitumista maaperässä ja vaikutuksia hengitysteihin. Osalla hiilivedyistä on suoria myrkyvaikutuksia. Useat hiilivetyypäästöistä tavatut orgaaniset yhdisteet kuuluvat syöpää aiheuttavien aineiden eli karsinogeenien ryhmään. Hiukkaset ovat runkoaineeltaan enimmäkseen hiiltä ja niiden pintaan on tarttunut muita haitallisia yhdisteitä. Muiden päästöjen osalta haitalliset vaikutukset riippuvat niiden kokonaismäärän lisäksi päästöjen leviämisestä, pitoisuuksista ja altistumisesta.

Vedenkulutusta on tarkasteltu sekä luonnonvara- että jätevesinäkökulmasta. Puhdas vesi on niukka ja ehtyvä luonnonvara maailmanlaajuisesti, vaikkei vielä yleensä Suomessa. Jätteiden osalta ongelmallisimpia ovat kaatopaikalle päätyvät jätteet.

5.3.1.2 Rakennukset

Asemakaava-alueelle arvioidaan sijoittuvan 5 000 asukasta ja 2 500 asuntoa. Asuinkerrosala on 212 750 k-m² ja toimitilojen kerrosala 38 300 k-m². Osa uusista asunnoista ja toimitiloista sijoittuu olemassa oleviin säilytettäviin rakennuksiin. Lisäksi alueella on suojeltuja rakennuksia 6 900 k-m².

Asuinrakennusten vuosittaiseksi lämmitysenergiankulutukseksi on arvioitu 50 kWh/k-m² ja sähkönkulutukseksi 45 kWh/k-m². Toimitilojen vuosittaiseksi lämmitysenergiankulutukseksi on arvioitu 60 kWh/k-m² ja sähkönkulutukseksi 90 kWh/k-m². Lämmitysenergiankulutuksen on arvioitu olevan puolet nykymääräysten tasosta ja sähkönkulutuksen noin 10 % nykykulutusta vähemmän.

Vedenkulutukseksi on arvioitu 36 000 litraa asukasta kohden vuodessa ja toimitilojen osalta 500 litraa/k-m² vuodessa. Tämä on 20 % nykykulutusta vähemmän.

Rakennusjätteiden määräksi on arvioitu 1,4 % rakennusmateriaalien (muiden kuin sora) määrästä. Tämä on 20 % nykyistä pienempi. Yhdyskuntajätteiden määräksi on arvioitu 234 kg/asukas vuodessa, mikä on 20 % nykyistä pienempi.

5.3.1.3 Energiantuotanto

Alueen rakennukset lämmitetään vieressä sijaitsevan Oulun Energian Toppilan voimalaitosten tuottamalla kaukolämmöllä. Sähköstä arvioidaan 30 % tuotettavan Toppilan voimalaitoksissa ja 70 % valtakunnallisen keskimääräisen tuotannon perusteella. Toppilan voimalaitokset tuottivat vuonna 2008 sähköä 753 GWh ja lämpöä 1400 GWh. Länsi-Toppilan alueen arvioitu lämmitys- ja sähköenergiantarve on noin 1 % voimalaitosten vuotuisesta tuotannosta. Voimalaitokset käyttävät polttoaineenaan turvetta (81 %), metsätähdehaketta ja -mursketta (18 %) sekä hieman (1 %) raskasta ja kevyttä polttoöljyä.

5.3.1.4 Verkostot ja muut rakenteet

Verkostojen ja viheralueiden määrät perustuvat kaavasta laskettuihin ja Oulun kaupungilta saatuihin tietoihin.

5.3.1.5 Liikenne

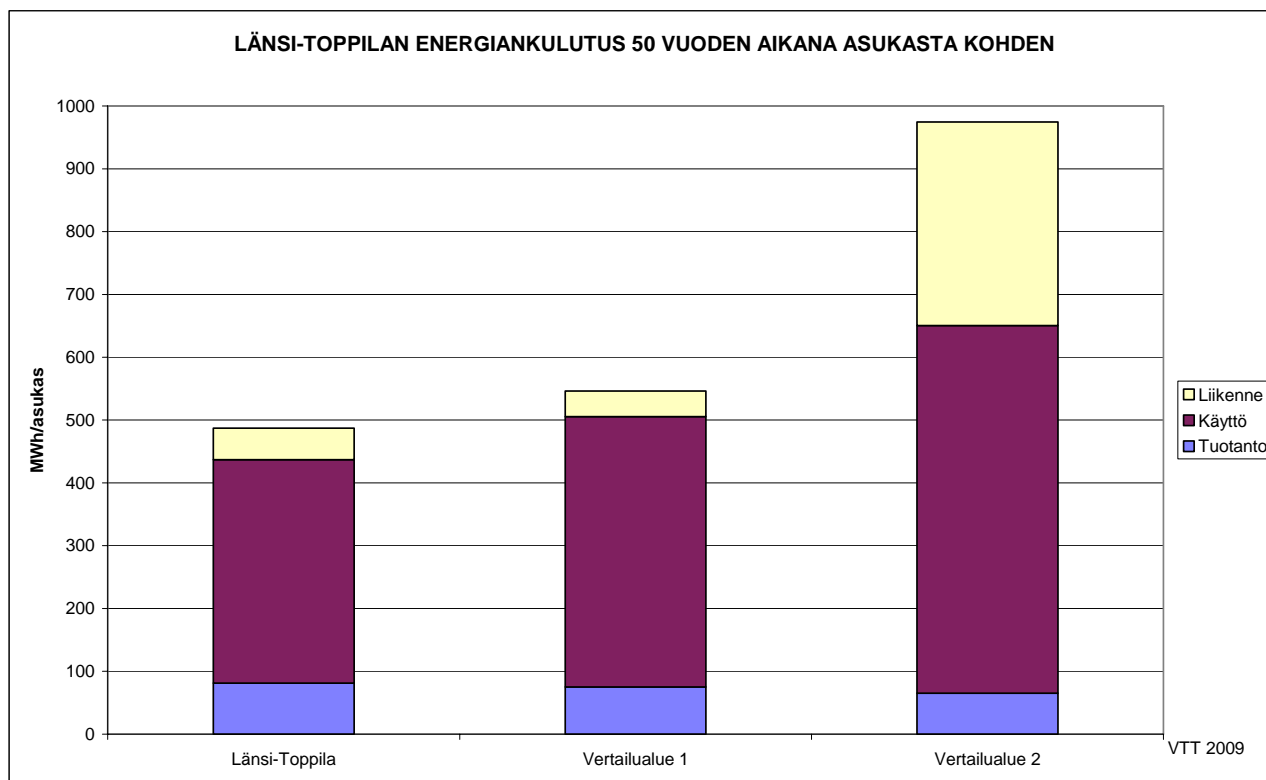
Liikenteen vaikutukset on arvioitu alueen asukkaiden henkilöliikenteen osalta. Mukana on se osa liikenteestä, johon alueen sijainti yhdyskuntarakenteessa vaikuttaa. Asukkaiden henkilöliikennesuoritteet on arvioitu keskimääräisten matkatuotosten ja etäisyyksien sekä Oulun kaupungilta saadun kulkutapajakauman arvion perusteella. Keskimääräisenä etäisyytenä työpaikkoihin ja palveluihin on käytetty 4 km. Henkilöauton osuudeksi on arvioitu 50 %, bussin 15 % ja kävelyn ja pyöräilyn 35 %.

5.3.2 Arvioinnin tulokset

Liitteessä 4 esitetään taulukot arvioinnin tuloksista. Länsi-Toppilan asemakaavaluonnoksen asukasta kohden laskettuja vaikutuksia verrataan seuraavassa kahteen erityyppiseen alueeseen: vertailualueena 1 on Kotkan Hirssaaren asuntoalue ja vertailualueena 2 keskiarvo neljän haja-asutusaluekohteen (ns. ekokylän) vaikutuksista. Vertailualue 1 on rakennettu 2000-luvulla ja siellä on erityyppisiä pien- ja kerrostaloja sekä palvelurakennuksia. Alueen suunnittelussa on pyritty kestävän kehityksen tavoitteisiin. Vertailualueen 2 muodostavat alueet on rakennettu eri aikoina ja niiden suunnittelussa tai kehittämisessä on ollut ympäristöä säästäviä tavoitteita. Vertailukohteita valittaessa haluttiin saada tietoa Länsi-Toppilan vaikutuksista verrattuna vastaavanlaisiin alueisiin ja toisaalta verrattuna hajarakentamisesta aiheutuviin vaikutuksiin. Koska aivan samantyyppisestä alueesta ei ole aikaisemmin tehty ekotasearviota, vertailualueeksi valittiin Kotkan Hirssaari, joka on pienempi ja selvästi pienemmällä aluetehokkuudella toteutettu alue.

5.3.2.1 Energiankulutus

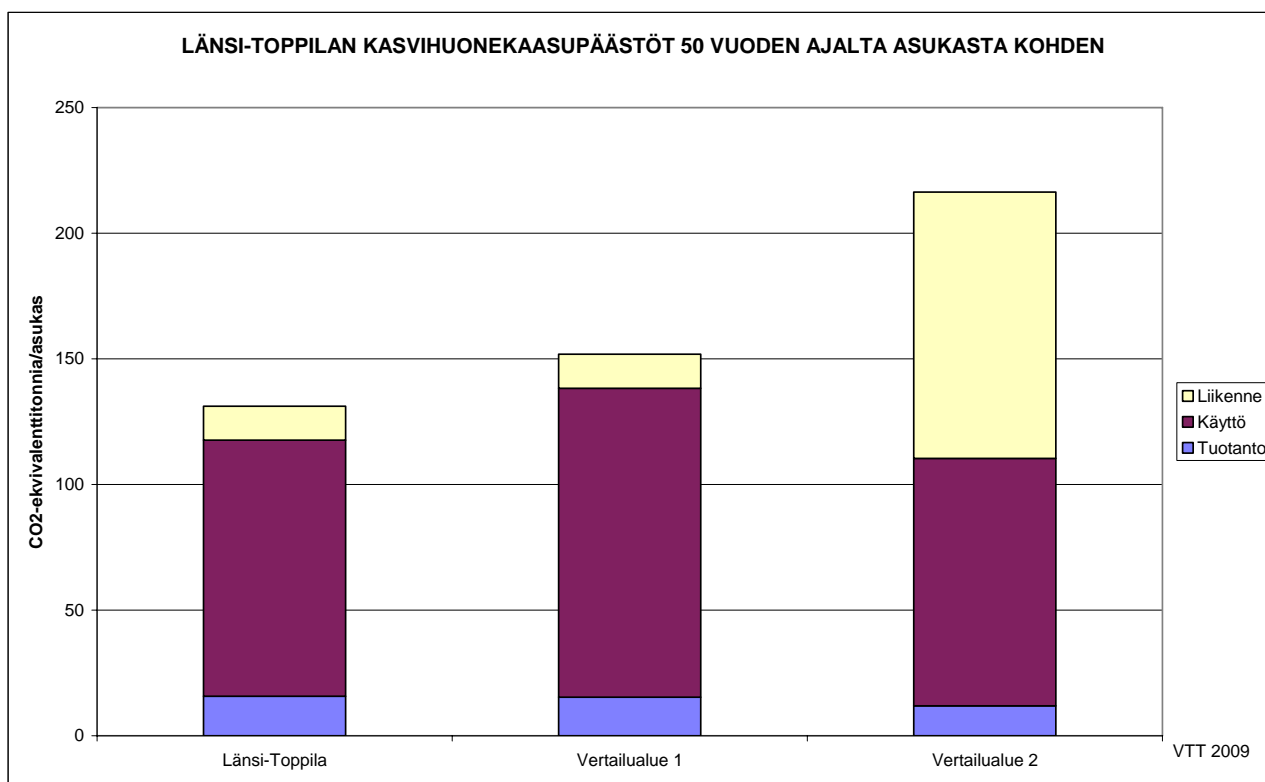
Länsi-Toppilan alueen toteutuessa energiaa (primäärienergia) kuluu koko elinkaaren (50 vuotta) aikana kaikkiaan 2,4 miljoonaa MWh. Tuotantovaiheen osuus tästä on 17 %. Energiaa kuluu asukasta kohden 490 MWh/asukas (kuva 20) ja kerrosneliometriä kohden 10 MWh/k-m². Länsi-Toppilan energiankulutus on noin 10 % pienempi kuin vertailualueella 1 ja puolet vertailualueen 2 kulutuksesta. Erot alueiden välillä johtuvat eroista liikenteellisessä sijainnissa, aluetehokkuudessa, rakennusten lämmityksen ja sähkön ominaiskulutuksessa, lämmitystavoissa, energiantuotantotavoissa, rakennusmateriaaleissa sekä asumisväljyydessä.



Kuva 20. Länsi-Toppilan energiankulutus verrattuna samantyyppiseen alueeseen ja haja-asutusalueen "ekokylään".

