



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Tampereen kansi ja keskusareena

Lausunto tuulisuuden vaikutuksista

Tammikuu 2011

Laadunhallinta

Versio/muutokset	Versio 1	Muutos 1	Muutos 2	Muutos 3
Huomautukset				
Päiväys	24.1.2011			
Laatija Allekirjoitus	Risto Kiviluoma			
Tarkastanut Allekirjoitus				
Hyväksynyt Allekirjoitus				
Projektinumero				
Tiedosto				

KONSULTTI

WSP Finland Oy
Heikkiläntie 7D
00210 HELSINKI
Puh. +358 207 864 11
Faksi +358 207 864 800
www.wspgroup.fi

Yhdysenkilö
Risto Kiviluoma

TILAAJA

NCC Property Development Oy
Åkerlundinkatu 11 C (PL 64)
33101 Tampere, Finland
puh. +358 10 507 4200
Faksi+358 10 507 4257

www.ncc.fi

Yhdysenkilö
Mikko Leinonen

Sisällys

1 Johdanto	4
1.1 Tämä lausunto	5
1.2 Tuulisuuskriteereiden yleiskuvaus	5
2 Lähtötiedot	7
2.1 Viitesuunnitelma	7
3 Kohdealueen tuuliolosuhteet	11
4 Viitesuunnitelman vaikutus tuulisuuskysymyksiin	21
4.1 Katutason ja kattopihojen tuulisuus	21
4.2 Tuulen ja pakkasen yhteisvaikutus	22
4.3 Rakennusten energiankulutus	22
5 Yhteenveto ja suositukset	23
Lähdeluettelo	24
Liite 1 Laskennassa käytetyt muunnoskertoimet	25

1 Johdanto

Tampereen kansi ja keskusareena (kuva 1) on uudisrakennuskohde, jossa Tampereen ydinkeskustaan, rautatien päälle, rakennetaan toimisto-, asuin-, liike ja urheilutiloja. Hanke on merkittävä investointi, ja se sijaitsee keskeisellä paikalla, jossa liikkuu suuri määrä ihmisiä. Kannen liiketilat ja tornien asuin-, toimisto- ja liiketilat ovat oletettavasti haluttuja kohteita. Tässä suhteessa viihtyvyystekijöihin, mukaan lukien tuulisuus, on järkevää kiinnittää erityistä huomiota.

Tuulen ja tuulisuuden vaikutusten hallinta on yksi rakennetun ympäristön laadukkaassa suunnittelussa huomioon otettava tekijä. Suomen oloissa vaikutuksilla on merkitystä erityisesti merenranta-alueilla ja alueilla, joihin suunnitellaan ympäröivää rakennuskantaa selvästi korkeampia rakennuksia.



Kuva 1: Havainnekuva viitesuunnitelmasta.

Ympäristöään korkeammat rakennukset ovat alttiina tuulen vaikutukselle mm. rakenneteknisesti ja energiataloudellisesti. Ne ohjaavat korkealla esiintyvät kovat tuulet osittain katutasoon. Jalankulkijoille tämä näkyy tuulisessa säässä yllättävänä puuskaisuutena rakennuksen juuressa. Katutason tuulisuus vaikuttaa mm. ihmisten viihtyvyyteen ja turvallisuuteen.

Kaavoitusvaiheessa tuulitekniikan kannalta tärkein kysymys on katutasoisen tuulisuuden selvittäminen viihtyvyyden kannalta, ja mahdollisten korjaavien toimenpiteiden ohjeistaminen. Viitesuunnitelma sisältää ympäristöään sel-

västi korkeampia rakennuksia, jotka yleisesti lisäävät tuulisuutta katutasossa. Tuulisuuteen vaikuttaa myös kannen korotettu taso suhteessa maapintaan.

Tuulen ja tuulisuuden vaikutuksia voidaan tutkia luotettavasti kokeellisilla menetelmillä, käyttäen apuna tuulitunnelia, suunnitelmaa vastaavaa tuulitunnelipienoisimallia ja paikallisia tuulilastoja. Tuulitunnelikokeiden suorittaminen on kansainvälisesti muodostunut standardiksi merkittävien kohteiden suunnittelun yhteydessä.

Tuulitunnelikokeiden, samoin kuin tuulisuutta korjaavien toimenpiteiden, tarpeellisuuteen vaikuttaa alueen yleinen tuulisuus, jonka selvittämiseen on saatavilla yksityiskohtaista lähtötietoa paikallisista tuulilastoista.

1.1 Tämä lausunto

Tämän lausunto koskee tuulisuuskysymystä kohteen viitesuunnitelmaan liittyen. Lausunto perustuu kohdealueen yleisen tuulisuuden määritykseen paikallisen tuulitilaston avulla. Tuulisuuden merkitystä on arvioitu muiden (referenssi-) kohteiden tuulitunnelikokeiden pohjalta. Lausunnossa on johtopäätöksenä otettu kantaa kohteen tuulitunnelikokeiden tarpeellisuuteen.

1.2 Tuulisuuskriteereiden yleiskuvaus

Tuulisuus selvitetään yleisesti niissä katutason pisteissä, jotka ovat merkittäviä suunnitelman ja tuulisuuden kannalta. Katutasolla tarkoitetaan tarkemmin 1,5...2,0 m korkeutta, eli korkeutta jossa tuuli vaikuttaa jalankulkiin. Rakennusten, rakenteiden, maaston, puiden ja pensaiden vaikutuksesta tuulisuus vaihtelee pisteestä toiseen. Pisteitä tarkastellaan tyypillisesti useampia, jolloin saadaan kokonaiskäsitys kohdealueen tuulisuudesta. Vastaavasta analyysistä käytetään nimitystä tuulisuuskartoitus.

Tuulisuus esitetään yleisesti raja-arvon ylittävien tuulien kestona kokonaisajasta. Esimerkiksi tuulisuudelle toisinaan käytetty yksinkertaistus on, että jos tunnin keskituuli > 5 m/s enemmän kuin 5 % ajasta, on tuulisuudella yleisesti viihtyvyyteen vaikuttavaa merkitystä.

Tuulisuuskriteerit koostuvat yleisesti kahdesta osasta [1]:

- rajatuulennopeus U_C : tuulennopeuden raja-arvo jolla jokin toiminto muuttuu epämukavaksi tai vaaralliseksi
- todennäköisyys P_E : kuinka pitkän ajan raja-tuulennopeus ylittyy tarkastelujaksolla. Esim. vuotuinen ylitystodennäköisyys $P_E = 0,001$ (= 0,1%) tarkoittaa että raja-tuulennopeus ylittyy keskimäärin 8,75 tuntia vuodessa.

Toimintoja voivat esimerkiksi olla [1]:

- A istuminen pitkiä aikoja; makaaminen; terassit ja kahvilat; ulkoilma-teatterit; uima-altaat
- B seisominen/istuminen paikoillaan lyhyitä aikoja; puistot; kauppakeskukset
- C kävely yleisesti; rakennuksiin sisälle meno ja niistä poistuminen
- D vaarallisen tuulen kriteeri; tavoitteellinen kävely; nopea kävely; parkkipaikat.

Näihin liittyviä hyväksymisluokkia ovat esim.:

- hyväksyttävä
- epäviihtyisä
- siedettävä
- sietämätön/vaarallinen, ei hyväksyttävä.

