



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



KIVENLAHDEN METROKESKUS

Tuulisuus

16.3.2017

Laadunhallinta

Versio/muutokset	Versio 1	Muutos 1	Muutos 2	Muutos 3
Huomautukset		lisätty kolme tarkastelupistettä	päivitetty suunnitelmakuvat	
Päiväys	30.1.2017	12.2.2017	16.3.2017	
Laatija	Risto Kiviluoma	Risto Kiviluoma	Risto Kiviluoma	
Allekirjoitus				
Tarkastanut				
Allekirjoitus				
Hyväksynyt				
Allekirjoitus				
Raportin numero				
Tiedostotunnus				

Kivenlahden metrokeskus

Tuulisuus

16.3.2017

Tilaaja

Sito Oy
Tuulikuja 2
02100 Espoo
Puh. 020 747 6000

www.sito.fi

Konsultti

WSP
Heikkiläntie 7
00210 HELSINKI

Puh. 0207 864 11
Faksi 0207 864 800
www.wspgroup.fi

Rekisteröity osoite

WSP Finland Oy
FI08754165
Heikkiläntie 7, FI-00210 Helsinki

Konsultin yhdyshenkilö

Risto Kiviluoma (tekniset asiat)
Karoliina Saarniaho (hallinnolliset asiat)

Sisällys

1. Johdanto	5
2. Lähtötiedot	9
2.1 Kohteen suunnitelma.....	9
3. Laskentamenetelmä ja määrittelyt.....	13
3.1 Tuulensuuntien koordinaatisto	13
3.2 Tuulisuuden tarkastelupisteet.....	14
3.3 Tuulisuuden laskentamenetelmä.....	16
3.4 Käytetyt tuulisuuskriteerit	19
4 Tulokset.....	20
4.1 Kohdealueen perustuulisuus	20
4.2 Tuulisuus tarkastelupisteissä	21
5 Johtopäätökset ja suunnitteluohjeita	27
Lähdeluettelo	32
Liite 1: Tuulisuuden määrittämisen yleisperiaate	33
Liite 2: Tuulitunnelikokeet ja virtauslaskenta	39
Liite 3: Maaston karheusluokan muutosanalyysi	43
Liite 4: Kohdealueen perustuulisuus.....	44
Liite 5: Tuulisuuden yksityiskohtaisia laskentatuloksia	45
Liite 6: Nykytilan tuulisuuden katselmus Kivenlahdessa.....	53

1. Johdanto

Tämän raportin kohteena on Kivenlahden metrokeskuksen asemakaavamuutosehdotus (kuva 1). Kohde sijaitsee Espoossa merenlahden tuntumassa siten, että rantaan on matkaa noin 400 m ja avomerelle noin 9 km. Kohde sisältää asuinrakentamista ja Keskuskorttelin asuintorneineen, kaupallisine tiloineen, linja-autopysäkkeineen ja parkkihalleineen. Suunnitelmaan kuuluu kaksi 22-kerroksista tornitaloa. Keskuskorttelin katolla ja läisen korkean tornitalon matalamman osan katolla sijaitsee kattopiha.



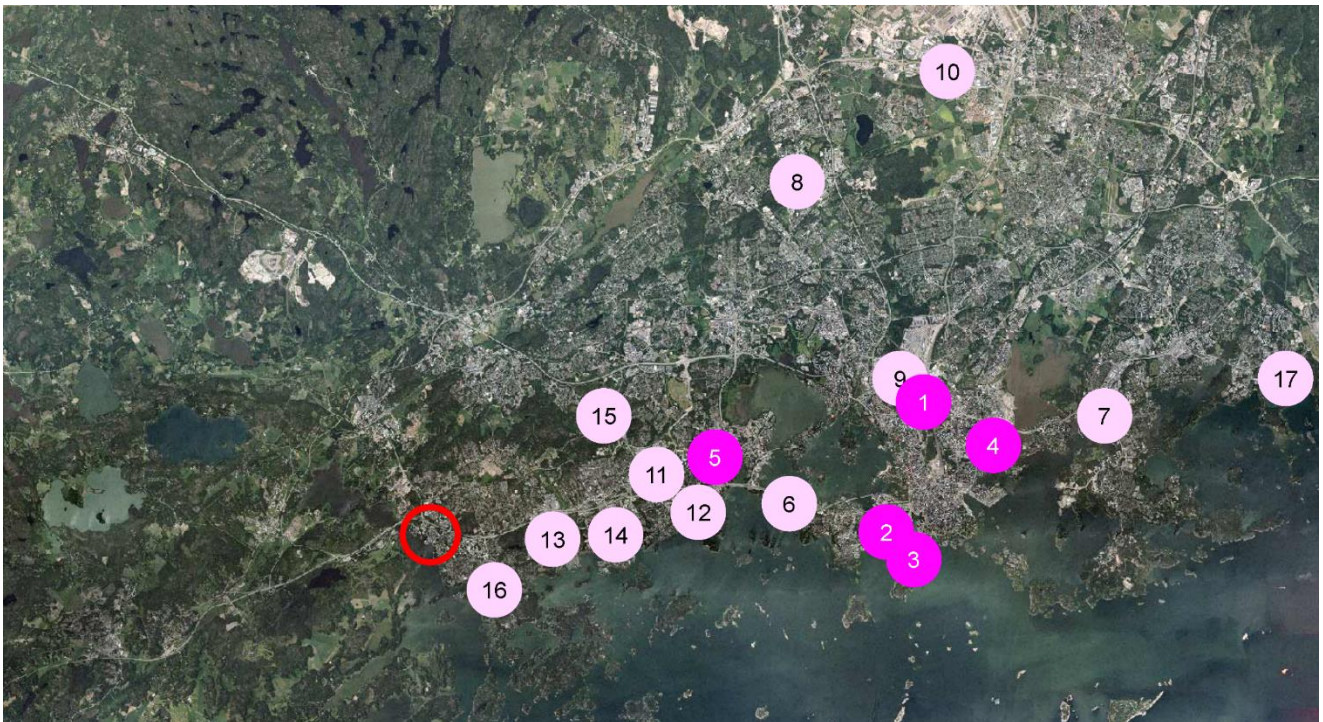
Kuva 1: Havainnekuva kohteesta (kuva HKP Arkkitehtitoimisto).

Rakennetun ympäristön tuulisuus on muodostunut viime vuosina ajankohtaiseksi Suomessa rantarakentamiseen ja korkeaan rakentamiseen liittyen. Rakennukset ja rakenteet vaikuttavat katutasoon, pihakansien ja kattoterassien tuulisuuteen mm. siksi, että korkeammat rakennukset ohjaavat korkealla vaikuttavia kovempia virtauksia katutasoon. Tuulisuus vaikuttaa silloin pääasiassa puuskaisuutena, joka voi tulla yllätyksenä korkean rakennuksen vieressä kulkevalle. Korkealla maapinnasta sijaitsevat kannet, sillat ja piha-alueet ovat luonnostaan tuulisia johtuen siitä, että tuulennopeudet kasvavat ylöspäin mentäessä maan ja ilmavirtauksen välisen kitkan johdosta.

Tuulisuuden merkityksen arvioimiseksi tuulisuus voidaan esittää lukuarvona, joka kuvaa keskimääräisen ajan, jolla tietyn tuulennopeuden raja-arvo ylittyy. Tuulennopeuksien tarkastelu tehdään katutasossa; tarkoittaen tuulisuusmalleissa korkeutta 1,5...2,0 m alla olevasta jalankulkutasosta laskettuna.

Tuulisuuden yleinen määrittäysperiaate sekä tuulisuuteen liittyviä kriteerejä ja vaikutuksia on käsitelty tarkemmin liitteissä 1 ja 2 sekä lähteessä [1].

Suomessa tuulisuuden suhteen tarkasteltuja tai tarkasteltavia rakennushankkeita on ollut, ja on, mm. Helsingissä, Espoossa, Vantaalla, Tampereella ja Oulussa. Tuulisuus on mainittu Espoon korkean rakentamisen periaatteissa [2]. Sen mukaan yli 12-kerroksisen rakennuksen rakennuslupahakemuksen yhteydessä tulisi Espoossa aina esittää tuulitarkastelu, jonka perusteella voidaan arvioida vaikutukset lähialueen mikroilmastoon. Kuvassa 2 on esitetty Konsultin aikaisempia pääkaupunkiseudun tuulisuusselvitysten kohteita. Aikaisemmin tutkittujen kohteiden tuloksia voidaan käyttää vertailuaineistona tulosten ohjeellisessa tulkinnassa.



Tuulitunnelikokeilla tutkitut referenssikohteet (tutkimuksen vuosi suluissa):

1. Keski-Pasila (2004, 2010)
2. Jätkäsaari (2007)
3. Hernesaari (2012)
4. Kalastaman keskus (2011, 2012, 2015)
5. Kaupunkikeskus Tapiola (2014)

Ilman kohteen tuulitunnelikokeita tehdyt tutkimukset:

6...17.

Kuva 2: Aikaisemmin tuulisuuden suhteen tutkittuja pääkaupunkiseudun kohteita tämän raportin kohde ympyröitynä. Kuva muokattu Espoon kaupungin kartta-aineistoon.

Tässä raportissa esitetään laskentapohjainen tuulisuustarkastelu. Se asettuu luotettavuudeltaan ja tarkkuudeltaan asiatusintajalausunnon ja tuulitunnelikokeen avulla tehdyn varsinaisen tuulisuuskartoituksen välille. Tarkastelun pääasiallisena tavoitteena on selvittää tuulisuuskysymysten merkittävyys suunnittelun ja kaavoituksen tavoitteiden suhteen. Jos tuulisuuden vaikutusten merkittävyys jää suhteellisen vähäiseksi siten, ettei kaavamääräyksiä tai tarkempia tutkimuksia ole tarve suositella; ja rakennuslupaa haetaan tuulisuusvaikutusten suhteen raportin mukaisella suunnitelmalla; on tämä raportti tarkoitettu kattamaan myös rakennuslupavaiheen tuulisuuden selvitystarve.

Kivenlahdessa sijaitsee entuudestaan kolme ympäristöään selvästi korkeampaa rakennusta, joidenka kerrosluvut ovat 16, 18 ja 22. Lisäksi ulkoilureittejä sijaitsee aivan rantaviivassa. Alueen asukkaat ovat oletettavasti jossain määrin tottuneet tuulisuuden vaikutuksiin ja korkean rakentamisen aiheuttamaan tuulisuusliisään.

Alueen tuulisuus koostuu yleisesti sääoloihin ja kohteen sijaintiin liittyvästä perustuulisuudesta sekä rakennusten ja maaston paikallisista vaikutuksista.

Perustuulisuuden osalta tärkeä yksittäinen tekijä on kohdealueen etäisyys merenrannasta ja avomerestä suhteessa korkeimpien rakennusten korkeuteen. Rannikon läheisyydessä mereltä päin puhaltavilla tuulilla on tavanomaisesti suurin merkitys tuulisuuden numeroarvoihin. Tuulen ollessa meren suunnalta merialueiden kovat tuulennopeudet vaikuttavat lähes vaimentumattomina mantereen päällä tietystä korkeudesta ylöspäin, missä korkeus on verrannollinen etäisyyteen merenrannasta. Korkeat rakennukset voivat rannikon läheisyydessä kääntää näitä vaimentumattomia tuulia katutasoon, jolloin korkeasta rakentamisesta aiheutuva lisä tuulisuuteen voi olla erityisen merkittävä. Paitsi rakennuksen korkeus, myös julkisivun leveys vaikuttaa syntyvään tuulisuuden lisään.

Tuulisuuden vaikutuksia voidaan tarkastella kahden tasoissa: viihtyvyyteen ja turvallisuuteen liittyvinä. Turvallisuuteen liittyvät vaikutukset liittyvät koviin puuskatuuliin katutasossa, ja niitä varten Konsultti on aikaisemmissa selvityksissä määrittänyt esiintymistodennäköisyyksiä raja-arvoille 16 m/s puuskatuuli katutasossa – tavoitteellinen kävely vaikeaa; ja 23 m/s puuskatuuli katutasossa – vaarallisen kova tuuli (liite 1). Turvallisuuskysymystä voidaan ajatella myös esteettömyyskysymyksenä. Esimerkiksi rakennukseen pitäisi pystyä kävelemään turvallisesti kaikissa olosuhteissa. Turvallisuuskysymykset ovat suhteellisen helposti luokiteltavissa ja niihin voidaan suositella tarvittaessa puuttuvaksi kaavoitusmääräyksissä tai rakennusluvassa.

Viihtyvyystekijät ovat pitkälti subjektiivisia, ja niihin vaikuttavat monet tekijät mukaan lukien asukkaiden tottumus, toiminto mitä ollaan tekemässä ja suunnitelman eri alueiden tavoiteltu laatutaso tuulisuuden suhteen. Yleisesti korkeiden rakennusten tuulisuutta lisäävä vaikutus on ollut kaupunkilaisten huomion kohteena niin pitkään kuin niitä on rakennettu, eli noin 1900-luvun alusta (liite 2). Edes modernit tuulisuuden suunnittelumenetelmät tuulitunnelikokeineen ja tuulisuuskriteerien käyttö eivät täysin sulje pois kielteisen huomion mahdollisuutta.

Suomen oloissa alhaisessa lämpötilassa pienemmätkin tuulennopeudet voivat tuntua kasvoissa epä-mukavilta tuulen ja pakkasen yhteisvaikutuksen, pakkasen purevuuden, johdosta. Viihtyvyystekijän kannalta yksi kaavoituksen näkökulma voi olla, kuinka paljon uusien korkeiden rakennusten annetaan lisätä tärkeinä pidettyjen olemassa olevien julkisten alueiden tuulisuutta. Tässä suhteessa kohteen itäinen tornitalo on keskeisempi tarkastelukohde, koska se sijaitsee mm. Kivenlahdentorin ja metron kulkureittien läheisyydessä.

Perustuulisuuden taso on Suomessa suhteellisen alhainen verrattuna moneen muuhun maahan. Kansainvälisesti kaupungeissa, joissa äärimmäisen kovia tuulia esiintyy useammin, voidaan joutua poikkeuksellisiin ratkaisuihin turvallisuuden takaamiseksi. Esimerkiksi korkeiden rakennusten ulkovieia tai niiden vieressä olevia katuosuuksia voidaan joutua sulkemaan tilapäisesti käytöltä myrskyjen yhteydessä. Suomessa pääkaupunkiseudulla myrskylukemiin (≥ 21 m/s keskituuli 10 m korkeus) yltäviä keskituulia mitataan lähisaarten säämittauspisteissä ainoastaan noin kerran vuodessa. Mante-reella tuulen keskinopeudet ovat huomattavasti pienempiä, esim. Helsinki-Vantaan lentokentällä, avoimessa maastossa, vuotuiset keskituulennopeuden maksimit ovat n. 15 m/s.

Yhteenvetona Konsultin suorittamista pääkaupunkiseudun tuulisuuskartoituksista tuulisuudella voi olla kaavamääräystasoista vaikutusta pääasiassa silloin, kun

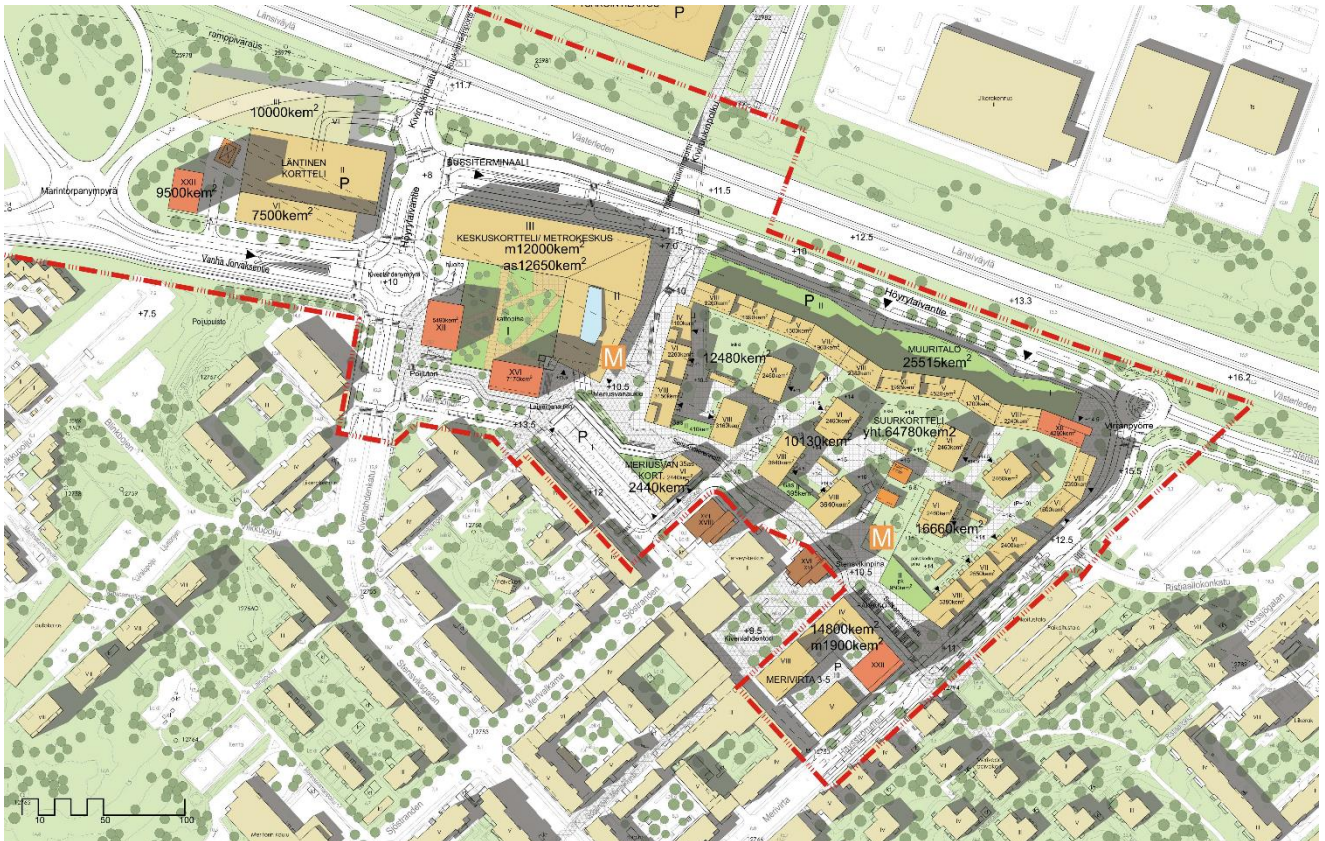
- tarkastelupiste on laajalta sektorilta avoin mereltä puhaltaville tuulille (esim. saaret ja niemet)
- korkeaa rakentamista on lähellä merta
- jalankulkutaso on korkealla (pihakannet, sillat ja kattoterassit).

2. Lähtötiedot

2.1 Kohteen suunnitelma

Kohteen suunnitelmaa on havainnollistettu kuvissa 3...7. Kohteen pohjoisen puoleiset rakennusmas-
sat toimivat melusuojana Länsiväylälle. Ne suojaavat pihoja myös pohjoisesta ja koillisesta puhalta-
vilta tuulilta. Keskuskorttelin kattopiha (kuva 6b) sijoittuu 1. kerroksen katolle, ja sen korkeus on n. 6
m maanpinnasta lukien. Itäisen tornin (Merivirta 3-5) kattopiha (kuva 6b) sijaitsee koreammalta osal-
taan n. 9 m maanpinnan yläpuolella.

Kohteen korkeimpien rakennusten pohja on suorakaiteen muotoinen. Kahden korkeimman tornin (22
kerrosta) pohjan leveämpi sivumitta on suuruusluokaltaan 25 m. Tornien korkeus lasketaan tässä ra-
portissa olettaen kerroksen korkeudeksi 3,0 m, jolloin korkeus = 66 m. Lähteen [1] mukaisesti arvioi-
tuna tornien tuulisuutta lisäävä vaikutus ulottuu tällöin enimmillään 100 m päähän tornin julkisivusta.



Kuva 3: Asemapiirustus (kuva HKP Arkkitehtitoimisto).

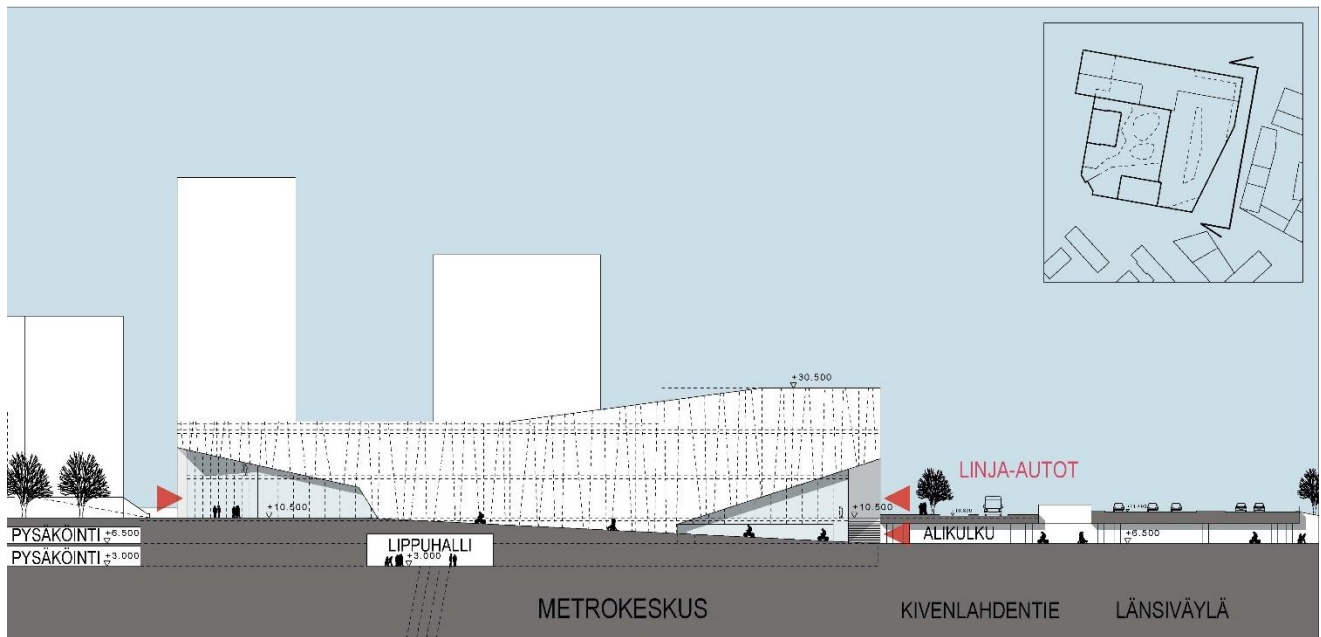
a)



b)



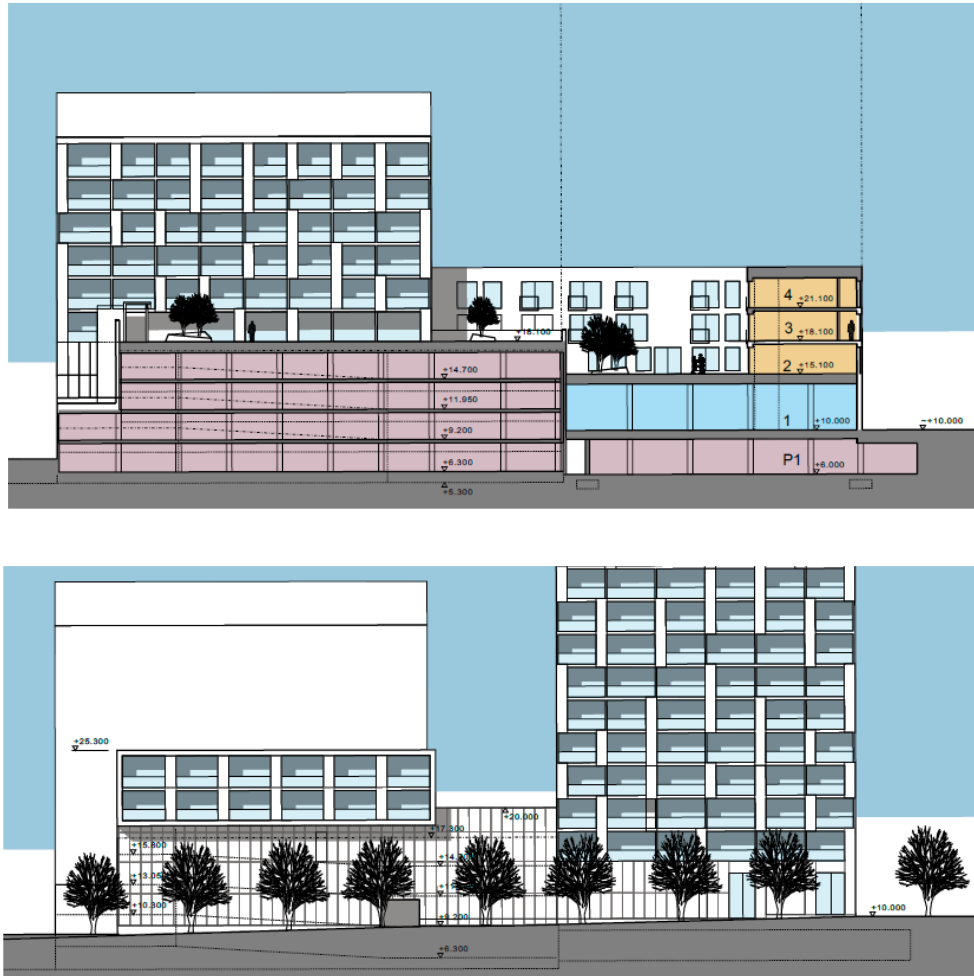
Kuva 4: Näkymä a) etelästä ja b) lännestä (kuva HKP Arkkitehtitoimisto).



Kuva 5: Keskuskorttelin projektio (kuva HKP Arkkitehtitoimisto).