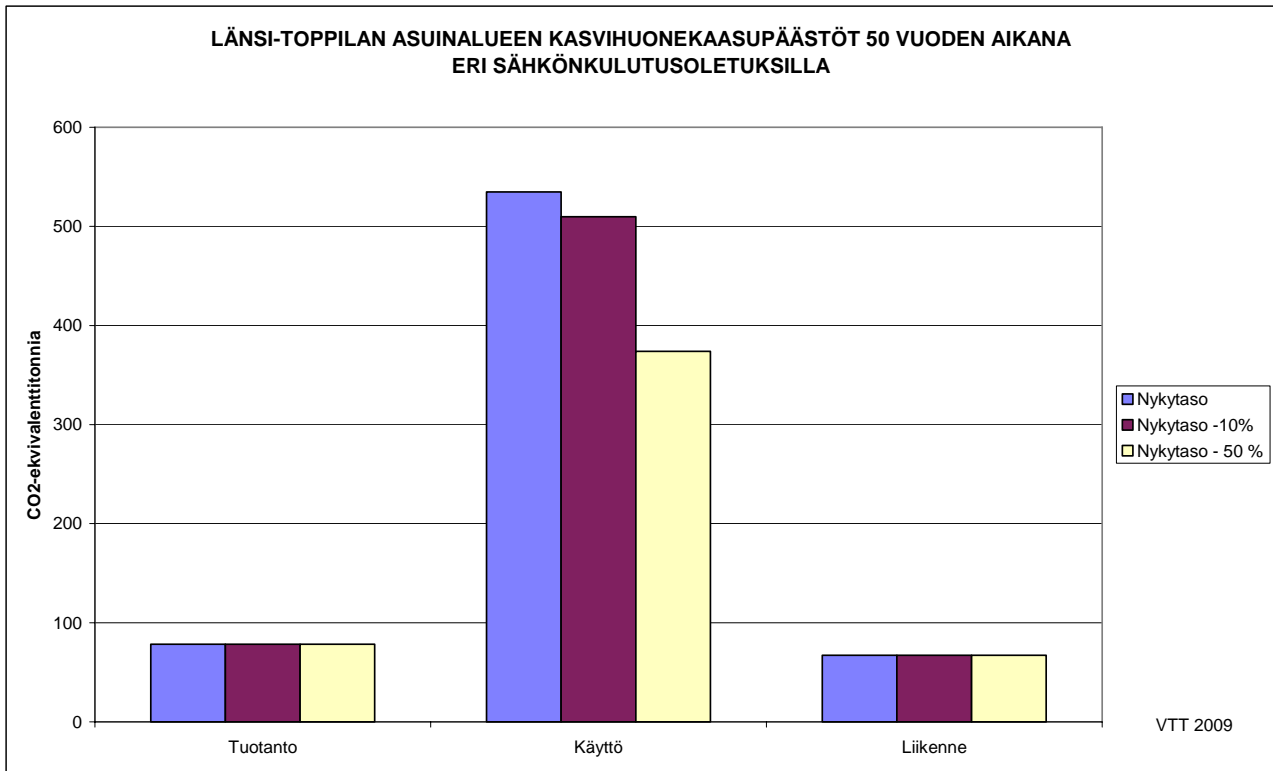
5.3.2.2 Kasvihuonekaasupäästöt

Länsi-Toppilan alueen toteutuessa kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu koko elinkaaren (50 vuotta) aikana kaikkiaan 0,7 miljoonaa CO₂-ekvivalenttitonnia. Tuotantovaiheen osuus tästä on 12 %. Kasvihuonekaasupäästöjä aiheutuu asukasta kohden 130 CO₂-ekv.t/asukas (kuva 21) ja kerrosneliometriä kohden 2,6 t/k-m². Länsi-Toppilan aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat runsaat 10 % pienemmät kuin vertailualueella 1 ja noin 40 % pienemmät kuin vertailualueella 2. Erot alueiden välillä johtuvat eroista liikenteellisessä sijainnissa, aluetehokkuudessa, rakennusten lämmityksen ja sähkön ominaiskulutuksessa, lämmitystavoissa, energiantuotantotavoissa, rakennusmateriaaleissa sekä asumisväljyydessä. Vertailualueen 2 käytönaikaisia kasvihuonekaasupäästöjä vähentää puun käyttö energialähteenä.



Kuva 21. Länsi-Toppilan kasvihuonekaasupäästöt verrattuna samantyyppiseen alueeseen ja haja-asutusalueen "ekokylään".

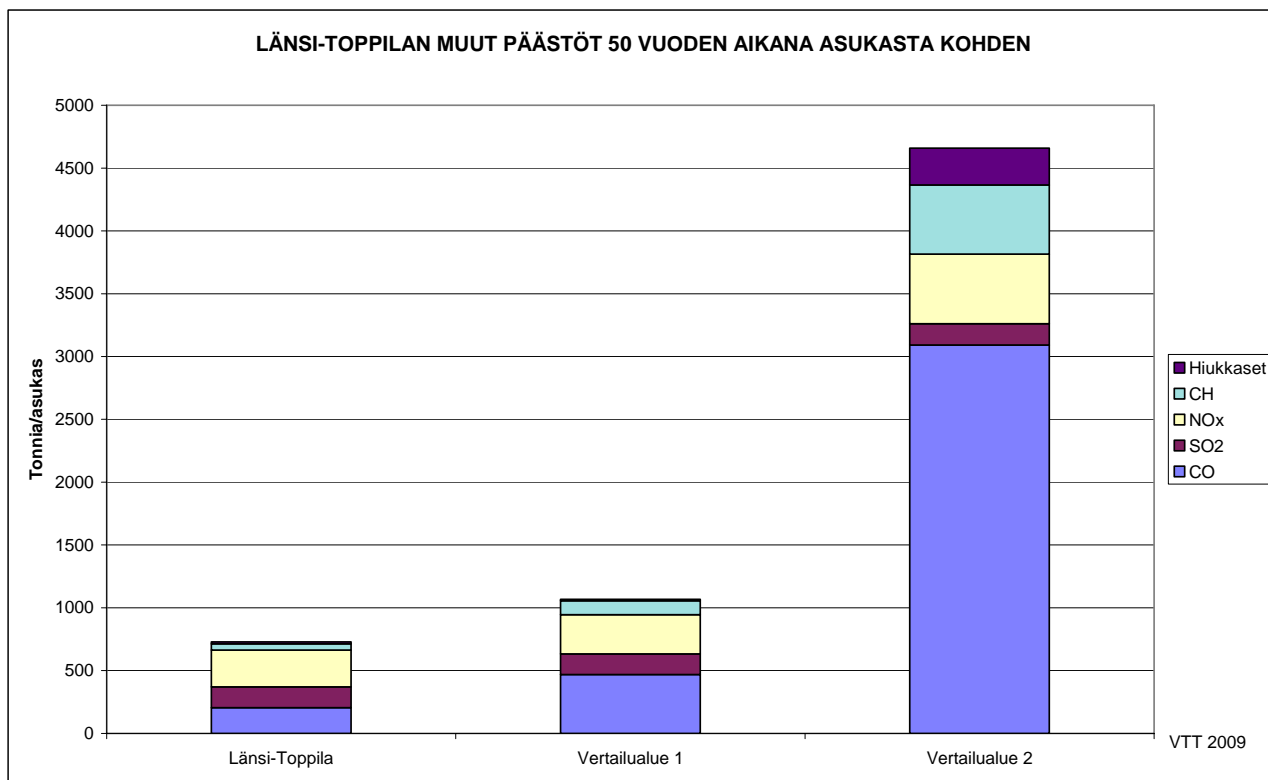
Länsi-Toppilan ekotasearviota laadittaessa keskusteltiin rakennusten sähkön ominaiskulutuksesta ja sen vähentämismahdollisuuksista. Seuraavassa esitetään vaikutukset alueen aiheuttamiin kasvihuonekaasupäästöihin, jos sähkönkulutus pysyy nykytasolla, vähenee siitä 10 % (varsinaisessa arviossa käytetty) ja jos kulutus vähenee 50 % nykytasosta (kuva 22). Kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää sähkönkulutusta pienentämällä näiden oletusten mukaan kaikkiaan 4 – 24 %.



Kuva 22. Länsi-Toppilan kasvihuonekaasupäästöt erilaisilla sähkönominaiskulutusoletuksilla.

5.3.2.3 Muut päästöt

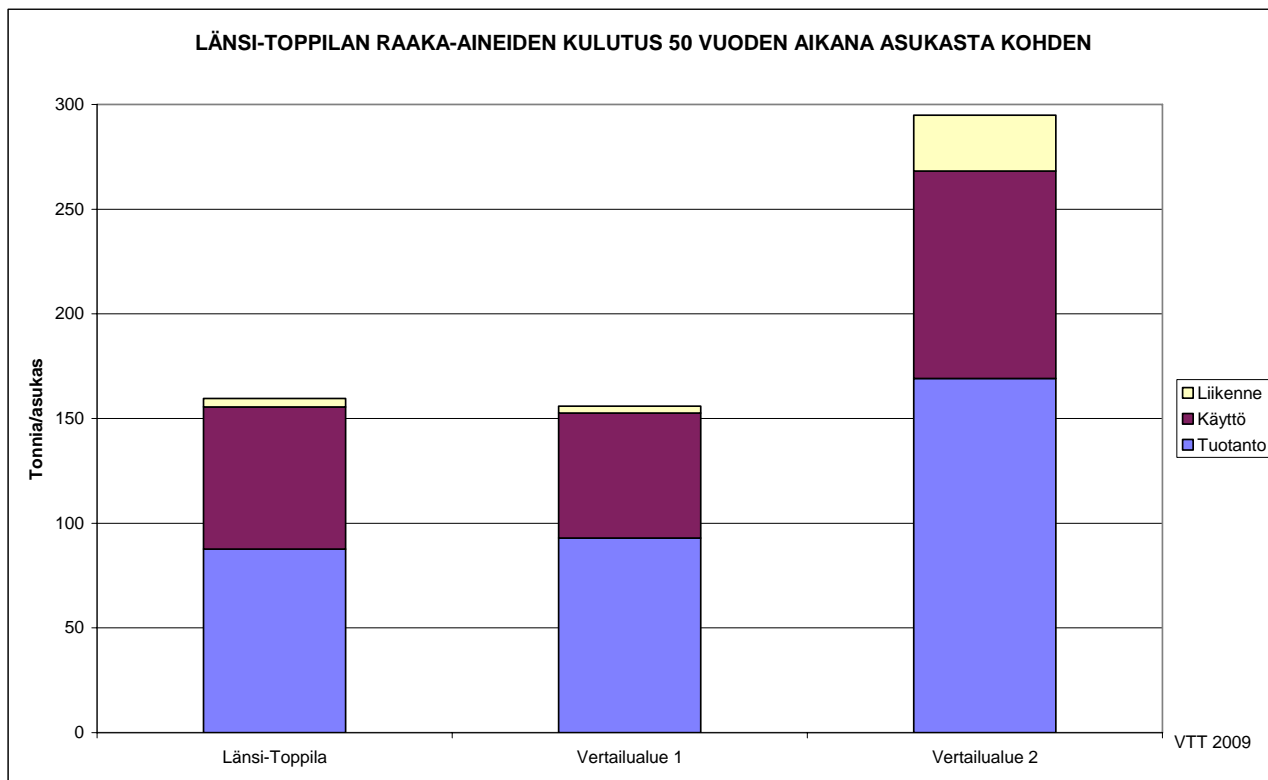
Länsi-Toppilan alueen toteutuessa muita päästöjä aiheutuu koko elinkaaren (50 vuotta) aikana kaikkiaan 3,5 tonnia. Tuotantovaiheen osuus tästä on 11 %. Muita päästöjä aiheutuu asukasta kohden 690 kg/asukas (kuva 23) ja kerrosneliometriä kohden 14 kg/k-m². Länsi-Toppilan aiheuttamat muut päästöt ovat noin 30 % pienemmät kuin vertailualueella 2 ja noin kuudesosa vertailualueen 2 päästöistä. Eroihin vaikuttaa erityisesti liikenne sekä vertailualueen 2 osalta puun käyttö polttoaineena.



Kuva 23. Länsi-Toppilan muut päästöt verrattuna samantyyppiseen alueeseen ja haja-asutusalueen "ekokyliin".

5.3.2.4 Raaka-aineiden kulutus

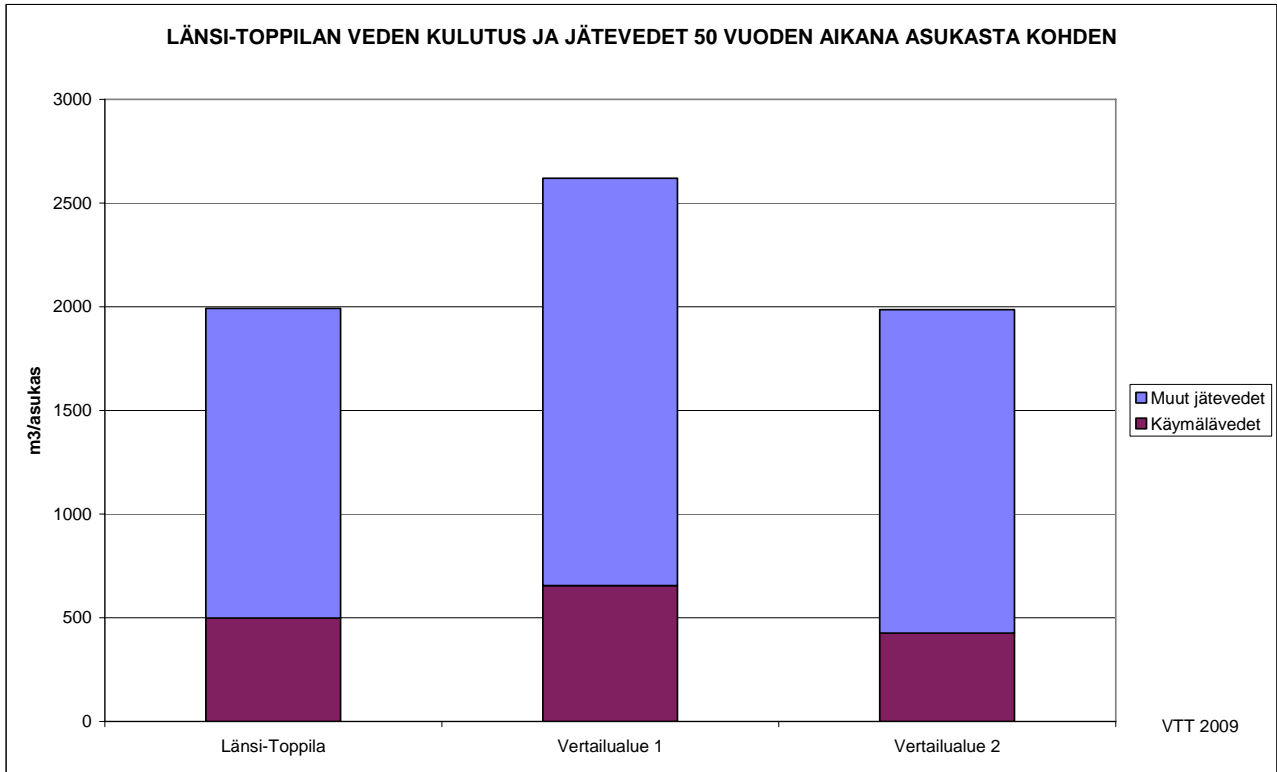
Länsi-Toppilan alueen toteutuessa raaka-aineita (luonnonvaroja) kuluu koko elinkaaren (50 vuotta) aikana kaikkiaan 0,8 miljoonaa tonnia. Raaka-aineista noin puolet on tuotantovaiheen rakennusmateriaaleja ja noin puolet käyttövaiheen ja liikenteen polttoaineita. Raaka-aineita kuluu asukasta kohden 160 t/asukas (kuva 24) ja kerrosneliometriä kohden 3,2 t/k-m². Länsi-Toppilan aiheuttama raaka-aineiden kulutus on suunnilleen samansuuruisia kuin vertailualueella 1 ja noin puolet vertailualueen 2 määrästä. Erot aiheutuvat eroista verkostojen määrissä, rakennuksiin sisältyvissä rakennusmateriaaleissa sekä lämmitystavoissa ja käytetyissä polttoaineissa.