Rajatuulennopeus määritellään yleisesti keskinopeuden vaikutuksen perusteella (esim. bofori-asteikko) tai paikalliset vaikutukset tarkemmin kuvaavan puuskanopeuden perusteella. Rajatuulennopeus on yleisesti jokin seuraavista:

- $U_c \sim U_h$ = tuulen keskinopeus (10 min tai 1 h keskiarvo)
- $U_c \sim U$ = tuulen todellinen puuskanopeus esim. 1 s tai 3 s keskiarvo
- $U_c \sim U_g$ = puuskatuulen vertailunopeus, joka lasketaan muodossa

$$U_g = U_h + g u = U_h(1 + gI)$$

missä

g = kriteeristä riippuva kerroin $g = 1 \dots 3,5$

u = nopeuden keskihajonta (kirjallisuudessa yleensä r.m.s. nopeus)

I = turbulenssiaste tai turbulenssin intensiteetti laskettuna kaavalla $I = u/U_h$

Tuulisuudelle ei toistaiseksi ole esitetty viranomaistasoisia määräyksiä. Sovellettaessa tuulisuuskriteereitä Suomen oloihin tulee ottaa paikalliset tekijät huomioon, mm. talvikauden (alhaisten lämpötilojen) vaikutus.

Tuulisuuskriteerit soveltuvat pääasiassa tuulisuuden arvioinnin tueksi osana muita tekijöitä. Viimekädessä jokainen henkilö, esimerkiksi katukahvilan pitäjä, voi itse harkita onko esimerkiksi 1 h kuukaudessa esiintyvä ongelmattuuli hyväksyttävä, voi voiko raja olla esim. 10 h kuukaudessa.

2 Lähtötiedot

2.1 Viitesuunnitelma

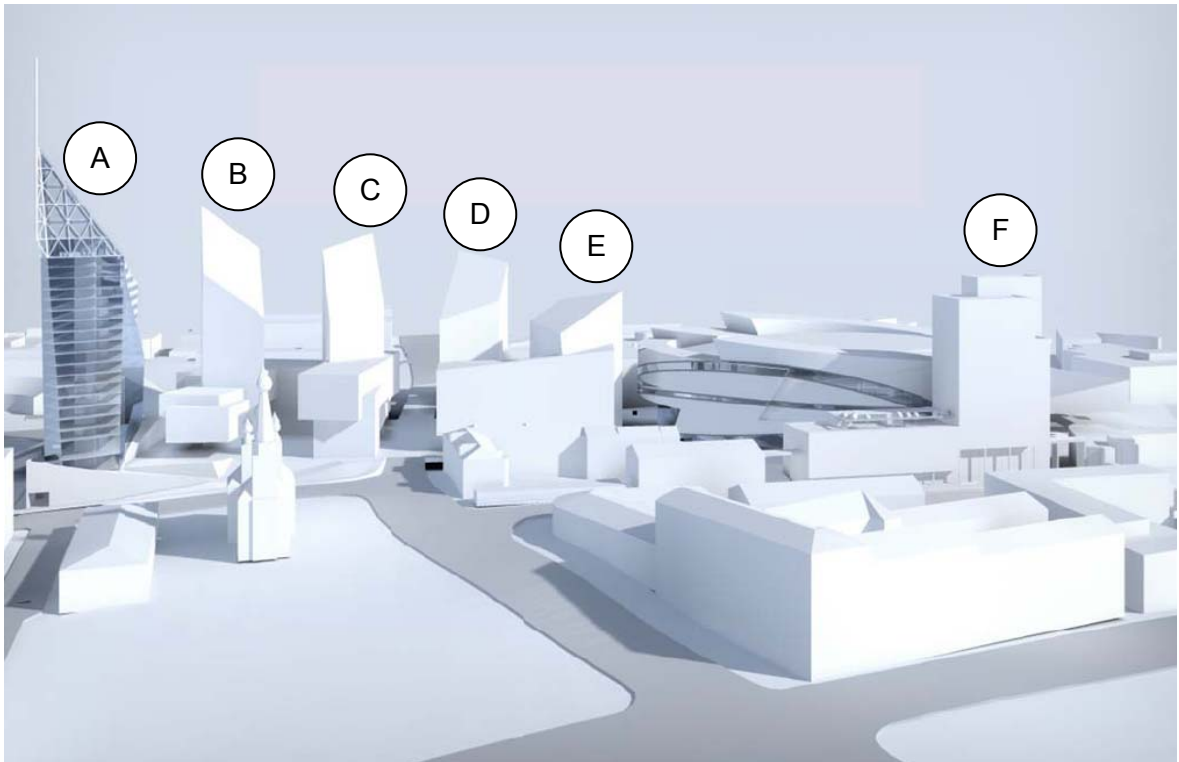
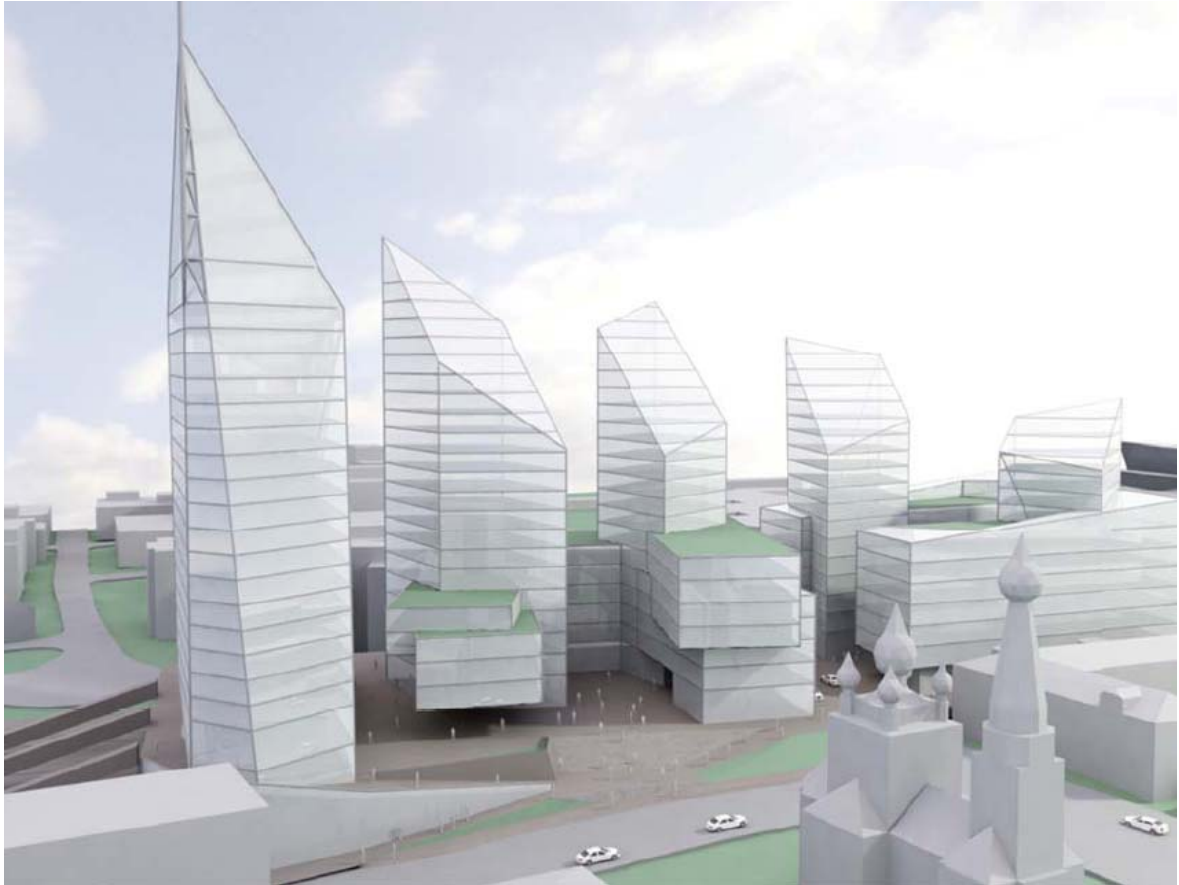
Kaavoitusalue jakaantuu pohjoisosan keskustatoimintojen kortteliin tornitaloineen; areenan sisältävään eteläosan liike-, toimisto-, kulttuuri- ja urheilutoimintojen kortteliin; ja länsiosan asuinkerrostalojen korttelialueeseen.