Kuva 6a: Keskuskorttelin kansipiha (kuva Sito Oy).



Kuva 6b: Merivirta 3-5 kansipiha, leikkaukset (kuvat HKP Arkkitehtitoimisto).

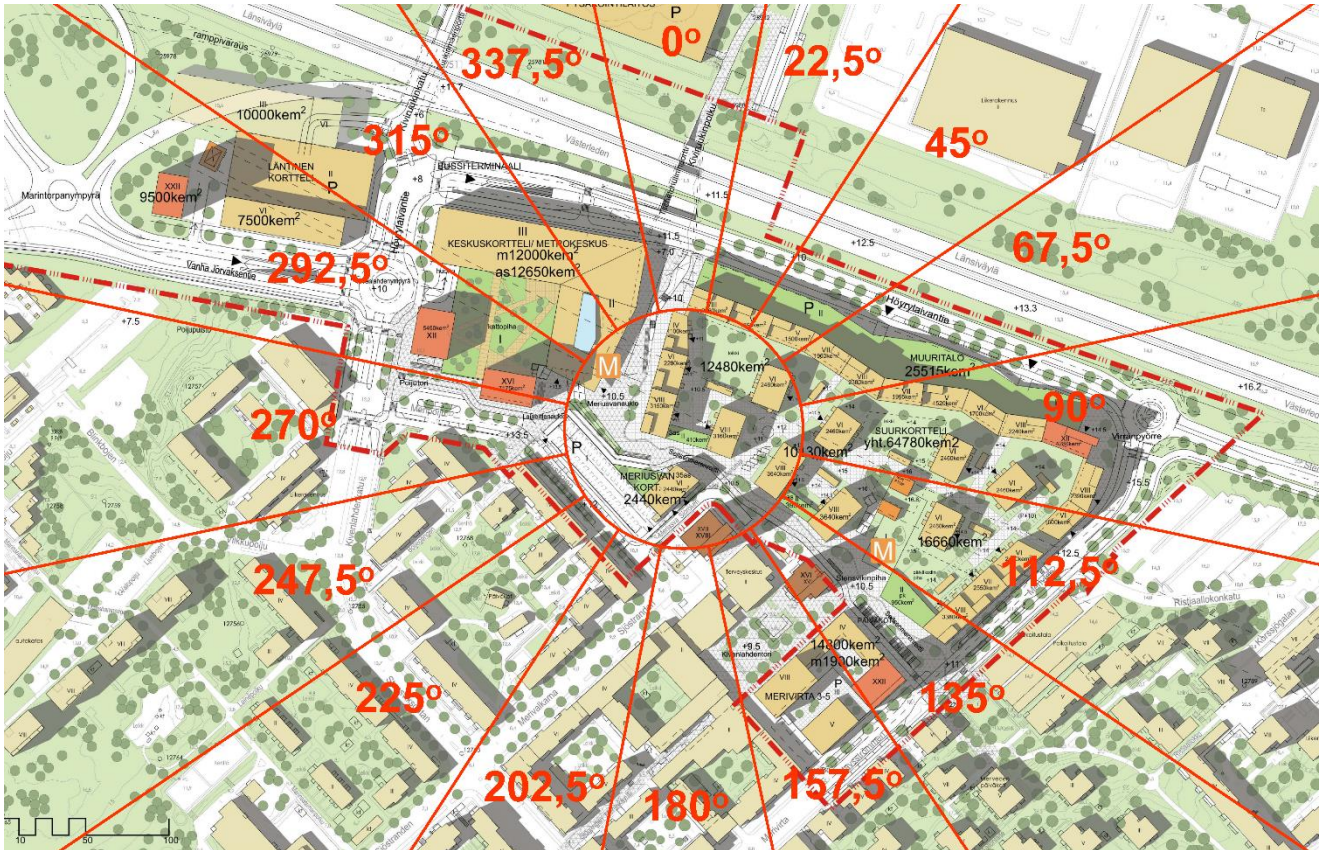


Kuva 7: Näkymä Keskuskorttelista nykyisten tornitalojen suuntaan (kuva HKP Arkkitehtitoimisto).

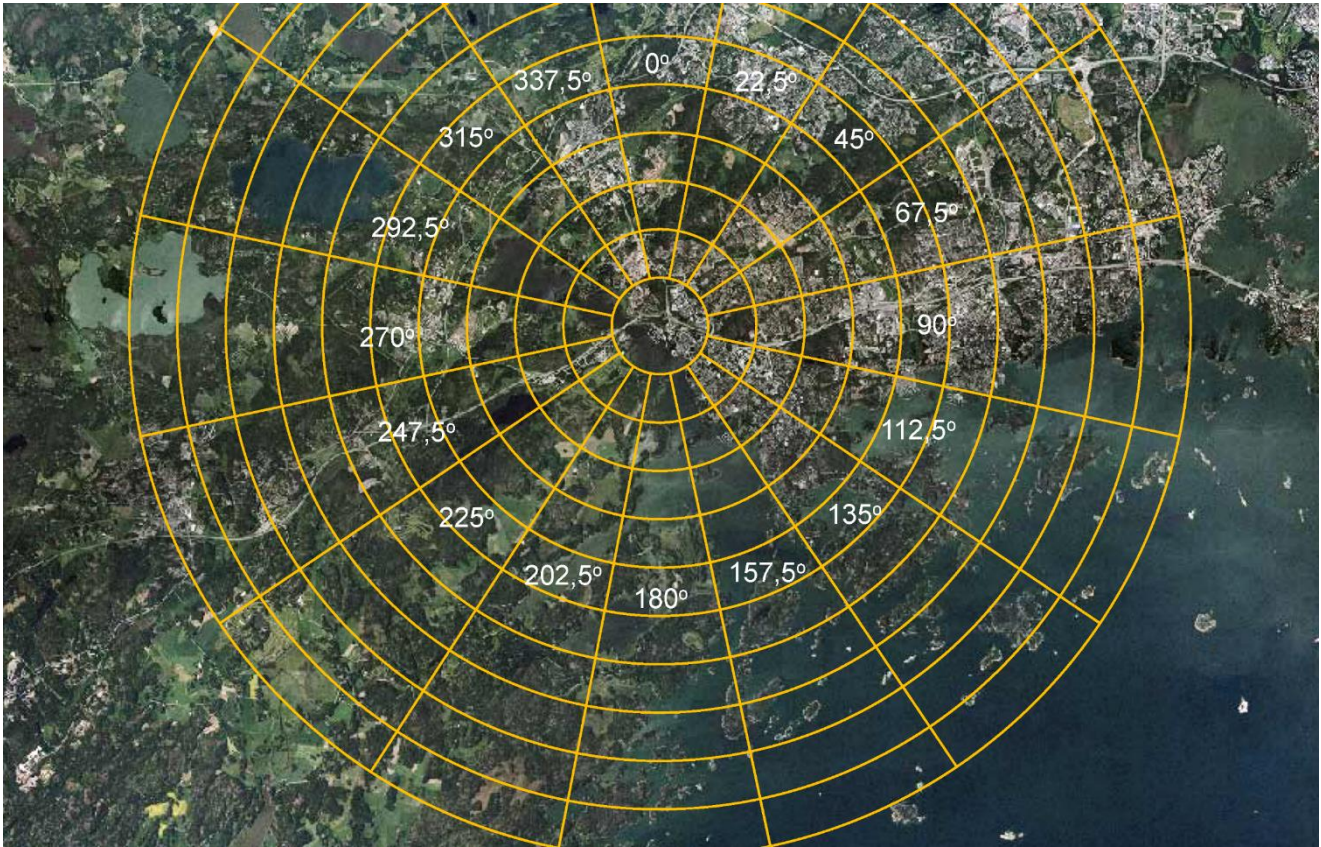
3. Laskentamenetelmä ja määrittelyt

3.1 Tuulensuuntien koordinaatisto

Tuulen suuntakulmien sektorit on esitetty kuvissa 8 ja 9.



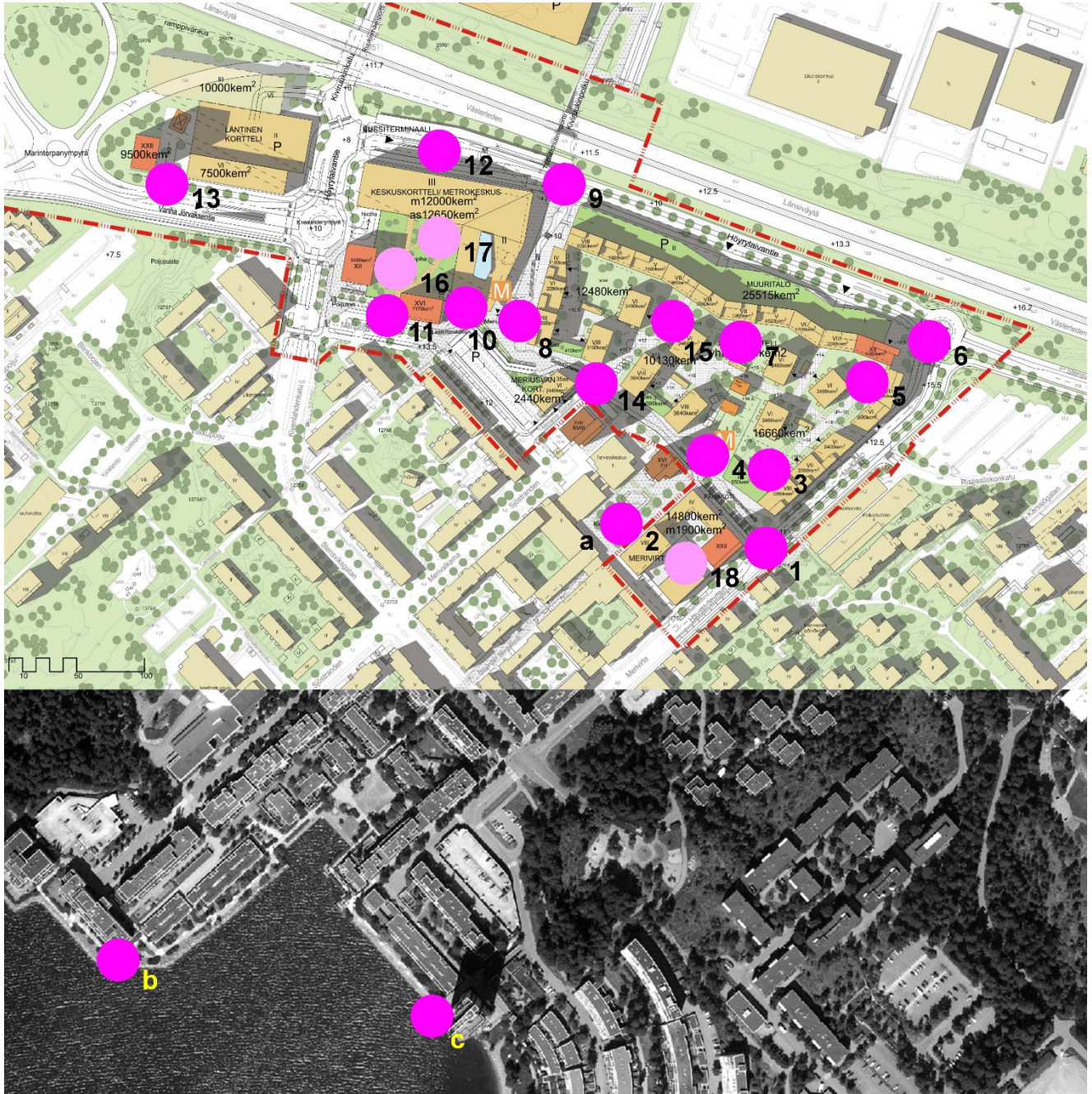
Kuva 8: Tuulensuuntien sektorit kohteessa (kuva muokattu HKP Arkkitehdit aineistosta).



Kuva 9: Tuulen suuntia vastaavat sektorit maaston karheusluokan muutosanalyysiin (kuva muokattu Helsingin kaupungin kartta-aineistosta); ruudukon kehien väli = 500 m.

3.2 Tuulisuuden tarkastelupisteet

Tuulisuuden arviointiin on valittu kuvan 10 mukaiset pisteet. Pisteet on sijoitettu alueiden suunniteltujen toiminnallisuuksien kannalta keskeisiin kohtiin. Pisteiden sijainti on lisäksi valittu siten, että niissä tuulisuus on rakennusten vaikutusten yms. tekijöiden johdosta oletettavasti maksimissaan.



Kuva 10: Tuulisuuden laskentapisteet (kuva muokattu HKP Arkkitehdit ja Espoon kaupungin aineistosta). Tummemmalla värillä esitetyt pisteet sijaitsevat luonnollisen maanpinnan tasolla, ja vaaleammalla värillä esitetyt pisteet pihakannella. Pienillä kirjaimilla merkityt pisteet (a, b ja c) tarkoittavat Kivenlahden nykytilan tarkastelupisteistä.

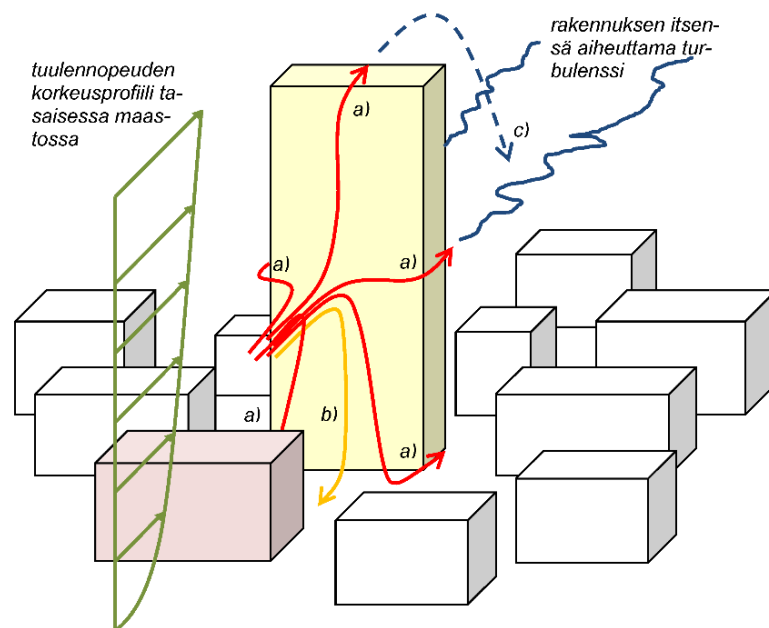
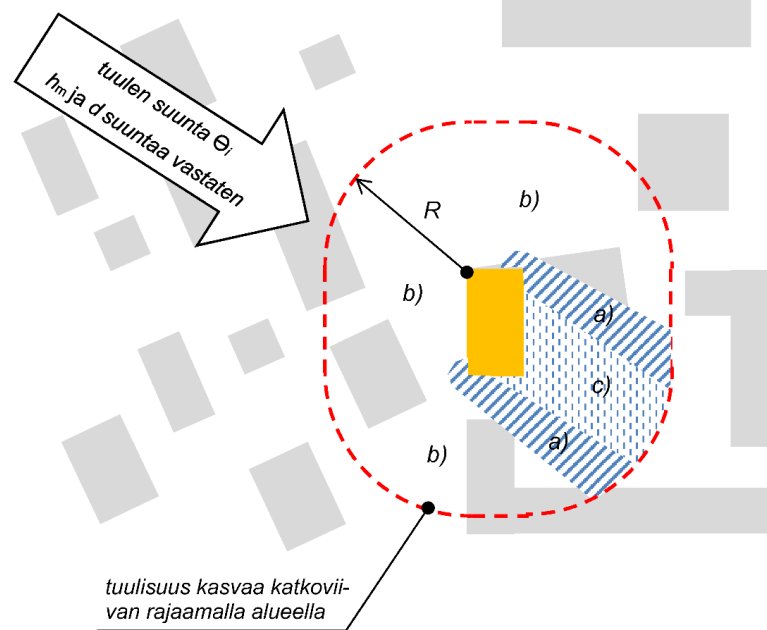
3.3 Tuulisuuden laskentamenetelmä

Tuulisuuden laskenta/arviointi on tehty lähteen [1] mukaisella menetelmällä, joka perustuu kohdealueen perustuulisuuden laskentaan (ilman rakennusten paikallisia vaikutuksia) ja suunnitelman mukaisen rakennusten (tai suunnitelmamuutosten) vaikutusten laskentaan, kun käytössä on viitekohteiden tuulitunnelikoetuloksia.

Huomioon otettavia tekijöitä ovat erityisesti

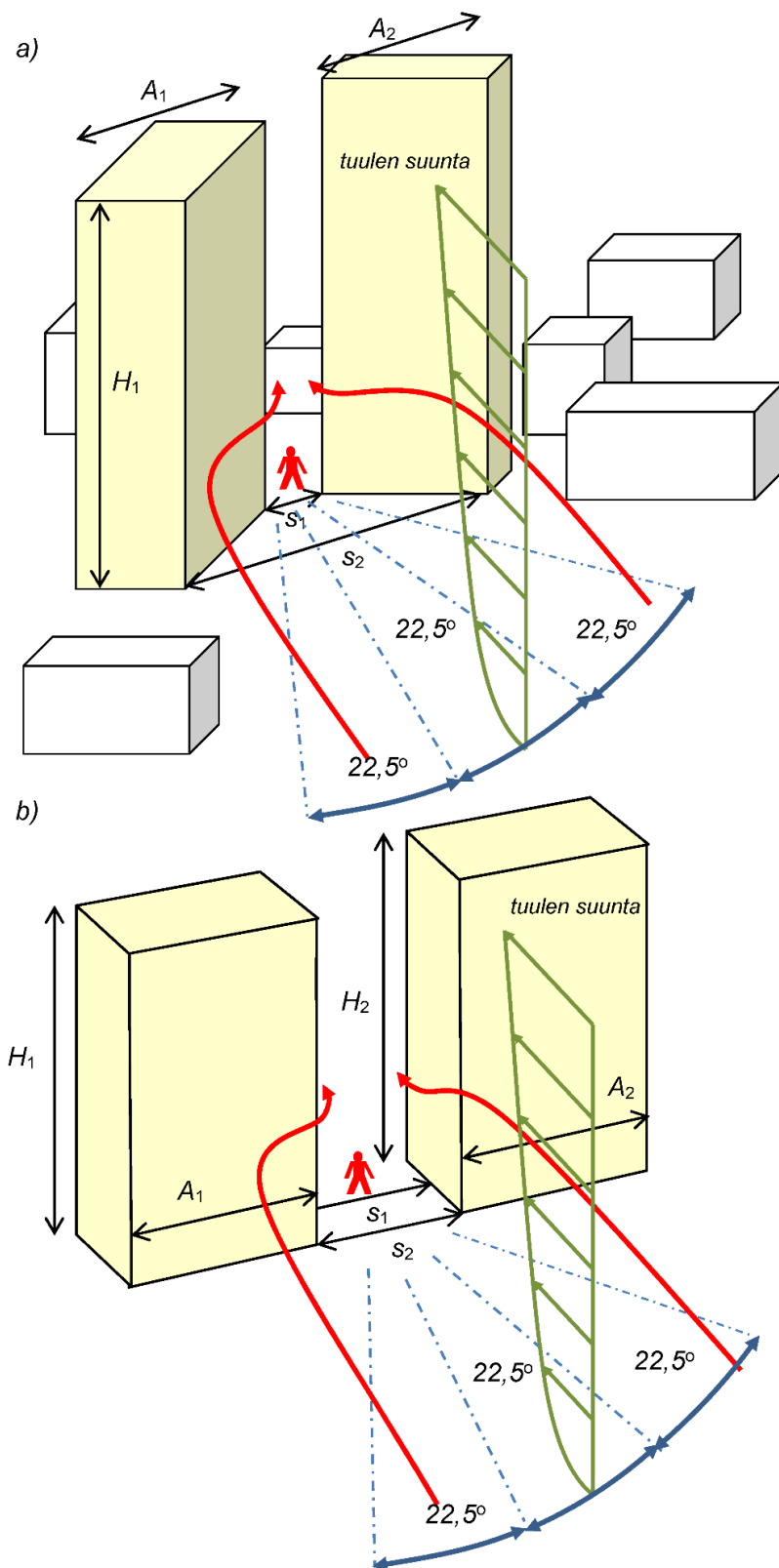
- korkean rakennuksen vaikutus tai sen korkeuden muutoksen vaikutus (kuva 11)
- kahden lähekkäisen rakennuksen aiheuttama kanavointivaikutus (kuva 12).

Perustuulisuus lasketaan maaston karheusluokan muutosanalyysin perusteella paikallisen sääaseman tuulitilastosta. Keskituulet oletetaan Weibull-jakaantuneiksi, jossa jakauman parametrit määritetään käyrän sovituksella tuulitilastoon tuulen suunnittain (liite 1). Käytetty tuulitilasto on Ilmatieteenlaitoksen Harmajan sääaseman tulokset 10 v.



- kulman kautta kiertävä virtaus, joka voi aiheuttaa kovan ja vähäturbulentti-sen virtauksen tornin kulman kohdalle. Tämä virtaus voi edelleen osua esim. katutasoon, pihakannelle, kattopihalle tai kattoterassille. Tämä meka-nismi oletetaan määräväksi kun tarkastelupiste on tuulen suunnassa kul-man takana
- julkisivua alaspäin kulkeva virtaus, joka voi lisätä tuulisuutta tuulen puolei-sen julkisivun ja ulko-ovien edessä erityisesti silloin, kun rakennuksen le-veys on suuri. Koska virtaus kääntyy katutasossa päävirtausta vastaan, voi katutason tuulennopeus olla suurempi jos tuulen puolella on matalampi ra-kennus joka edesauttaa pyörteen syntymistä
- rakennuksen itsensä aiheuttama turbulenssi, ja sen yleinen katutason puuskatuulia lisäävä vaikutus. Tämä mekanismi oletetaan määräväksi kun tarkastelupiste on tuulen alapuolella tornista katsoen.

Kuva 11: Ympäristöään selvästi korkeamman rakennuksen tuulisuutta lisäävä vaikutus lähteen [1] laskentamalleissa.



Kuva 12: Kahden rakennuksen aiheuttama kanavointi lähteen [1] laskentamalleissa a) virtauksen kuristuksen kanssa ($s_2 > s_1$), ja b) ilman virtauksen kuristusta ($s_2 = s_1$).

3.4 Käytetyt tuulisuuskriteerit

Tässä raportissa on käytetty samoja tuulisuuskriteereitä (rajatuulennopeuksia katutasossa, toiminnallisia luokkia ja ylittävien tuulien esiintymisaikaa) kuin Konsultin aikaisemmissa tutkimuksissa. Nämä on esitetty taulukossa 1 ja liitteessä 1.

Taulukko 1: Konsultin Suomen kohteissa käyttämät tuulisuuskriteerit

Nimi	Kuvaus	Vaikutus
M tunnin keski- tuuli > 5 m/s	Tuulisuutta kuvaava yleinen kriteeri, joka soveltuu käytettäväksi, kun tuulen puuskaisuudella ei ole erityistä merkitystä. Kriteerillä voidaan myös kuvata uuden rakennuksen aiheuttamaa kokonaismuutosta tuulisuudessa, eli kuinka paljon tuulisuus muuttuu uuden rakennuksen johdosta. Jos tuulia esiintyy ≥ 5 % ajasta, on tuulisuudella oletettavasti merkitystä.	viihtyvyys
A puuskatuuli > 10 m/s (kesä- kausi)	Istuminen pitkiä aikoja; makaaminen; terassit ja kahvilat; ulkoil-mateatterit; uima-altaat. Toiminnot ovat epäviihtyisiä, kun tuulia esiintyy kerran kesäkau-della (huhtikuu-syyskuu) tai useammin, $\geq 2,2$ h * ($\geq 0,05$ % kesä- kauden tunneista).	viihtyvyys
B puuskatuuli > 13 m/s (kesä- kausi)	Istuminen pitkiä aikoja; makaaminen; terassit ja kahvilat; ulkoil-mateatterit; uima-altaat. Toiminnot ovat epäviihtyisiä, kun tuulia esiintyy kerran kesäkau-della (huhtikuu-syyskuu) tai useammin, $\geq 2,2$ h * ($\geq 0,05$ % ajasta).	viihtyvyys
C puuskatuuli > 16 m/s (koko vuosi)	Kävely yleisesti; rakennuksiin sisälle meno ja niistä poistuminen. Toiminnot ovat epäviihtyisiä tai vaarallisia, kun tuulia esiintyy kerran vuodessa tai useammin $\geq 2,2$ h * ($\geq 0,025$ % ajasta).	esteettö-myys, turval-lisuus
D puuskatuuli > 23 m/s (koko vuosi)	Vaarallisen kova tuuli toiminnosta riippumatta. Tuulisuus on ei-hyväksyttävä, kun tuulia esiintyy kerran vuo-dessa tai useammin $\geq 2,2$ h * ($\geq 0,05$ % ajasta).	turvallisuus

* sellaisten keskituulien osuus ajasta, joissa tuulennopeus voi puuskissa ylittää raja-arvon. Taulu-kon tuulennopeuden raja-arvot on annettu katutasossa, eli 1,5...2,0 m korkeudessa tarkastelupis-teen alla olevasta maanpinnasta lukien.