Kuva 24. Länsi-Toppilan raaka-aineiden kulutus verrattuna samantyyppiseen alueeseen ja haja-asutusalueen "ekokylään".

5.3.2.5 Veden kulutus

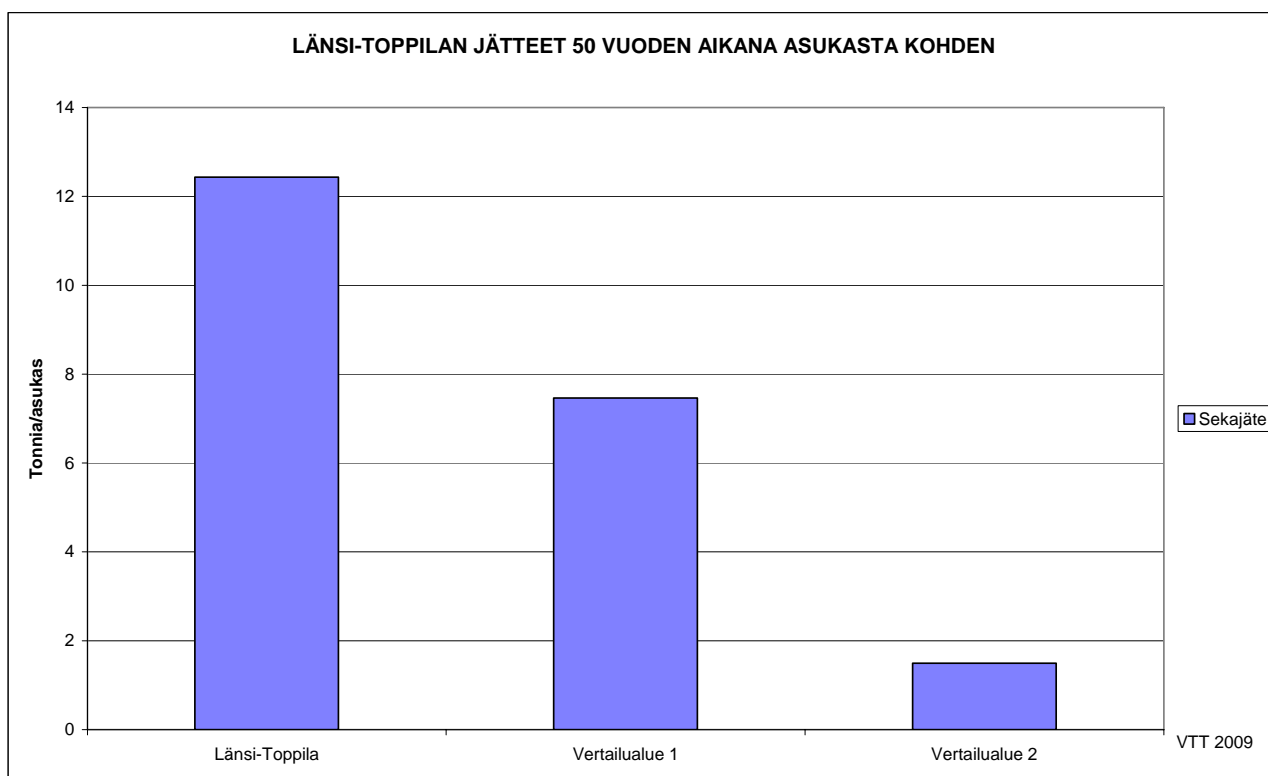
Länsi-Toppilan alueen toteutuessa vettä kuluu koko elinkaaren (50 vuotta) aikana kaikkiaan 10 miljoonaa m³. Vettä kuluu asukasta kohden 2 000 m³/asukas (kuva 25) ja kerrosneliometriä kohden 40 m³/k-m². Länsi-Toppilan veden kulutus on neljänneksen pienempi kuin vertailualueella 1 ja samansuuruinen kuin vertailualueella 2. Erot johtuvat tavoitteista vähentää vedenkulutusta.



Kuva 25. Länsi-Toppilan veden kulutus ja jätevedet verrattuna samantyyppiseen alueeseen ja haja-asutusalueen ”ekokylään”.

5.3.2.6 Jätteet

Länsi-Toppilan alueen toteutuessa jätteitä (sekajäte) syntyy koko elinkaaren (50 vuotta) aikana kaikkiaan 62 000 tonnia. Rakennusjätteet muodostavat näistä 6 %. Tässä arvioidut yhdyskuntajätteet sijoitetaan kaatopaikalle, kierrätyksen osuus ei siis näy tuloksissa. Jätteitä aiheutuu asukasta kohden 12,4 t/asukas (kuva 26) ja kerrosneliometriä kohden 250 kg/k-m². Länsi-Toppilan aiheuttamien jätteiden määrä on kaksi kolmannesta suurempi kuin vertailualueella 1 ja 8-kertainen vertailualueen 2 jätteiden määrään nähden. Pääsyy tähän on se, että Länsi-Toppilan jätemäärässä ovat mukana kaikki yhdyskuntajätteet, kun vertailualueilla ovat kyseessä rakennusjätteiden lisäksi vain alueen asukkaiden kotitalousjätteet. Vertailualueella 2 on ollut erityisenä tavoitteena vähentää sekajätteen määrää.



Kuva 26. Länsi-Toppilan sekajätteet verrattuna haja-asutusalueen "ekokyliin".

5.3.2.7 Yhteenveto vuotuisista vaikutuksista

Liitteessä 4 esitetään taulukot Länsi-Toppilan asuinalueen koko elinkaaren aikaisista (50 vuoden ajalta) vaikutuksista. Seuraavassa taulukossa 3 esitetään yhteenveto vaikutuksista laskettuna yleispiirteisesti vuositasolla ja taulukossa 4 asukasta kohden yleispiirteisesti lasketut vaikutukset vuositasolla. Lukuihin sisältyvät käyttövaiheen ja liikenteen vuosittaiset vaikutukset sekä tuotantovaiheen vaikutukset jaettuna yksinkertaisuuden vuoksi 50 vuodelle. Tämä yleispiirteinen arvio on tehty suuruusluokkien hahmottamiseksi. Tuotantovaiheen vaikutuksia ei todellisuudessa tulisi jakaa 50:llä, vaan vaikutusten ajoittuminen olisi tarvittaessa selvitettävä tarkemmin.

Taulukko 3. Länsi-Toppilan asemakaavan toteuttamisesta aiheutuvat vaikutukset laskettuna vuositasolla (tuotantovaiheen päästöt jaettu 50 vuodelle).

	Energia (primääri) MWh	Kasvihuonekaasupäästöt CO ₂ -ekv.tonnia	Muut päästöt tonnia	Raaka- aineet tonnia	Vedenkulutus milj. litraa	Jätteet tonnia
Rakennukset	43 400	11 700	50	12 600	200	1 200
Perusrakenne	300	100	0,2	2 900		
Liikenne	5 000	1 300	20	400		
Yhteensä	48 700	13 100	70	16 000	200	1 200

Taulukko 4. Länsi-Toppilan asemakaavan toteuttamisesta aiheutuvat vaikutukset asukasta kohden laskettuna vuositasolla (tuotantovaiheen päästöt jaettu 50 vuodelle).

	Energia (primääri) MWh/as.	Kasvihuonekaasupäästöt CO ₂ -ekv.tonnia/as.	Muut päästöt tonnia/as.	Raaka- aineet tonnia/as.	Vedenkulutus milj. litraa/as.	Jätteet kg/ as.
Rakennukset	9	2,3	9,9	2,5	40	250
Perusrakenne	0,1	0,01	0,04	0,6		
Liikenne	1	0,3	4,6	0,1		
Yhteensä	10	2,6	14,6	3,2	40	250

5.3.3 Johtopäätökset ja suositukset

Länsi-Toppilan alue sijaitsee edullisesti yhdyskuntarakenteessa. Alueen käyttöön ottaminen asunto- ja työpaikka-alueena täydentää yhdyskuntarakennetta. Etäisyydet työpaikkoihin ja palveluihin ovat lyhyet. Alueen toteuttaminen vahvistaa joukkoliikenteen edellytyksiä ja voi lisätä sen palvelutasoa myös lähialueiden asukkaille. Pyöräily-yhteydet ovat erinomaiset. Alueella on mahdollista pärjätä ilman henkilöautoa.

Alueen lämmitystapana on luontevasti kaukolämmitys alueen sijaitessa voimalaitoksen lähistöllä. Energiantuotanto on tehokasta sähkön ja lämmön yhteistuotantoa. Aiheutuvat vaikutukset riippuvat käytettävistä polttoaineista.

Kaavoituksella vaikutetaan rakennusten energiankulutukseen mm. pienilmaston huomioonottamisen kautta. Raportissa annetaan suosituksia rakennusten sijoitteluun ja suunnitteluun.

Länsi-Toppilan suunniteltu aluetehokkuus on suhteellisen suuri, jolloin verkostojen määrä ja niistä aiheutuvat vaikutukset jäävät suhteellisen pieniksi.

Arvioinnin oletuksissa on asetettu osittain vaativiakin tavoitteita ilmastonmuutoksen hillinnän ja kestäväen kehityksen tavoitteiden edistämiseksi. Rakennusten lämmitysenergiatarpeen oletetaan pienenevän puoleen nykyisten määräysten tasosta, sähkönkulutuksen vähenevän 10 % nykytasosta ja muiden kulutusten 20 % nykytasosta. Sähkönkulutuksen osalta on tarkasteltu myös arvioitua suuremman vähennyksen vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin. Tavoitteiden toteutuessa Länsi-Toppilan alueesta voi muodostua ”vähähiilinen” asunto- ja työpaikka-alue.

Tavoitteiden toteuttaminen vaatii määrätietoista työtä jatkosuunnittelussa ja toteutusratkaisussa erityisesti rakennusten ominaisuuksien suhteen. Rakennusten vähän energiaa kuluttavien ratkaisujen edistäminen jatkosuunnittelussa on tärkeää. Sähkön käytön ja veden kulutuksen minimoimiseksi tulisi varmistaa laitteiden energiatehokkuus. Jätteiden lajittelua voidaan edistää lajittelupisteiden sijoittamisella. Jatkosuunnittelussa tulisi varmistaa kävely- ja pyöräilyreittien ja –ympäristöjen hyvä laatu. Bussiyhteyksien ja riittävien vuorovälien varmistaminen, pysäkkien sijoittamisen ja kävely-yhteyksien suunnittelu on tärkeää.

Alueen toteuttaminen tukee valtakunnallisia alueidenkäyttötavoitteita yhdyskuntarakenteen eheyttämisen ja ilmastonmuutoksen hillitsemisen suhteen ja edistää kansallisen ilmasto- ja energiastrategian, Oulun seudun ilmastostrategian ja kansainvälisten ilmastonmuutoksen hillintään liittyvien velvoitteiden toteuttamista.

6 Suunnitteluohjeita ja suosituksia

6.1 Yleiset tavoitteet

Rakennetun alueen ekologinen laatu riippuu ensisijaisesti koko yhdyskuntarakenteen laadusta, nimenomaan liikenteestä, ja kaavojen toimivuudesta. Kaavoituksen ja rakennussuunnittelun integroivalla suunnittelulla voidaan saada aikaan synergiaetuja, jolloin kokonaisuus on parempi kuin osiensa summa. Rakennetun ympäristön lisäksi sosiaalinen miljöö ja käyttäjien jokapäiväinen toiminta ratkaisevat alueen onnistumisen kestäväen kehityksen kannalta.

Yleisellä tasolla ympäristötietoisen suunnittelun tavoitteet voidaan summata seuraavasti:

- Minimoida energiankulutus ja liikenne, parantaa aktiivisesti kevytliikenteen ympäristöä.
- Suojella luonnonvaroja ja -ympäristöjä, sekä biodiversiteettiä.
- Elinkaaritarkastelujen avulla vähentää resurssien käyttöä ja täten toteutus- ja käyttökustannuksia.
- Vähentää haitallisia päästöjä ja melua.
- Parantaa mahdollisuuksia ulkotoimintoihin ja virkistykseen.
- Kohentaa kaupunkikuvaa ja tukea kulttuuriarvoja.
- Tukea hyvinvointia ja sosiaalisia päämääriä.
- Edistää ilmastonmuutoksen hillintää ja siihen sopeutumista.

6.2 Ilmastonmuutoksen hillitseminen ja ekotehokkuus

Länsi-Toppilan alue sijaitsee edullisesti yhdyskuntarakenteessa. Alueen käyttöön ottaminen asunto- ja työpaikka-alueena täydentää yhdyskuntarakennetta. Etäisyydet työpaikkoihin ja palveluihin ovat lyhyet. Alueen toteuttaminen vahvistaa joukkoliikenteen edellytyksiä ja voi lisätä sen palvelutasoa myös lähialueiden asukkaille. Pyöräily-yhteydet ovat erinomaiset. Alueella on mahdollista pärjätä ilman henkilöautoa.

Alueen lämmitystapana on luontevasti kaukolämmitys alueen sijaitessa voimalaitoksen lähistöllä. Energiantuotanto on tehokasta sähkön ja lämmön yhteistuotantoa. Aiheutuvat vaikutukset riippuvat käytettävistä polttoaineista.

Kaavoituksella vaikutetaan rakennusten energiankulutukseen mm. pienilmaston huomioonottamisen kautta. Raportissa annetaan suosituksia rakennusten sijoitteluun ja suunnitteluun.

Länsi-Toppilan suunniteltu aluetehokkuus on suhteellisen suuri, jolloin verkostojen määrä ja niistä aiheutuvat vaikutukset jäävät suhteellisen pieniksi.