Kohteen viitesuunnitelma on muotoutunut kaavoituksen yhteydessä. Viitesuunnitelmaa (torintalot 12.10.2010 ja areena 22.10.2010) on havainnollistettu kuvissa 2-4.

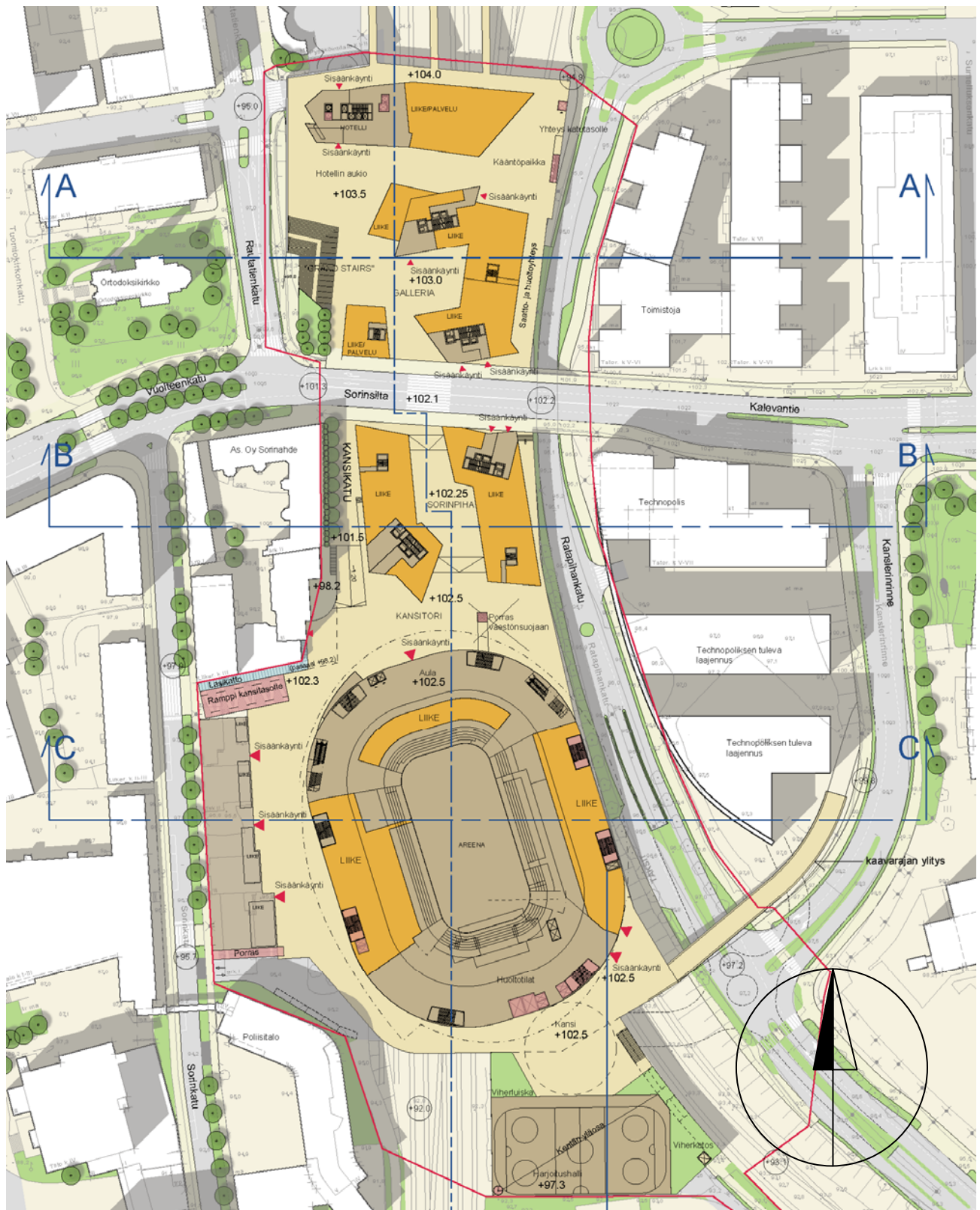
Viitesuunnitelman mukaan kannen korkeus maanpinnasta on n. 9,5 m. Ympäristöään selvästi korkeampia tornitaloja on viisi kappaletta. Tornitalot on nimetty tämän raportin tarpeisiin kuvan 2 mukaisesti. Tornien kerrosmäärät ja korkeudet maanpinnasta ovat:

A	21...27 krs,	korkeus 100 m
B	20...22 krs,	korkeus 83 m
C	17...19 krs,	korkeus 74 m
D	17 krs,	korkeus 67 m
E	15 krs,	korkeus 55 m
F	16 krs,	korkeus 61 m.