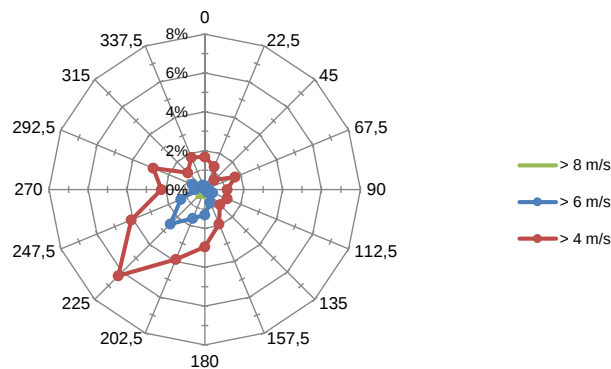
4 Tulokset

4.1 Kohdealueen perustuulisuus

Kohdealueen perustuulisuus on määritetty 15 m korkeudessa vastaten tuulitilaston mittauspisteen korkeutta. Maasto on kumpuilevaa siten, että lounaan suunnassa se nousee n. 20 m kahdensadanmetrin matkalla. Tämän vaikutus on laskettu lähteen [3] mallilla. Vaikutus on suhteellisen pieni, suurimmillaan noin 1 %. Perustuulisuuden laskenta on esitetty liitteessä 3. Yksityiskohtaiset laskentatulokset on esitetty liitteessä 4. Tuloksia on havainnollistettu kuvissa 13 ja 14.

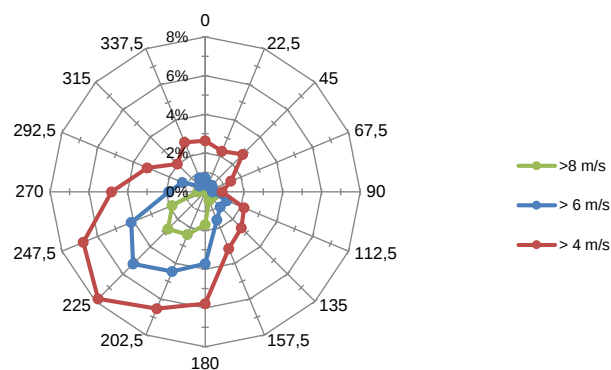
Kesäkausi: keskituulien esiintyminen kohdealueessa (% ajasta; 15 m korkeus)

kesäkausi = huhtikuu...syyskuu

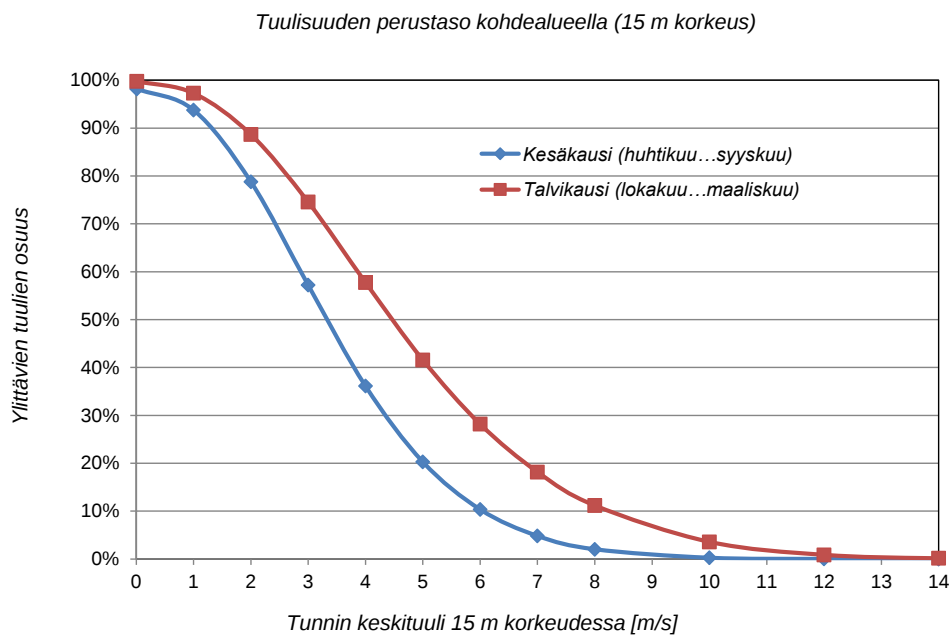


Talvikausi: keskituulien esiintyminen (% ajasta; 15 m korkeus)

talvikausi = lokakuu...maaliskuu



Kuva 13: Perustuulisuus kohdealueessa tuulen suunnittain (arvot ovat tunnin keskituulia 15 korkeudessa).

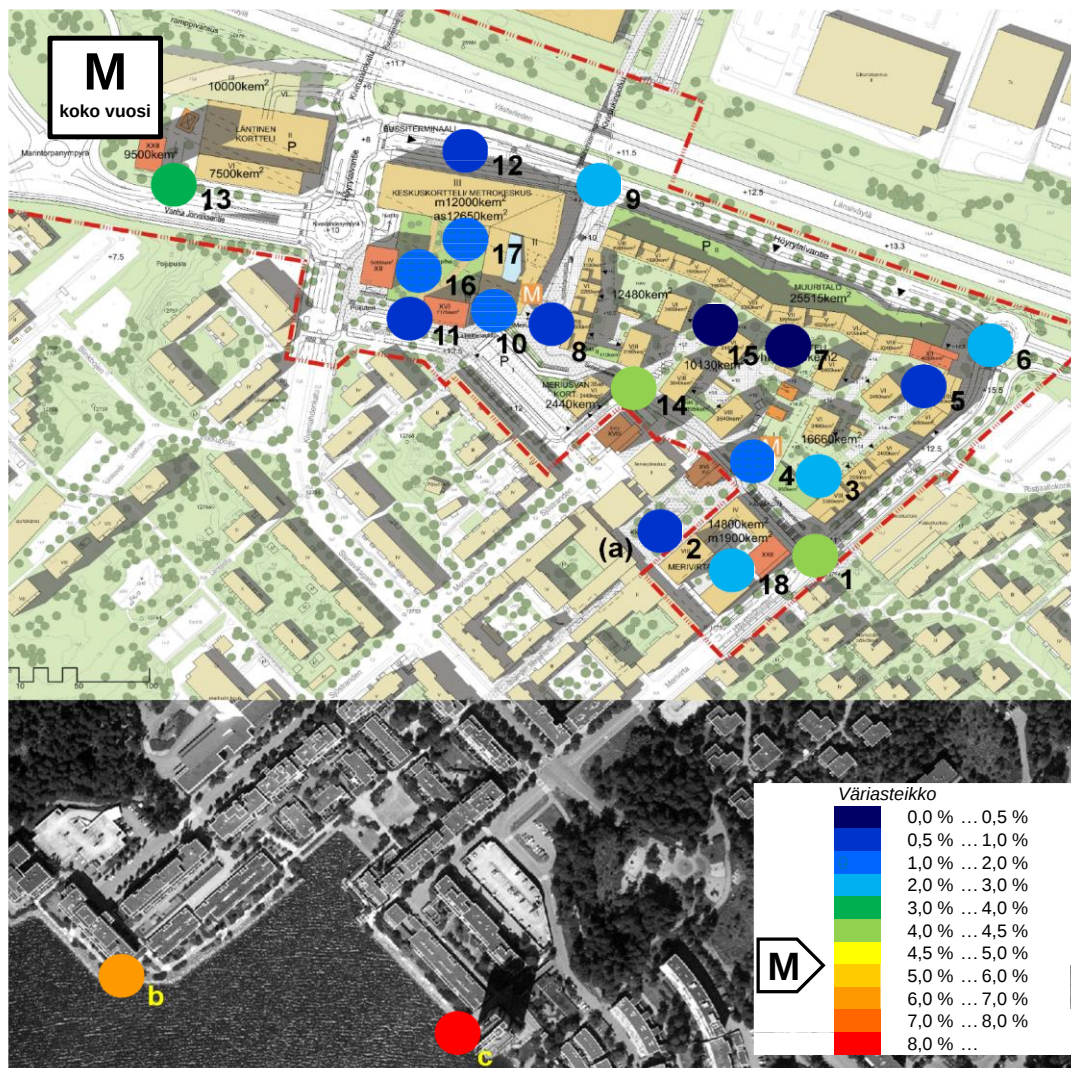


Kuva 14: Perustuulisuus kohdealueella summana kaikista tuulensuunnista.

4.2 Tuulisuus tarkastelupisteissä

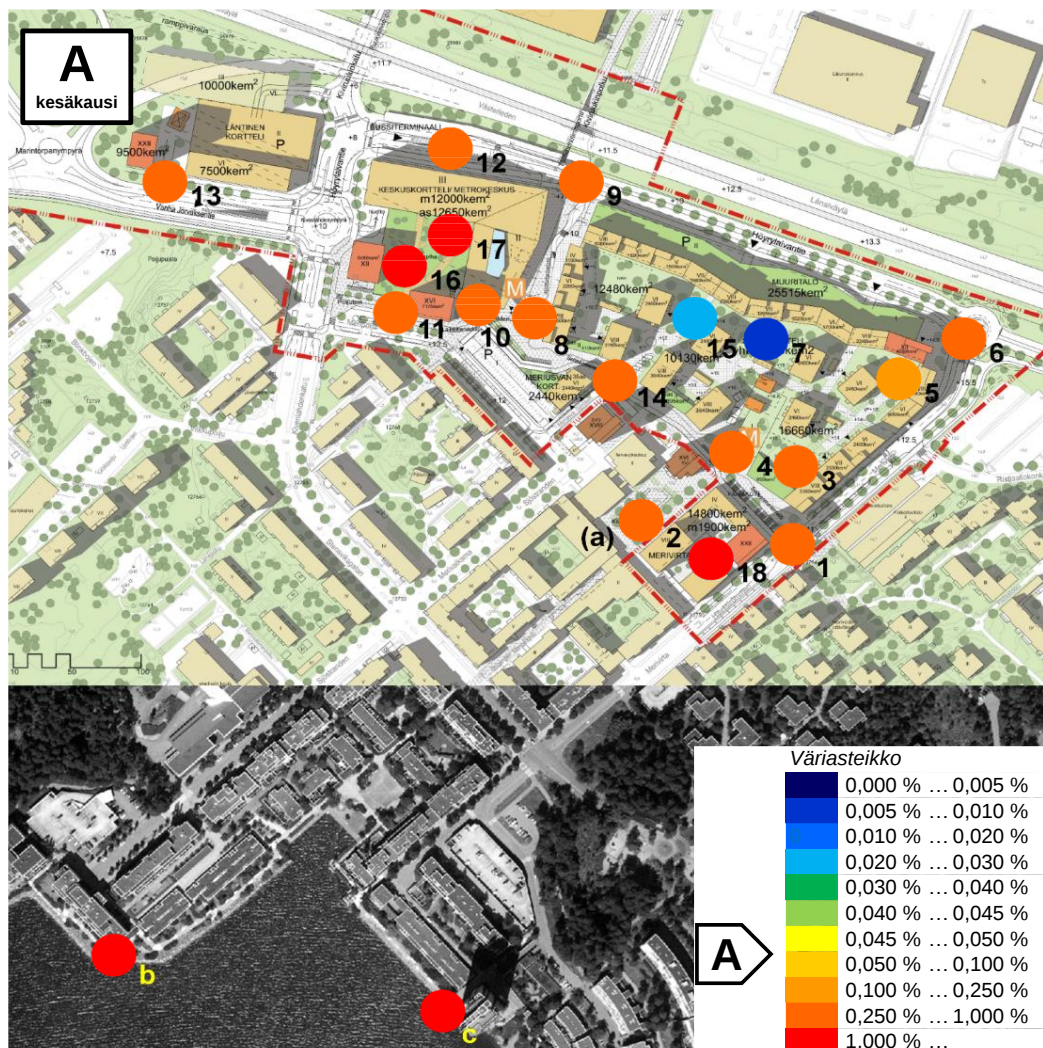
Tuloksista on esitetty kuvissa 15...19. Näiden kuvien väriasteikoissa kirjaintunnuksella varustettu nuoli osoittaa kriteeriä vastaavan tuulen toistumisen raja-arvon. Kivenlahdentorin osalta (pisteet 2 ja a) nykytilan tulos (piste a) on esitetty ainoastaan kuvien 15...19 taulukoissa.

Tuulisuuden kertymistä eri tuulensuunnan sektoreista on havainnollistettu liitteessä 5.



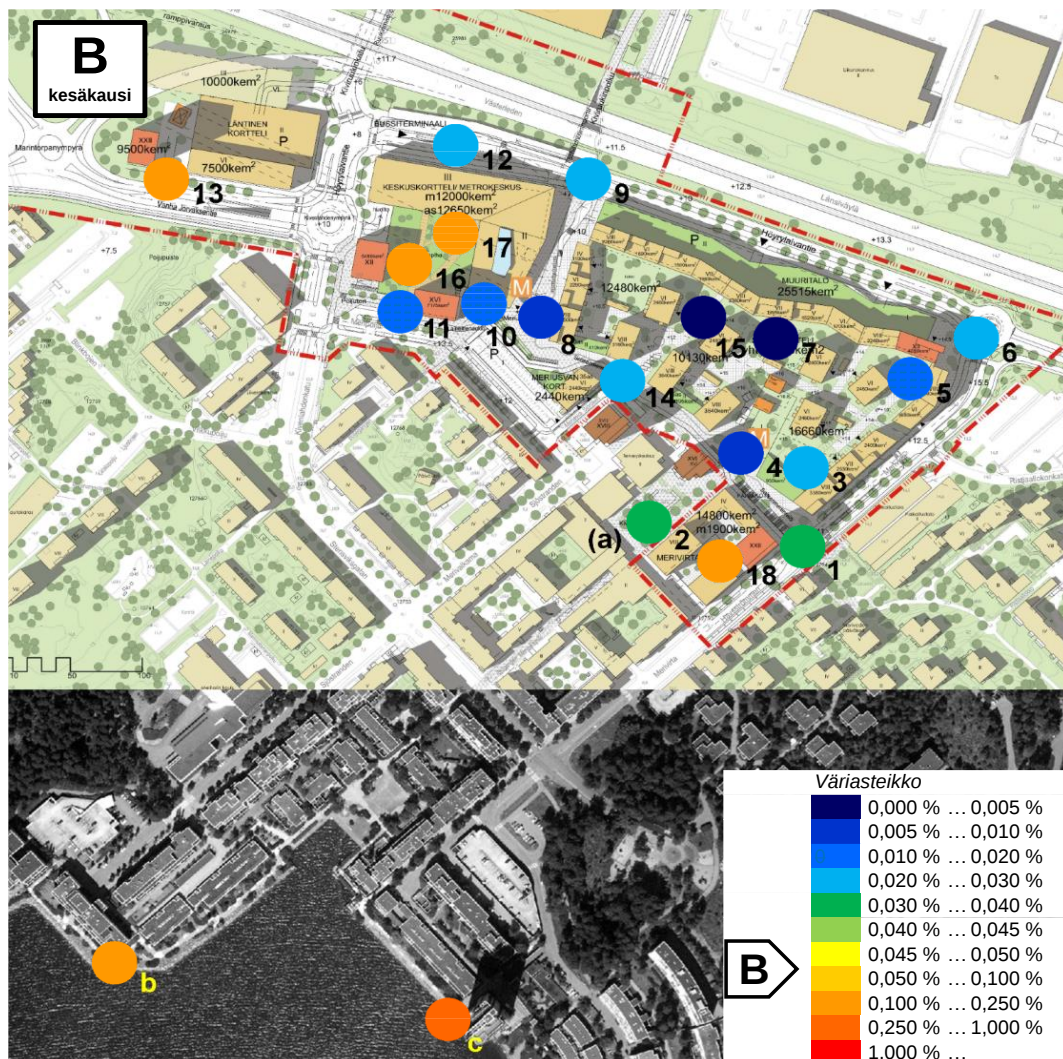
Tunnin keskituuli > 5 m/s									
Piste		M Koko vuosi				Kesäkausi			
		% ajasta	h/vuosi	h/kk	h/vk	% ajasta*	h	h/kk	h/vk
1		4,4 %	385	32	7	1,4 %	61,3	10,2	2,4
2		1,0 %	86	7	2	0,3 %	14,0	2,3	0,5
3		2,0 %	178	15	3	0,7 %	30,5	5,1	1,2
4		1,2 %	103	9	2	0,1 %	6,0	1,0	0,2
5		0,8 %	71	6	1	0,2 %	7,7	1,3	0,3
6		2,1 %	182	15	4	0,7 %	30,9	5,2	1,2
7		0,0 %	1	0	0	0,0 %	0,0	0,0	0,0
8		0,6 %	56	5	1	0,1 %	4,5	0,8	0,2
9		2,1 %	182	15	4	0,8 %	34,6	5,8	1,3
10		1,5 %	128	11	2	0,2 %	7,4	1,2	0,3
11		0,8 %	68	6	1	0,1 %	5,6	0,9	0,2
12		0,5 %	46	4	1	0,1 %	4,4	0,7	0,2
13		3,5 %	309	26	6	1,3 %	58,9	9,8	2,3
14		4,5 %	392	33	8	1,8 %	77,6	12,9	3,0
15		0,0 %	1	0	0	0,0 %	0,0	0,0	0,0
16		1,4 %	120	10	2	0,2 %	7,5	1,2	0,3
17		1,3 %	116	10	2	0,3 %	14,8	2,5	0,6
18		2,1 %	188	16	4	0,5 %	20,6	3,4	0,8
a		0,4 %	36	3	1	0,1 %	5,6	0,9	0,2
b		6,7 %	583	49	11	2,9 %	125,4	20,9	4,8
c		10,9 %	951	79	18	5,4 %	236,5	39,4	9,1

Kuva 15: Tunnin keskituulien esiintyminen tarkastelupisteissä (M-kriteeri).



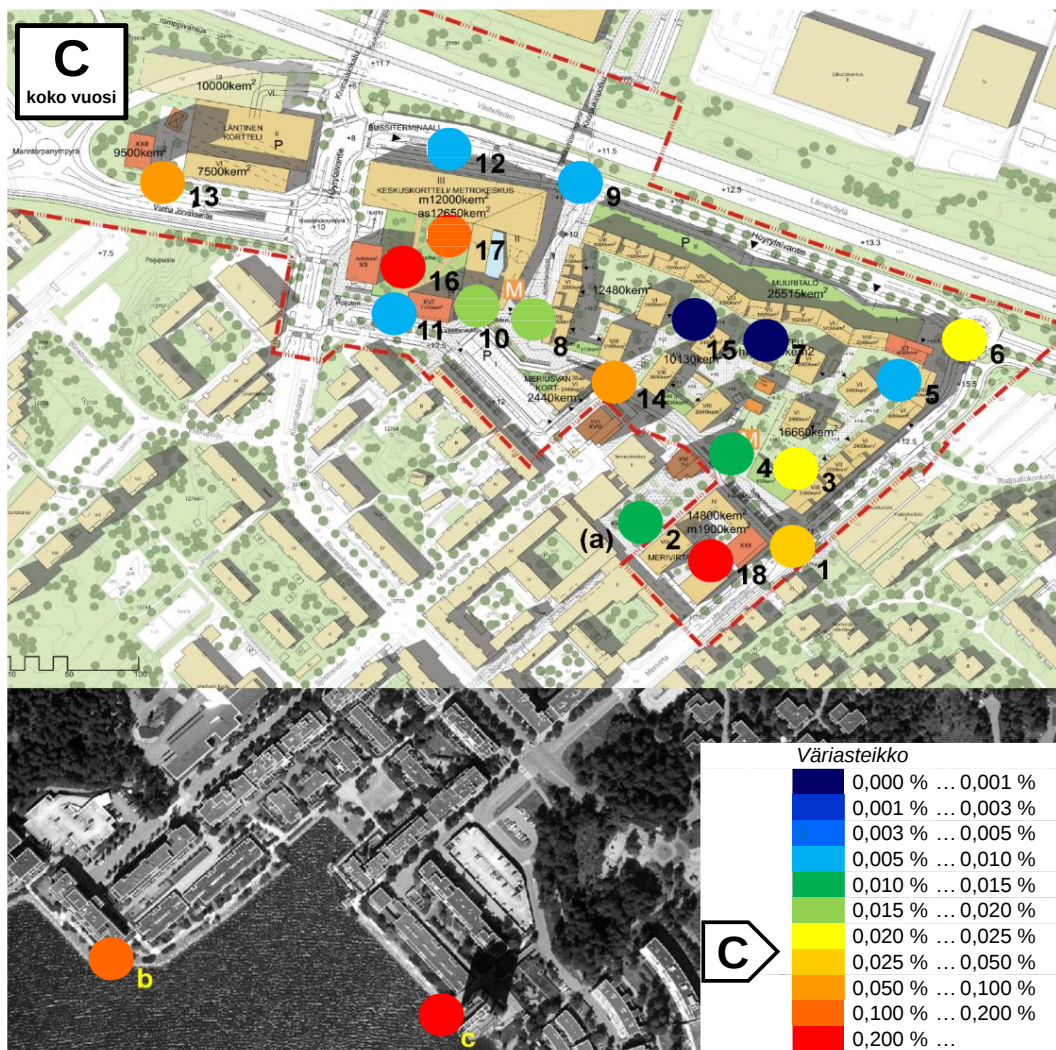
Puuskatuuli > 10 m/s									
Koko vuosi					A Kesäkausi				
Piste		% ajasta	h/vuosi	h/kk	h/vk	% ajasta*	h	h/kk	h/vk
1		3,0 %	267	22,3	5,1	0,70 %	30,7	5,1	1,2
2		2,3 %	205	17,1	3,9	0,59 %	26,0	4,3	1,0
3		2,3 %	204	17,0	3,9	0,49 %	21,4	3,6	0,8
4		2,1 %	183	15,3	3,5	0,32 %	13,8	2,3	0,5
5		1,2 %	104	8,6	2,0	0,23 %	10,2	1,7	0,4
6		2,3 %	205	17,1	3,9	0,49 %	21,5	3,6	0,8
7		0,1 %	11	0,9	0,2	0,01 %	0,4	0,1	0,0
8		1,9 %	162	13,5	3,1	0,26 %	11,4	1,9	0,4
9		1,7 %	148	12,3	2,8	0,43 %	18,6	3,1	0,7
10		2,6 %	227	18,9	4,4	0,45 %	19,5	3,3	0,8
11		1,3 %	114	9,5	2,2	0,26 %	11,3	1,9	0,4
12		1,5 %	133	11,1	2,6	0,36 %	15,8	2,6	0,6
13		2,8 %	247	20,6	4,8	0,96 %	42,1	7,0	1,6
14		2,9 %	255	21,3	4,9	0,67 %	29,3	4,9	1,1
15		0,2 %	21	1,7	0,4	0,02 %	1,0	0,2	0,0
16		5,7 %	496	41,3	9,5	1,96 %	85,8	14,3	3,3
17		4,3 %	376	31,3	7,2	1,40 %	61,5	10,3	2,4
18		6,7 %	586	48,9	11,3	2,38 %	104,3	17,4	4,0
a		1,9 %	165	13,7	3,2	0,42 %	18,4	3,1	0,7
b		4,4 %	388	32,3	7,5	1,36 %	59,4	9,9	2,3
c		8,6 %	749	62,4	14,4	3,43 %	150,4	25,1	5,8

Kuva 16: Puuskatuulien > 10 m/s esiintyminen tarkastelupisteissä (A-kriteeri).



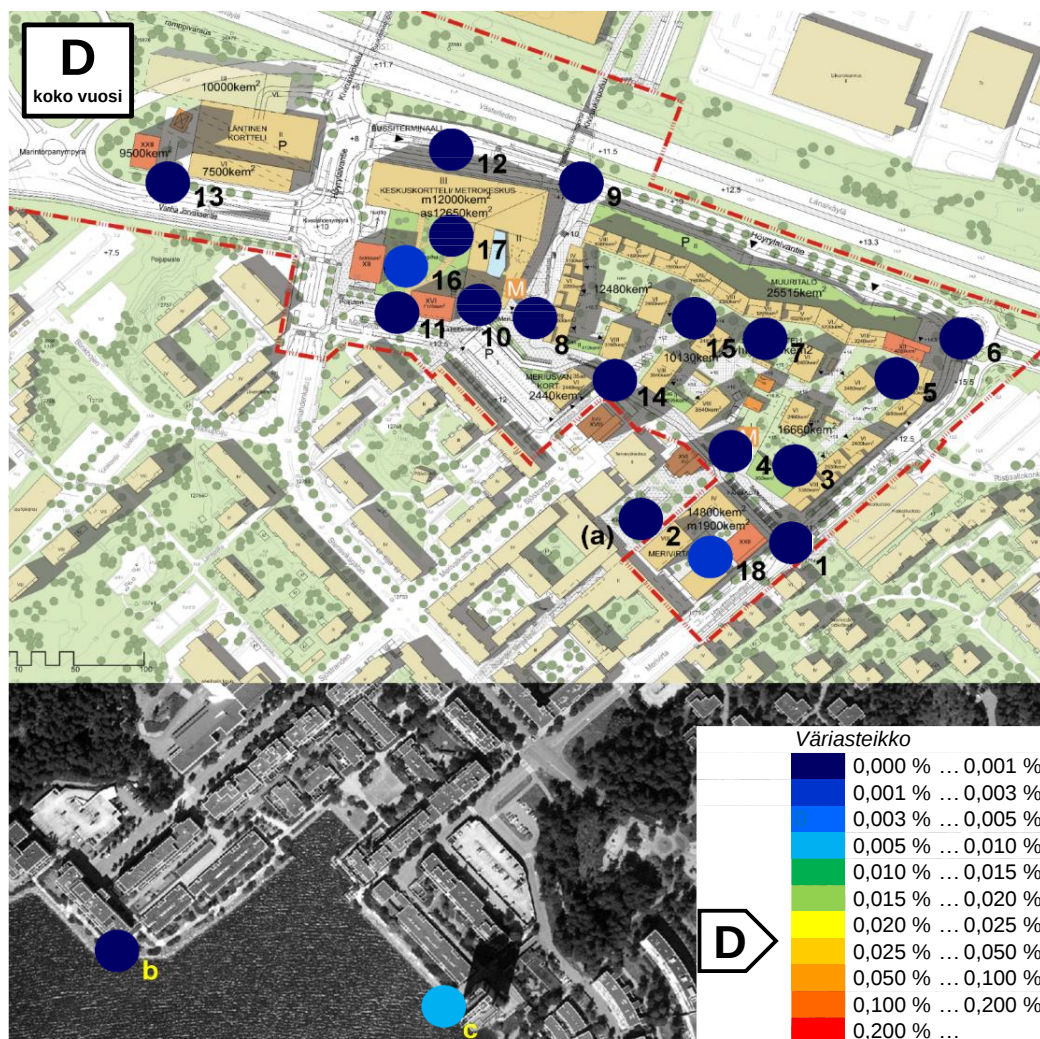
Puuskatuuli > 13 m/s					B Kesäkausi			
Piste	Koko vuosi				% ajasta*			
	% ajasta	h/vuosi	h/kk	h/vk	% ajasta*	h	h/kk	h/vk
1	0,4 %	37	3,1	0,7	0,04 %	1,7	0,3	0,1
2	0,2 %	21	1,8	0,4	0,03 %	1,5	0,2	0,1
3	0,3 %	25	2,1	0,5	0,03 %	1,2	0,2	0,0
4	0,2 %	19	1,6	0,4	0,01 %	0,4	0,1	0,0
5	0,1 %	10	0,8	0,2	0,01 %	0,5	0,1	0,0
6	0,3 %	25	2,1	0,5	0,03 %	1,2	0,2	0,0
7	0,0 %	0	0,0	0,0	0,00 %	0,0	0,0	0,0
8	0,2 %	21	1,7	0,4	0,01 %	0,2	0,0	0,0
9	0,2 %	14	1,2	0,3	0,03 %	1,1	0,2	0,0
10	0,3 %	23	1,9	0,4	0,02 %	0,7	0,1	0,0
11	0,1 %	11	0,9	0,2	0,01 %	0,6	0,1	0,0
12	0,2 %	14	1,2	0,3	0,03 %	1,2	0,2	0,0
13	0,5 %	44	3,6	0,8	0,12 %	5,4	0,9	0,2
14	0,5 %	43	3,6	0,8	0,02 %	1,1	0,2	0,0
15	0,0 %	1	0,0	0,0	0,00 %	0,0	0,0	0,0
16	1,5 %	133	11,1	2,6	0,19 %	8,2	1,4	0,3
17	0,9 %	82	6,8	1,6	0,13 %	5,8	1,0	0,2
18	1,8 %	158	13,2	3,0	0,25 %	10,8	1,8	0,4
a	0,2 %	17	1,4	0,3	0,02 %	0,8	0,1	0,0
b	1,0 %	88	7,4	1,7	0,15 %	6,7	1,1	0,3
c	2,7 %	234	19,5	4,5	0,48 %	21,1	3,5	0,8

Kuva 17: Puuskatuulien > 13 m/s esiintyminen tarkastelupisteissä ("B-kriteeri").