Arvioinnin oletuksissa on asetettu osittain vaativiakin tavoitteita ilmastonmuutoksen hillinnän ja kestäväen kehityksen tavoitteiden edistämiseksi. Rakennusten lämmitysenergiatarpeen oletetaan pienenevän puoleen nykyisten määräysten tasosta, sähkönkulutuksen vähenevän 10 % nykytasosta ja muiden kulutusten 20 % nykytasosta. Sähkönkulutuksen osalta on tarkasteltu myös arvioitua suuremman vähennyksen vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin. Tavoitteiden toteutuessa Länsi-Toppilan alueesta voi muodostua ”vähähiilinen” asunto- ja työpaikka-alue.

Tavoitteiden toteuttaminen vaatii määrätietoista työtä jatkosuunnittelussa ja toteutusratkaisussa erityisesti rakennusten ominaisuuksien suhteen. Rakennusten vähän energiaa kuluttavien ratkaisujen edistäminen jatkosuunnittelussa on tärkeää. Sähkön käytön ja veden kulutuksen

minimoimiseksi tulisi varmistaa laitteiden energiatehokkuus. Jätteiden lajittelua voidaan edistää lajittelupisteiden sijoittamisella. Jatkosuunnittelussa tulisi varmistaa kävely- ja pyöräilyreittien ja – ympäristöjen hyvä laatu. Bussiyhteyksien ja riittävien vuorovälien varmistaminen, pysäkkien sijoittamisen ja kävely-yhteyksien suunnittelu on tärkeää.

Alueen toteuttaminen tukee valtakunnallisia alueidenkäyttötavoitteita yhdyskuntarakenteen eheyttämisen ja ilmastonmuutoksen hillitsemisen suhteen ja edistää kansallisen ilmasto- ja energiastrategian, Oulun seudun ilmastostrategian ja kansainvälisten ilmastonmuutoksen hillintään liittyvien velvoitteiden toteuttamista.

6.3 Aluetaso

Länsi-Toppilan osayleiskaavan rakennuskortteleiden päälinjat määräytyvät rannanmuotojen, tiestön, olevan rakennuskannan ja olevan puuston mukaan, eikä tässä vaiheessa niiden muuttaminen oleellisesti ole mahdollista. Ympäristön perusmuodoista ja avoimista tiloista johtuen alueelle kohdistuu useita tuulikanavia, jotka toisaalta huonontavat mikroilmastoa, mutta toisaalta tuovat merellisiä näköaloja. Aluetasolla ei mikroilmastolle tai ilmaston muutoksen tuomille ongelmille voida tässä tapauksessa tehdä paljoakaan.

Hyvä mikroilmasto rakennettuun ympäristöön olisi ensisijaisesti luotava kaavoituksella ja rakennusten suunnittelulla sekä säilyttämällä oleva puusto. Kaavoitettavien rakennusalueiden tulisi olla mahdollisimmat tehokkaita ja tiiviitä, jotta vastaavasti voitaisiin jättää laajoja yhtenäisiä metsäalueita luonnontilaan sekä biodiversiteetin että tuulensuojan vuoksi ("tiivistä suojellaksesi"). Viiman estämisellä voidaan parantaa myös rakennusten lämpötaloutta.

Suunnittelualan kokonaisrakenne muodostuu enimmäkseen selkeästi rajatuista kortteleista ja eheistä viheralueista, jotka muodostavat viherverkoston. Koskelantien varressa ja alueen kaakkoisosissa rakennettu struktuuri on kuitenkin hajanaisempi, ja viheralueet repaleisempia.

Pääasiassa ilman epäpuhtaudet ovat peräisin liikenteestä, ja erityisen räsitetty on Koskelantie sekä jonkin verran myös Satamatie. Ehdotettu suhteellisen tiivis ja korkeuksiltaan vaihteleva kaupunkirakenne on hyvä, koska se osaltaan vähentää ilmansaasteiden konsentroitumista alueelle. Katutilojen kaventaminen vielä vähentäisi hiukkaspitoisuuksia (Bezpalcová 2009). Myös vallitsevista merituulista johtuen liikenteen päästöt eivät joitain tyyniä pakkaspäiviä lukuun ottamatta pääse keräytymään haitallisiksi pitoisuuksiksi. Näin ollen ei erityistä aluetuuletuksen järjestämistä tarvita.

Koska Länsi-Toppilassa ei yhdyskuntarakennetta ja kortteleita muuttamalla voida saavuttaa hyväksyttävää mikroilmaston tasoa, parannetaan olosuhteita tuulensuojauksella ja rakennussuunnittelulla. Toppilassa aluetason tuulensuojarakenteiden käyttämisestä ei ympäristön luonteen vuoksi voida ajatella muualla kuin kortteleiden ja lämpövoimalan välissä. Pääasiassa tuulensuojarakenteet sijoittuvat kortteleihin, ja tuulensuojaistutukset puistoihin sekä rantavyöhykkeelle. Varsinkin rantakortteleissa toteutetaan erityisiä tuulensuojarakenteita.

Ilmastonmuutoksen aiheuttaman sademäärien voimakkaan kasvun vuoksi alueen suunnittelussa tulisi varautua vesien ohjaamiseen taajamatulvien välttämiseksi. Tämä edellyttää kaavassa tilaa veden ohjaamiseksi, vettä läpäisevien pintojen, rakenteiden yms. varmistamista ja sadevesiviemärien mitoituksen tarkistamista.

Yhteenveto:

- rakennetun struktuurin eheyttämistä olisi syytä tutkia analyysikuvissa esitetyissä kortteleissa
- alueen pohjoisreunalle toteutetaan tehokas tuulen- ja melunsuojaistutus

6.4 Korttelitaso

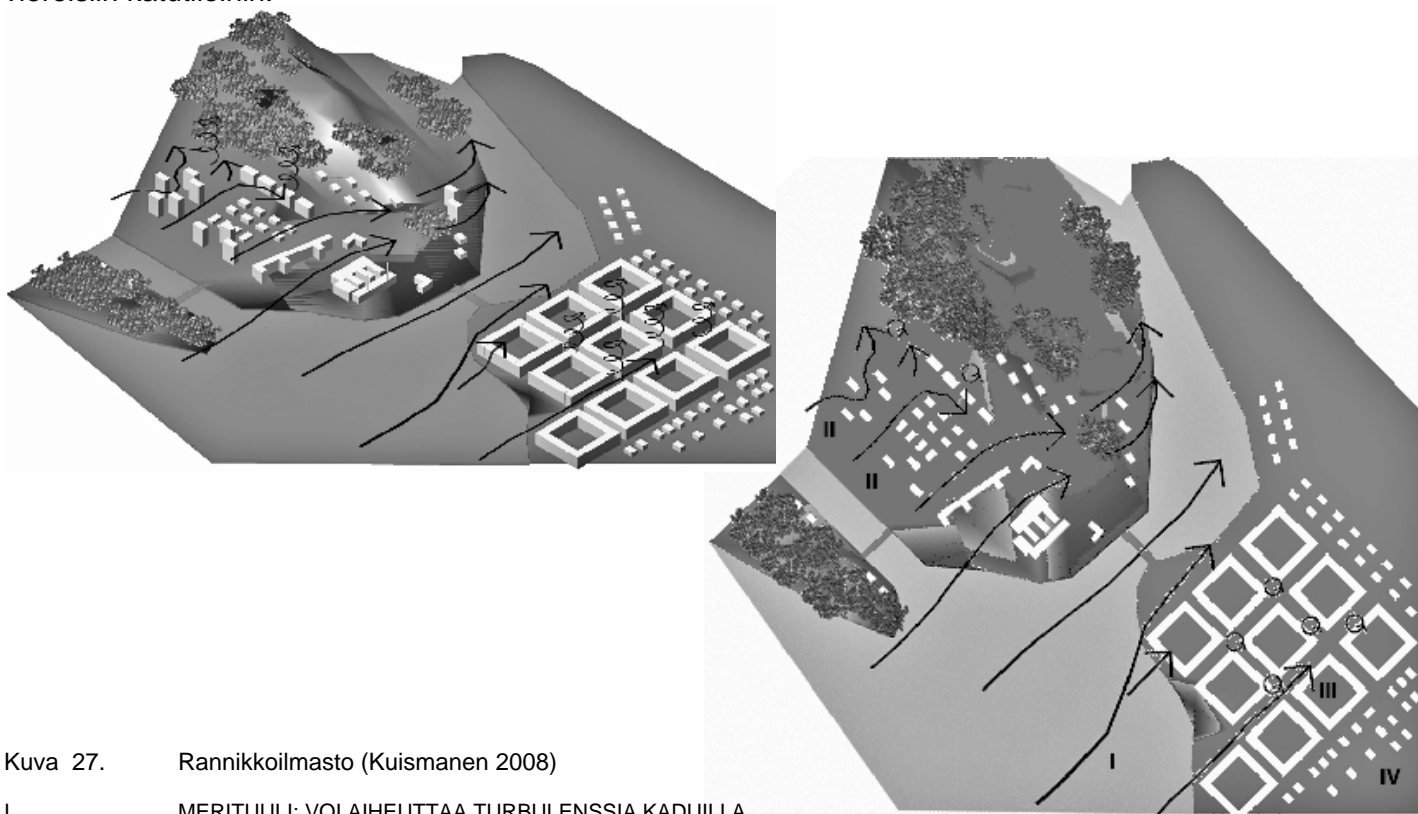
Kaavaluonnoksessa on useita erilaisia korttelityyppejä, kuten puoliumpinainen kerrostalokortteli, pistetalokortteli, nauhamaista kerrostalostruktuuria ja matala-tiivis struktuuria. Alla olevassa taulukossa on tutkimusyhteenveto eri korttelityyppien sopivuudesta kylmään ilmastoon, taulukko 5 (Kuismanen 2008).

TAULUKKO 5. ERI KAUPUNKITYYPPIEN SOPIVUUS KYLMÄÄN ILMASTOON

• FUNKTIONALISTINEN (AVOIN) KAUPUNKIRAKENNE	--
• UMPIKORTTELIKAUPUNKI	++
• PUUTARHAKAUPUNKI	++
• AVOIN LÄHIÖRAKENNE	--
• MEGASTRUKTUURI	-/+

Legenda: ++ = hyvin sopiva, -- = huonosti soiva, +/- = riippuu ratkaisusta.

Tutkimusten mukaan kylmässä meri-ilmastossa mikroilmaston kannalta paras tulos saavutetaan suljetuilla kortteleilla ja matala-tiivis rakenteella. Tornitalojen käyttö edellyttää erityistoimenpiteitä ja useimmiten pienoismallien tuulitestausta suunnittelun kuluessa. Myös suojavyöhykkeiden käyttäminen kylmiä tuulia vastaan suositellaan. Tarkastelussa on muistettava, ettei suunniteltava kortteliratkaisu saa kohtuuttomasti varjostaa naapureitaan, tai ohjata kylmiä ilmavirtauksia niihin tai viereisiin katutiloihin.

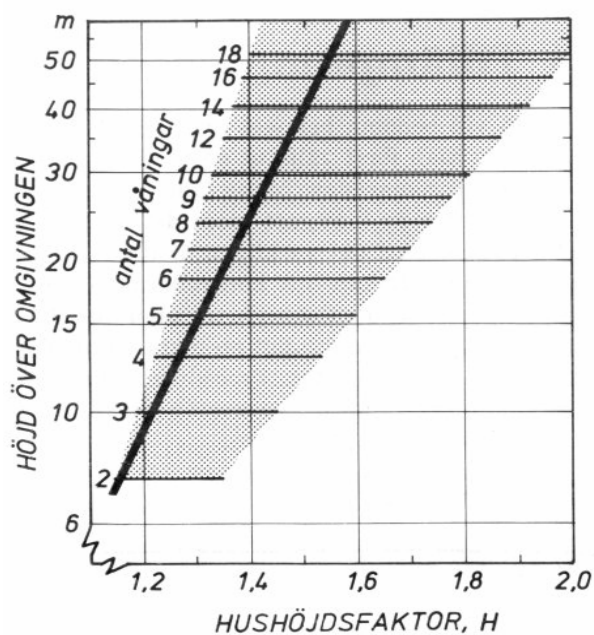


Kuva 27. Rannikkoilmasto (Kuismanen 2008)

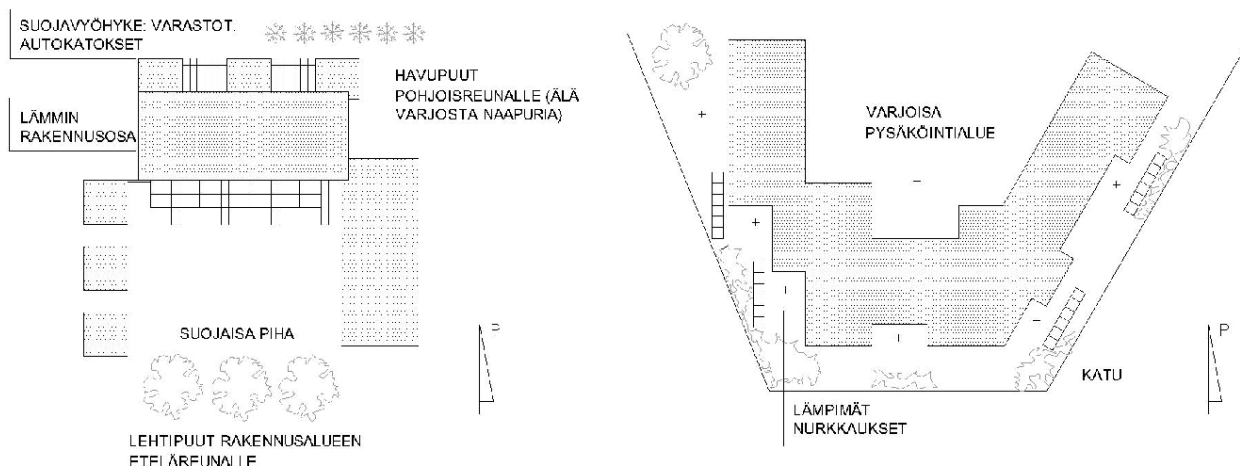
- | | |
|-----|---|
| I | MERITUULI; VOI AIHEUTTAA TURBULENSSIA KADUILLA |
| II | MERITUULI; ILMAVIRTAUS VOIMISTUU VAPAASTI SEISOVIEN RAKENNUSTEN VÄLISSÄ |
| III | SULJETTUJEN KORTTELEIDEN PIHAT OVAT SUOJATUT TUULELTA |
| IV | MATALA-TIIVIS RAKENTEESSA ILMAVIRTAUSTEN NOPEUS ON KOHTUULLINEN |

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 piholla.