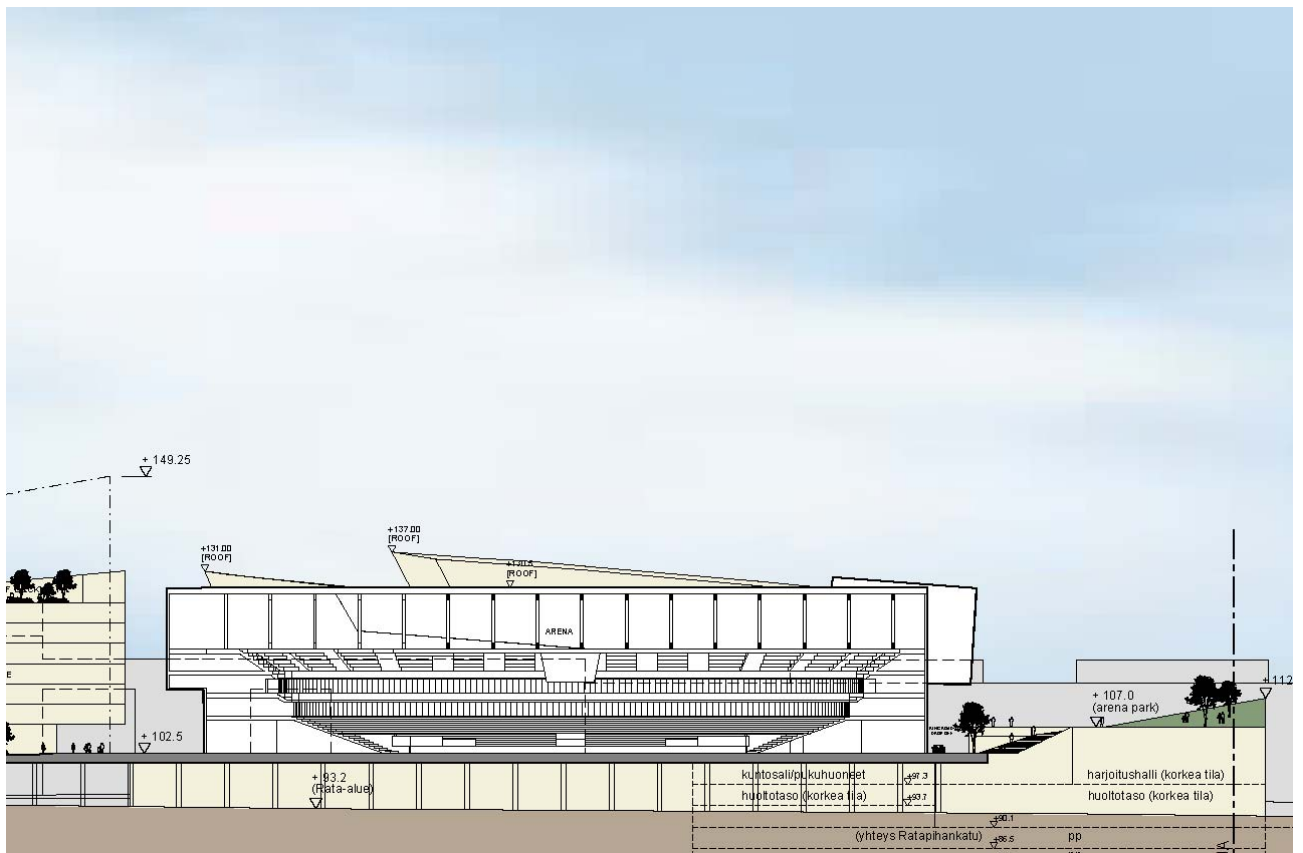
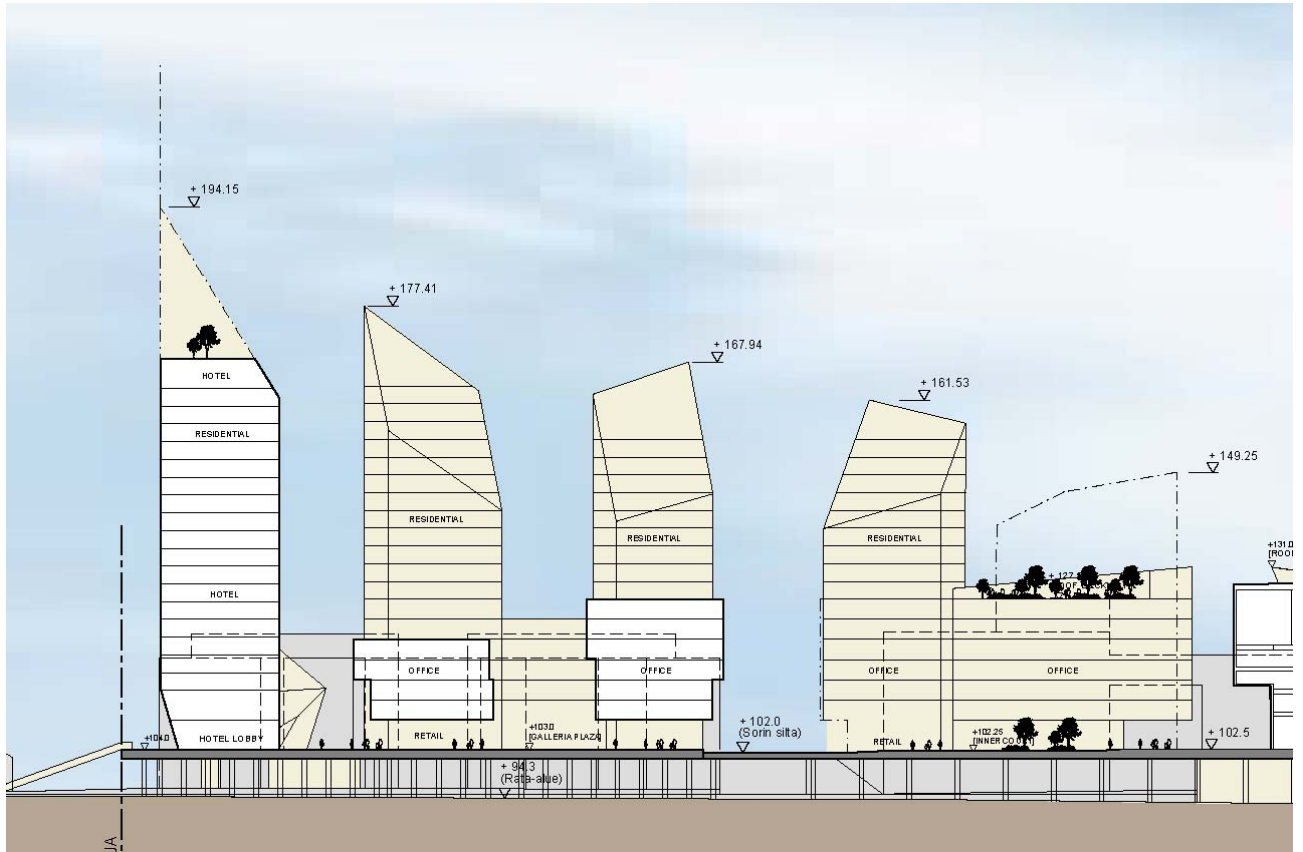
Rakennusten katoille, n. 30...50 m korkeuteen on kaavailtu kattopihoja.



Kuva 2: Viitesuunnitelman havainnekuvia ja tornien numerointi tätä raporttia varten.



Kuva 3: Kansitason toimintojen luonnokset (24.1.2011).



Kuva 4: Rakennusten korkojen luonnos (24.1.2011)

3 Kohdealueen tuuliolosuhteet

Kohdealueen tuulisuus on määritetty maaston karheusluokka-analyysillä Ilmatieteen laitoksen Tampere Siilinkarin sääaseman tuulitilastosta 2001-2010. Sääasema sijaitsee 2,4 kilometriä kohdealueen keskuksesta luoteen-pohjoisen suuntaan (kuva 5).



Kuva 5: Näkymä kohdealueelta luoteeseen ja tuulitilastoa vastaavan Siilinkarin sääaseman sijainti (valokuva Ilmakuva Vallas)

Tuulen suuntakulmien numerointi on esitetty kuvassa 6.

Tuuliolosuhteiden kannalta kohdealuetta hallitsee kaksi järveä: Pyhäjärvi luoteen suunnassa ja Näsijärvi pohjoisessa. Järvien selkien pituudet ovat, vastaavasti, 2,5...12,5 km ja 3,0...23 km.

Kuvassa 7 on havainnollistettu maaston tyyppiä eri ilmansuunnissa.