Puuskatuuli > 16 m/s								
Piste	C Koko vuosi				Kesäkausi			
	% ajasta	h/vuosi	h/kk	h/vk	% ajasta*	h	h/kk	h/vk
1	0,042 %	3,7	0,3	0,1	0,001 %	0,1	0,01	0,00
2	0,013 %	1,1	0,1	0,0	0,001 %	0,0	0,01	0,00
3	0,021 %	1,8	0,2	0,0	0,001 %	0,0	0,01	0,00
4	0,011 %	1,0	0,1	0,0	0,000 %	0,0	0,00	0,00
5	0,005 %	0,5	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,00	0,00
6	0,021 %	1,8	0,2	0,0	0,001 %	0,0	0,01	0,00
7	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,00	0,00
8	0,018 %	1,5	0,1	0,0	0,000 %	0,0	0,00	0,00
9	0,009 %	0,8	0,1	0,0	0,001 %	0,0	0,01	0,00
10	0,016 %	1,4	0,1	0,0	0,000 %	0,0	0,00	0,00
11	0,007 %	0,6	0,1	0,0	0,000 %	0,0	0,00	0,00
12	0,010 %	0,9	0,1	0,0	0,001 %	0,0	0,01	0,00
13	0,066 %	5,8	0,5	0,1	0,011 %	0,5	0,08	0,02
14	0,060 %	5,2	0,4	0,1	0,000 %	0,0	0,00	0,00
15	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,00	0,00
16	0,317 %	27,8	2,3	0,5	0,008 %	0,3	0,06	0,01
17	0,149 %	13,1	1,1	0,3	0,008 %	0,4	0,06	0,01
18	0,374 %	32,7	2,7	0,6	0,013 %	0,6	0,10	0,02
a	0,011 %	0,9	0,1	0,0	0,000 %	0,0	0,00	0,00
b	0,172 %	15,1	1,3	0,3	0,010 %	0,4	0,07	0,02
c	0,664 %	58,2	4,8	1,1	0,039 %	1,7	0,28	0,07

Kuva 18: Puuskatuulien > 16 m/s esiintyminen tarkastelupisteissä (C-kriteeri).

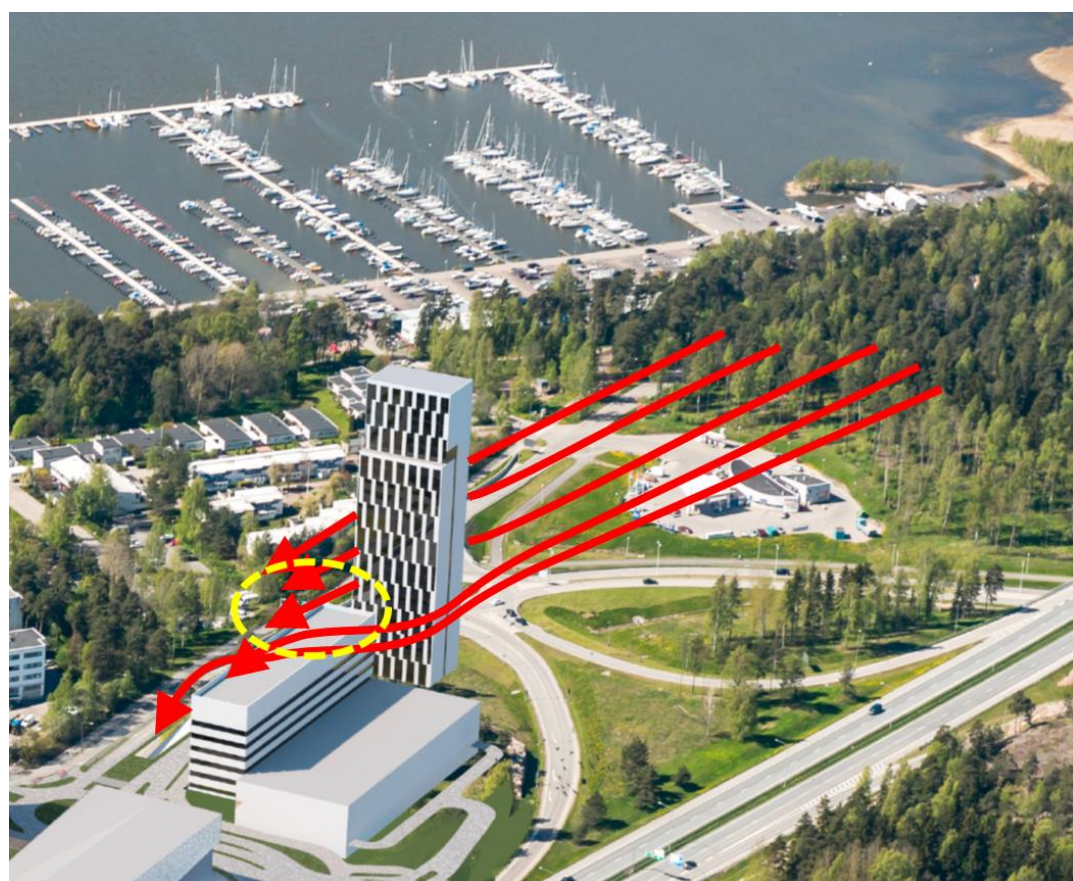


Puuskatuuli > 23 m/s								
Piste	D Koko vuosi				Kesäkausi			
	% ajasta	h/vuosi	h/kk	h/vk	% ajasta*	h	h/kk	h/vk
1	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
2	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
3	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
4	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
5	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
6	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
7	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
8	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
9	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
10	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
11	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
12	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
13	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
14	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
15	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
16	0,002 %	0,2	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
17	0,001 %	0,1	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
18	0,002 %	0,2	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
a	0,000 %	0,0	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
b	0,001 %	0,1	0,0	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0
c	0,009 %	0,8	0,1	0,0	0,000 %	0,0	0,0	0,0

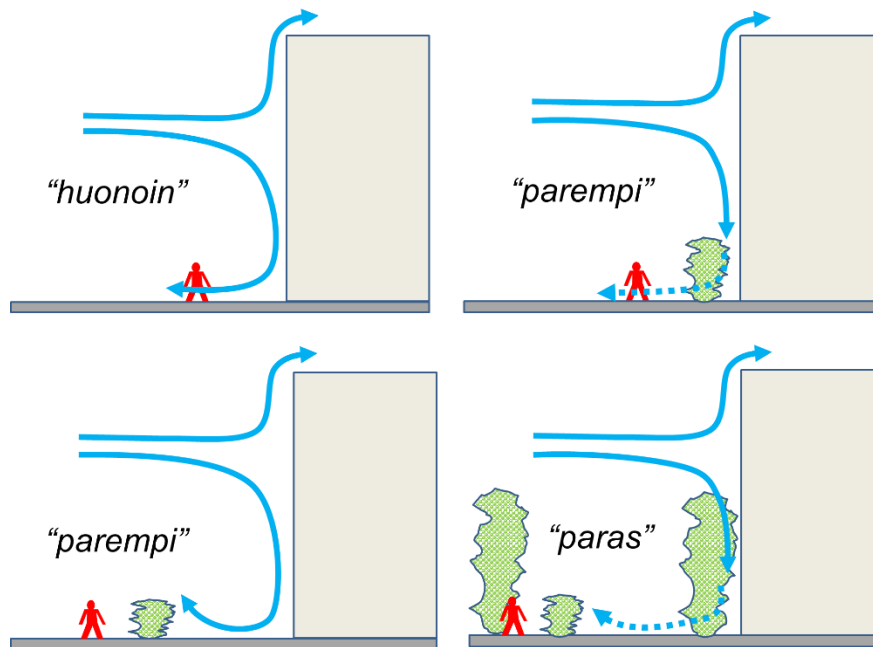
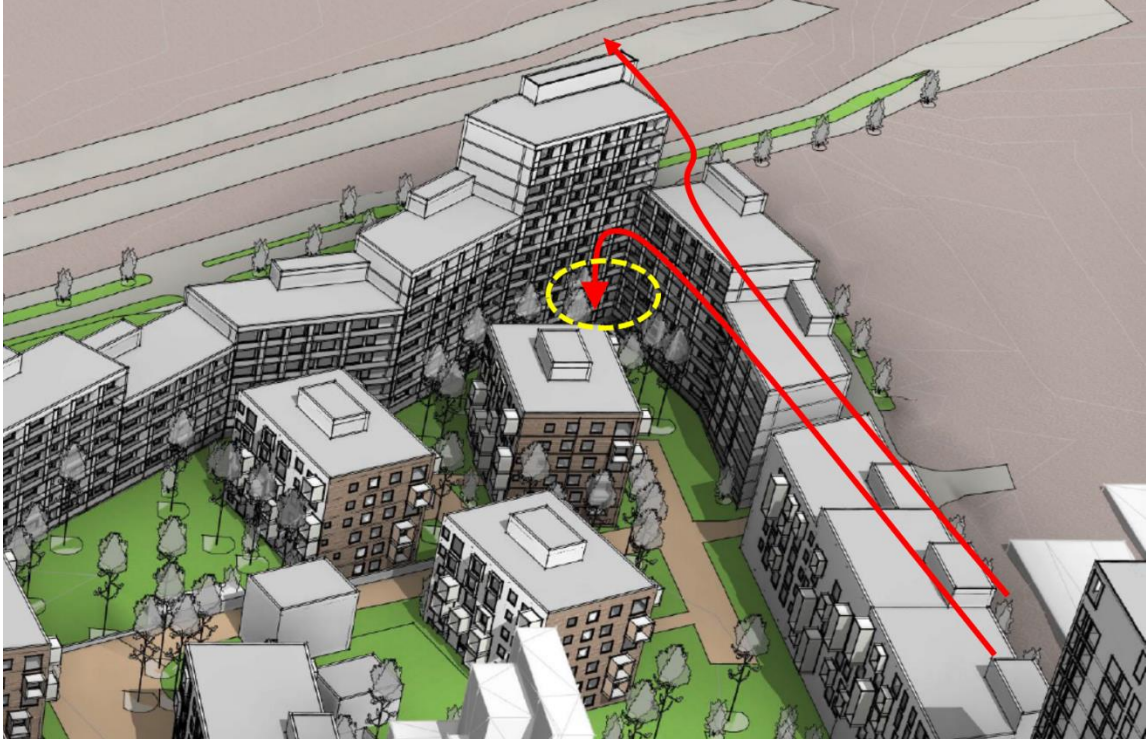
Kuva 19: Puuskatuulien > 23 m/s esiintyminen tarkastelupisteissä (D-kriteeri).

5 Johtopäätökset ja suunnitteluohjeita

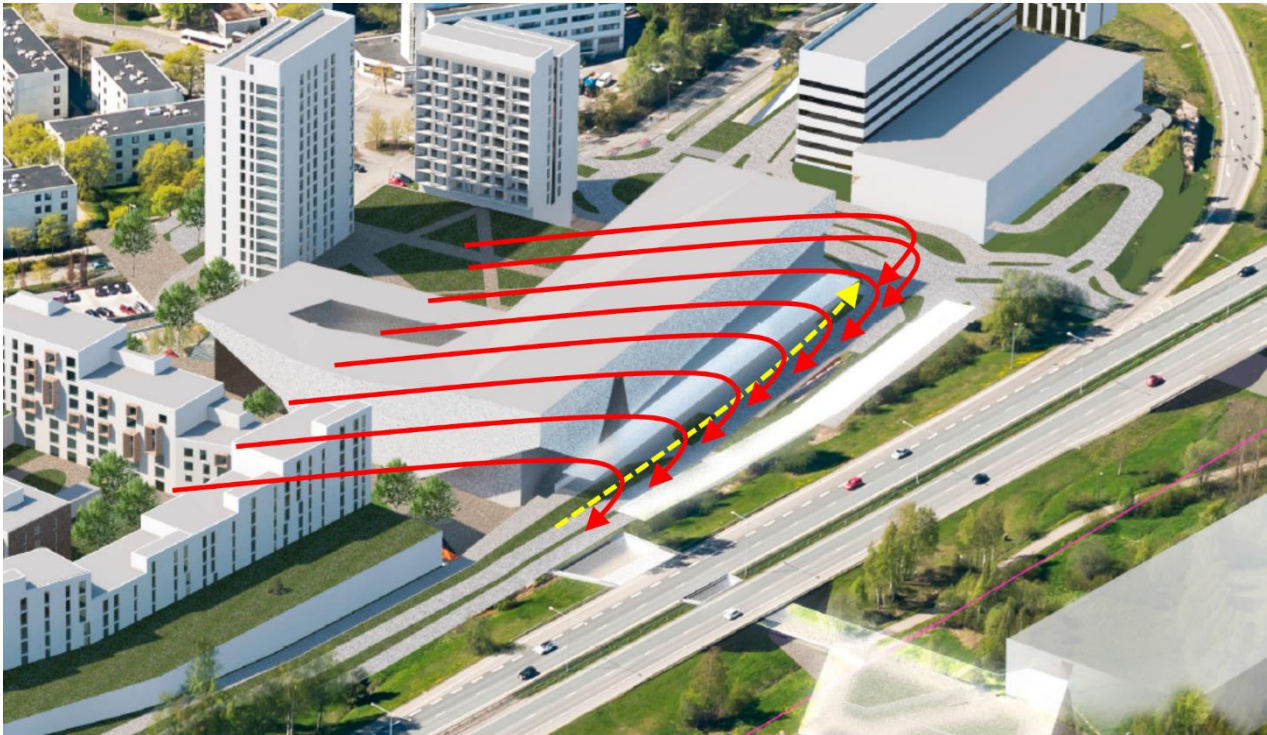
- Kivenlahden ranta on tulosten mukaan tuulinen, johtuen pääasiassa siitä syystä, että merenlahti jää lännen puolelle ja avautuu etelään. Kohteen ja rannan väli on rakennettu täyteen matalammilla kerrostaloilla, jolloin tuulisuudelta suojaavaa korkeaa vanhaa puustoa on lounaan suunnassa vähemmän. Kohteen perustuulisuuksen tason on ”suuremmasta päästä” Konsultin aikaisemmin tutkimista pääkaupunkiseudun kohteista
- tulosten mukaan tuulisuus on kohteessa pienempää kuin Kivenlahden rantaviivan vieressä sijaitsevilla alueilla
- koska korkean rakentamisen tuulisuuslisä on riippuvainen paitsi tornitalojen korkeudesta myös niiden hoikkuudesta, Kivenlahden nykyiset kolme korkeaa rakennusta aiheuttavat käytännössä suuremman tai yhtä suuren lisän tuulisuuteen kuin kohteen kaksi korkeinta rakennusta. Kohteen korkean rakentamisen aiheuttamaa tuulisuuslisää voidaan siten arvioida subjektiivisesti myös nykytilan katselmuksen avulla. Tällainen katselmus on tehty tämän raportin laadinnan yhteydessä 29.1.2017 tuulensuunnan ollessa 205°, eli kohteen tuulisuden kannalta keskeisestä suunnasta. Katselmuksen havainnot on esitetty liitteessä 6
- suunnitelman kaksi korkeinta rakennusta, samoin kuin kohteen vieressä sijaitsevat nykyiset kaksi korkeaa rakennusta ”tuovat rannan tuulisuuden juureensa”, jolloin näiden vieressä voi esiintyä kävelyä vaikeaksi tekeviä tuulenpuuskia (> 16 m/s) useammin kuin kerran vuodessa. Ne liittyvät talven kovimpiin myrskyihin, jolloin jalankulku tai pyöräily on joka tapauksessa epämiellyttävää. Kohteen korkean rakentamisen kaksi tärkeintä tuulisuusvaikutusta on esitetty kuvassa 20
- kuvan 20 mukaisesti päiväkodin piha (piste 3) voi jäädä tuuliseksi, ja sen tuulelta suojaaviin viheristutuksiin on hyvä kiinnittää huomiota
- vaikka kohteen idän puolinen korkea rakennus (Merivirta 3-5) on Kivenlahdentorin vieressä (pisteet 2 ja a) jää sen tuuliuutta lisäävä vaikutus vähäiseksi. Korkean rakennuksen ja torin väliin jää matalampi rakennus, joka pienentää lisää torin alueella. Merivirta 3-5:n oma kattopiha (piste 18) jää korkeusasemensa ja tornin vaikutuksen johdosta tuuliseksi erityisesti lounaan suunnasta puhaltavissa tuulissa. Sen tuulisuusolosuhteita voitaisiin parantaa estämällä virtauksen kulkua parkkitalon katolla sijaitsevan matalamman uudisrakennuksen sivuille jäävissä ”käytävissä” esim. aidoilla tai pensaila
- Keskuskorttelin kattopiha on tuulinen tornitalojen välissä (piste 16), ja kattopihalle olisi hyvä sijoittaa tuulelta suojaavia istuksia ja käyttää melu-/tuulensuoja-aitaa. Liitteen 5 mukaisesti tuulisuus koostuu lounaan ja lännen suunnasta puhaltavista tuulista, eli kahden tornin kuristusvaikutuksesta (vrt. kuva 12)
- kohteen ”melueterakennus” toimii samalla tuulensuojana talvikauden kylmille pohjoistuulille. Sen piha (piste 7) voi tulosten mukaan olla hyvin vähätuulinen. Piste 5 osalta kuvan 21 mukainen vaikutus on mahdollinen, ja sitä voidaan yleisesti torjua sijoittamalla pihan oleskelupisteet kauemmaksi rakennuksen tuulenpuoleisesta julkisivusta ja käyttämällä tuulelta suojaavaa kasvillisuutta
- Länsiväylän puoleisten pitkien julkisivupintojen johdosta kuvan 22 mukainen ”rivi- ja porrastusvaikutus” [4,5,6] voi lisätä tuulisutta julkisivun vieressä. Vaikutus voi voimistua jos rakennuksen korkeus kasvaa asteittain, jolloin rakennuksen taakse syntyvä imu samalla kasvaa asteittain. Vaikutusta voidaan torjua katkaisemalla katutasen virtauksen (kuvan 22 keltainen katoviiva) eteneminen esimerkiksi kasvillisuudella, julkisivun ulokkeilla tai rakenteilla



Kuva 20: Kohteen korkeaan rakentamiseen liittyvät kaksi keskeistä vaikutusta. Sinisellä värillä esitetyt nuolet kuvaavat nykyisten korkeiden rakennusten vaikutusta. Kuva muokattu HKP Arkitehdit aineistosta.

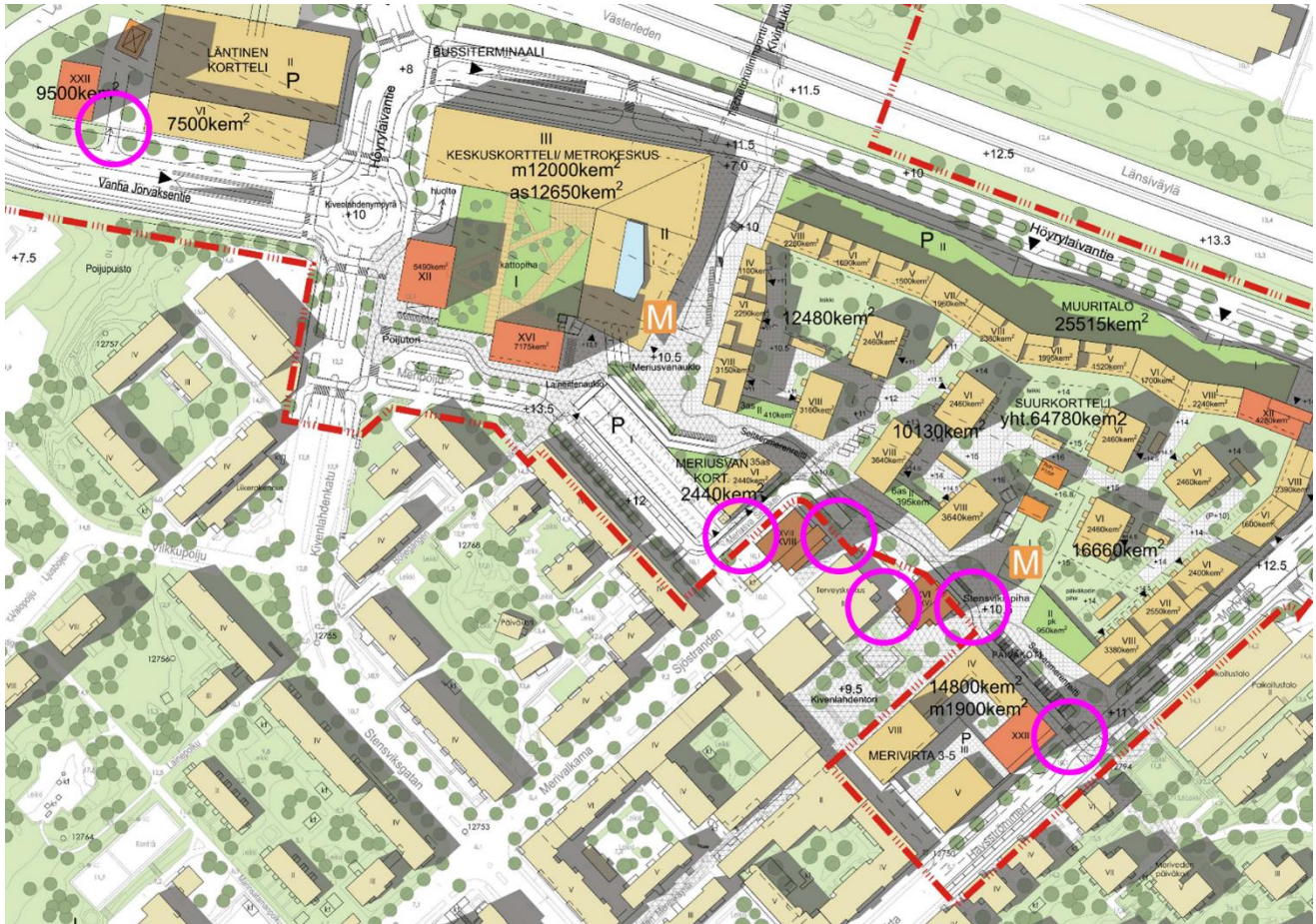


Kuva 21: Julkisivua alaspäin kulkevan virtauksen vaikutus pihan yhteydessä (kuva muokattu HKP Arkkitehdit aineistosta) ja sen torjuntakeinoja pihan oleskelupisteiden viihtyisyyden parantamiseksi.



Kuva 22: Pitkän ja matalan julkisivupinnan mahdollinen katutason tuulisuutta lisäävä vaikutus. Kuva muokattu HKP Arkkitehdit aineistosta.

- korkean rakentamisen tuulisuuslisää esiintyy erityisesti kuvan 23 esittämissä rakennusten kulmapisteissä. Näiden pisteiden osalta raittia voitaisiin mahdollisuuksien mukaan siirtää kauemmaksi ja väliin istuttaa pensaita. Jalankulkua voitaisiin ohjata kauemmaksi kulmista esim. viheristutusten avulla
- vaikka tuulisuus on kohteessa vähäisempää kuin lähempänä rantaa olevilla Kivenlahden alueilla, yleisenä tuulisuuden suunnitteluohjeena voidaan esittää, että tuulelta suojaavia puita ja muuta kasvillisuutta käytettäisiin mahdollisimman paljon. Puuston vaikutus rikkoo rakennusten väliin syntyviä suurempia pyörteitä, millä on vaikutusta esimerkiksi talvikauden koleiden tuulien ja pakkasten yhteydessä
- vaarallisen kovia puuskatuulia ($> 23 \text{ m/s}$) ei esiinny kohteessa, ja tarkempia tutkimuksia tai tuulisuutta koskevia kaavamääräyksiä ei ole tarvetta suositella. Päivitetty tai tarkempi tuulisuustarkastelu tarvitaan rakennuslupavaiheessa lähinnä silloin, jos korkeista rakennuksista tehdään leveämpiä tai niiden vierustan alueille asetetaan Kivenlahden nykytilaan nähden oleellisesti tiukempia tuulisuutteen liittyviä viihtyvyydestavoitteita.