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



Kuva 28. 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).



Kuva 29 Rakennusten suuntaus 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, SÄILYTTÄ PARHAAT OSAT LUONNONTILAISINA.
- ÄLÄ SIOJITA RAKENNUSTA KESKELLE TONTTIA (PIHA-ALUE PIRSTOUTUU).

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

Mahdollisuuksien mukaan olisi vältettävä yksipuolisten asuinkortteleiden toteuttamista, ja suosittava toiminnoiltaan sekoitettujen rakenteiden syntymistä.

Vanhoissa kaupungeissa on runsaasti vajoja, liiterteitä, katoksia ja aitauksia, joiden suojassa myös lapset löytävät loputtomasti tekemistä sekä yksin että yhdessä aikuisten kanssa. Uusilla asuntoalueilla tällaista mahdollisuutta ei yleensä ole, työ on erotettu asumisesta, ja siksi tarvitaan erityisiä leikkialueita lapsille. Monella kerrostalopihalla ei aikuisillekaan löydy mielekästä tekemistä tai oleskelupaikkaa.

Leikkipaikoille asetetaan monipuolisia vaatimuksia:

- suojattu tuulilta, melulta ja liikenteeltä
- aurinkoisuus; auringon paistettava yli viisi tuntia tasauspäivänä
- vaihtelevia luontotyyppisiä ja materiaaleja; kiviä, hiekkaa, vettä, kasveja...
- rakennelmissa käytettävä terveellisiä luonnonmateriaaleja
- vältettävä savista kylmää maapohjaa.

Myös aikuisille olisi suunniteltava oleskelutiloja leikkipaikkojen läheisyyteen. Kerrostalopihoillakin olisi oltava mahdollisuus oikeaan tekemiseen, kuten kasvimaan hoito, kompostointi, auton korjaus, leikkimökkien rakentelu, grillaus, liikunta jne. Nämä rakennelmat myös parantavat osaltaan mikroilmastoa jalankulkijan tasossa.

Yhteenveto kaavallisesta sijoittelusta (Kuismanen 2007):

- suositaan umpikortteleita ja matala-tiivis rakennetta
- vältetään suoria päätuulien suuntaisia katutiloja
- korttelien suuntaaminen aurinkoon
- pihojen ja jalankulun suojaaminen tuulelta rakennusmassoin
- määräykset tuulensuojaistutuksista ja -rakenteista kaavoihin/korttelisuunnitelmiin.

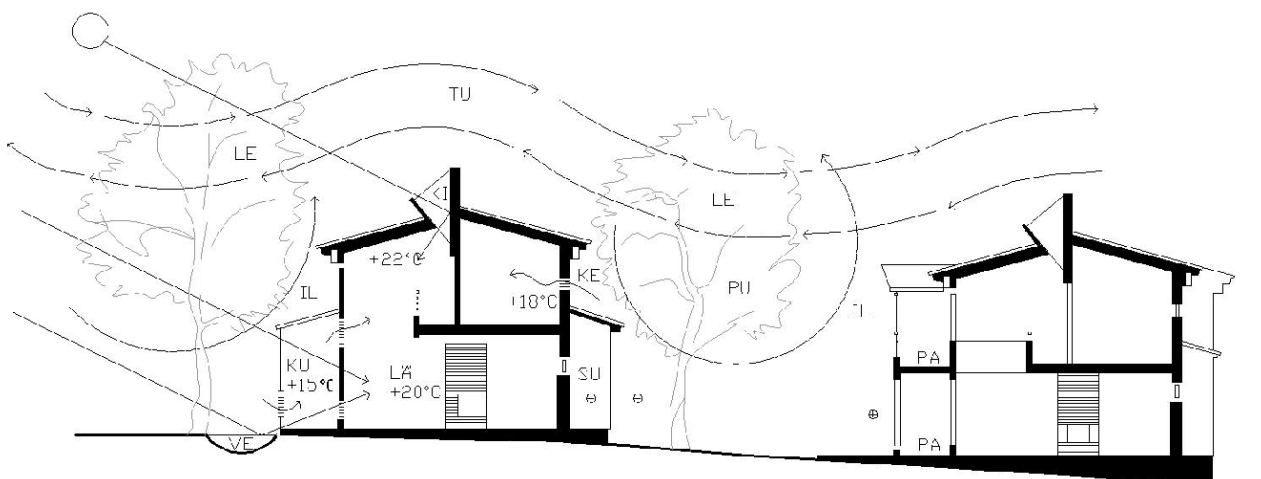
6.5 Rakennukset

Useimmiten kestävän rakentamisen lähtökohdan muodostaa pysyvä monikäyttöinen runko, jota täydentävät muunneltavat kevyemmät rakenteet ja installaatiot. Heti rakennussuunnittelun alkuvaiheessa joutuu koko suunnitteluryhmä ottamaan kantaa hankkeen kokonaiskonseptiin energiatalouteen ja -tekniikkaan nähden; esimerkiksi:

1. Matalaenergiarakennus (esim. *Minergie* standardi).
2. Passiivitalo.
3. Aktiivinen energiatalo.
4. Luonnonmukainen talo.

Useimmiten rakennukset on syytä suunnitella vähintään aurinkoenergiaa passiivisesti hyödyntäviksi, ja varsinkin tuulisilla paikoilla talon perusajatus voi koostua lämpimästä sydäimestä ja suojavyöhykkeistä. Lämmitykseen käytettävän energian säästön parantuessa entistä tärkeämmiksi muodostuvat rakennuksen käyttöön tai asumiseen liittyvän energiankäytön hillitseminen, sekä rakenteisiin sitoutuneen energian määrän alentaminen.

Pienilmaston kokonaisvaikutus rakennusten energiataaseeseen 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 eroon minimin ja maksimin välillä. Glaumannin ja Westerbergin mukaan rakennusten lämmitystarvetta voidaan vähentää n. 10 %:a, kun tuuliolosuhteet otetaan huomioon rakenteiden ja rakennusmuodon valinnassa. (Glaumann & Westerberg; Kivistö Raportti 2)

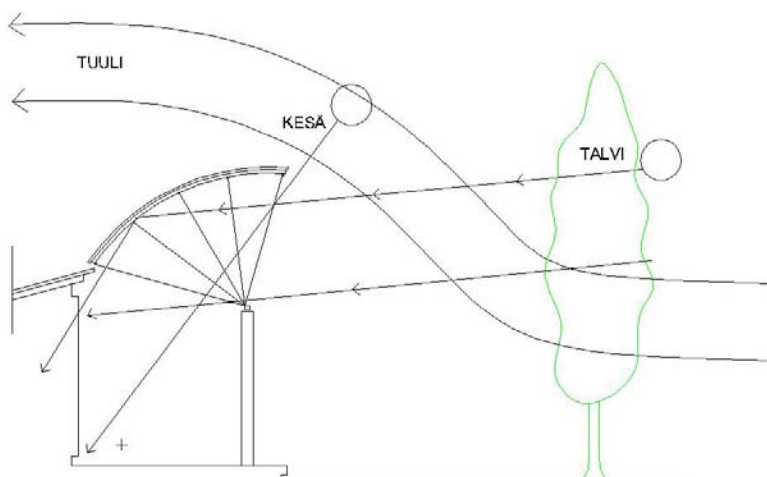


Kuva 30. Rakennusten sisä- ja ulkotilojen välinen vuorovaikutus.

IL	VARJON JA AURINGON AIBEUTTAMA 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	VESILAMMIKKO HEIJASTAA VALOA JA TOIMII LUMENKERÄYSPAIKKANA TALVELLA

Usein esiintyvä ongelma etenkin etelä- ja länsirannikoilla on kylmän tuulen puhaltaminen samalta suunnalta auringon kanssa. Tällöin pyritään tuuli ohjaamaan pihan yli ja luomaan suojaista poukama esimerkiksi tuulen suuntaan avautuvan auran muotoisella pohjapiirroksella tai katoksella tuulen puolella (kovera muoto, kuva 31). Suora tai kupera seinä tuulen puolella aiheuttaa turbulenssin, joka vähentää lumen kinostumista. Loiva pitkä katto suojan puolella vähentää suojaista aluetta ja lumen keräytymistä. Mahdollisuuksien mukaan talon ja rakennusryhmän selkä käännetään päätuulensuuntaan. Arkadit ja katetut jalkakäytävät suojaavat sateelta, liukkaudelta ja auringolta.

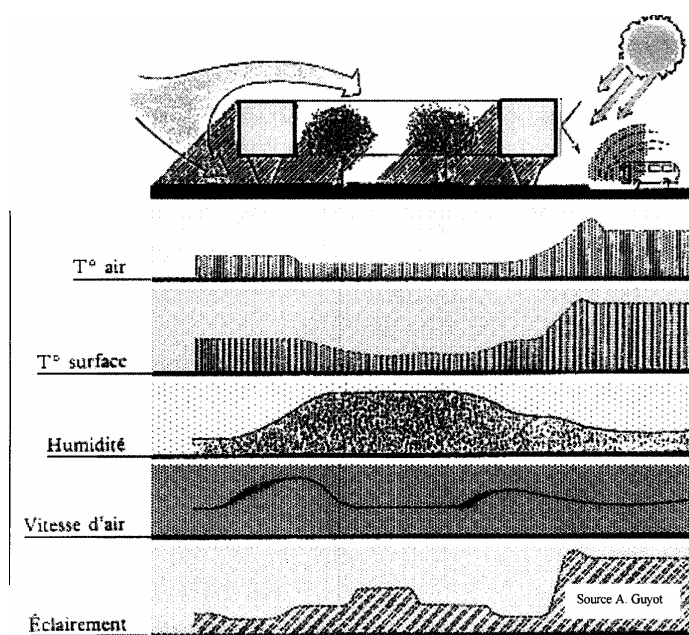
Rakennusmassat kannattaa yleensä jaotella pihan muodostamisen helpottamiseksi, ja aputilat voi usein sijoittaa omiin rakennuksiinsa tontin reunoille. Taloja ei saisi sijoittaa keskelle tonttia, ettei piha pirstoonnu. Rivitalot tulisi toteuttaa lyhyinä massoina, jotka muodostavat pihapiirin. Autotallista ja varastotiloista tulisi muodostaa suojaavia, pihaa rajaavia aiheita, joita täydennetään aidoilla ja muureilla.



Kuva 31. Lounaistuulen puolelle rakennettu lippa, joka muodostaa tyyneen oleskelualueen, varjostaa kesällä ja päästää auringon sisään talvella.

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

Sekä passiivisesti että aktiivisesti aurinkoenergiaa käyttävien talojen toteuttaminen on Oulussa jo nykytekniikalla realistista. Rakennukset tulisi suunnitella ainakin passiivisen aurinkotalon periaatteilla, mikä edellyttää aurinkoisuusanalyysien tekemistä. Rakennus on monilla muillakin tavoin yhteydessä ulkona tapahtuviin luonnonprosesseihin ja vaikuttaa ympäristönsä mikroilmastoon.



Kuva 32. Monimuotoiset rakennukset vaikuttavat rakennuspaikan ilman lämpötilaan, maanpinnan lämpötilaan, kosteuteen, ilmavirran nopeuteen ja valaisun voimakkuuteen. (Guyot 2007)

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)

Myrskytuhojen ja korroosion välttämiseksi räystäiden, kattojen, julkisivujen, kiinnitysten ja lasitusten lujuutta kosteutta, viistosadetta ja tuulikuormia vastaan on parannettava tuulisilla tonteilla nykyisiin normeihin ja käytäntöihin verrattuna.

Rakennussuunnittelu (Kuismanen 2000):

- 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 räystäs vähentää turbulensseja
- rakennusten suuntaaminen aurinkoon
- autopaikat varjoon
- lehtipuut eteläpuolelle, havupuut pohjoiseen.

6.6 Rantarakentamisen vaihtoehtoiset ratkaisut

Periaatteessa rakennetuilla alueilla rantarakenteet voidaan tehdä kolmella eri tavalla:

1. Luiskaamalla.
2. Pystysuoralla seinämällä.
3. Kelluvalla tai pilareille perustetulla laiturirakenteella.

Toppilan möljällä rantarakenteet muodostuvat pystysuuntaisista seinistä kohdan 2 mukaisesti. Aaltojen kohdatessa rantarakenteen syntyy useiden metrien korkuisia roiskeita, joita tuuli puolestaan lennättää rantakaduille ja niiden varrella olevien rakennusten seiiniin. Merenpinnan noustua voi aallokko ja tuuli yhdessä äärimmäisessä tapauksessa lyödä vesipatjan möljällä sijaitseville kulkuväylille. Tällainen vesipatja voi huuhtoa rantapromenadilla kulkijan mereen ja vahingoittaa rakenteita ja rakennuksia.

Maailmanlaajuisesti merenpinta on kohoamassa, ja Oulussakin tämä vain osittain kompensoituu maanpinnan kohoamisella. Merenpinnan kohoaminen yhdessä tuulen voimistumisen kanssa tulee lisäämään aallokon vaikutusta rantarakenteisiin ja rannikolla sijaitseviin taloihin. Aallokon voimaa voidaan haluttaessa vaimentaa laiturin eteen tehtävillä (kelluvilla) lisälaitureilla. Rannalla sijaitsevien rakennusten julkisivut on suojattava roiskevedeltä, ne tulee tehdä erityisen hyvin kosteutta ja vettä kestävästä materiaaleista, rakenteiden kuivuminen on mahdollistettava, ja veden virtaaminen pois pihoilta on taattava.

6.7 Ulkoalueiden ja tuulensuojakasvillisuuden suunnittelu

6.7.1 Kadut ja aukiot

Ympäristötietoinen suunnittelu edellyttää myös piha- ja katualueiden rakenteiden, istutusten ja käytön kriittistä tarkastelua. Sekä maastorakenteisiin sitoutunut että niiden ylläpidon edellyttämä energia olisi minimoitava. Käytännössä tämä tapahtuu välttämällä turhia maansiirtoja, käyttämällä luonnonmukaisia helppohoitoisia pinnoitteita ja istutuksia, kompostoimalla, imeyttämällä sadevesiä, minimoimalla lumitöitä jne.