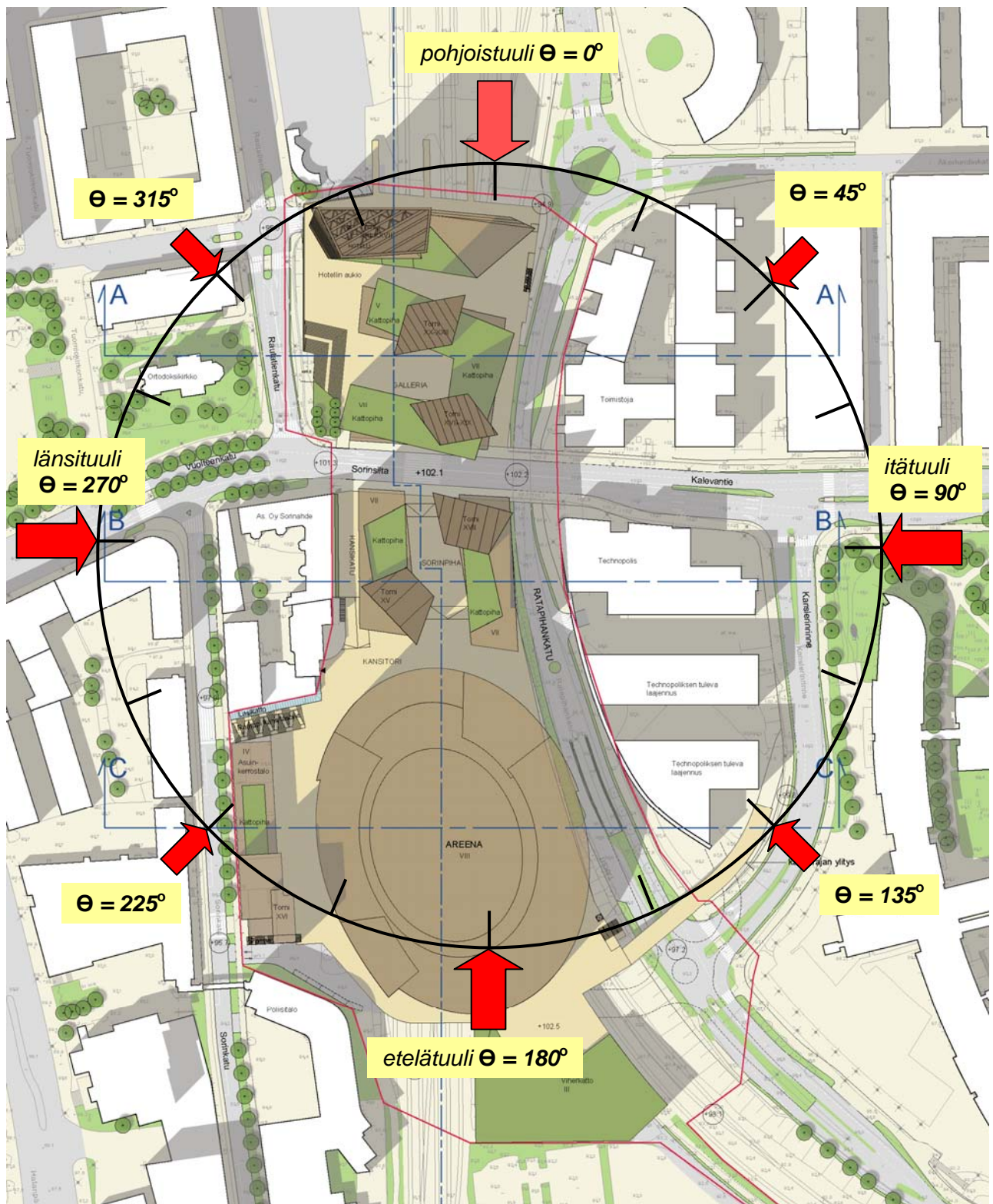
Kohdealueen tuuliolosuhteet on määritetty olettaen maaston karheusluokkaa vastaava tasainen maasto, jossa yksittäisen rakennukset ja muut kapaleet eivät vaikuta tuloksiin. Rakennusten vaikutusta on tarkasteltu luvussa 4.

Tuloksissa kesäkausi tarkoittaa kuukausia huhtikuusta lokakuuhun. Vastavasti talvikausi tarkoittaa kuukausia marraskuusta maaliskuuhun.

Käytetyt sääaseman ja kohdealueen sijaintieron huomion ottavat muunnoskertoimet on esitetty liitteessä 1.

Kuvassa 8 on esitetty tuulen keskinopeuksien esiintyminen eri tuulensuunnista. Kuvassa 9 on vastaava esitys puuskatuulille (jossa puuskatuulien määrittely vastaa SFS-EN 1991-1-4:2005 määrittelyä, eli käytännössä n. 1 s. määrittelyaika).

Kuvassa 10 on esitetty yhteenveto tuulen keskinopeuksien esiintymisestä kaikki tuulensuunnat huomioon ottaen.



Kuva 6: Tuulen suuntakulmien numerointi.

Näkymä pohjoiseen



Näkymä itään



Kuva 7a: Näkymät pohjoiseen ja itään (valokuvat Ilmakuva Vallas).

Näkymä etelään

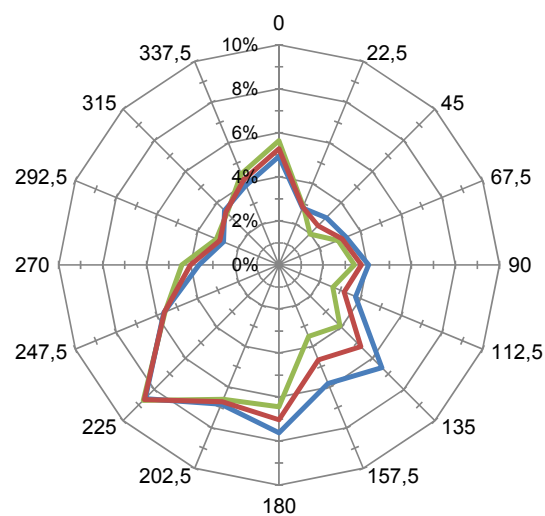


Näkymä länteen



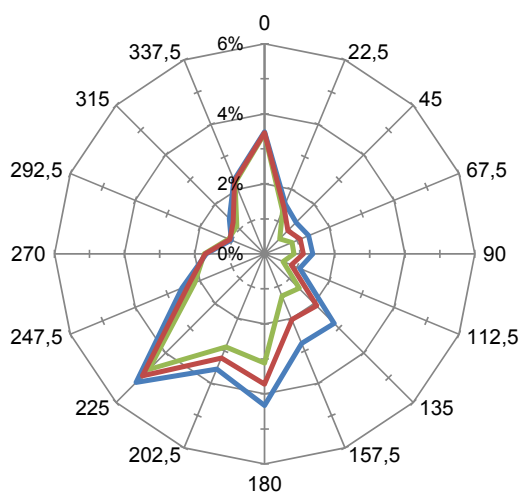
Kuva 7b: Näkymät etelään ja länteen (valokuvat Ilmakuva Vallas).

Keskituulien esiintyminen kohdealueella (% ajasta; 11 m korkeus)



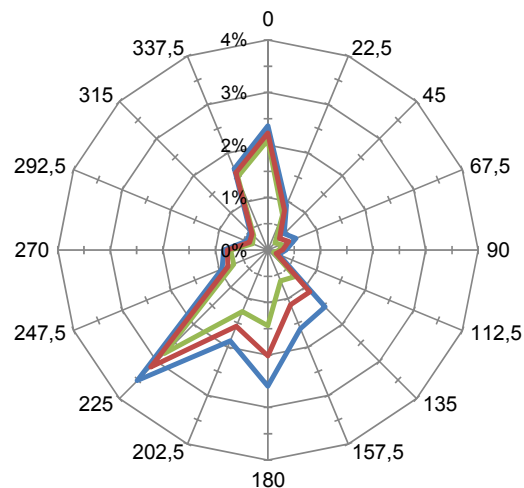
Tuulen keskinopeus > 2 m/s

- kesäkausi
- talvikausi
- koko vuosi



Tuulen keskinopeus > 4 m/s

- kesäkausi
- talvikausi
- koko vuosi

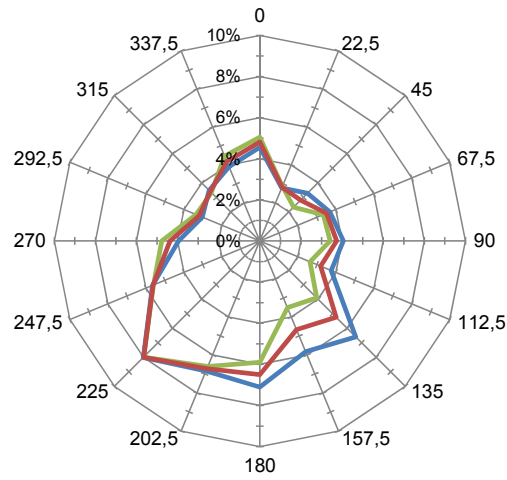


Tuulen keskinopeus > 5 m/s

- kesäkausi
- talvikausi
- koko vuosi

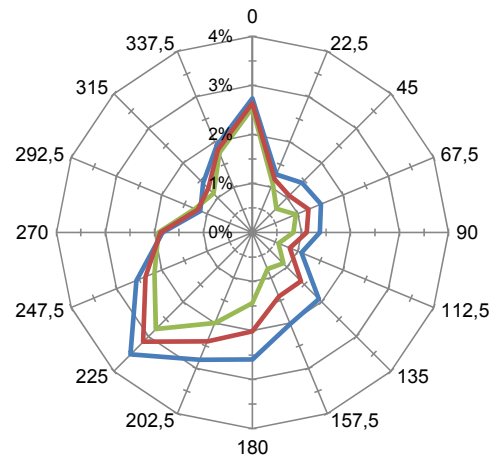
Kuva 8a: Keskituulien esiintyminen kohdealueella kannen katutasossa (2 m kannen yläpuolella, 11 m ratapihan tasosta).