Kuva 23: Nykyisestä ja kohteen korkeasta rakentamisesta aiheutuvat tuulisimmat katutasen pisteet kohteessa. Kuva muokattu HKP Arkkitehdit aineistosta.

Lähdeluettelo

1. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto: Jätkäsaaren ja Hernesaaren asemakaavoitus, Tuulisuuden laskenta- ja luokitusohje. WSP Finland Oy, 18.10.2013, 78 s.
2. Espoon korkean rakentamisen periaatteet. Espoon kaupunkisuunnittelukeskuksen julkaisu 10/2012.99 s. + liitteet.
3. BS-6399-2:1997. Loading for buildings. Part 2: Code of practice for wind loads. 124 s.
4. City of Toronto. Tall Building Design Guidelines – Adopted by Toronto City Council May 2013, p 86, online: <http://toronto.ca>
5. Wellington City Council, District Plan. Design guideline for winds (non-statutory), p 20. Online: <http://wellington.govt.nz>
6. Jessica Bennet, Wind Design Guide http://www.victoria.ac.nz/architecture/centres/cbpr/publications/architectural-aerodynamics/pdfs/BBSC_433_Jessica-Bennett_Wind-Design-Guide.pdf

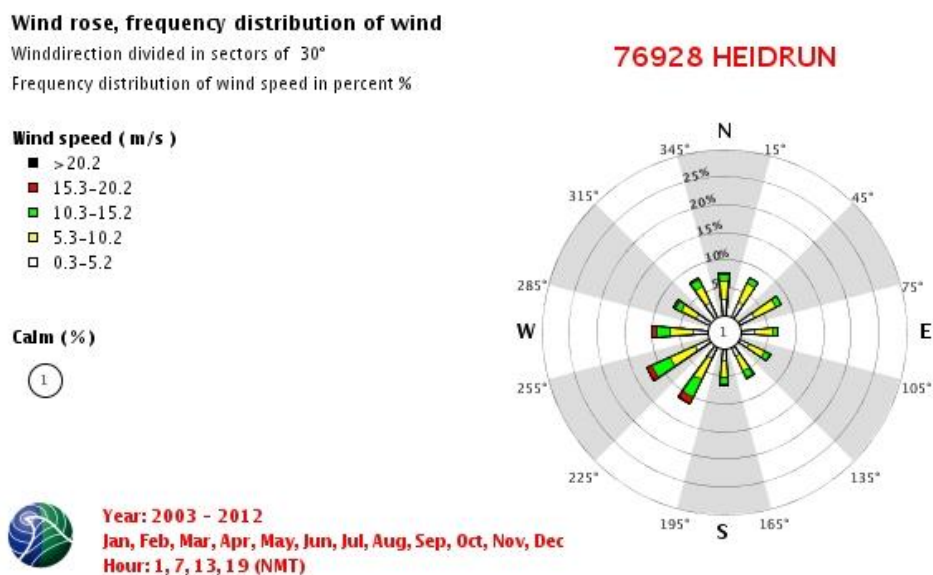
Liite 1: Tuulisuuden määrittämisen yleisperiaate

Tuulisuus voidaan määrittää objektiivisesti laskemalla tietyn tuulennopeuden raja-arvon ylittävien katutasen tuulien keskimääräinen kesto (esim. % ajasta). Esim. tuulen keskinopeus > 5 m/s katutasossa ≥ 5 % ajasta on toisinaan käytetty nyrkkisääntö olosuhteelle, jossa tuulisuudella on merkitystä. Katutaso tarkoittaa tuulisuusmalleissa korkeutta 1,5...2,0 m pisteen alla olevan jalankulkutason yläpuolella.

Katutasen tuulisuus riippuu alueen perustuulisuuden tasosta sekä rakennusten, maastonmuotojen, aukeiden, vesialueiden, puiden, pensaiden, aitojen yms. paikallisten tekijöiden vaikutuksesta. Kaavoituksen yhteydessä tuulisuus on kiinnostuksen kohteena useimmiten juuri rakennetussa ympäristössä, jossa rakennusten paikallinen merkitys on suuri.

Perustuulisuus saadaan määritettyä meteorologisten tuulitilastojen avulla ottaen huomioon maaston karheusluokan erot tuulitilaston mittauspisteen ja kohdealueen sijainnin välillä. Kyseiset tuulitilastot mitataan avoimessa maastossa n. 10 m korkeudella maapinnasta. Tuulen keskinopeus 10 m korkeudessa on avoimessa tasaisessa maastossa likimain 1,5-kertainen katutasen keskinopeuteen nähden.

Tavanomainen tuulisuustarkasteluissa hyödynnettävä tuulitilasto on tyypiltään tuuliruusu (kuva L1.1), joka esittää säähavaintoaseman mittauspisteen eri keskituulien esiintymisen prosentteina ajasta.



Kuva L1.1: Esimerkki meteorologisen havaintoaseman mittaustuloksista laaditusta tuuliruususta (Heidrun, Norja).

Tuuliruusu esittää eri tuulennopeuksien esiintymisen rajallisella määrällä tuulennopeusalueita. Kuva L1.1 ei voida esimerkiksi tarkasti päätellä aikaa, jossa tuulen keskinopeus ylittäisi 21 m/s. Tuu-

lisuuden laskennallista määrittämistä varten jatkuva esitysmuoto on käytännöllisempi; ja useasti käytetty otaksuma on, että tuulen keskinopeuksien esiintyminen kullakin tarkasteltavalla tuulen suunnalla ja tarkastelujaksolla noudattaa Weibull-todennäköisyystiheysjakaumaa

$$p(v_m) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{v_m}{\lambda} \right)^{k-1} e^{-(v_m/\lambda)^k}$$

missä k = muotoparametri ja λ = skaalausparametri. Kumulatiivinen jakauma ($v \leq v_m$) on tällöin

$$P(v_m) = 1 - e^{-(v_m/\lambda)^k}$$

Tuulen keskinopeuden v_m ylittävien tuulien osuus tarkasteltavalla tuulen suunnan sektorilla saadaan lausekkeesta

$$P(v_m) = P_0 e^{-(v_m/\lambda)^k}$$

missä P_0 = tuulen suunnan sektoriin liittyvien osuus kaikista tuulista. Weibull-jakauman parametrit k ja λ saadaan käyränsovituksella tuuliruusun arvoihin tai tuulitietoja toimittava organisaatio voi niitä myös määrittää valmiiksi. Käyränsovituksesta aiheutuva virhe on käytännössä pieni tavanomaisella tuulennopeusalueella, jolla tuulitilasto sisältää mittaustuloksia; toisin sanoen Weibull-jakauma sopii hyvin sääasemien mitattujen keskituulinen kuvaamiseen.

Uutta rakennuskantaa suunniteltaessa paikallisten tekijöiden tarkka huomioon ottaminen edellyttää käytännössä tuulitunnelikokeiden suorittamista kohdealueen pienoismallia apuna käyttäen. Tuulisuus määritetään tietyissä suunnitelman kannalta mielenkiintoisissa pisteissä. Tällaisesta yksityiskohtaisesta tarkastelusta käytetään nimeä tuulisuuskartoitus.

Tuulisuuden hyväksytty taso voidaan esittää tuulisuuskriteerinä, joka koostuu tyypillisesti

- tuulennopeuden raja-arvosta (katutason keskituuli tai puuskatuuli)
- ylittävien tuulennopeuksien sallitusta keskimääräisestä kestosta raja-arvoa vastaten
- ihmisen toimintaa kuvaavasta luokasta (paikoillaan olo, kävely jne.)
- kuvauksesta siitä miten kriteerin täyttämättä jääminen vaikuttaa (tuulisuus epäviihtyisää tai vaarallista).

Tuulisuuskriteereitä ovat esittäneen kansainvälisesti eri tutkimuslaitokset ja yksittäiset tutkijat. Niitä voidaan laatia tuulitunnelikokeiden avulla, tekemällä tuulennopeuden mittauksia todellisessa kohteessa ja haastatteleamalla ihmisiä. Tuulisuuskriteereissä voi siten erottua maakohtaisia eroja, esim. ihmisten tottumus tuulen vaikutuksiin, sateet, valoisa aika vuorokaudessa ja lämpötilan vaikutus.

Kaupungeissa, joissa tuulisuudella on erityistä merkitystä, kriteerejä voidaan esittää myös kaupunginosa- ja aluekohtaisesti. Esimerkkinä tästä on tuuliseksi tunnettu Wellingtonin kaupunki Uudessa-Seelannissa, jossa kaupunki on määritellyt keskustan julkisille alueille standardin, kuinka paljon uusi rakennus saa lisätä tuulisuutta. Tällöin suunnittelussa on selvitettävä sekä nykytilan tuulisuus, että tuulisuus uuden rakennuksen vaikutuksessa.

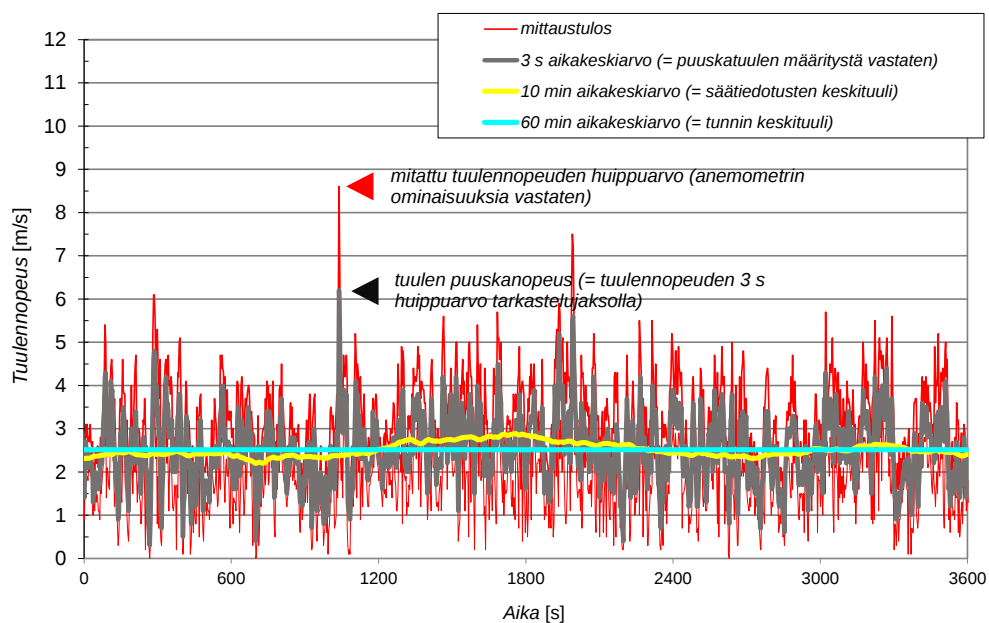
Tuulisuuskriteereitä voidaan esittää tuulen keskinopeudelle ja tuulen puuskanopeudelle, tai näiden välimaastoon sijoittuville laskennallisille tuulennopeusarvoille. Eri tuulennopeuksien yhteyksiä on havainnollistettu kuvassa L1.1. Kuvan L1.1 mukaisesti luonnon tuuli on aina turbulenttista, ja hetkellinen tuulennopeus heilahtelee voimakkaasti keskiarvon (tuulen keskinopeuden) molemmin puolin. Tuulisuuskriteerissä käytettävä tuulennopeus, ja tuulennopeuden huippuarvo yleisesti, voidaan yleisesti esittää muodossa

$$v_g = v_m + g\sigma_v$$

missä g = huippuarvokerroin ja σ_v = tuulennopeuden keskihajonta (määritettynä hetkellisistä tuulennopeuden lukemista tarkastelujakson aikana). Tuulen keskinopeutta vastaa tällöin huippuarvokerroin $g = 0$. Samasta tuulensuunnasta puhaltavassa kovassa tuulessa tuulennopeuden keskihajonnan suhde tuulen keskinopeuteen on mittauspisteessä likimain vakio. Keskihajonta määritetään tuulimittarin hetkellisistä mittauslukemista yleensä 1 h ajanjaksolla. Keskihajonnan ja keskituulen suhdetta kutsutaan turbulenssin intensiteetiksi:

$$I_v = \frac{\sigma_v}{v_m}$$

Esimerkiksi kuvan L1.1 tapauksessa $I_v = 0,41$, ja määritettyä 3 s puuskanopeuden huippuarvoa vastaa huippuarvokerroin $g = 3,6$. Vastaavasti suorien mittaus tulosten huippuarvo vastaa noin 0,1 s puuskanopeutta, ja sitä vastaa tuloksissa huippuarvokerroin $g = 5,8$.



Kuva L1.1: Esimerkki tuulennopeuden vaihtelusta mittauspisteessä (mitattu 4 m korkeudella): tuulen puuskanopeus = 6,2 m/s; 10 min keskinopeus 2,0...3,0 m/s ja tunnin keskinopeus = 2,4 m/s (Eduskuntatalon lisärakennuksen piha, koillistuuli, ultraääniä-anemometri).

Kun alueen tuulisuus on kartoitettu, viimekädessä jokainen henkilö voi tehdä oman tulkintansa asian merkittävyydestä. Esimerkiksi katukahvilan pitäjä voi arvioida montako myyntipäivää hän menettää epäedullisten tuuliolojen johdosta. Taulukossa L1.1 on esitetty kuvaus puuskatuulen vaikutuksista.

Taulukko L1.1: Katutason puuskatuulen vaikutuksen kuvaus kaupunkiolosuhteissa

3 s puuskatuuli [m/s]	Vaikutus
5...8	tuuli nostaa pölyä, kuivaa maata ja irtonaisia papereita, hiukset menevät sekaisin
8...11	tuulen tuntee keholla, hyväksyttävän tuulen raja
11...14	kävely on epäsäännöllistä, hiukset lepattavat suorina, sateenvarjoa on vaikea käyttää
14...17	kävelyä on vaikea hallita, tuulen melu on epäviihtyisää, vartalolla on nojattava tuulta vastaan
17...21	tasapainon säilyttämisessä on suuria vaikeuksia, vartalo siirtyy tuulen mukana, vanhuksille vaarallinen tuuli
21...24	ihmiset kaatuvat tuulen vaikutuksessa
24...28	seisominen ilman tukea on mahdotonta, kiinnipitäminen on välttämätöntä
> 28	hyvin epätodennäköisesti koskaan koettavissa

Tuulisuudelle ei Suomessa, kuten ei muissakaan maissa, ole toistaiseksi olemassa viranomaisohjeita. Suunnittelussa voidaan käyttää tutkijoiden esittämiä suosituksia. Suunnittelukäyttöön vakiintuneet suositukset vaihtelevat maittain. Suomen oloissa esim. tuulen ja pakkasen yhteisvaikutus (pakkasen purevuus) ja siihen liittyvä kasvojen paleltumisriski on oma kysymyksensä. Viileässä säässä tuulisuus myös huomataan helpommin mm. kasvojen viilennysvaikutuksen johdosta.

Liiallista tuulisuutta esiintyy tyypillisesti tietyissä ongelmapisteissä korkeiden rakennusten vieressä ja kattoterasseilla; avoimilla alueilla ja korkealla sijaitsevilla siltakansilla ja jalankuluväylillä; sekä hyvää viihtyvyyttä edellyttävissä paikoissa (puistot, aukiot, urheilukentät ja katukahvilat jne.). Näille voidaan etsiä korjaavia suunnitteluratkaisuja.

Alhaisilla tuulennopeuksilla tuulisuus on viihtyvyysskysymys, mutta kovimmissa puuskatuulissa siihen liittyy myös turvallisuustekijä. Kaavoituksessa ja rakennustarkastuksessa voidaan edellyttää ongelmallisimpien pisteiden korjaamista. Konsultin aikaisemmissa kohteissa on ehdotettu kaavatasoisesti tuulisuuden raja-arvoksi puuskatuulen > 23 m/s esiintymistä korkeintaan kerran vuodessa katutasossa. Suomen perustuulisuuden tasosta johtuen tämä kriteeri ei täyty (eli tuulisuus olisi liiallista) pääosin ainoastaan korkeiden rakennusten vierustan ongelmapisteissä sekä korotettujen jalankulkutasojen yhteydessä.

Konsultin aikaisemmissa selvityksissä käyttämiä toiminnallisia luokkia ovat:

- A istuminen pitkiä aikoja; makaaminen; terassit ja kahvilat; ulkoilmateatterit; uima-altaat. Kesäkausi (huhtikuu-syyskuu)
- B seisominen/istuminen paikoillaan lyhyitä aikoja; puistot; kauppakeskukset; rakennusten ulko-ovet. Kesäkausi (huhtikuu-syyskuu)
- C kävely yleisesti; rakennuksiin sisälle meno ja niistä poistuminen. Koko vuosi
- D vaarallisen tuulen kriteeri; tavoitteellinen kävely; nopea kävely; parkkipaikat. Koko vuosi.

Näihin liittyviä hyväksymisluokkia ovat esim.:

- epäviihtyisä
- vaarallinen, ei hyväksyttävä. Tuulisuudeltaan ongelmallinen piste tulisi korjata jatkosuunnitelmassa.

Raja-arvot perustuvat W. H. Melbourne 1970-luvulla esittämään malliin, joka perustuu kerran vuodessa esiintyvään puuskatuuleen. Puuskatuuli v_g on laskettu tuulitunnelikokeessa käyttäen virtausnopeuden vaakakomponentin keskihajonnalle kerrointa $g = 3,5$. Tämä vastaa likimain taulukon L1.1 mukaista 3 s puuskatuulta.

Mallissa todennäköisyyden raja-arvo "kerran vuodessa" vastaan likimain vuotuista ylitystodennäköisyyttä

$$P = 0,025 \% (= 2,2 \text{ tuntia vuodessa}).$$

Tuulisuuskriteerit ovat:

- A: $v_g > 10 \text{ m/s}$; $P_A \geq 0,05 \% *$ (epäviihtyisä)
- B: $v_g > 13 \text{ m/s}$; $P_B \geq 0,05 \% *$ (epäviihtyisä)
- C: $v_g > 16 \text{ m/s}$; $P_C \geq 0,025 \%$ (epäviihtyisä)
- D: $v_g > 23 \text{ m/s}$; $P_D \geq 0,025 \%$ (vaarallinen)

* raja-arvo tarkoittaa 2,2 tuntia kesäkautta kohden, joka vastaa 0,05 % kesäkauden tunneista (= 0,025 % koko vuoden tunneista).

Edellä esitetyt puuskatuulien ylitystodennäköisyydet tarkoittavat sellaisten keskituulien osuutta ajasta, joissa tuulenopeus voi tuulenpuuskissa tilastollisesti (eli huippuarvokertoimella $g = 3,5$ laskettuna) ylittää raja-arvon. Todellinen hetkellisten tuulenopeuksien ylitysten kesto on huomattavasti pienempi (vrt. kuva L1.1); joitain sekunteja 10 min tarkastelujaksolla.

Jos tarkastelu rajoitetaan vain tiettyyn osaan vuorokautta, kuten alkuperäisessä Melbourne kriteerissä "valoisaan aikaan" (12 h vuorokaudessa), voidaan kriteerin P-arvoja suurentaa vastaavasti; jakamalla ne tarkasteltavien tuntien osuudella vuorokauden kaikista tunneista.

Kun kriteeri "ei täyty", tarkoittaa se, että tuulisuutta esiintyy siinä määrin ("liian monta tuntia tarkastelujaksolla"), että kriteerin mukainen toiminto on epäviihtyisää (luokat A, B, C), tai vaarallista (luokka D) tarkastelupisteessä. Tuulen puuskanopeuteen perustuvat mallit kuvaavat tarkasti esimerkiksi virtauksen paikallisen turbulenssin ja korkean rakentamisen aiheuttamia vaikutuksia tarkastelupisteessä.

Melbourne ja Konsultin ehdottama D-kriteeri rakennusten tuulisuusvaikutuksen tarkasteluun on yleisesti "tiukemmasta päästä", koska se ottaa tuulen puuskaisuuden täysimääräisesti huomioon. Esimerkiksi mainittu Wellingtonin keskustan standardin turvallisuutta koskeva määräys on kuitenkin tiukempi siten, että $v_g > 20 \text{ m/s}$ (laskettuna huippuarvokertoimella $g = 3,7$) ei tulisi uuden rakennuksen johdosta ylittyä missään julkisen alueen pisteessä useammin kuin kerran vuodessa.

Isossa-Britanniassa konsulttiselvityksissä laajasti käytetty Lawsonin-kriteeristö perustuu myös tuulen keskinopeuden (Boforien) raja-arvojen esiintymiseen, mutta se ottaa myös huomioon tuulen puuskien vaikutuksen. Puuskien vaikutus saadaan laskemalla 3 s puuskanopeuden perusteella ekvivalentti keskinopeus (jakamalla luvulla 1,85 tai 2,0, missä suurempaa jakajaa voidaan käyttää "rannikolla, jossa ihmiset ovat tottuneet tuuleen"). Kriteeri tarkastetaan tällöin määräävän vaikutuksen mukaan joka keskinopeuden tai ekvivalentin keskinopeuden mukaan.

Sovellettavissa olevia keskituuleen perustuvia malleja on esim. tanskalisen FORCE Technologyn malli, joka perustuu 1 h keskituuleen:

- A: $v_h > 5 \text{ m/s}$; $P_M \leq 0,1 \%$ (hyväksyttävä)
- B: $v_h > 5 \text{ m/s}$; $P_M \leq 6 \%$ (hyväksyttävä)

C: $v_h > 5 \text{ m/s}$; $P_M \leq 23 \%$ (hyväksyttävä)

D: $v_h > 5 \text{ m/s}$; $P_M \leq 43 \%$ (hyväksyttävä).

Pelkästään keskituuleen perustuvat mallit eivät kuvaa kovin tarkasti esimerkiksi rakennusten paikallisia vaikutuksia, ja saattavat yliarvioida esimerkiksi puuston, pensaiden ja aitojen suojaavaa vaikutusta. FORCE:n mallia tulisi tulkita siten, että se soveltuu tyypilliseen tanskalaiseen rakennuskantaan, maastoon ja ilmastoon.

Liite 2: Tuulitunnelikokeet ja virtauslaskenta

Katutason tuulisuutta alettiin tutkia tarkemmin maailmanlaajuisesti 1970-luvun alkupuolella tuulitunnelikokeiden avulla. Tärkeimpänä kysymyksenä oli käytännössä havaittu tuulisuuden kasvu ja vaarallisen kovat tuulenpuuskat korkeiden rakennusten vierustassa. Korkeiden rakennusten tuulisuutta lisäävä vaikutus on huomattu yhtä varhain kun niitä on alettu rakentaa; yhtenä varhaisimmista esimerkkeinä 22-kerroksinen Flatiron rakennus New Yorkissa, joka valmistui vuonna 1902.

Tuulitunnelikokeiden käytön myötä alettiin esittää myös kriteerejä tuulisuuden sallitulle tasolle, toisin sanoen tuulisuuskriteerit perustuvat useimmiten tuulitunnekoetulosten käyttöön.

Tuulitunnelikokeet ovat säilyneet toistaiseksi luotettavimpana työkaluna uuden asuinalueen tai rakennuksen ympäristöön liittyvän tuulisuuden analyysissä. Numeerinen virtauslaskenta (CFD, *Computational Fluid Dynamics*) kehittyi kuitenkin koko ajan, ja sillä on saatu asiantuntijakäytössä enenevissä määrin käyttökelpoisia tuloksia. Periaatteessa voitaisiin kehittää myös CFD-laskennan tuloksiin perustuvia tuulisuuskriteereitä, mikä parantaisi käytettävyyttä edelleen. Tuulitunnelikoe ja CFD eivät kuitenkaan yleisesti anna yhteneviä tuloksia; eivät edes geometrialtaan yksinkertaisissa testimalleissa.

Paikalliset tuulennopeudet (suhteessa kohdealueen reunalla vaikuttavaan tuulennopeuteen) määritetään luotettavimmin rajakerros-tyyppisessä tuulitunnelissa, jossa virtaukseen luodaan luonnon tuulta vastaava tuulennopeuden korkeusprofiili ja turbulenssi (kuva L2.1). Tämä tehdään useimmiten asentamalla karhennuspalikoita tuulitunnelin sisälle lattiaan n. 10...20 m matkalle virtauksen yläpuolelle, sekä käyttämällä virtauksen sisääntulossa pyörteisyyttä aiheuttavia kiiloja. Alueen pienoismallin avulla otetaan huomioon paikalliset tekijät. Pienoismallin mittakaava määräytyy tuulitunnelin mittatilan koon ja tarkasteltavien rakennusten korkeuden mukaan ja on tyypillisesti 1:1000...1:250.



Kuva L2.1: Tuulitunnelikoe Jätkäsaaren osayleiskaavavaiheen kaupunkirakennemallin tuulisuuden selvittämiseksi (kuva WSP).

Pienoismalli voi joissain tapauksissa olla suoraan kohteen kaavoituksen esittelymalli tai se voidaan tehdä erikseen tuulitunnelikoetta varten. Puut ja pensaat ovat yleensä esittelymalleissa jollain tarkkuudella mukana. Ne eivät kuitenkaan hidasta tuulta katutasossa yhtä voimakkaasti kuin todellisuudessa, joten tulokset ovat tältä osin konservatiivisia. Jos pienoismalli tehdään pelkästään tuulitunnelikoetta varten, voidaan puita ja pensaita mallintaa tarkemminkin.