Päätuulensuuntaisten katujen tuulisuus ylittää monin paikoin ehdotetut kriteerit. Ilmavirtausten nopeutta voitaisiin jonkun verran vähentää kaavoittamalla Camillo Sitten oppien mukaisesti vaihteleva katuverkosto, sekä suosimalla kapeita katutiloja ja vaihtelevan korkuisia ikivihreitä katuistutuksia. Länsi-Toppilan kaava-alueen katuverkko on määriteltä, eikä sen tuulisuuteen enää kaavoituksen keinoin voida vaikuttaa. Onneksi jalankulkijan suojaamiseksi sään haittavaikutuksilta, kuten kiusalliset ilmavirtaukset, sade, lumi, liukkaus, auringon paahde, hiekan lentäminen ja hiukkaspäästöt, voidaan vielä tehdä paljon. Tässä selvityksessä on ehdotettu jalankulun mukavuuskriteereitä, joiden saavuttaminen tulisi olla kortteli- ja rakennussuunnittelun, sekä katu- ja vihersuunnittelun yhteinen tehtävä. Keinoja esitellään seuraavissa luvuissa.

Pitkät suorat kadut ovat helposti tuulia, 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)

Rakenteisiin sitoutuneen energian kannalta huonoja ratkaisuita ovat asfaltti- ja betonipinnat, teräsrakenteet ja suuria maan kuljetuksia vaativat ratkaisut. Kovat pinnat ja sadevesiviemärointi johtavat pintavedet nopeasti vesistöihin, mikä sisämaassa yhdessä lisääntyvien sateiden kanssa lisää vesistöiden tulvimisvaaraa. Myös Toppilassa kasvavat sademäärät ja rajummat lumimyrskyt tulee huomioida pihasuunnittelussa.

6.7.2 Viheralueet

Työn kuluessa on arvioitu tärkeimpien säilyvien viheralueiden nykyinen kunto, merkitys tuulensuojan kannalta, kulutuksen kestävyys ja kestävyys ilmastonmuutoksen kannalta. Analysoidut alueet on esitetty kuvassa (kuva 33).

VI1

Alue muodostuu pääasiassa liikennealueista, joiden pientareilla on satunnaista puustoa. Kasviston kulutuskestävyys on huono, ja koko alue joudutaan perustamaan ja istuttamaan uudelleen. Kaupunginosan pohjoisreunalle on syytä suunnitella tiheä tuulilta ja melulta suojaava vyöhyke, jossa ikivihreiden kasvien osuuden tulee olla suuri

VI2

Rehevä, pääasiassa riittävän kostea, lehtipuuvaltainen metsä, jossa seassa kasvaa kuusta. Keskeinen piha on kuivempaa hiekkamaata, jossa kasvaa kookkaita merenrantamäntyjä. Alueella kokonaisuutena on hyvä tuulensuojavaikutus, ja se kestää kulutusta ja ilmastonmuutoksen suhteellisen hyvin. Metsikköön tulee johtaa riittävästi pintavesiä, eikä sitä saisi harventaa liikaa.

VI3

Alue on tuore, paikoin tiheähkö, sekalainen lehtimetsä, jossa keskikokoista puustoa. Metsikön kulutuskestävyys on kohtalaisen hyvä, ja se sietää ilmastonmuutosta. Ei pitäisi harventaa liiaksi.

VI4

Tuore, tiheä, osittain ryteikköinen sekalehtimetsikkö, jossa kasvaa matalahkoa puustoa. Alueen kulutuksenkestävyys on kohtalainen, ja se kestää ilmastonmuutosta. Metsikön tuulensuojavaikutus on nykyisellään hyvä, ja varovaisesti kunnostettuna se voi säilyä kohtuullisena.

VI5

Rantakaista, joka muodostuu laituritasanteista, ratapihasta ja kaduista, joille käytön päättymisen jälkeen on kasvanut kituliasta lehtipuuta ja muuta kasvillisuutta. Maaperä joudutaan vihertöiden yhteydessä vaihtamaan ja koko kasvillisuus uusimaan. Maiseman vuoksi on todennäköistä, ettei rantapuistoa istuteta niin tiheäksi, että sillä olisi merkitystä tuulensuojana.

VI6

Sekalainen alue, jonka maaperä on paikoin tuoretta metsämaata, paikoin perustettua liikennealuetta tai varastokenttää. Puusto on vaihtelevasti lehtikuusta, keskikokoista lehtipuuta ja pensaikkoa. Paikoin kulutuskestävyys on hyvä, mutta paikoin joudutaan maaperä vaihtamaan ja puusto uusimaan. Näillä toimenpiteillä saadaan alueen käytönkestävyys ja ilmastonmuutoksen sieto hyväksi. Nykyisin metsikön tuulenestokyky vaihtelee osasta toiseen, mutta oikein istutettuna se voi muodostaa hyvän suojan Länsi-Toppilan eteläreunalle.



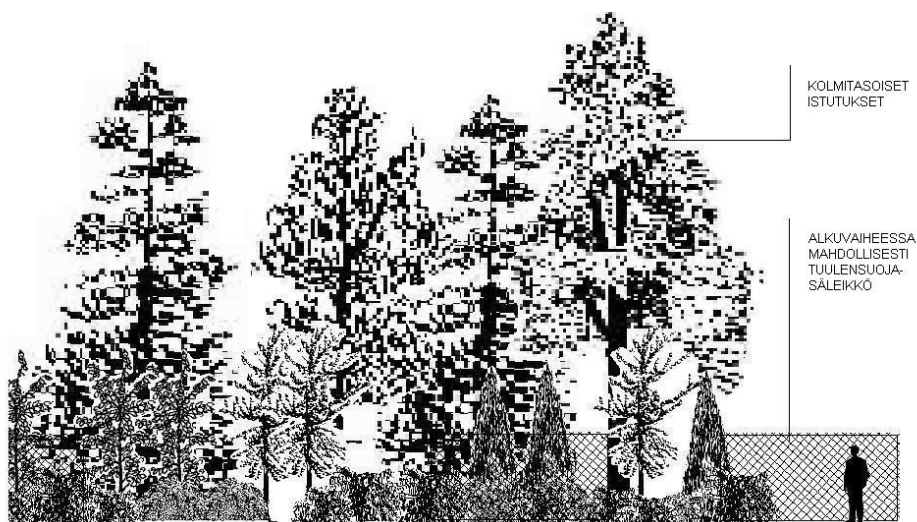
Kuva 33. Länsi-Toppilan viheralueet yllä olevan jaottelun mukaisesti.

Kasvilajeja ja kasviyhdyksuntia suunniteltaessa muodostavat tontin ja sen ympäristön luonteenomaiset kasvupaikkatyypit lähtökohdan. 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. Erityisesti nurmikoiden käyttöä olisi vältettävä sekä piholla että katualueilla, ja suosittava helppohoitoisia maanpeitekasvustoja. Selkeän lähtökohdan suunnittelulle antaa Alangon ja Kahilan esittämä jako (Alanko; Kuismanen 2008):

1. Harjupuutarha.
2. Kallio- ja kivikkopuutarha.
3. Metsäpuutarha.
4. Rodo- eli alppiruusu puutarha.

Lehtipuiden vaikutus tuulenopeuteen vaihtelee vuodenajoin 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, tai vaikutus voi olla jopa negatiivinen. (Maaninen; Miller)



Kuva 34. Kolmitasoiset istutukset.

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

Parkkialueilla ja kaduilla voidaan ilman laatua parantaa kierrättämällä ilmaa termisesti puuston lävitse. Kortteleihin, joissa on pihakannet esimerkiksi maanalaisen autopaikoituksen vuoksi, on jätettävä myös rakentamatonta maata suurten puiden istuttamiseksi.

Monissa kohdissa Länsi-Toppilassa oikein tehty vihersuunnittelu on hyvä keino aktiivisesti parantaa mikroilmastoa. Tehokkaimmat tuulensuojat syntyvät kolmitasoisista istutuksista, jotka harvenevat ylöspäin. Istutuksissa tulisi käyttää samalta tai pohjoisemmalla kasvuvyöhykkeeltä peräisin olevia taimia.

Aluetasolla tuulisuudeltaan ongelmallinen on Toppilansalmen avoin suu, joka suuntautuu luodetta ja avointa ulappaa kohti. Erityisesti salmen mantereen puoleiselle rannalle ja Toppilansaaren kärkeen kohdistuu erittäin voimakkaita kylmiä tuulia kaikkina vuodenaikoina. Tilannetta voidaan jonkin verran helpottaa oikein muotoiltujen istutusmassojen avulla.

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

Suunnitteluohjeita (Kuismanen 2008):

- 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 kalliit ja suuret kivet mahdollisuuksien mukaan koskemattomina.
- suosi paikalla luonnostaan kasvavia lajeja
- vältä ruohikoita, ellei 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.

6.8 Tuulitestauksen käyttäminen

Länsi-Toppilassa tuulennopeudet ylittävät useissa paikoissa kynnyksen, jonka jälkeen tutkimusten mukaan olisi kaava- ja rakennussuunnittelua tehtäessä suoritettava mikroilmastoanalyysit ja käytettävä tuulitestausta (taulukko 6, Glaumann; Liite 3., Kuismanen 2008).

Tässä raportissa on tehty topografikarttoihin ja kaavaillustraatioon perustuva mikroilmastoanalyysi ja laadittu kokemustietoon ja tutkimusaineistoon perustuvat suunnitteluohjeet. Mikäli halutaan suurempi varmuus tulevan kaupunginosan mikroilmaston laadusta, olisi tehtävä tärkeimmistä osaluista pienoismallit, jotka tuulitestataan. Testauksen perusteella voidaan antaa tarkempia suosituksia kortteleiden ja yksittäisten rakennusten kehittämiseksi. Erityisesti rantakortteleiden ja korkeiden kerrostalojen tuulitestausta rakennussuunnittelun yhteydessä on syytä harkita

- pienoismallin tuulitestausta kaavoitusvaiheessa
- mahdollisesti pienoismallien tuulitestausta 1.500 yhteismallilla rakennussuunnitteluvaiheessa.

TAULUKKO 6. TUULEN KESKINOPEUDEN LUONNEHDINTA JA TARVITTAVAT SUUNNITTELUTOIMENPITEET.

KESKINOPEUS 2 M KORKEUDESSA M/S	TUULISUUDEN LUONNEHDINTA	SUUNNITTELUTOIMENPITEITÄ
YLI 5,5	HYVIN TUULINEN	RAKENNUKSET JA ALUEET VAATIVAT SUOJAAMISTA. TUULITESTAUSTA VOIDAAN EDELLYTTÄÄ
4,0 - 5,5	TUULINEN	OLESKELU- JA KEVYEN-LIIKENTEEEN VÄYLÄT SIJOITELTAVA SUOJAAN JA VARUSTETTAVA TUULEN SUOJAUKSELLE
2,5 - 4,0	HIEMAN TUULINEN	PIHAT JA PARVEKKEET TARVITSEVAT SUOJAUSTA
ALLE 2,5	SUOJAISA	TUULI EI OLE ONGELMA, JA SUOJAUSTA TARVITAAN VAIN JOISSAIN ERIKOIS-TAPAUKSISSA

Lähdeluettelo

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

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

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

Bezpalcová, K. *Advective and turbulent fluxes of pollutants within urban canopy*. Wind Effects Bulletin Vol. 11, 2009.

Børve, A. B., Sterten, A. *Husbygging under krevende naturbetingelser, Norges Byggeforskningsinstitutt, arbeidsrapport 26*, Trondheim, 1981.

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

Daniels K. *Simulationen im Windkanal und im Klimalabor*, kirjassa Oswald Philipp (toim.) *Wohltemperierte Architektur*, Verlag C. F. Müller, Heidelberg 1994

Energiatilastot.

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

Jensen, A. etc. *CFD techniques – computational wind engineering*, in van Beeck, 2004.

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

Guyot, A. *Mécanisme microclimatique à propos d'une cour urbaine*, Ecole d'Architecture Marseille Luminy, 2.11.2007, <www.marseille.arch.fr>.

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). Ekologinen tase – Kotkan Hirssaari. VTT, Osuuskunta Suomen Asuntomessut, Kotkan kaupunki. Kustantajat Sarmala Oy / Rakennusalan kustantajat, Gummerus Kirjapaino Oy, Saarijärvi.

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

Harmaajärvi, I. (1992). Kestävän kehityksen tavoitteen mukainen asuntoalue. Arvio neljästä tyypillisestä suomalaisesta asuntoalueesta kestävän kehityksen kannalta. VTT Tiedotteita 1378. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo.

Harmaajärvi, I., Lahti, P. & Rauhala, K. (1997), SPARTACUS System for Planning and Research in Towns and Cities for Urban Sustainability, Environmental Submodel (First Version of the Prototype). VTT, Espoo.

Harmaajärvi, I. & Lyytikä, A. (1999). "Ekokyliden" ekologinen tase. Neljän suomalaisen asuntoalueen arviointi kestävän kehityksen kannalta. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto ja alueidenkäytön osasto. Suomen ympäristö 286. Helsinki.

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

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

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

Kivistö, T., Rauhala, K. *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. *Tervolan koetalon suunnitelmat ja mallitestausten tutkimusraportti*, Oulu 1993

Kuismanen, K. *Ilmastotietoinen suunnittelu ja pienoismallien tuulitestaustaite*, Oulun Yliopiston Arkkitehtuurin osaston julkaisu A28, Oulu 2000

Kuismanen, K. (toim.). *Eco House North – Ecological Wooden House Handbook*, Oulu 2007

Kuismanen, K. *Climate-conscious architecture - design and wind testing method for climates in change*, väitöskirja, Oulun Yliopiston Acta sarja, Oulu 2008

LIPASTO. Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. VTT. <http://lipasto.vtt.fi>

Lust auf Garten, Wohlfühlen, Gartenträume für Genießer, Wangen-Roggenzell, 2006.

Maaninen, A. *Kylmän ilmanalan rakentaminen*, moniste, 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., Tikanmäki, M.. Poikkeukselliset luonnonilmiöt ja rakennettu ympäristö muuttuvassa ilmastossa, VTT julkaisu VTT-R-10419-08, Espoo 2009

Mattson J. O. *Mikro- och lokalklimatologin*, Malmö 1979

Miller, F., Reite, A. *Levende hus - om miljø- og ressursvennlig bygging*, Oslo, 1993.