Keskituulien esiintyminen Siilinkarilla (% ajasta; 2 m korkeus)



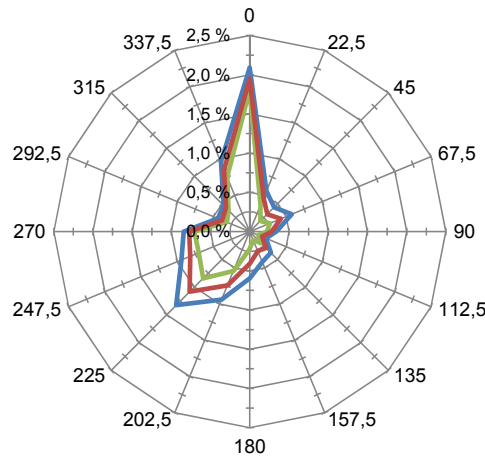
Tuulen keskinopeus > 2 m/s

- kesäkausi
- talvikausi
- koko vuosi



Tuulen keskinopeus > 4 m/s

- kesäkausi
- talvikausi
- koko vuosi

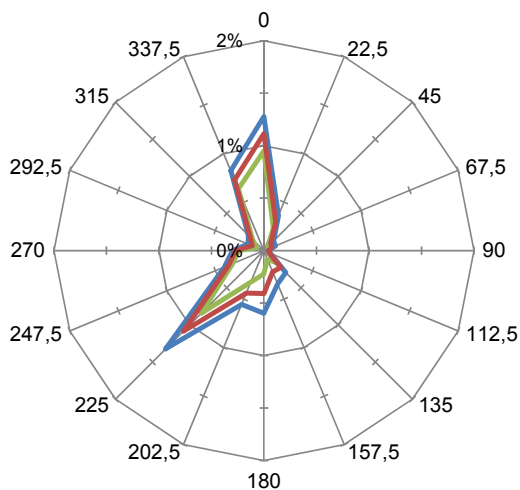
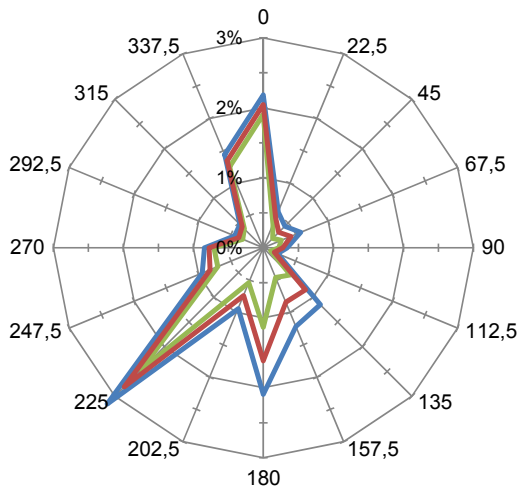
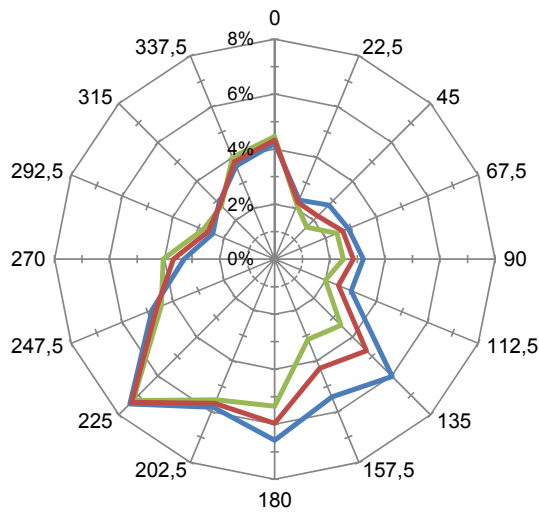


Tuulen puuskanopeus > 5 m/s

- kesäkausi
- talvikausi
- koko vuosi

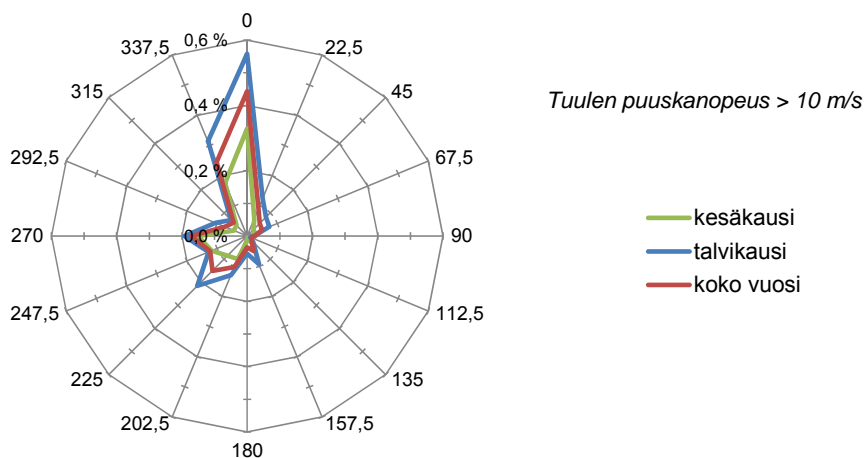
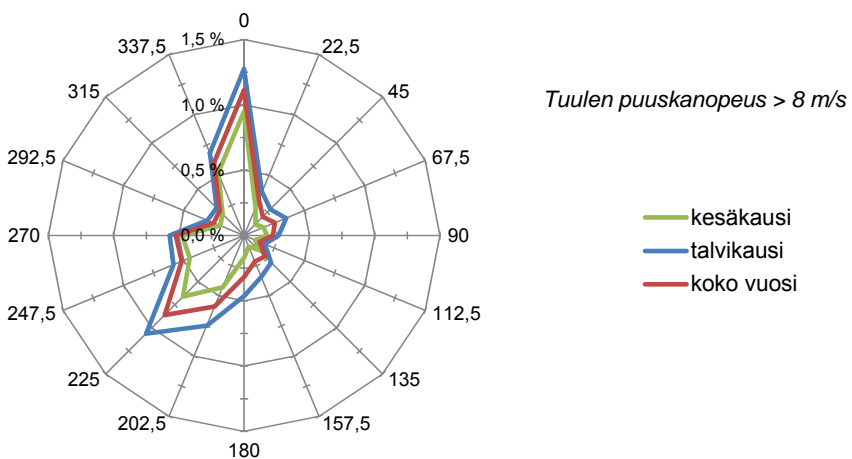
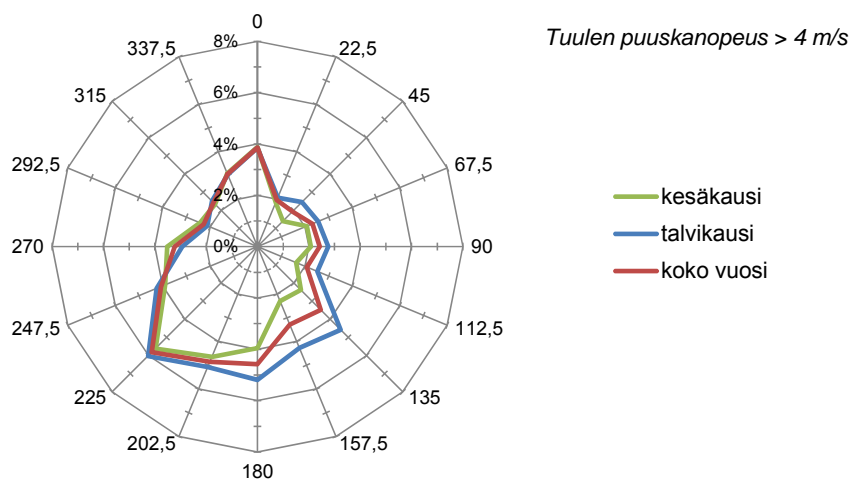
Kuva 8b: Keskituulien esiintyminen Siilinkarilla katutasossa (2 m korkeus).