Tuulitunnelikokeessa mitataan paikallisia virtausnopeuksia jalankulkijan korkeudella (1,5..2,0 m katutasosta täydessä mittakaavassa, eli 2...5 mm tavanomaisessa pienoismallissa). Mittaukseen käytetään joko kuumalanka-anemometria, jolloin mittaukset tehdään pienoismallin päältä (vrt. kuva L2.1); tai pienoismallin läpi porattuja paineantureita. Mittauksia tehdään tietyissä suunnitelman kannalta mielenkiintoisissa pisteissä eri tuulen suunnilla. Yksittäistä mittaustulosta on havainnollistettu kuvassa L2.2. Tuloksista erotellaan virtauksen keskinopeus v_m ja nopeuden keskihajonta σ_v . Kuten luonnon tuulen tapauksessa, virtausnopeuden huippuarvo σ_v tietyllä tarkastelujaksolla voidaan esittää muodossa

$$v_g = v_m + g\sigma_v$$

missä g = huippuarvokerroin. Huippuarvoon vaikuttaa sen määrittäysaika. Huippuarvokerroin on lisäksi tilastollinen suure, eli huippuarvo voi vaihdella tarkastelujaksosta toiseen liittyen ilmiön luonnolliseen satunnaisuuteen. Luonnon tuulella huippuarvokerroin on suuruusluokaltaan $g = 3,5$ kun tarkastellaan n. 1...3 sekunnin tavanomaisia huippuarvoja (eli puuskatuulia) ja v_m määritellään 10 min tai tunnin aikakeskiarvona. Virtausnopeuden keskihajonta esitetään useimmiten turbulenssin intensiteetin I_v avulla muodossa

$$I_v = \frac{\sigma_v}{v_m}$$

jolloin huippuarvo saadaan lausekkeesta

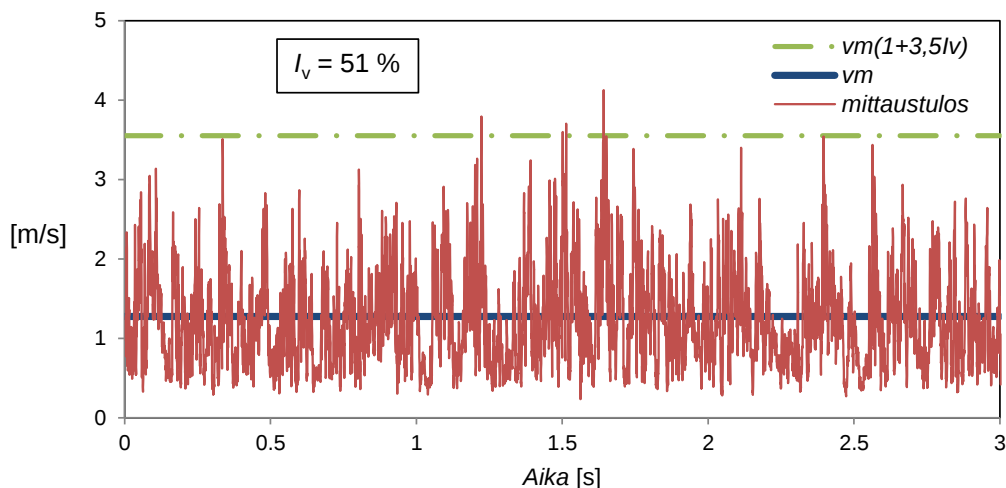
$$v_g = v_m(1 + gI_v)$$

Turbulenssin intensiteetti on dimensioton luku, ja se esitetäänkin useasti prosenteissa. Katutasossa mitattuna rakennusten vaikutuksessa I_v on suuruusluokkaa 50 % (vrt. kuva L2.2). Tuulisuustarkasteleissa sovellettava huippuarvokerroin g on yleensä annettu tarkasteltavassa tuulisuuskriteerissä, joten sitä ei ole tarvetta määrittää mittausten yhteydessä.

Tuulisuuskartoituksiin soveltuva numeerinen virtauslaskenta voidaan tehdä kahdella vaihtoehtoisella menetelmällä: suurten pyörteiden simuloinnilla (LES, *Large Eddy Simulation*) tai ajasta riippumattomalla RANS (*Reynolds Averaged Navier-Stokes*) -menetelmällä. Ensin mainittu on laskenta-ajaltaan huomattavasti pitempi siten, että RANS on tällä hetkellä käytetyin menetelmä. RANS-menetelmä soveltuu ainoastaan virtauksen keskinopeuden määrittämiseen (kuvan L2.2 yhtenäinen viiva). LES-menetelmällä voidaan simuloida turbulenssin suurempia pyörteitä, jolloin kuvan L2.2 mukainen virtausnopeuden vaihtelu saadaan jollain tarkkuudella ”tasoitettuna” otetuksi huomioon, mutta on selvää että esimerkiksi kuvan L2.1 mukainen laaja kaupunkirakenne on käytännössä mahdotonta simuloida tarkasti kun tavoitteena on erityisesti katutaso tuulien selvitys. Supertietokonelaskenta, avoimien vir-

tauslaskentaohjelmien kehittyminen (jolloin jokaisesta laskentaytimestä ei tarvitse ”maksaa lisää lisenssimaksua”) ja laskentaytimien määrän kasvu jopa useaan tuhanteen, pitää kuitenkin LES-laskennan mahdollisena tutkijakäytössä.

Jotta tulos olisi realistinen, myös kaupunkirakenteen kohtaavaan tuulen, eri laskennan raunaehdon, tulisi olla kuvan L2.2 mukainen turbulenttinen virtaus, joka vastaisi luonnon tuulta tarkasteltavalle tuulensuunnalle. Luonnon tuuli on aina turbulenttista.



Kuva L2.2: Esimerkki tuulitunnelikokeessa mitatusta katutason virtausnopeudesta.

Numeerisen virtauslaskennan ja tuulitunnelikoetulosten tulosten tulkinnan tärkeä ero on käytännössä se, että virtausnopeuden hetkelliset huippuarvot (tuulen puuskien / turbulenssin vaikutus) tulevat aliarvioituksi numeerisessa laskennassa. Tämän virheen merkitys on vähäinen, jos itse tuulisuuskriteeri perustuu tuulen keskinopeuteen – ja vastaavasti merkittävä, jos kriteeri perustuu tuulen puuskanopeuteen.

Tuulitunnelikokeilla ja numeerisella virtauslaskennalla on myös toinen merkittävä ero: tuulitunnelikokeessa on rajallinen määrä mitattavia pisteitä (tyypillisesti suuruusluokaltaan 50), joissa tuulisuuden numeroarvo määritetään tarkasti. Numeerisessa laskennassa tarkastelupisteiden sijainti ja määrä voidaan valita vapaasti ja virtauksen kulkua kohdealueessa voidaan visualisoida graafisesti. Tuulitunnelikokeessa paikallisia virtauksia voidaan tarkastella ja visualisoida esim. savun avulla. Virtausnopeuden mittausten lisäksi tuulisuuden tarkasteluja on tehty tuulitunneleissa myös hiekka-eroosiokokeilla, jossa pienoismallin ripotellut hiekanjyvät puhaltuvat pois tuulisemmista kohdista, ja lopputulos antaa likimääräisesti visuaalisen kokonaiskuvan tuulisista kohdista kyseisellä tuulensuunnalla.

Tuulitunnelikokeen pisteet valitaan suunnitelman kannalta oleellisiin pisteisiin, esimerkiksi pihan oleskelupaikalle, rakennuksen sisääntulon kohdalle tai kävelysillalle. Muilta osin pisteet valitaan yleensä sellaisiin kohtiin, jossa tiedetään esiintyvän suuria tuulen puuskanopeuksia; kuten rakennuksen kulkumien kohdalle, rakennusten väliin tai laajojen julkisivupintojen viereen. Vaikka tuulisuuden numeroarvot olisivat näissä suuria, voi lähistöllä olla pisteitä, jotka ovat esimerkiksi puiden ja pensaiden suojassa, ja jossa tuulisuus on vähäistä.

Tuulitunnelikoe tai numeerinen virtauslaskentatuloks ei sellaisenaan ole tuulisuuskartoitus, vaan tuulisuuskartoituksen tekemiseksi tarvitaan lisäksi tulosten yhdistäminen paikallisiin tuulitilastoihin, ottaen lisäksi huomioon tuulitilaston mittauspisteen ja kohteen välinen sijaintiero. Tämä edellyttää ns. maaston karheusluokan muutosanalyysiä ja sitä varten laadittujen laskentamallien käyttöä. Tavanomaisesti tuulen suunnat käydään läpi 22,5°...45° välein.

Rajakerros-tuulitunnelit ovat suurikokoisia. Tuulitunnelikokeita tekevät rutiininomaisesti kymmenkunta tuulitunnelilaboratoriota mm. Kanadassa, USA:ssa, Isossa-Britanniassa, Australiassa, Tanskassa, Ranskassa, Japanissa ja Kiinassa. Suomessa kokeita on suoritettu Espoon Otaniemessä sijaitsevassa rajakerrostuulitunnelissa.

Liite 3: Maaston karheusluokan muutosanalyysi

Symboli	Yks.	Tuulen suuntakulma																Kommentti	Viite
		0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5		
V_{mr}	m/s	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	keskituulen perusarvo (10 min, 10 m, 50 v, z_{0r})	Tuulitilastot
k		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	toistumisvälin kerroin	
V_{ref}	m/s	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	1 v toistumisvälin tuuli	
u^*_r	m/s	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	kitkanopeus (friction velocity) vastaten z_{0r}	
z_{0r}	m	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	rosisuusmitta (roughness length) keskituulen perusarvoon liittyen	ESDU
z_{01}	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,003	0,003	0,0074	0,1311	0,1961	0,191	0,1529	0,3	0,3	0,3	0,3	kohdealueen ympäristössä	Eurokoodi
$(z_{01}/z_{0r})^{0,07}$	m/s	1,491	1,491	1,491	1,491	1,380	1,080	1,080	1,150	1,407	1,447	1,444	1,422	1,491	1,491	1,491	1,491		
u^*_{*1}	m/s	1,360	1,360	1,360	1,360	1,259	0,985	0,985	1,049	1,283	1,320	1,317	1,297	1,360	1,360	1,360	1,360	kitkanopeus vastaten z_{01}	Eurokoodi, Simiu & Scanlan
$lv(z=10\text{ m})$		0,29	0,29	0,29	0,29	0,22	0,12	0,12	0,14	0,23	0,25	0,25	0,24	0,29	0,29	0,29	0,29	turbulenssin intensiteetti	Eurokoodi
$lv(z=15\text{ m})$		0,26	0,26	0,26	0,26	0,20	0,12	0,12	0,13	0,21	0,23	0,23	0,22	0,26	0,26	0,26	0,26		
$lv(z=39,6\text{ m})$		0,20	0,20	0,20	0,20	0,17	0,11	0,11	0,12	0,18	0,19	0,19	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20		
$lv(z=66\text{ m})$		0,19	0,19	0,19	0,19	0,15	0,10	0,10	0,11	0,16	0,17	0,17	0,16	0,19	0,19	0,19	0,19		
$vm(z=10\text{ m})$	m/s	12	12	12	12	14	20	20	19	14	13	13	14	12	12	12	12	10 min keskituuli	Eurokoodi
$vm(z=15\text{ m})$	m/s	13	13	13	13	16	21	21	20	15	14	14	15	13	13	13	13		
$vm(z=39,6\text{ m})$	m/s	17	17	17	17	19	23	23	23	18	18	18	18	17	17	17	17		
$vm(z=66\text{ m})$	m/s	18	18	18	18	20	25	25	24	20	19	19	20	18	18	18	18		
$vh(z=10\text{ m})$	m/s	11	11	11	11	13	19	19	18	13	12	12	12	11	11	11	11	tunnin keskituuli	Simiu&Scanlan
$vh(z=15\text{ m})$	m/s	12	12	12	12	15	20	20	19	14	13	13	14	12	12	12	12		
$vh(z=39,6\text{ m})$	m/s	15	15	15	15	18	23	23	22	17	16	16	17	15	15	15	15		
$vh(z=66\text{ m})$	m/s	17	17	17	17	19	24	24	23	19	18	18	19	17	17	17	17		
$v(z=10\text{ m})$	m/s	21	21	21	21	23	27	27	27	22	22	22	22	21	21	21	21	puuskatuuli	Eurokoodi
$v(z=15\text{ m})$	m/s	22	22	22	22	24	28	28	28	24	23	23	24	22	22	22	22		
$v(z=39,6\text{ m})$	m/s	26	26	26	26	28	31	31	30	27	27	27	27	26	26	26	26		
$v(z=66\text{ m})$	m/s	28	28	28	28	29	32	32	32	29	28	29	29	28	28	28	28		
z_{02}	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	kohdealueella	Eurokoodi
$(z_{02}/z_{01})^{0,07}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,080	1,380	1,380	1,296	0,711	0,691	0,692	0,703	0,671	0,882	1,000	1,000		
u^*_2	m/s	1,360	1,360	1,360	1,360	1,360	1,360	1,360	1,360	0,912	0,912	0,912	0,912	0,912	1,199	1,360	1,360	kitkanopeus vastaten z_{02}	Eurokoodi
$lv(z=10\text{ m})$		0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,19	0,29	0,29	turbulenssin intensiteetti	Eurokoodi
$lv(z=15\text{ m})$		0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,18	0,26	0,26		
$lv(z=39,6\text{ m})$		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,15	0,20	0,20		
$lv(z=66\text{ m})$		0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,14	0,19	0,19		
$vm(z=10\text{ m})$	m/s	12	12	12	12	12	12	12	12	21	21	21	21	21	16	12	12	10 min keskituuli	Eurokoodi
$vm(z=15\text{ m})$	m/s	13	13	13	13	13	13	13	13	22	22	22	22	22	17	13	13		
$vm(z=39,6\text{ m})$	m/s	17	17	17	17	17	17	17	17	24	24	24	24	24	20	17	17		
$vm(z=66\text{ m})$	m/s	18	18	18	18	18	18	18	18	25	25	25	25	25	22	18	18		
$vh(z=10\text{ m})$	m/s	11	11	11	11	11	11	11	11	20	20	20	20	20	15	11	11	tunnin keskituuli	Simiu&Scanlan
$vh(z=15\text{ m})$	m/s	12	12	12	12	12	12	12	12	21	21	21	21	21	16	12	12		
$vh(z=39,6\text{ m})$	m/s	15	15	15	15	15	15	15	15	23	23	23	23	23	19	15	15		
$vh(z=66\text{ m})$	m/s	17	17	17	17	17	17	17	17	25	25	25	25	25	21	17	17		
$v(z=10\text{ m})$	m/s	21	21	21	21	21	21	21	21	28	28	28	28	28	24	21	21	puuskatuuli	Eurokoodi
$v(z=15\text{ m})$	m/s	22	22	22	22	22	22	22	22	29	29	29	29	29	26	22	22		
$v(z=39,6\text{ m})$	m/s	26	26	26	26	26	26	26	26	31	31	31	31	31	29	26	26		
$v(z=66\text{ m})$	m/s	28	28	28	28	28	28	28	28	32	32	32	32	32	30	28	28		
Maaston rosioisuuden muutoksen ($z_{01} - > z_{02}$) vaikutus ESDU85020 mukaisesti																			
x	m	100000	100000	100000	100000	7000	3800	6500	7000	1500	2500	1500	800	800	600	12000	100000	100000	etäisyys muutoskohtaan
zi	m	7000	7000	7000	7000	204	129	193	64	15	7	4	5	2	343	7000	7000	sis. rajakerroksen korkeus	
$lv(z=10\text{ m})$		0,29	0,29	0,29	0,29	0,27	0,23	0,24	0,22	0,16	0,17	0,17	0,17	0,19	0,21	0,29	0,29		
$lv(z=15\text{ m})$		0,26	0,26	0,26	0,26	0,24	0,21	0,21	0,20	0,15	0,16	0,17	0,16	0,18	0,19	0,26	0,26		
$lv(z=39,6\text{ m})$		0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,17	0,18	0,16	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,16	0,20	0,20		
$lv(z=66\text{ m})$		0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,15	0,16	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,15	0,19	0,19		
10 min keskituuli																			
$vm(z=10\text{ m})$	m/s	12	12	12	12	13	14	14	15	17	16	16	17	16	15	12	12	Tarkastelupisteessä:	
$vm(z=15\text{ m})$	m/s	13	13	13	13	14	16	15	16	18	18	17	18	17	16	13	13		
$vm(z=39,6\text{ m})$	m/s	17	17	17	17	18	20	19	20	21	20	19	20	19	19	17	17		
$vm(z=66\text{ m})$	m/s	18	18	18	18	19	22	21	22	22	21	20	21	20	20	18	18		
Tunnin keskituuli																			
$vh(z=10\text{ m})$	m/s	11	11	11	11	12	13	13	14	16	16	15	16	15	14	11	11		
$vh(z=15\text{ m})$	m/s	12	12	12	12	13	15	15	15	17	17	16	17	16	15	12	12		
$vh(z=39,6\text{ m})$	m/s	15	15	15	15	16	19	18	19	20	19	19	19	18	18	15	15		
$vh(z=66\text{ m})$	m/s	17	17	17	17	18	21	20	21	21	20	20	20	19	19	17	17		
Puuskatuuli (EN1991-1-4:2005 puuskamäärittely)																			
$v(z=10\text{ m})$	m/s	21	21	21	21	21	23	23	23	25	24	24	25	24	23	21	21	n. 1 s huippuarvo	
$v(z=15\text{ m})$	m/s	22	22	22	22	23	25	24	25	26	26	26	26	25	25	22	22		
$v(z=39,6\text{ m})$	m/s	26	26	26	26	27	29	29	29	29	29	28	29	28	27	26	26		
$v(z=66\text{ m})$	m/s	28	28	28	28	29	31	30	31	31	30	30	30	29	29	28	28		

Liite 4: Kohdealueen perustuulusuus

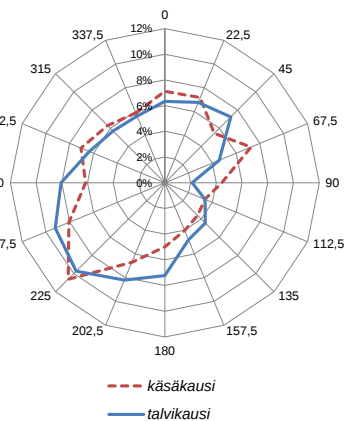
Laskennallinen tulos 1 h keskituulien esiintyminen 15 m korkeudessa kohdealueessa on esitetty oheisessa kuvassa. Kesäkausi = huhtikuu...syyskuu; talvikausi lokakuu...maaliskuu.

Kesäkausi (ylittävien tuulien osuus ajasta)																	
$V_{m,ret}$ [m/s]	Tuulen suuntakulma																Kaikki kulmat
	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	
20	3,9E-27	4,3E-41	1,9E-36	9,1E-33	1,3E-15	1,4E-09	7,7E-24	5,0E-11	2,8E-11	8,0E-13	2,1E-14	5,4E-16	1,6E-16	1,7E-18	2,4E-29	1,0E-26	1,5E-09
17	2,9E-19	3,7E-28	7,8E-26	9,7E-23	6,4E-12	9,6E-08	5,0E-17	1,7E-08	2,1E-08	2,6E-09	3,6E-10	2,1E-11	3,5E-12	2,9E-13	7,0E-21	1,0E-18	1,4E-07
14	5,2E-13	3,6E-18	2,4E-17	6,2E-15	8,2E-09	3,9E-06	1,2E-11	2,2E-06	4,2E-06	1,4E-06	6,5E-07	7,9E-08	1,2E-08	4,1E-09	4,0E-14	1,8E-12	1,2E-05
12	1,1E-09	5,0E-13	8,2E-13	7,1E-11	4,6E-07	3,4E-05	8,7E-09	3,2E-05	6,9E-05	3,9E-05	3,0E-05	5,8E-06	9,6E-07	6,2E-07	1,6E-10	3,3E-09	2,1E-04
10	5,2E-07	5,4E-09	3,8E-09	1,1E-07	1,4E-05	2,3E-04	1,7E-06	3,0E-04	6,6E-04	5,3E-04	6,0E-04	1,7E-04	3,6E-05	3,5E-05	1,3E-07	1,2E-06	2,6E-03
8	5,9E-05	5,5E-06	2,6E-06	3,0E-05	2,5E-04	1,1E-03	9,5E-05	1,8E-03	3,7E-03	3,9E-03	5,5E-03	2,2E-03	6,3E-04	7,7E-04	2,4E-05	1,1E-04	2,0E-02
7	3,9E-04	7,8E-05	3,5E-05	2,6E-04	8,1E-04	2,3E-03	4,6E-04	3,8E-03	7,4E-03	8,5E-03	1,3E-02	5,9E-03	2,0E-03	2,6E-03	1,9E-04	6,1E-04	4,8E-02
6	1,8E-03	6,8E-04	3,1E-04	1,5E-03	2,3E-03	4,4E-03	1,7E-03	7,3E-03	1,3E-02	1,6E-02	2,5E-02	1,3E-02	5,3E-03	7,0E-03	1,0E-03	2,5E-03	1,0E-01
5	0,0064	0,0036	0,0018	0,0059	0,0056	0,0077	0,0049	0,0124	0,0207	0,0265	0,0425	0,0253	0,0118	0,0156	0,0042	0,0077	0,203
4	0,0168	0,0128	0,0069	0,0168	0,0116	0,0125	0,0110	0,0192	0,0295	0,0389	0,0629	0,0409	0,0222	0,0287	0,0123	0,0179	0,361
3	0,0338	0,0308	0,0186	0,0349	0,0207	0,0185	0,0196	0,0267	0,0381	0,0510	0,0822	0,0575	0,0357	0,0446	0,0270	0,0324	0,572
2	0,053	0,053	0,035	0,055	0,031	0,025	0,028	0,034	0,045	0,060	0,097	0,071	0,049	0,059	0,045	0,047	0,788
1	0,067	0,068	0,050	0,069	0,041	0,031	0,034	0,039	0,049	0,066	0,104	0,079	0,059	0,068	0,059	0,056	0,938
P_0	0,071	0,072	0,054	0,073	0,044	0,034	0,036	0,040	0,050	0,067	0,106	0,081	0,062	0,071	0,063	0,059	0,982
k	2,30	2,46	2,27	2,41	1,95	1,76	2,32	2,06	2,30	2,38	2,50	2,41	2,17	2,33	2,27	2,40	2,23
λ [m/s]	3,41	3,21	2,91	3,42	3,44	4,01	3,71	4,63	5,28	5,16	5,18	4,70	3,97	4,19	3,23	3,72	

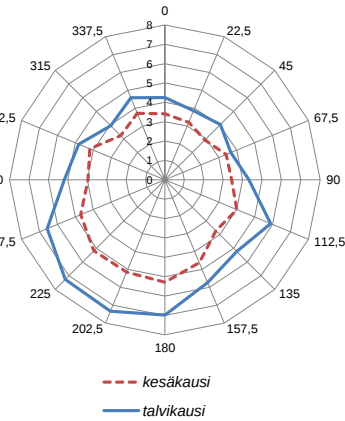
Talvikausi (ylittävien tuulien osuus ajasta)																	
$V_{m,ret}$ [m/s]	Tuulen suuntakulma																Kaikki kulmat
	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	
20	1,1E-15	3,6E-28	3,7E-26	1,9E-10	1,3E-07	8,0E-08	2,7E-13	2,8E-11	3,0E-09	8,6E-07	2,0E-07	3,7E-08	1,0E-15	4,1E-11	2,4E-19	2,9E-20	1,3E-06
17	1,6E-11	2,0E-19	5,3E-18	2,2E-08	2,1E-06	3,4E-06	1,2E-09	3,0E-08	1,2E-06	3,6E-05	1,7E-05	4,4E-06	5,6E-11	2,1E-08	5,6E-14	4,4E-14	6,4E-05
14	3,8E-08	1,1E-12	9,1E-12	1,5E-06	2,5E-05	7,3E-05	8,4E-07	6,7E-06	1,1E-04	6,7E-04	4,9E-04	1,8E-04	2,2E-07	3,3E-06	1,1E-09	2,3E-09	1,6E-03
12	2,5E-06	3,0E-09	1,4E-08	1,7E-05	1,1E-04	4,0E-04	2,5E-05	1,1E-04	9,8E-04	3,0E-03	2,7E-03	1,3E-03	1,4E-05	5,3E-05	2,1E-07	5,6E-07	8,7E-03
10	7,3E-05	1,5E-06	4,1E-06	1,5E-04	4,3E-04	1,6E-03	3,6E-04	9,8E-04	5,2E-03	9,8E-03	1,0E-02	5,8E-03	3,6E-04	5,2E-04	1,5E-05	4,0E-05	3,6E-02
8	1,0E-03	1,4E-04	2,7E-04	9,3E-04	1,4E-03	5,1E-03	2,7E-03	5,0E-03	1,7E-02	2,4E-02	2,7E-02	1,8E-02	3,8E-03	3,2E-03	3,9E-04	9,2E-04	1,1E-01
7	0,0030	0,0008	0,0013	0,0021	0,0024	0,0081	0,0059	0,0094	0,0263	0,0337	0,0392	0,0287	0,0093	0,0068	0,0014	0,0030	0,181
6	0,0073	0,0033	0,0049	0,0043	0,0039	0,0120	0,0110	0,0158	0,0371	0,0445	0,0526	0,0412	0,0188	0,0127	0,0043	0,0078	0,281
5	0,0150	0,0100	0,0131	0,0083	0,0060	0,0167	0,0181	0,0235	0,0480	0,0554	0,0661	0,0549	0,0324	0,0214	0,0103	0,0161	0,415
4	0,0264	0,0227	0,0274	0,0143	0,0088	0,0217	0,0264	0,0318	0,0578	0,0653	0,0782	0,0681	0,0482	0,0323	0,0203	0,0277	0,577
3	0,0399	0,0397	0,0452	0,0227	0,0123	0,0265	0,0343	0,0392	0,0652	0,0732	0,0876	0,0792	0,0631	0,0441	0,0333	0,0400	0,745
2	0,053	0,056	0,061	0,032	0,016	0,031	0,040	0,045	0,070	0,079	0,094	0,087	0,074	0,055	0,046	0,050	0,887
1	0,061	0,065	0,070	0,041	0,019	0,033	0,044	0,047	0,072	0,081	0,097	0,091	0,079	0,061	0,054	0,055	0,973
P_0	0,063	0,068	0,072	0,046	0,021	0,034	0,044	0,048	0,072	0,082	0,097	0,092	0,081	0,064	0,057	0,056	0,998
k	2,23	2,49	2,52	1,75	1,62	2,10	2,42	2,45	2,69	2,43	2,54	2,42	2,57	2,14	2,27	2,54	2,20
λ [m/s]	4,25	3,86	4,04	3,67	4,32	5,90	5,23	5,74	6,97	7,34	7,26	6,57	5,19	4,81	3,95	4,58	