Ollila M. (toim.). *Ylimmät vedenkorkeudet ja sortumariskit ranta-alueille rakennettaessa*, Suomen Ympäristökeskus, Ympäristöopas 52, Helsinki 2002

Oulun seudun ilmastostrategia, työryhmän esitys 20 08, Oulu 2008

Palmer, T.N. & Räisänen, J., 2002. *Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate*. Nature, 415, 512-514.

Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6.11.2008. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto, 36/2008. Helsinki 2008.

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

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.

Teknologiapolit 2050. Teknologian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen syvien rajoittamistavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa. VTT Tiedotteita 2432. Espoo 2008.

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

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. *Ilmastonmuutoksen huomioiminen kaavoituksessa – tapauskohtaisia tarkasteluja*. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03986-08. Espoo. http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT_Ilmastonmuutos_kaavoitus_Loppuraportti.pdf

Wahlgren, I., Kuismanen, K. & Makkonen, L. 2008. *Kokkolan Vanhansatamanlahden yleiskaavan ilmastovaikutukset*. VTT Tutkimusraportti VTT-R-03981-08. Espoo. http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT_Ilmastonmuutos_kaavoitus_Vanhansatamanlahti.pdf

Wahlgren, I. 2008. *Sipoon yleiskaava 2025. Yleiskaavaehdotuksen vaikutusten arviointi*. VTT Tutkimusraportti VTT-R-02114-08. Espoo. 53 s.

Wahlgren, I., 2007. Eco Efficiency of Urban Form and Transportation. ECEEE 2007 Summer Study, Saving Energy - Just do it! 4-9 June 2007, La Colle sur Loup, France, Conference proceedings, cd-rom. ECEEE. La Colle sur Loup, France (2007), 1679-1690.

Wahlgren, I. & Halonen, M. 2008. Espoon maankäytön kehittämissuunnitelmien ilmastovaikutukset. VTT Tutkimusraportti VTT-R-00250-08.

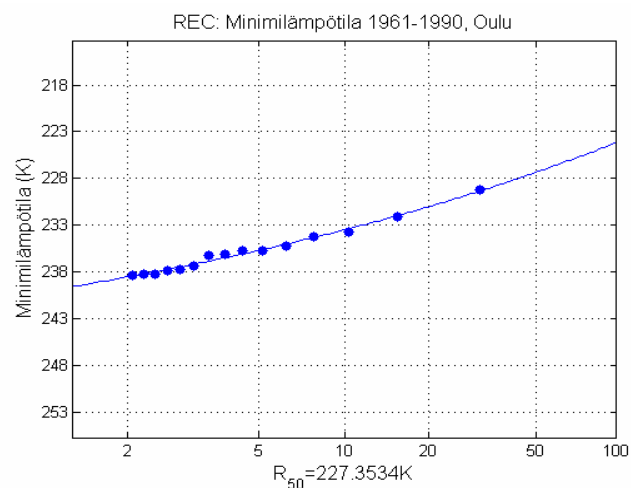
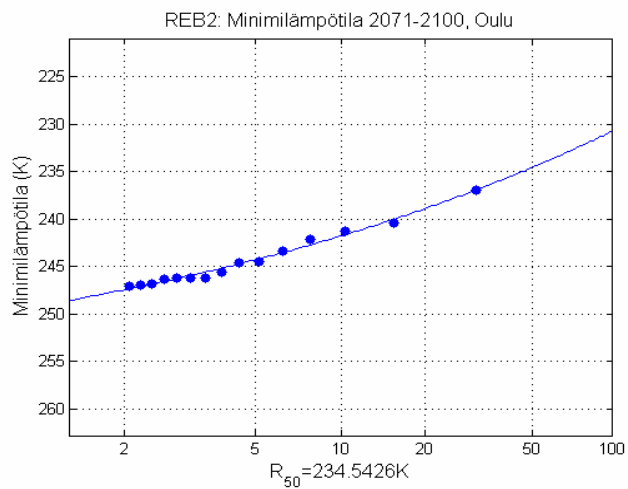
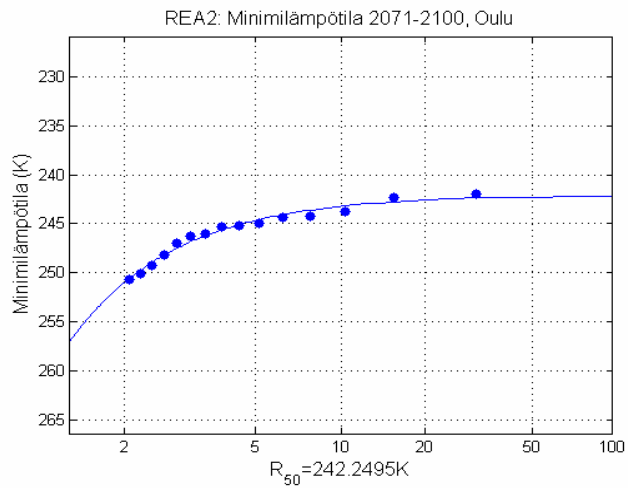
Wahlgren, I., 2007. Haja-asutus – ongelma ilmastonmuutoksen hillinnässä. Maankäyttö (2007) No: 2, s. 10 – 13.

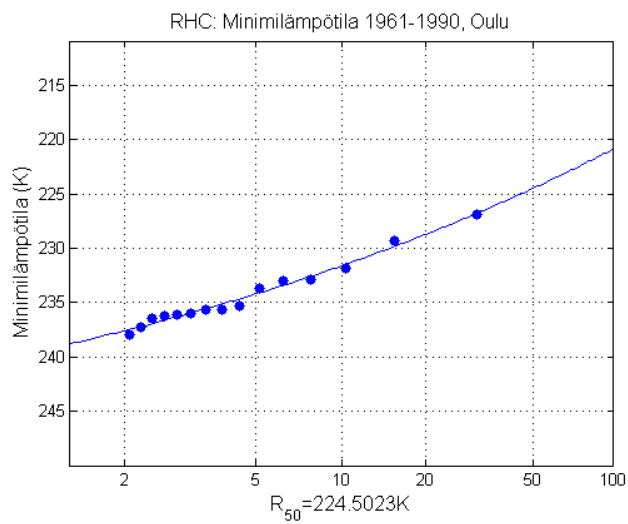
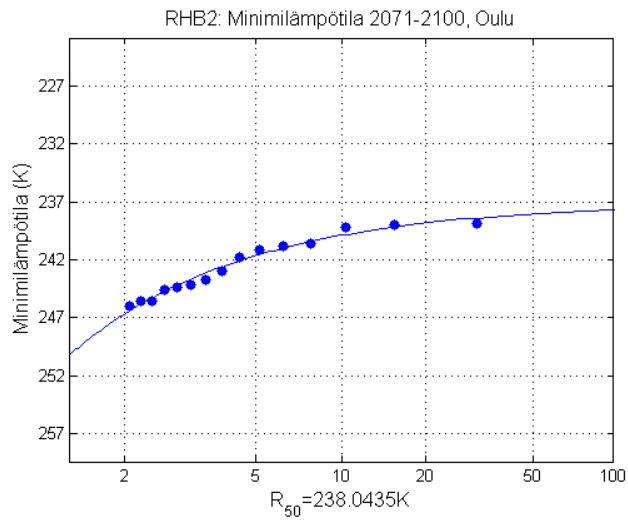
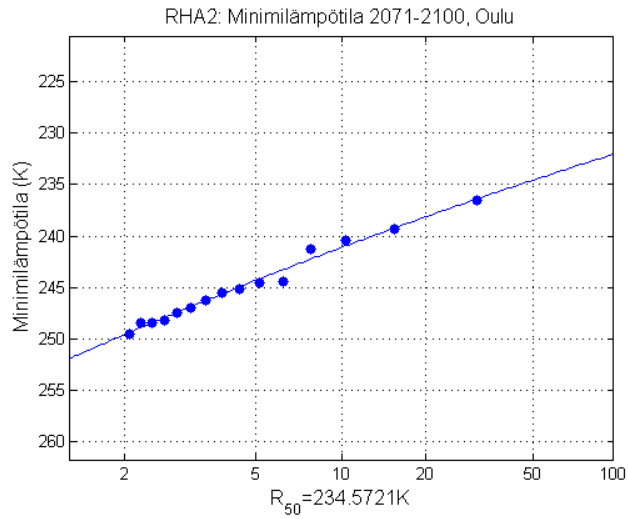
Wahlgren, I., 2006. Ilmastonmuutoksen haasteet kaavoitukselle. Maankäyttö (2006) No: 2, s. 6 – 10.

Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus 2004-2005. Liikenne- ja viestintäministeriö. www.hlt.fi.

ESIMERKKEJÄ ILMASTOMALLIAJOJEN ANALYYSISTÄ ÄÄRITAPAUSTEN MÄÄRITTÄMISEKSI

Seuraavassa esitetään kuvia työssä laadittujen ilmastomalliajojen tuloksista, esimerkkinä minimilämpötilaa koskevat malliajot Oulun kohdalla sijaitsevassa laskentapisteessä, ks. luku 2 (VTT 2009).





LUONNONMUKAISIA KASVUSTOTYYPPEJÄ

KASVUSTOTYYPIT

HARJUPUUTARHA. Maaperältään karu, hiekkaa, moreenia tai someroa oleva, kuivan ja läpäisevän, usein aurinkoisen, kasvupaikan kasviyhdyksunta. Skandinaavinen harjupuutarha muistuttaa perusidealtaan kuivaa kangasmetsää, jossa maanpinta on ainavihantien kasvustojen peitossa. Brittein saarilla ja Keski-Euroopassa (Saksa *Heidegarten*) ikivireiden määrä ja lajivalikoimat ovat huomattavasti suuremmat. Istutusten rungon muodostavat useimmiten ikivihreät puut ja pensaat, joiden välit täyttävät varvut, pensaat, koristeheinät ja perennat.

KALLIO- JA KIVIKKOPUUTARHA. Näkyvät luonnonkalliot ovat luonnonarvo, jota tulisi suojella. Liikenneväylien rakentaminen yhdessä tehokkaiden louhintamenetelmien kehittymisen myötä tuottaa paikoittain valtavan määrän louhoskiveä, jota voidaan käyttää yhdessä istutusten kanssa suojavaöhykkeiksi.

Kivikkopuutarha antaa mahdollisuuden käyttää puita, pensaita ja muuta kasvillisuutta lomittain. Kivikkokasvit eivät sinänsä muodosta mitään yhtenäistä ryhmää, vaan osa pitää happamasta, osa kalkkipitoisesta kasvualustasta, osa kuivasta paahteesta, osa kosteammasta varjosta. Monet kivikkokasvit ovat arkoja syksyn ja talven kosteudelle vaatien rinnettä tai kumpareta kasvupaikakseen.

METSÄPUUTARHA. Metsäpuutarhalla tarkoitetaan lähinnä hyvään lehtomaahan tai tuoreeseen lehtomaiseen kangasmetsään tehtyä kasviyhdyksuntaa, joka usein vielä sijaitsee savipitoisessa maastossa. Metsäpuutarhan voi perustaa myös pellolle, mutta silloin vaaditaan paljon aikaa ja pitkäjännitteisyyttä, varsinkin puiden kasvatuksessa.

Tämän biotopin lähtökohtana ovat puut, jotka tarjoavat varjostusta pensaille, peittokasveille, heinille ja sipulikasveille. Peittokasveilla on tärkeä rooli maan pitämisessä pintaan asti kuohkeana ja tuoreena, ja ne myös estävät syvän routautumisen.

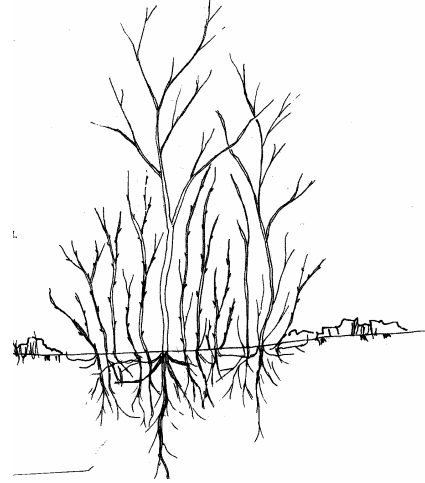
RODO- ELI ALPPIRUUSUPUUTARHA. Skandinaavinen kostea varjoisa havumetsä, jossa maaperä on kosteaa turvetta, humusta tai osittain hiekkapitoista maata, ja joka on sopivan hapanta, muodostaa hyvän lähtökohdan rodotarhalle. Tässä yhteydessä alppiruusu puutarhalla tarkoitetaan kokonaisuutta, jonka muodostavat havupuut, ikivihreät pensaat, alppiruusu ja atsaleat, muut pensaat, saniaiset, varvut, muut peittokasvit ja sammalet.

Tälle biotopille hyvän pohjan muodostavat havupuut, joiden varjostus antaa kasvuedellytykset muille kasvilajeille ja rungon tuulensuojalle. (Alanko, Lust auf Garten, Riikonen)

MONIMUOTOISUUS

Monimuotoisuus ja tuuheus voidaan viedä myös käytännön puutarhatyöhön. Kun perinteisesti pensaat istutetaan omiin kuoppiinsa säännöllisin välimatkoin, niin sen sijaan voidaan sijoittaa suuri määrä erilaisia pensaita vaihtelevin etäisyyksin jopa samoihin istutuskoppiin. Tavoitteena tällöin on aikaansaada tiiviitä ”perhepensaita”, jotka käyttäytyvät kuin yksi pensas monilajisuudestaan huolimatta. Myös puiden istuttamisessa täytyy unohtaa etäisyyssäännöt ja muodostaa myös tuulelta suojaavia puuryhmiä istuttamalla useampi taimi samaan istutuskoppiin. Vuosien mittaan monilajisten istutusten eri lajit hakevat niille luonnolliset paikkansa. (Alanko, Lust auf Garten)

Kuva 1. Eri pensas- ja puulajeja voidaan istuttaa samoihin istutuskuoppiin ja muodostaa täten "perhepensaita". (Alanko)



Toimenpiteet voidaan jakaa etäsuojaukseen (*fjärrskydd*) ja lähisuojaukseen (*närskydd*). Suojaistutuskaistat, jotka vähentävät tuulisuutta koko alueella ovat esimerkki etäsuojauksesta, ja ne ovat yleensä muodoltaan korkeita ja rakenteeltaan harvoja. Lähisuoijat ovat matalia ja tiiviimpiä, usein rakennusaineisia tai tiheää kasvustoa. Lähisuoijat suunnitellaan suojaamaan pienehköjä ulko-oleskelualueita ja kulkuväyliä. (Glaumann)

Etäsuojana useat yhdensuuntaiset esteet toistensa vaikutusalueella antavat yhdessä paremman tuloksen kuin erilliset. Tehokkain yhdistelmä saadaan etäisyydeltään 8-10 kertaa esteen korkeuden verran sijaitsevilla läpäisyiltään 20 %:n suojiilla. 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; Kuismanen 1993)

TUULIYMPÄRISTÖN KRITEREITÄ

Ihmisen kokemaa 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 ruotsalaiset mikroilmaston laatuksiteerit, jotka on useiden tutkimusten perusteella sovellettu Skandinavian ilmasto-olosuhteisiin (taulukko 1). Käytännössä oikeanpuoleisessa sarakkeessa esitetty vuotuinen keskituulennopeus on kuvaavampi ja yleisemmin käytetty kriteeri. (Daniels, Glaumann)

TAULUKKO 1. ULKOALUEIDEN TUULISUUSKRITTEERIT

ULKOALUEIDEN TUULISUUSKRITTEERIT AJALLISENA VALLITSEVUUTENA (%) JA VUOTUISENA KESKITUULENNOPEUTENA. KRITTEERIT PÄTEVÄT SEKÄ KENTTÄ- ETTÄ TUULITUNNELI-MITTAUKSIEN TULOSSIIN. (GLAUMANN 1980.)