Puukatuulien esiintyminen kohdealueella (% ajasta; 11 m korkeus)



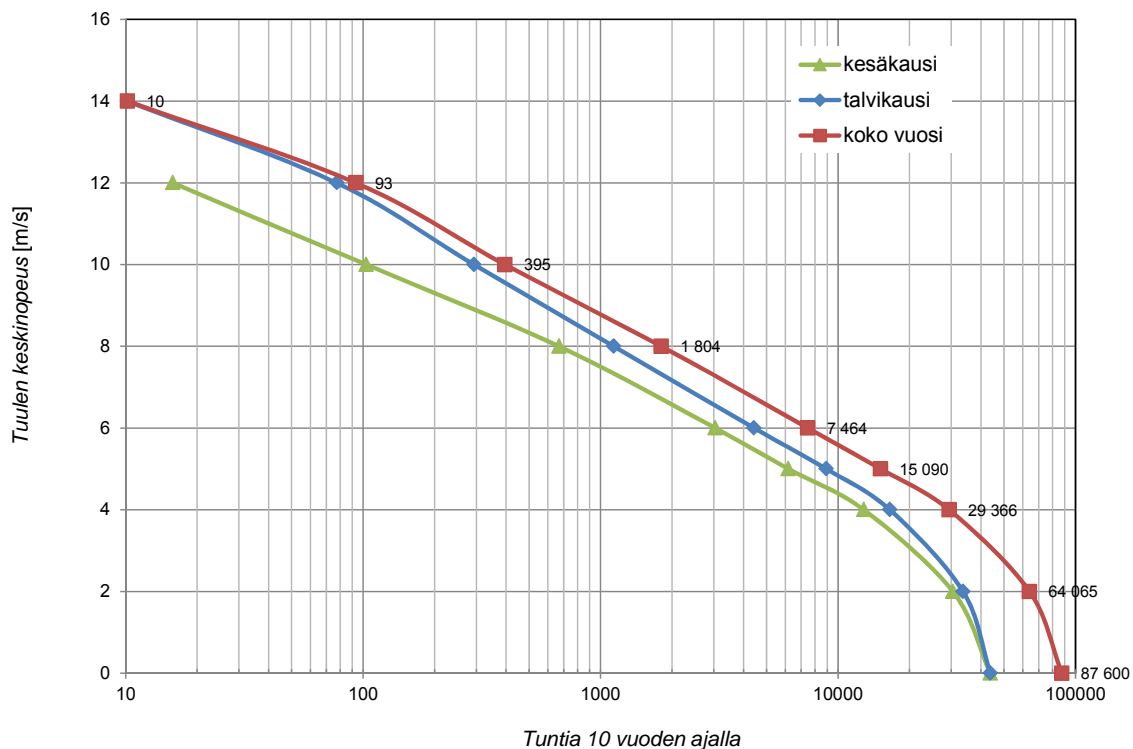
Kuva 9a: Puuskatuulien esiintyminen kohdealueella kannen katutasossa (2 m kannen yläpuolella, 11 m ratapihan tasosta).

Puuskatuulien esiintyminen Siilinkarilla (% ajasta; 2 m korkeus)



Kuva 9b: Keskituulien esiintyminen Siilinkarilla katutasossa (2 m korkeus).

Tuulen keskinopeuksien esiintymiset kohdealueella 11 m korkeudessa: kaikki tuulensuunnat



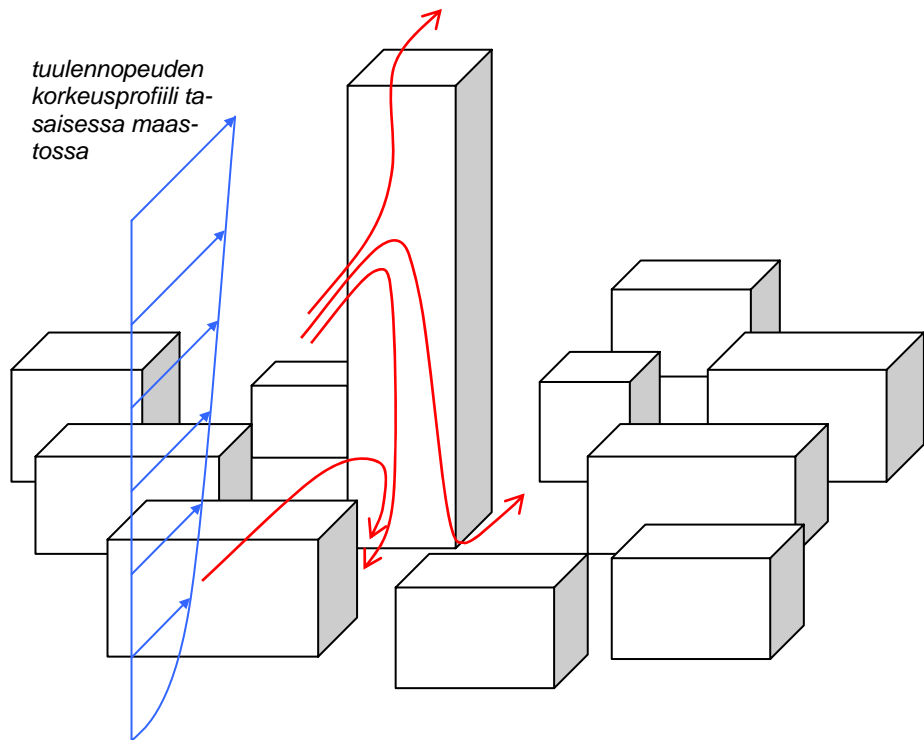
Kuva 10: Keskituulien esiintyminen kohdealueella kaikki tuulensuunnat huomioon ottaen: kannen katutaso (2 m kannen yläpuolella, 11 m ratapihan tasosta).

4 Viitesuunnitelman vaikutus tuulisuuskysymyksiin

4.1 Katutason ja kattopihojen tuulisuus

Viitesuunnitelma vaikuttaa tuulisuuteen kohdealueella erityisesti ympäristöään selvästi korkeampien rakennusten ja kannen korotetun jalankulkutason osalta.

Ympäristöään selvästi korkeampien rakennusten vaikutus on paikallisesti merkittävä siten, että jalankulkija voi korkean rakennuksen vieressä joutua yllättäen alttiiksi koville tuulenpuuskille kävellessään muutoin suojassa rakennusten lomassa. Ympäristöään selvästi korkeammat rakennukset ohjaavat korkealla esiintyvät kovat tuulet osittain katutasoon. Virtaus kiertää rakennuksen, ja rakennuksen kulman kiertävä virtaus voi olla voimakas. Korkeiden rakennuksen sisääntulot (ulko-ovet) suojataan tyypillisesti julkisivua pitkin alaspäin suuntautuvalta virtaukselta arkkitehtonisilla ratkaisuilla. Kuvassa 11 on havainnollistettu korkean tornin katutason ja kattopihojen tuulisuuteen vaikuttavia virtauksia.