Koko vuosi (ylittävien tuulien osuus ajasta)																	
$V_{m,ret}$ [m/s]	Tuulen suuntakulma																Kaikki kulmat
	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	
20	5,3E-16	1,8E-28	1,9E-26	9,4E-11	6,3E-08	4,1E-08	1,4E-13	3,9E-11	1,5E-09	4,3E-07	9,8E-08	1,9E-08	5,8E-16	2,1E-11	1,2E-19	1,5E-20	6,5E-07
17	8,2E-12	1,0E-19	2,6E-18	1,1E-08	1,0E-06	1,7E-06	6,1E-10	2,4E-08	6,2E-07	1,8E-05	8,3E-06	2,2E-06	3,0E-11	1,0E-08	2,8E-14	2,2E-14	3,2E-05
14	1,9E-08	5,4E-13	4,6E-12	7,3E-07	1,3E-05	3,9E-05	4,2E-07	4,4E-06	5,5E-05	3,3E-04	2,4E-04	9,1E-05	1,2E-07	1,7E-06	5,4E-10	1,1E-09	7,8E-04
12	1,2E-06	1,5E-09	7,0E-09	8,4E-06	5,6E-05	2,2E-04	1,2E-05	7,0E-05	5,2E-04	1,5E-03	1,4E-03	6,4E-04	7,7E-06	2,7E-05	1,0E-07	2,8E-07	4,4E-03
10	3,7E-05	7,3E-07	2,1E-06	7,3E-05	2,2E-04	9,3E-04	1,8E-04	6,4E-04	2,9E-03	5,2E-03	5,4E-03	3,0E-03	2,0E-04	2,8E-04	7,3E-06	2,1E-05	1,9E-02
8	5,5E-04	7,4E-05	1,4E-04	4,8E-04	8,3E-04	3,1E-03	1,4E-03	3,4E-03	1,0E-02	1,4E-02	1,6E-02	1,0E-02	2,2E-03	2,0E-03	2,1E-04	5,1E-04	6,6E-02
7	0,0017	0,0004	0,0007	0,0012	0,0016	0,0052	0,0032	0,0066	0,0169	0,0211	0,0260	0,0173	0,0056	0,0047	0,0008	0,0018	0,115
6	0,0046	0,0020	0,0026	0,0029	0,0031	0,0082	0,0064	0,0115	0,0251	0,0302	0,0388	0,0273	0,0121	0,0099	0,0027	0,0051	0,192
5	0,0107	0,0068	0,0075	0,0071	0,0058	0,0122	0,0115	0,0180	0,0344	0,0409	0,0543	0,0401	0,0221	0,0185	0,0072	0,0119	0,309
4	0,0216	0,0178	0,0171	0,0156	0,0102	0,0171	0,0187	0,0255	0,0436	0,0521	0,0705	0,0545	0,0352	0,0305	0,0163	0,0228	0,469
3	0,0369	0,0352	0,0319	0,0288	0,0165	0,0225	0,0270	0,0329	0,0516	0,0621	0,0849	0,0683	0,0494	0,0443	0,0301	0,0362	0,659
2	0,053	0,054	0,048	0,044	0,024	0,028	0,034	0,039	0,057	0,070	0,095	0,079	0,061	0,057	0,045	0,048	0,837
1	0,064	0,067	0,060	0,055	0,030	0,032	0,039	0,043	0,060	0,074	0,101	0,085	0,069	0,065	0,057	0,056	0,955
0	0,067	0,070	0,063	0,059	0,033	0,034	0,040	0,044	0,061	0,075	0,102	0,086	0,071	0,067	0,060	0,057	0,990

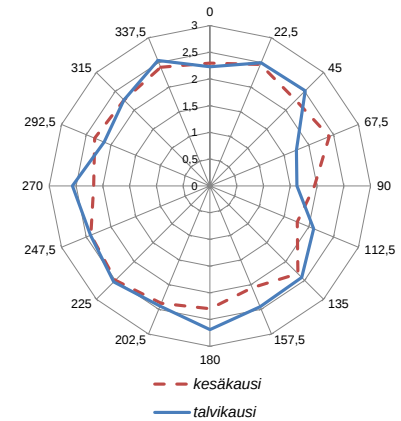
Eri tuulensuuntien osuus ajasta, P_0



Weibull-jakauman skaalausparametri λ [m/s]



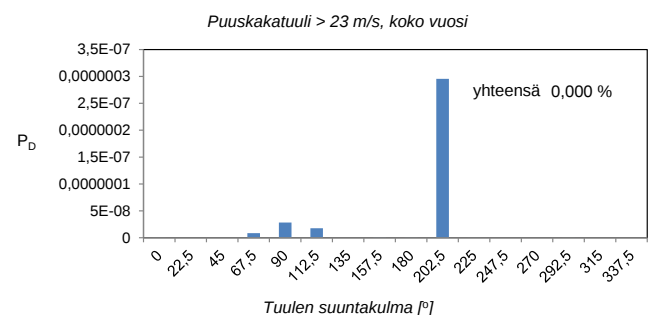
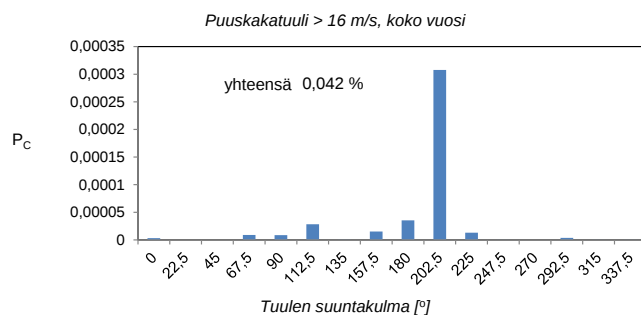
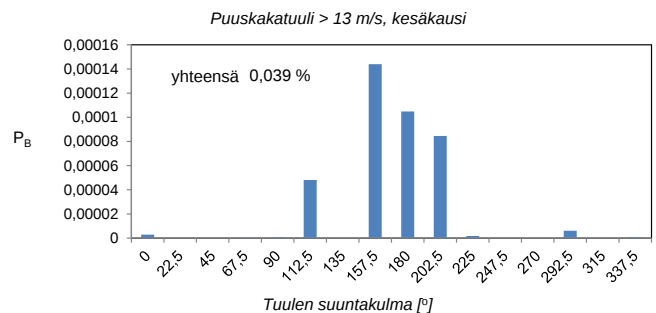
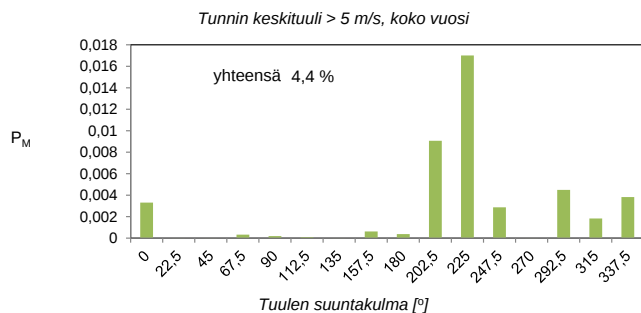
Weibull-jakauman muotoparametri k



Liite 5: Tuulisuuden yksityiskohtaisia laskentatuloksia

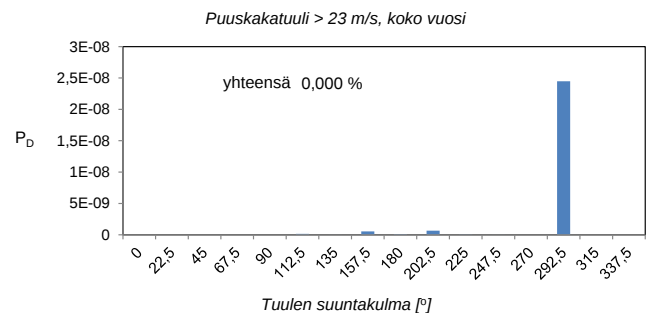
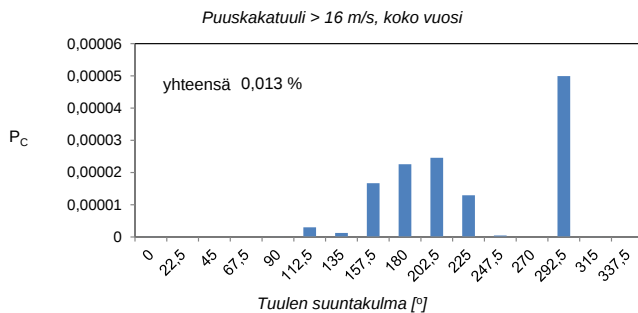
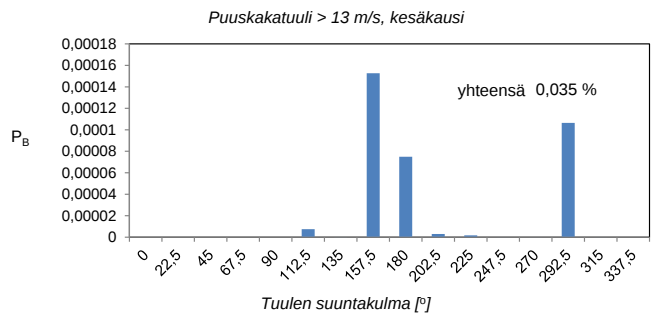
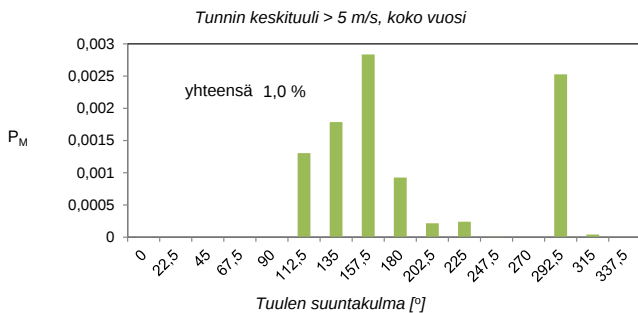
Piste: 1		Tuulisuus						Tuulisuus viitesuunnitelman viitepisteessä						24K					
Kriteeri		Symboli						h/v		h/kesä		Symboli		h/v		h/kesä		suhde P/P'	
A	V _M	5	m/s, tunnin keskituuli, koko vuosi				P _M	4,4 %	386	-	-	P' _M	9,8 %	858	-	-	-	0,4	
M	V _A	10	m/s, puuskatuuli, kesäkausi				P _A	0,71 %	-	31,1	-	P' _A	2,21 %	-	-	96,8	-	0,3	
B	V _B	13	m/s, puuskatuuli, kesäkausi				P _B	0,039 %	-	1,7	-	P' _B	0,269 %	-	-	11,8	-	0,1	
C	V _C	16	m/s, puuskatuuli, koko vuosi				P _C	0,042 %	3,7	-	-	P' _C	0,289 %	25,3	-	-	-	0,1	
D	V _D	23	m/s, puuskatuuli, koko vuosi				P _D	0,000 %	0,0	-	-	P' _D	0,003 %	0,3	-	-	-	0,0	

Tuulen suuntakulma [°]																		yht
	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5		
k _m	0,79	0,43	0,44	0,59	0,49	0,38	0,42	0,50	0,40	0,56	0,63	0,50	0,42	0,71	0,79	0,79	-	
k _g	1,39	0,98	1,10	1,34	1,11	1,12	1,14	1,22	1,11	1,14	0,96	0,84	0,92	1,19	1,25	1,28	-	
kesäkausi																		
P ₀	7,1 %	7,2 %	5,4 %	7,3 %	4,4 %	3,4 %	3,6 %	4,0 %	5,0 %	6,7 %	10,6 %	8,1 %	6,2 %	7,1 %	6,3 %	5,9 %	98,2 %	
k	2,3	2,5	2,3	2,4	2,0	1,8	2,3	2,1	2,3	2,4	2,5	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	-	
λ	3,4	3,2	2,9	3,4	3,4	4,0	3,7	4,6	5,3	5,2	5,2	4,7	4,0	4,2	3,2	3,7	-	
ylitystodennäköisyydet (P)																		
v _m > v _M	0,11 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,03 %	0,00 %	0,17 %	0,59 %	0,02 %	0,00 %	0,24 %	0,06 %	0,17 %	1,4 %	
v _g > v _A	0,03 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,01 %	0,05 %	0,00 %	0,15 %	0,17 %	0,19 %	0,03 %	0,00 %	0,00 %	0,04 %	0,00 %	0,02 %	0,71 %	
v _g > v _B	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,01 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,04 %	
v _g > v _C	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	
v _g > v _D	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	
talvikausi																		
P ₀	6,3 %	6,8 %	7,2 %	4,6 %	2,1 %	3,4 %	4,4 %	4,8 %	7,2 %	8,2 %	9,7 %	9,2 %	8,1 %	6,4 %	5,7 %	5,6 %	99,8 %	
k	2,2	2,5	2,5	1,7	1,6	2,1	2,4	2,4	2,7	2,4	2,5	2,4	2,6	2,1	2,3	2,5	-	
λ	4,2	3,9	4,0	3,7	4,3	5,9	5,2	5,7	7,0	7,3	7,3	6,6	5,2	4,8	3,9	4,6	-	
ylitystodennäköisyydet (P)																		
v _m > v _M	0,55 %	0,00 %	0,00 %	0,06 %	0,04 %	0,02 %	0,00 %	0,09 %	0,07 %	1,64 %	2,81 %	0,56 %	0,00 %	0,66 %	0,30 %	0,60 %	7,4 %	
v _g > v _A	0,25 %	0,00 %	0,00 %	0,14 %	0,08 %	0,31 %	0,14 %	0,43 %	1,01 %	1,73 %	0,80 %	0,14 %	0,01 %	0,23 %	0,04 %	0,12 %	5,43 %	
v _g > v _B	0,019 %	0,000 %	0,000 %	0,019 %	0,013 %	0,052 %	0,006 %	0,049 %	0,134 %	0,428 %	0,076 %	0,003 %	0,000 %	0,019 %	0,001 %	0,003 %	0,824 %	
v _g > v _C	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,002 %	0,002 %	0,005 %	0,000 %	0,002 %	0,007 %	0,061 %	0,003 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,084 %	
v _g > v _D	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	
koko vuosi																		
ylitystodennäköisyydet (P)																		
v _m > v _M	0,33 %	0,00 %	0,00 %	0,03 %	0,02 %	0,01 %	0,00 %	0,06 %	0,04 %	0,91 %	1,70 %	0,29 %	0,00 %	0,45 %	0,18 %	0,38 %	4,4 %	
v _g > v _A	0,14 %	0,00 %	0,00 %	0,08 %	0,04 %	0,18 %	0,07 %	0,29 %	0,59 %	0,96 %	0,42 %	0,07 %	0,01 %	0,14 %	0,02 %	0,07 %	3,07 %	
v _g > v _B	0,010 %	0,000 %	0,000 %	0,010 %	0,007 %	0,029 %	0,003 %	0,032 %	0,072 %	0,218 %	0,038 %	0,002 %	0,000 %	0,010 %	0,000 %	0,002 %	0,432 %	
v _g > v _C	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,001 %	0,003 %	0,000 %	0,002 %	0,004 %	0,031 %	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,042 %	
v _g > v _D	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	



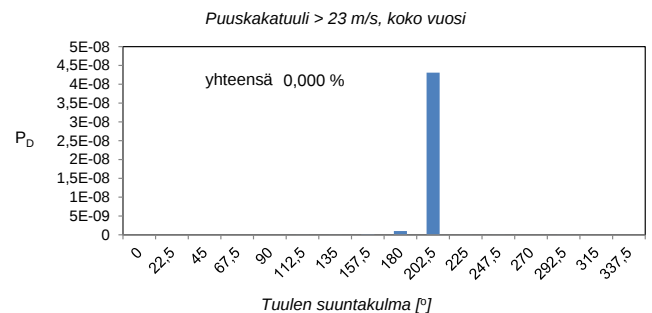
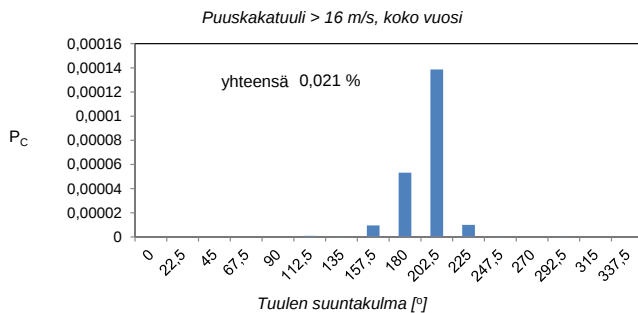
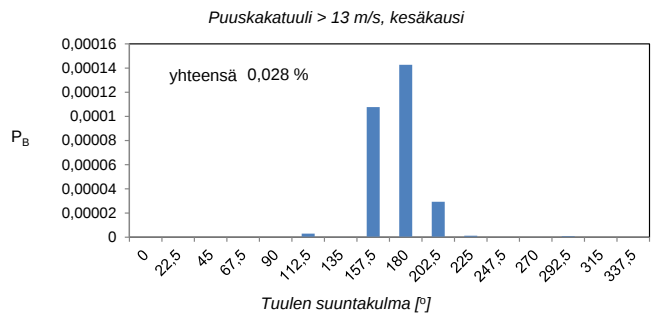
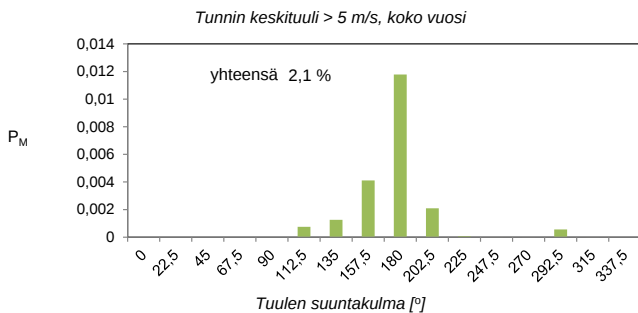
Piste: 2							Tuulisuus			Tuulisuus viitesuunnitelman viitepisteessä 20K					
Kriteeri						Symboli	h/v	h/kesä	Symboli	h/v	h/kesä	suhde P/P'			
M	v _M	5	m/s, tunnin keskituuli, koko vuosi				P _M	1,0 %	87	-	P' _M	1,7 %	152	-	0,6
A	v _A	10	m/s, puuskatuuli, kesäkausi				P _A	0,60 %	-	26,3	P' _A	0,91 %	-	39,7	0,7
B	v _B	13	m/s, puuskatuuli, kesäkausi				P _B	0,035 %	-	1,5	P' _B	0,084 %	-	3,7	0,4
C	v _C	16	m/s, puuskatuuli, koko vuosi				P _C	0,013 %	1,2	-	P' _C	0,038 %	3,3	-	0,3
D	v _D	23	m/s, puuskatuuli, koko vuosi				P _D	0,000 %	0,0	-	P' _D	0,000 %	0,0	-	0,2

	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	yht
k_m	0,44	0,43	0,33	0,22	0,26	0,53	0,65	0,61	0,44	0,34	0,36	0,31	0,31	0,65	0,55	0,37	-
k_g	1,00	1,01	0,80	0,54	0,65	0,97	1,19	1,22	1,08	0,96	0,96	0,88	0,90	1,39	1,25	0,97	-
kesäkausi																	
P_0	7,1 %	7,2 %	5,4 %	7,3 %	4,4 %	3,4 %	3,6 %	4,0 %	5,0 %	6,7 %	10,6 %	8,1 %	6,2 %	7,1 %	6,3 %	5,9 %	98,2 %
k	2,3	2,5	2,3	2,4	2,0	1,8	2,3	2,1	2,3	2,4	2,5	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	-
λ	3,4	3,2	2,9	3,4	3,4	4,0	3,7	4,6	5,3	5,2	5,2	4,7	4,0	4,2	3,2	3,7	-
<i>ylitystodennäköisyydet (P)</i>																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,04 %	0,02 %	0,15 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,11 %	0,00 %	0,00 %	0,3 %
$v_g > v_A$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,02 %	0,00 %	0,16 %	0,14 %	0,03 %	0,03 %	0,00 %	0,00 %	0,21 %	0,00 %	0,00 %	0,60 %
$v_g > v_B$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,02 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,03 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
talvikausi																	
P_0	6,3 %	6,8 %	7,2 %	4,6 %	2,1 %	3,4 %	4,4 %	4,8 %	7,2 %	8,2 %	9,7 %	9,2 %	8,1 %	6,4 %	5,7 %	5,6 %	99,8 %
k	2,2	2,5	2,5	1,7	1,6	2,1	2,4	2,4	2,7	2,4	2,5	2,4	2,6	2,1	2,3	2,5	-
λ	4,2	3,9	4,0	3,7	4,3	5,9	5,2	5,7	7,0	7,3	7,3	6,6	5,2	4,8	3,9	4,6	-
<i>ylitystodennäköisyydet (P)</i>																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,23 %	0,34 %	0,42 %	0,17 %	0,04 %	0,05 %	0,00 %	0,00 %	0,40 %	0,01 %	0,00 %	1,7 %
$v_g > v_A$	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,13 %	0,19 %	0,44 %	0,89 %	0,77 %	0,80 %	0,23 %	0,01 %	0,60 %	0,04 %	0,00 %	4,12 %
$v_g > v_B$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,012 %	0,012 %	0,052 %	0,104 %	0,093 %	0,076 %	0,008 %	0,000 %	0,100 %	0,001 %	0,000 %	0,459 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,000 %	0,003 %	0,004 %	0,005 %	0,003 %	0,000 %	0,000 %	0,010 %	0,000 %	0,000 %	0,025 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
koko vuosi																	
P_0	6,3 %	6,8 %	7,2 %	4,6 %	2,1 %	3,4 %	4,4 %	4,8 %	7,2 %	8,2 %	9,7 %	9,2 %	8,1 %	6,4 %	5,7 %	5,6 %	99,8 %
k	2,2	2,5	2,5	1,7	1,6	2,1	2,4	2,4	2,7	2,4	2,5	2,4	2,6	2,1	2,3	2,5	-
λ	4,2	3,9	4,0	3,7	4,3	5,9	5,2	5,7	7,0	7,3	7,3	6,6	5,2	4,8	3,9	4,6	-
<i>ylitystodennäköisyydet (P)</i>																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,13 %	0,18 %	0,28 %	0,09 %	0,02 %	0,02 %	0,00 %	0,00 %	0,25 %	0,00 %	0,00 %	1,0 %
$v_g > v_A$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,07 %	0,10 %	0,30 %	0,52 %	0,40 %	0,42 %	0,11 %	0,00 %	0,40 %	0,02 %	0,00 %	2,36 %
$v_g > v_B$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,007 %	0,006 %	0,033 %	0,056 %	0,047 %	0,038 %	0,004 %	0,000 %	0,055 %	0,000 %	0,000 %	0,247 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,002 %	0,002 %	0,002 %	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,005 %	0,000 %	0,000 %	0,013 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %



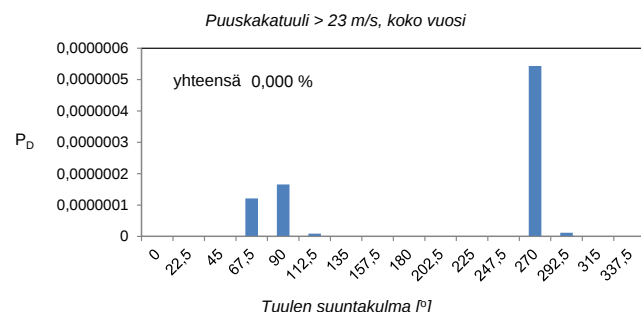
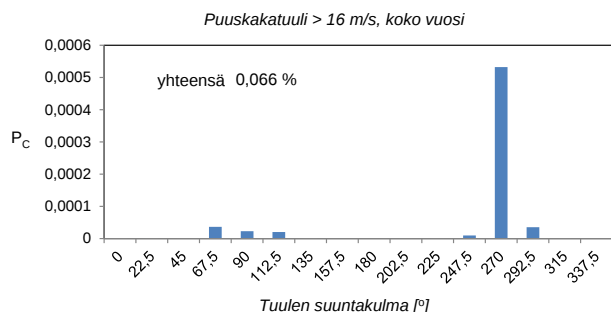
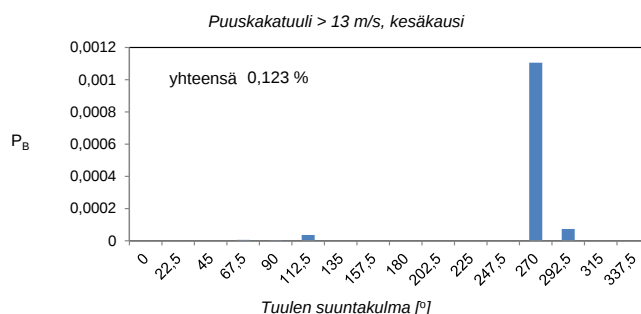
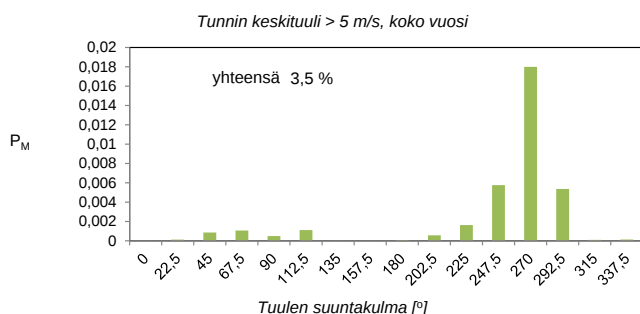
Piste:	3					Tuulisuus				Tuulisuus viitesuunnitelman viitepisteessä				26K	
Kriteeri						Symboli	h/v	h/kesä		Symboli	h/v	h/kesä		suhde P/P'	
M	v_M	5	m/s, tunnin keskituuli, koko vuosi				P_M	2,1 %	181	-	P'_M	2,1 %	181	-	1,0
A	v_A	10	m/s, puuskatuuli, kesäkausi				P_A	0,50 %	-	21,8	P'_A	0,50 %	-	21,8	1,0
B	v_B	13	m/s, puuskatuuli, kesäkausi				P_B	0,028 %	-	1,2	P'_B	0,028 %	-	1,2	1,0
C	v_C	16	m/s, puuskatuuli, koko vuosi				P_C	0,021 %	1,9	-	P'_C	0,021 %	1,9	-	1,0
D	v_D	23	m/s, puuskatuuli, koko vuosi				P_D	0,000 %	0,0	-	P'_D	0,000 %	0,0	-	1,0