ULKOALUEET	VAIHTOEHTOISET RAJA-ARVOT	
	SEN AJANJAKSON OSUUS VUODESTA, JOLLOIN TUULENNOPEUTTA 5 M/S EI SAA YLITTÄÄ	TUULEN VUOTUINEN KESKIARVO M/S, JOTA EI SAA YLITTÄÄ
KÄVELY- JA PYÖRÄTIET - HENKILÖVAHINKOJEN RISKI	50 %	5
LYHYEN OLESKELUN ULKOTILA, ESIM. TORI, BUSSIPYSÄKKI - RAJA HYVÄKSYTTÄVILLE OLOSUHTEILLE	20 %	3
PITKÄAIKAISEN OLESKELUN ULKOTILA, ESIM. OLESKELU- JA LEIKKIPAIKAT - TAVOITTEELLINEN OLOSUHTEIDEN RAJA	0,5 %	1,5

Kuismanen on väitöskirjassaan vertaillut eri tutkimuksissa ja tuulitunnelikokeissa elävillä ihmisillä saatuja tuulen kokemisen raja-arvoja, ja tehnyt alla olevassa taulukossa esitetyn yhteenvedon. Esitetyt tuulisuuden kriteerit perustuvat jalankulkijan toimintojen luokitteluun (PAC, *pedestrian activity categories*); käytetyt neljä luokkaa ovat:

- A ISTUMINEN. Katukahvila, terassi, lastentarhan piha, allas-alueet.
- B SEISOMINEN. Bussipysäkki, pelikenttä, kävelykatu, koulupiha.
- C KÄVELY. Kävelyreitit, rakennusten sisäänkäynnit.
- D REIPAS KÄVELY. Kevyenliikenteenväylät, paikoitusalueet.

TAULUKKO 2. ERI PAC-LUOKITUKSEN MUKAISILLE JALANKULKIJAN ULKOTOIMINNOILLE HYVÄKSYTTÄVÄ TUULEN VUOTUINEN KESKINOPEUS M/S.

PAC	KYLMÄ JA LAUHKEA ILMASTO		LÄMMIN JA KUUMA ILMASTO		
	HYVÄKSYTTÄVÄ SIEDETTÄVÄ		MINIMI	HYVÄKSYTTÄVÄ SIEDETTÄVÄ	
A	1.5 m/s	2.0 m/s	1.5 m/s	3.0 m/s	3.5 m/s
B	3.0	3.5	2.0	3.5	4.5
C	4.0	4.5	2.5	4.5	5.5
D	4.5	5.0	3.0	5.0	6.5

Käytön helpottamiseksi kriteerit on ilmaistu vuotuisina tuulen keskiarvoina. Näin ilmaistuja raja-arvoja voidaan pitää riittävinä käytännön kaavatyöskentelyn ja rakennussuunnittelun kannalta. Kylmien talvien ilmastossa, taulukon "hyväksyttävä" arvot ovat myös talvikuukausien suositeltavia maksimiarvoja. Kesäkuukausina voidaan vielä "siedettävä" arvoja pitää hyväksyttävinä.

TAULUKOT LÄNSI-TOPPILAN EKOLOGISEN TASEEN ARVIOINNIN TULOKSISTA

Taulukko 1. Vaikutukset 50 vuoden aikana

LÄNSI-TOPPILA VAIKUTUKSET 50 VUODEN AIKANA	Energian kulutus			Kasvihuonekaasupäästöt			Muut päästöt		
	Tuotanto	Käyttö	Yhteensä	Tuotanto	Käyttö	Yhteensä	Tuotanto	Käyttö	Yhteensä
	MWh	MWh	MWh	CO ₂ -ekv.t	CO ₂ -ekv.t	CO ₂ -ekv.t	t	t	t
Rakennukset	398586	1773066	2171652	76430	508495	584924	371	2030	2401
Verkostot yms.	7592	5339	12931	2054	1262	3316	4	5	9
Liikenne	0	250977	250977	0	67290	67290	0	1051	1051
Yhteensä	406178	2029382	2435559	78484	577046	655530	375	3087	3461

LÄNSI-TOPPILA VAIKUTUKSET 50 VUODEN AIKANA	Raaka-aineiden kulutus								Polttoaineet				Vesi
	Rakennusmateriaalit								Bens., dies KPÖ, RPÖ	Hiili,turve, maakaasu	Puu, biokaasu	Yhteensä	Yhteensä
	Puu	Betoni	Muu kivi	Asfaltti	Öljy+muov	Lasi	Metalli	Yhteensä					
Rakennukset	8600	234515	37435	0	3140	1289	7171	292149	1374	182737	153883	337995	9957
Verkostot yms.	0	0	139283	7028	30	0	24	146366	21	464	458	943	0
Liikenne	0	0	0	0	0	0	0	0	20015	407	0	20422	0
Yhteensä	8600	234515	176718	7028	3170	1289	7195	438515	21411	183608	154341	359360	9957

LÄNSI-TOPPILA VAIKUTUKSET 50 VUODEN AIKANA	Tuotannon päästöt						Käytön päästöt					
	CO	SO ₂	NO _x	CH	Hiukkaset	CO ₂	CO	SO ₂	NO _x	CH	Hiukkaset	CO ₂
	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
Rakennukset	42	79	200	4	50	76341	281	709	1035	53	24	501372
Verkostot yms.	0	2	2	0	0	2054	1	2	3	0	0	1251
Liikenne	0	0	0	0	0	0	696	46	219	189	8	58186
Yhteensä	42	81	202	4	50	78395	978	757	1257	242	32	560809

LÄNSI-TOPPILA VAIKUTUKSET 50 VUODEN AIKANA	Päästöt yhteensä (tuotanto ja käyttö)						Jätteet			Jätevedet		
	CO	SO ₂	NO _x	CH	Hiukkaset	CO ₂	Rakentam	Käyttö	Yhteensä	Käymälä	Muut	Yhteensä
	t	t	t	t	t	t	t	t	t	Milj. l	Milj. l	Milj. l
Rakennukset	324	789	1235	57	73	577713	3763	58396	62158	2489	7468	9957
Verkostot yms.	1	3	5	0	0	3305	0	0	0	0	0	0
Liikenne	696	46	219	189	8	58186	0	0	0	0	0	0
Yhteensä	1020	838	1458	247	81	639204	3763	58396	62158	2489	7468	9957

Taulukko 2. Vaikutukset 50 vuoden aikana asukasta kohden

LÄNSI-TOPPILA VAIKUTUKSET 50 VUODEN AIKANA ASUKASTA KOHDEN	Energian kulutus			Kasvihuonekaasupäästöt			Muut päästöt		
	Tuotanto	Käyttö	Yhteensä	Tuotanto	Käyttö	Yhteensä	Tuotanto	Käyttö	Yhteensä
	MWh/as.	MWh/as.	MWh/as.	CO2-ekv.t asukas	CO2-ekv.t asukas	CO2-ekv.t asukas	kg/as.	kg/as.	kg/as.
Rakennukset	80	355	434	15	102	117	74	406	480
Verkostot yms.	2	1	3	0	0	1	1	1	2
Liikenne	0	50	50	0	13	13	0	210	210
Yhteensä	81	406	487	16	115	131	75	617	692

LÄNSI-TOPPILA VAIKUTUKSET 50 VUODEN AIKANA ASUKASTA KOHDEN	Raaka-aineiden kulutus								Polttoaineet			Vesi		
	Rakennusmateriaalit								Yhteensä	Bens., dies KPÖ, RPÖ kg / as.	Hiili, turve, maakaasu kg / as.	Puu, biokaasu kg / as.	Yhteensä kg / as.	Yhteensä 1000 l/as.
	Puu	Betoni	Muu kivi	Asfaltti	Öljy+muov	Lasi	Metalli	Yhteensä						
Rakennukset	1720	46906	7488	0	628	258	1434	58434	275	36550	30779	67604	1992	
Verkostot yms.	0	0	27859	1406	6	0	5	29275	4	93	92	189	0	
Liikenne	0	0	0	0	0	0	0	0	4003	81	0	4085	0	
Yhteensä	1720	46906	35346	1406	634	258	1439	87710	4282	36724	30871	71877	1992	

LÄNSI-TOPPILA VAIKUTUKSET 50 VUODEN AIKANA ASUKASTA KOHDEN	Tuotannon päästöt						Käytön päästöt					
	CO	SO2	NOx	CH	Hiukkaset	CO2	CO	SO2	NOx	CH	Hiukkaset	CO2
	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.
Rakennukset	8	16	40	1	10	15269	56	142	207	11	5	100282
Verkostot yms.	0	0	0	0	0	411	0	0	1	0	0	250
Liikenne	0	0	0	0	0	0	139	9	44	38	2	11638
Yhteensä	8	16	40	1	10	15680	196	151	251	48	6	112170

LÄNSI-TOPPILA VAIKUTUKSET 50 VUODEN AIKANA ASUKASTA KOHDEN	Päästöt yhteensä (tuotanto ja käyttö)						Jätteet			Jätevedet		
	CO	SO2	NOx	CH	Hiukkaset	CO2	akentaminen	Käyttö	Yhteensä	Käymälä	Muut	Yhteensä
	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	kg / as.	1000 l/as.	1000 l/as.	1000 l/as.
Rakennukset	65	158	247	11	15	115551	753	11680	12433	498	1494	1992
Verkostot yms.	0	1	1	0	0	661	0	0	0	0	0	0
Liikenne	139	9	44	38	2	11638	0	0	0	0	0	0
Yhteensä	204	168	292	49	16	127850	753	11680	12433	498	1494	1992

Taulukko 3. Vaikutukset 50 vuoden aikana kerrosneliometriä kohden

LÄNSI-TOPPILA VAIKUTUKSET 50 VUODEN AIKANA KERROSNELIOMETRIÄ KOHDEN	Energian kulutus			Kasvihuonekaasupäästöt			Muut päästöt		
	Tuotanto	Käyttö	Yhteensä	Tuotanto	Käyttö	Yhteensä	Tuotanto	Käyttö	Yhteensä
	MWh/m2	MWh/m2	MWh/m2	CO2-ekv. kg / m2	CO2-ekv. kg / m2	CO2-ekv. kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2
Rakennukset	1,6	7	9	304	2025	2330	1	8	10
Verkostot yms.	0,0	0	0	8	5	13	0	0	0
Liikenne	0	1,0	1,0	0	268	268	0	4	4
Yhteensä	2	8	10	313	2299	2611	1	12	14

LÄNSI-TOPPILA VAIKUTUKSET 50 VUODEN AIKANA KERROSNELIOMETRIÄ KOHDEN	Raaka-aineiden kulutus								Polttoaineet			Vesi		
	Rakennusmateriaalit								Yhteensä	Bens., dies KPÖ, RPÖ kg / m2	Hiili, turve, maakaasu kg / m2	Puu, biokaasu kg / m2	Yhteensä kg / m2	Yhteensä 1000 l/k-m2
	Puu	Betoni	Muu kivi	Asfaltti	Öljy+muov	Lasi	Metalli	Yhteensä						
Rakennukset	34	934	149	0	13	5	29	1164	5	728	613	1346	40	
Verkostot yms.	0	0	555	28	0	0	0	583	0	2	2	4	0	
Liikenne	0	0	0	0	0	0	0	0	80	1,6	0,0	81	0	
Yhteensä	34	934	704	28	13	5	29	1747	85	731	615	1431	40	

LÄNSI-TOPPILA VAIKUTUKSET 50 VUODEN AIKANA KERROSNELIOMETRIÄ KOHDEN	Tuotannon päästöt						Käytön päästöt					
	CO	SO2	NOx	CH	Hiukkaset	CO2	CO	SO2	NOx	CH	Hiukkaset	CO2
	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2
Rakennukset	0,2	0,3	0,8	0,02	0,20	304	1,1	2,8	4,1	0,2	0,1	1997
Verkostot yms.	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5
Liikenne	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	2,8	0,2	0,9	0,8	0,0	232
Yhteensä	0,2	0,3	0,8	0,02	0,2	312	4	3	5	1	0	2234

LÄNSI-TOPPILA VAIKUTUKSET 50 VUODEN AIKANA KERROSNELIOMETRIÄ KOHDEN	Päästöt yhteensä (tuotanto ja käyttö)						Jätteet			Jätevedet		
	CO	SO2	NOx	CH	Hiukkaset	CO2	akentaminen	Käyttö	Yhteensä	Käymälä	Muut	Yhteensä
	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	kg / m2	1000 l / m2	1000 l / m2	1000 l / m2
Rakennukset	1	3	5	0	0	2301	15	233	248	10	30	40
Verkostot yms.	0	0	0	0	0,0	13	0	0	0	0	0	0
Liikenne	3	0	1	1	0,0	232	0	0	0	0	0	0
Yhteensä	4	3	6	1	0	2546	15	233	248	10	30	40