Kuva 11: Korkean tornin vaikutus tuulisuuden kannalta merkittäviin virtauksiin.

Keski-Pasilan tutkimuksen [2,3] mukaan ympäröiviin rakennuksiin nähden korkeudeltaan kaksinkertainen torni on lisännyt tuulisuutta ympäristössään n. 2...4-kertaiseksi.

Kannen jalankulutaso on n. 9,5 m korkeudessa, jolloin jalankulkijoihin vaikuttava tuuli vastaa kannen reuna-alueilla n. 11 m korkeudella esiintyvää tuulta. Kuvien 8 ja 9 mukaisesti tuulisuus olisi tällöin samaa suuruusluokkaa Siilinkarin tuulisuuden kanssa.

4.2 Tuulen ja pakkasen yhteisvaikutus

Pakkasen ja tuulen yhteisvaikutuksen vuoksi tulisi kiinnittää huomiota siihen, että yli 15-30 min oleskelua vaativia toimintoja (bussipysäkkejä, taksitolppia, areenan sisääntuloja jne.) ei sijoitettasi tornien juureen. Näsijärveltä puhaltavien kylmien pohjoistuulien ja pakkasen yhteisvaikutuksessa voi seurata mm. kohonnut paleltumisriski.

4.3 Rakennusten energiankulutus

Tuulisuus vaikuttaa rakennusten energiankulutukseen mm. rakennusvaipan aukkojen viilennysvaikutuksen johdosta. Energiankulutusta arvioidaan yleisesti yksinkertaistetuilla malleilla, jossa yhtenä parametrinä on tuulelle alttiina olevien seinien määrä.

5 Yhteenveto ja suositukset

- Suoritetun tarkastelun perusteella kohdealueen tuulisuus voi olla merkittävää siten, että tuulisuuteen on kiinnitettävä huomiota viihtyisän ympäristön rakentamiseksi. Kohdealueen tuulisuuden perustasoon vaikuttavat pitkät järvien selät; Näsijärvi pohjoisessa ja Pyhäjärvi lounaassa
- viitesuunnitelman korkeat tornit ja kannen korotettu jalankulkutaso vaikuttavat tuulisuutta lisäävästi
- tuulisuuden vaikutusten kannalta hallitsevat tuulensuunnat ovat pohjoisen ja lounas
- talvella pohjoistuulien yhteydessä voi oletettavasti esiintyä alhaisia lämpötiloja. Pohjoistuuli kohtaa ensimmäisenä korkeimman tornin, ja tornin juuren tuulisuus kasvaa. Tuulen ja pakkasen yhteisvaikutus (pakkasen purevuus) on suositeltavaa ottaa huomioon toimintojen sijoittelussa ja rakennedetaljien suunnittelussa. Mahdollisia ongelma-alueita ovat erityisesti tornien kulmat. Jalankulkua virtauksille alttiiden tornien kulmissa voitaisiin rajoittaa esim. istutuksilla tai piharakenteilla. Myös areenan sisäänkäynnit tulee ottaa huomiota, koska näihin voi syntyä jonoja
- Näsijärven Siilinkarilla sijaitsevassa säähavaintoasemassa tuulen keskinopeus on katutasoon (2 m) muutettuna > 5 m/s 8 % ajasta kesäkaudella ja 12 % ajasta talvikaudella. Koko vuoden arvo on vastaavasti 10 %. Tätä voidaan verrata esim. Helsingin Jätkäsaaren [1] edustan merialueella (Lauttasaarenselällä) esiintyvään arvoon, joka on 18 %. Jätkäsaaren kaavoituksessa tuulisuuteen kiinnitettiin erityistä huomiota ja alue ei sisällä korkeita torneja. Helsingin Keski-Pasilan tornitalokaavan yhteydessä on varauduttu korkeiden tornien paikallisiin vaikutuksiin. Keski-Pasilan avoimella rata-piha-alueella katutason keskituuli > 5 m/s 3 % ajasta
- tulosten ja viiteaineiston perusteella tuulisuuskriteerit A (pitkäaikainen oleskelu) ja B (lyhytaikainen oleskelu) tulisi ottaa huomioon esim. katutason terassien sijoittelussa. Tuulisuuskriteerillä C (kävely) voi olla merkitystä muutaman kerran vuodessa. Tuulisuuskriteeri D (vaarallisen kova tuuli) tulisi tarkistaa tornien kulmine kiertävien virtauksen osalta.
- yleisesti D kriteeri (puuskatuuli > 23 m/s) ei muodostu merkitseväksi johduen tuulisuuden perustasosta Suomessa. Suomessa tuulisuudella ei ole yleensä merkitystä kaavoituksen viranomaishyväksymisen kannalta, vaan kysymys on ennen kaikkea viihtyvyystekijän varmistamisesta. Tuulisuuskriteereitä ei myöskään ole esitetty normitasolla
- kohdealueella 11 m korkeudessa keskituuli > 5 m/s 17 % ajasta. Tämä tulos on laskettu ilman korkeiden tornien ja rakennusten paikallisia vaikutuksia. Tulos ei kuitenkaan kuvaa todellista kohdealueen katutason tuulisuutta. Rakennusten paikallisten vaikutusten ja esim. kannen kaiteiden johdosta keskituulet alenevat kohdealueella ja tuulen puuskaisuuden merkitys kasvaa. Paikallisten vaikutusten analysointi ilman tuulitunnelikokeita on epäluotettavaa
- kohteen ja investoinnin merkitys huomioon ottaen tuulisuuskysymys on suositeltavaa selvittää yksityiskohtaisesti tuulitunnelikokeen avulla.

Lähdeluettelo

1. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto: Jätkäsaaren kaavoitus, tuulisuuden sekä pakkasen ja tuulen yhteisvaikutuksen kartoitus, tutkimusraportti versio C, WSP Finland Oy, 2007, s. 79.
2. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto: Keski-Pasilan asema-kaavoitus, tuulisuuskartoitus, WSP Finland Oy, 2010, s. 53.
3. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto: Keski-Pasilan asema-kaavoitus, täydentävät tuulitunnelikokeet, WSP Finland Oy, 2010, s. 30.
4. SFS-EN 1991-1-4:2005 Eurocode1: Rakenteiden kuormat. Yleiset kuormat. Osa 1-4: tuulikuormat. 255 s.

Liite 1 Laskennassa käytetyt muunnoskertoimet

Maaston karheusluokan muutosanalyysillä lasketut tuulennopeuksien muunnoskertoimet on esitetty oheisessa taulukossa.

	Tuulen suuntakulma θ°													Huom.		
	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270		292,5	315
Puuskakerroin V_g/V_m	1,28	1,28	1,28	1,28	1,34	1,41	1,41	1,41	1,41	1,38	1,36	1,30	1,28	1,28	1,28	1,28
Puuskakerroin V_{g2}/V_{m2}	1,32	1,32	1,32	1,32	1,39	1,47	1,47	1,47	1,47	1,43	1,41	1,34	1,32	1,32	1,32	1,32
Katutaso V_{m1}/V_{m10}	0,79	0,79	0,79	0,79	0,78	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,78	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Katutaso V_{m11}/V_{m10}	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,03	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Keskituuli k_m	0,88	0,79	0,72	0,71	0,73	0,76	0,84	0,84	0,94	0,79	0,96	0,76	0,70	0,72	0,74	0,84
Puuskatuuli k_g	1,01	0,98	0,88	0,87	0,85	0,84	0,93	0,93	0,98	0,90	1,05	0,92	0,86	0,88	0,91	0,97
Puuskakerroin V_g/V_m	1,47	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,47	1,57	1,47	1,57	1,57	1,57	1,57	1,48
Puuskakerroin V_{gr1}/V_{mr1}	1,47	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,47	1,56	1,48	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56