		0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	yht
		Tuulen suuntakulma [°]																
k_m		0,26	0,24	0,31	0,26	0,18	0,48	0,62	0,65	0,64	0,43	0,33	0,31	0,37	0,54	0,48	0,34	-
k_g		0,69	0,68	0,82	0,73	0,47	0,91	1,13	1,19	1,13	1,07	0,95	0,89	1,00	1,09	0,97	0,78	-
kesäkausi																		
P_0		7,1 %	7,2 %	5,4 %	7,3 %	4,4 %	3,4 %	3,6 %	4,0 %	5,0 %	6,7 %	10,6 %	8,1 %	6,2 %	7,1 %	6,3 %	5,9 %	98,2 %
k		2,3	2,5	2,3	2,4	2,0	1,8	2,3	2,1	2,3	2,4	2,5	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	-
λ		3,4	3,2	2,9	3,4	3,4	4,0	3,7	4,6	5,3	5,2	5,2	4,7	4,0	4,2	3,2	3,7	-
		ylitystodennäköisyydet (P)																
$v_m > v_M$		0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,02 %	0,01 %	0,22 %	0,45 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,7 %
$v_g > v_A$		0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,00 %	0,13 %	0,20 %	0,11 %	0,03 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,50 %
$v_g > v_B$		0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,03 %
$v_g > v_C$		0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %
$v_g > v_D$		0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
talvikausi																		
P_0		6,3 %	6,8 %	7,2 %	4,6 %	2,1 %	3,4 %	4,4 %	4,8 %	7,2 %	8,2 %	9,7 %	9,2 %	8,1 %	6,4 %	5,7 %	5,6 %	99,8 %
k		2,2	2,5	2,5	1,7	1,6	2,1	2,4	2,4	2,7	2,4	2,5	2,4	2,6	2,1	2,3	2,5	-
λ		4,2	3,9	4,0	3,7	4,3	5,9	5,2	5,7	7,0	7,3	7,3	6,6	5,2	4,8	3,9	4,6	-
		ylitystodennäköisyydet (P)																
$v_m > v_M$		0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,13 %	0,24 %	0,60 %	1,91 %	0,41 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,10 %	0,00 %	0,00 %	3,4 %
$v_g > v_A$		0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,09 %	0,13 %	0,37 %	1,13 %	1,34 %	0,74 %	0,24 %	0,04 %	0,12 %	0,00 %	0,00 %	4,20 %
$v_g > v_B$		0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,006 %	0,005 %	0,037 %	0,170 %	0,265 %	0,065 %	0,009 %	0,000 %	0,006 %	0,000 %	0,000 %	0,564 %
$v_g > v_C$		0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,010 %	0,028 %	0,002 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,042 %
$v_g > v_D$		0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
koko vuosi																		
$v_m > v_M$		0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,07 %	0,13 %	0,41 %	1,18 %	0,21 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,06 %	0,00 %	0,00 %	2,1 %
$v_g > v_A$		0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,05 %	0,06 %	0,25 %	0,67 %	0,72 %	0,39 %	0,12 %	0,02 %	0,07 %	0,00 %	0,00 %	2,35 %
$v_g > v_B$		0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,003 %	0,003 %	0,024 %	0,092 %	0,134 %	0,033 %	0,005 %	0,000 %	0,003 %	0,000 %	0,000 %	0,296 %
$v_g > v_C$		0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,005 %	0,014 %	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,021 %
$v_g > v_D$		0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %



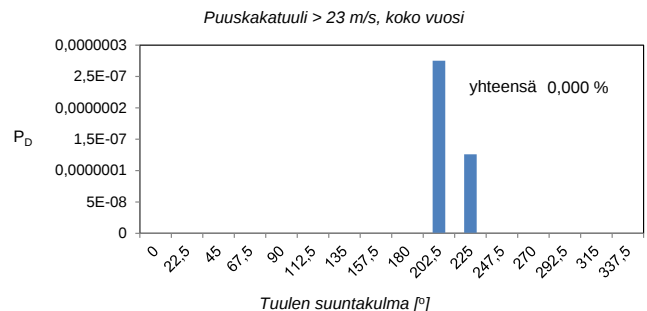
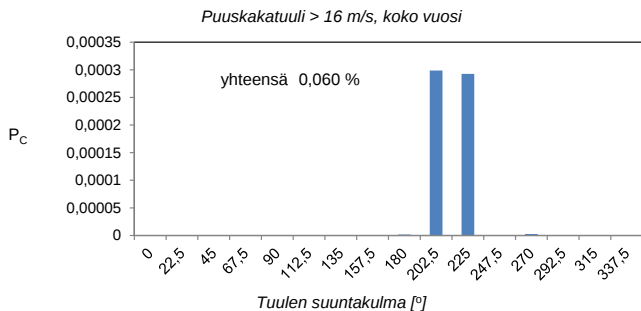
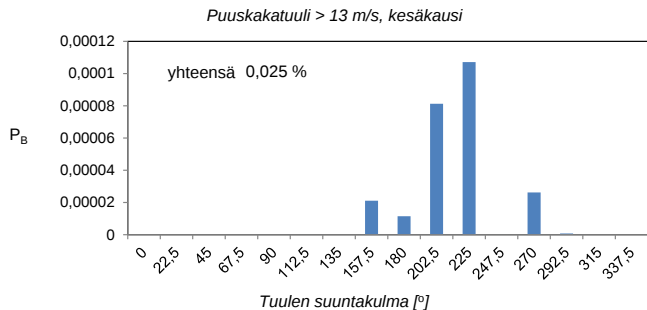
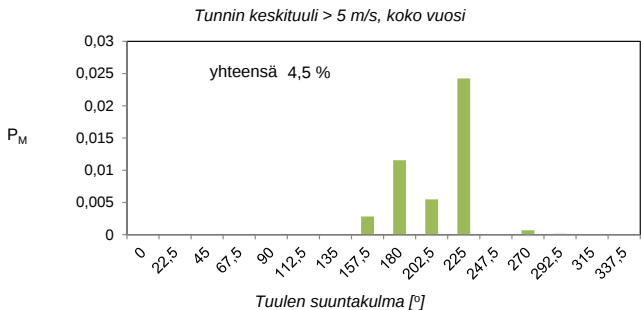
Piste:	13			Tuulisuus			Tuulisuus viitesuunnitelman viitepisteessä					62J
Kriteeri				Symboli	h/v	h/kesä	Symboli	h/v	h/kesä		suhde P/P'	
A	v _M	5	m/s, tunnin keskituuli, koko vuosi	P _M	3,5 %	309	-	P' _M	0,5 %	46	-	6,8
A	v _A	10	m/s, puuskatuuli, kesäkausi	P _A	0,96 %	-	42,1	P' _A	0,36 %	-	15,8	2,7
B	v _B	13	m/s, puuskatuuli, kesäkausi	P _B	0,123 %	-	5,4	P' _B	0,027 %	-	1,2	4,6
C	v _C	16	m/s, puuskatuuli, koko vuosi	P _C	0,066 %	5,8	-	P' _C	0,010 %	0,9	-	6,8
D	v _D	23	m/s, puuskatuuli, koko vuosi	P _D	0,000 %	0,0	-	P' _D	0,000 %	0,0	-	50,6

	Tuulen suuntakulma [°]																
	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	yht
k_m	0,46	0,65	0,73	0,70	0,57	0,51	0,43	0,36	0,36	0,37	0,42	0,56	0,93	0,73	0,59	0,56	-
k_g	1,18	1,43	1,56	1,50	1,21	1,09	0,93	0,80	0,66	0,73	0,80	1,01	1,73	1,36	1,25	0,83	-
kesäkausi																	
P_0	7,1 %	7,2 %	5,4 %	7,3 %	4,4 %	3,4 %	3,6 %	4,0 %	5,0 %	6,7 %	10,6 %	8,1 %	6,2 %	7,1 %	6,3 %	5,9 %	98,2 %
k	2,3	2,5	2,3	2,4	2,0	1,8	2,3	2,1	2,3	2,4	2,5	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	-
λ	3,4	3,2	2,9	3,4	3,4	4,0	3,7	4,6	5,3	5,2	5,2	4,7	4,0	4,2	3,2	3,7	-
ylitystodennäköisyydet (P)																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,02 %	0,01 %	0,03 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,07 %	0,90 %	0,31 %	0,00 %	0,00 %	1,3 %
$v_g > v_A$	0,00 %	0,01 %	0,01 %	0,05 %	0,02 %	0,05 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,02 %	0,63 %	0,17 %	0,00 %	0,00 %	0,96 %
$v_g > v_B$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,11 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,12 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,011 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,011 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
talvikausi																	
P_0	6,3 %	6,8 %	7,2 %	4,6 %	2,1 %	3,4 %	4,4 %	4,8 %	7,2 %	8,2 %	9,7 %	9,2 %	8,1 %	6,4 %	5,7 %	5,6 %	99,8 %
k	2,2	2,5	2,5	1,7	1,6	2,1	2,4	2,4	2,7	2,4	2,5	2,4	2,6	2,1	2,3	2,5	-
λ	4,2	3,9	4,0	3,7	4,3	5,9	5,2	5,7	7,0	7,3	7,3	6,6	5,2	4,8	3,9	4,6	-
ylitystodennäköisyydet (P)																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,02 %	0,17 %	0,19 %	0,09 %	0,19 %	0,00 %	0,00 %	0,02 %	0,11 %	0,32 %	1,08 %	2,70 %	0,76 %	0,02 %	0,03 %	5,7 %
$v_g > v_A$	0,06 %	0,08 %	0,29 %	0,27 %	0,12 %	0,27 %	0,01 %	0,01 %	0,00 %	0,09 %	0,18 %	0,60 %	2,14 %	0,53 %	0,04 %	0,00 %	4,69 %
$v_g > v_B$	0,001 %	0,001 %	0,014 %	0,052 %	0,027 %	0,042 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,004 %	0,054 %	0,596 %	0,080 %	0,001 %	0,000 %	0,875 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,007 %	0,005 %	0,004 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,002 %	0,095 %	0,007 %	0,000 %	0,000 %	0,120 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
ylitystodennäköisyydet (P)																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,01 %	0,09 %	0,11 %	0,05 %	0,11 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,06 %	0,16 %	0,58 %	1,80 %	0,54 %	0,01 %	0,01 %	3,5 %
$v_g > v_A$	0,03 %	0,05 %	0,15 %	0,16 %	0,07 %	0,16 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,04 %	0,09 %	0,31 %	1,39 %	0,35 %	0,02 %	0,00 %	2,82 %
$v_g > v_B$	0,001 %	0,001 %	0,007 %	0,026 %	0,013 %	0,023 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,002 %	0,027 %	0,353 %	0,044 %	0,000 %	0,000 %	0,499 %</



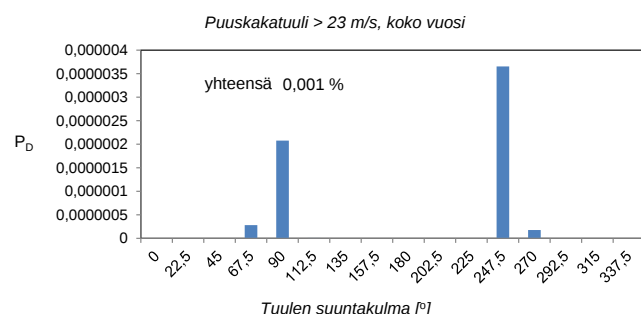
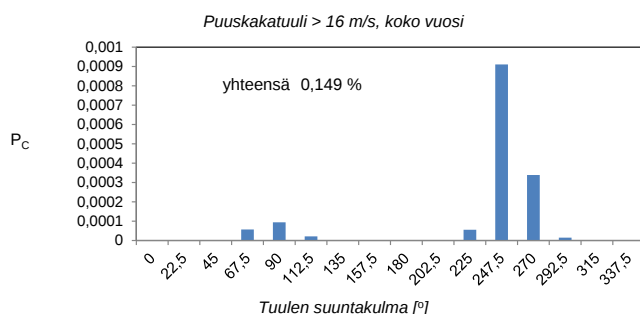
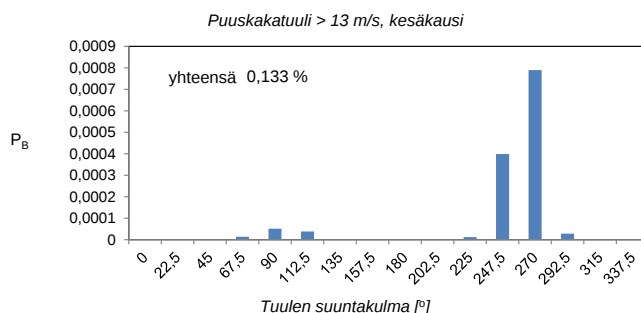
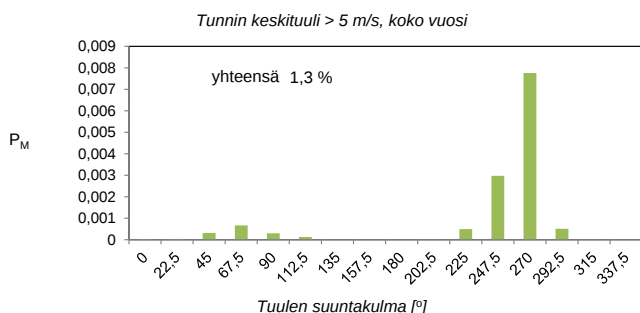
Piste: 14				Tuulisuus			Tuulisuus viitesuunnitelman viitepisteessä 48J				
Kriteeri				Symboli	h/v	h/kesä	Symboli	h/v	h/kesä	suhde P/P'	
M	v _M	5	m/s, tunnin keskituuli, koko vuosi	P _M	4,5 %	394	-	P' _M	0,1 %	10	40,8
A	v _A	10	m/s, puuskatuuli, kesäkausi	P _A	0,67 %	-	29,5	P' _A	0,09 %	-	7,1
B	v _B	13	m/s, puuskatuuli, kesäkausi	P _B	0,025 %	-	1,1	P' _B	0,003 %	-	9,2
C	v _C	16	m/s, puuskatuuli, koko vuosi	P _C	0,060 %	5,2	-	P' _C	0,000 %	0,0	155,3
D	v _D	23	m/s, puuskatuuli, koko vuosi	P _D	0,000 %	0,0	-	P' _D	0,000 %	0,0	158362,5

	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	yht
k_m	0,31	0,37	0,40	0,37	0,24	0,29	0,31	0,60	0,64	0,51	0,70	0,35	0,55	0,47	0,40	0,35	-
k_g	0,86	0,96	0,97	0,88	0,63	0,74	0,75	1,05	0,97	1,13	1,16	0,88	1,28	1,09	0,94	0,86	-
<i>kesäkausi</i>																	
P_0	7,1 %	7,2 %	5,4 %	7,3 %	4,4 %	3,4 %	3,6 %	4,0 %	5,0 %	6,7 %	10,6 %	8,1 %	6,2 %	7,1 %	6,3 %	5,9 %	98,2 %
k	2,3	2,5	2,3	2,4	2,0	1,8	2,3	2,1	2,3	2,4	2,5	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	-
λ	3,4	3,2	2,9	3,4	3,4	4,0	3,7	4,6	5,3	5,2	5,2	4,7	4,0	4,2	3,2	3,7	-
<i>ylitystodennäköisyydet (P)</i>																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,15 %	0,43 %	0,06 %	1,13 %	0,00 %	0,02 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	1,8 %
$v_g > v_A$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,05 %	0,05 %	0,18 %	0,30 %	0,00 %	0,08 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,67 %
$v_g > v_B$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,02 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
<i>talvikausi</i>																	
P_0	6,3 %	6,8 %	7,2 %	4,6 %	2,1 %	3,4 %	4,4 %	4,8 %	7,2 %	8,2 %	9,7 %	9,2 %	8,1 %	6,4 %	5,7 %	5,6 %	99,8 %
k	2,2	2,5	2,5	1,7	1,6	2,1	2,4	2,4	2,7	2,4	2,5	2,4	2,6	2,1	2,3	2,5	-
λ	4,2	3,9	4,0	3,7	4,3	5,9	5,2	5,7	7,0	7,3	7,3	6,6	5,2	4,8	3,9	4,6	-
<i>ylitystodennäköisyydet (P)</i>																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,42 %	1,88 %	1,04 %	3,72 %	0,01 %	0,12 %	0,03 %	0,00 %	0,00 %	7,2 %
$v_g > v_A$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,00 %	0,16 %	0,43 %	1,71 %	2,07 %	0,22 %	0,45 %	0,12 %	0,00 %	0,00 %	5,17 %
$v_g > v_B$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,007 %	0,024 %	0,421 %	0,476 %	0,008 %	0,028 %	0,006 %	0,000 %	0,000 %	0,970 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,060 %	0,058 %	0,000 %	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,119 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
<i>koko vuosi</i>																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,28 %	1,16 %	0,55 %	2,42 %	0,01 %	0,07 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	4,5 %
$v_g > v_A$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,00 %	0,10 %	0,24 %	0,95 %	1,18 %	0,11 %	0,26 %	0,07 %	0,00 %	0,00 %	2,92 %
$v_g > v_B$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,005 %	0,013 %	0,214 %	0,243 %	0,004 %	0,015 %	0,003 %	0,000 %	0,000 %	0,497 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,030 %	0,029 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,060 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %



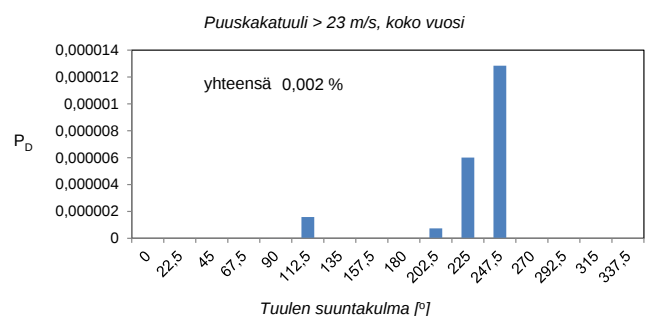
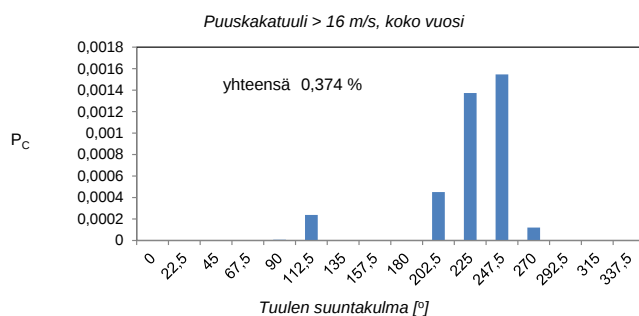
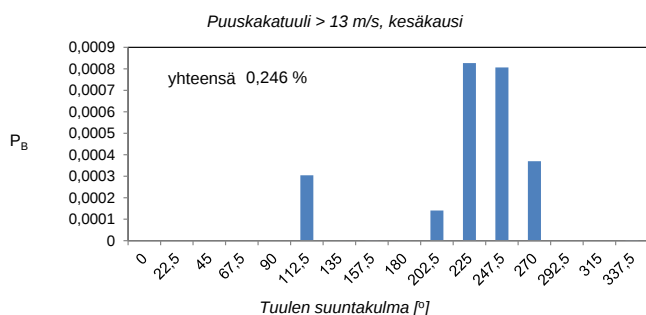
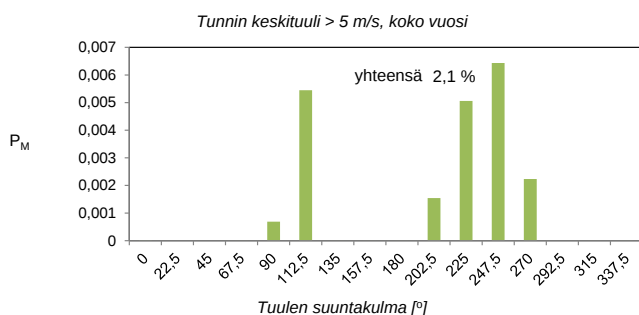
Piste:	16			Tuulisuus			Tuulisuus viitesuunnitelman viitepisteessä						16K
Kriteeri				Symboli		h/v	h/kesä	Symboli		h/v	h/kesä		suhde P/P'
M	v _M	5	m/s, tunnin keskituuli, koko vuosi	P _M	1,3 %	116	-	P' _M	5,0 %	434	-		0,3
A	v _A	10	m/s, puuskatuuli, kesäkausi	P _A	1,40 %	-	61,5	P' _A	3,19 %	-	139,8		0,4
B	v _B	13	m/s, puuskatuuli, kesäkausi	P _B	0,133 %	-	5,8	P' _B	0,561 %	-	24,6		0,2
C	v _C	16	m/s, puuskatuuli, koko vuosi	P _C	0,149 %	13,1	-	P' _C	0,572 %	50,1	-		0,3
D	v _D	23	m/s, puuskatuuli, koko vuosi	P _D	0,001 %	0,1	-	P' _D	0,009 %	0,8	-		0,1

	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	yht
k_m	0,49	0,60	0,67	0,65	0,52	0,40	0,28	0,21	0,25	0,23	0,38	0,50	0,76	0,53	0,43	0,33	-
k_g	1,09	1,25	1,45	1,56	1,42	1,09	0,78	0,60	0,70	0,67	1,04	1,38	1,66	1,28	1,01	0,83	-
kesäkausi																	
P_0	7,1 %	7,2 %	5,4 %	7,3 %	4,4 %	3,4 %	3,6 %	4,0 %	5,0 %	6,7 %	10,6 %	8,1 %	6,2 %	7,1 %	6,3 %	5,9 %	98,2 %
k	2,3	2,5	2,3	2,4	2,0	1,8	2,3	2,1	2,3	2,4	2,5	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	-
λ	3,4	3,2	2,9	3,4	3,4	4,0	3,7	4,6	5,3	5,2	5,2	4,7	4,0	4,2	3,2	3,7	-
ylitystodennäköisyydet (P)																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,02 %	0,30 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,3 %
$v_g > v_A$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,08 %	0,08 %	0,05 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,09 %	0,48 %	0,52 %	0,10 %	0,00 %	0,00 %	1,40 %
$v_g > v_B$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,04 %	0,08 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,13 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,007 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,008 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
talvikausi																	
P_0	6,3 %	6,8 %	7,2 %	4,6 %	2,1 %	3,4 %	4,4 %	4,8 %	7,2 %	8,2 %	9,7 %	9,2 %	8,1 %	6,4 %	5,7 %	5,6 %	99,8 %
k	2,2	2,5	2,5	1,7	1,6	2,1	2,4	2,4	2,7	2,4	2,5	2,4	2,6	2,1	2,3	2,5	-
λ	4,2	3,9	4,0	3,7	4,3	5,9	5,2	5,7	7,0	7,3	7,3	6,6	5,2	4,8	3,9	4,6	-
ylitystodennäköisyydet (P)																	
$v_m > v_M$	0,01 %	0,01 %	0,06 %	0,13 %	0,06 %	0,02 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,10 %	0,58 %	1,25 %	0,09 %	0,00 %	0,00 %	2,3 %
$v_g > v_A$	0,02 %	0,01 %	0,16 %	0,33 %	0,23 %	0,28 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,03 %	1,25 %	2,60 %	1,87 %	0,38 %	0,00 %	0,00 %	7,18 %
$v_g > v_B$	0,000 %	0,000 %	0,005 %	0,070 %	0,072 %	0,044 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,179 %	0,852 %	0,460 %	0,046 %	0,000 %	0,000 %	1,729 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,011 %	0,019 %	0,004 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,011 %	0,181 %	0,061 %	0,003 %	0,000 %	0,000 %	0,290 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %
koko vuosi																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,00 %	0,03 %	0,07 %	0,03 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,05 %	0,30 %	0,78 %	0,05 %	0,00 %	0,00 %	1,3 %
$v_g > v_A$	0,01 %	0,01 %	0,08 %	0,20 %	0,16 %	0,16 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,67 %	1,54 %	1,20 %	0,24 %	0,00 %	0,00 %	4,29 %
$v_g > v_B$	0,000 %	0,000 %	0,002 %	0,036 %	0,039 %	0,024 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,090 %	0,446 %	0,269 %	0,024 %	0,000 %	0,000 %	0,931 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,006 %	0,009 %	0,002 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,006 %	0,091 %	0,034 %	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,149 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %



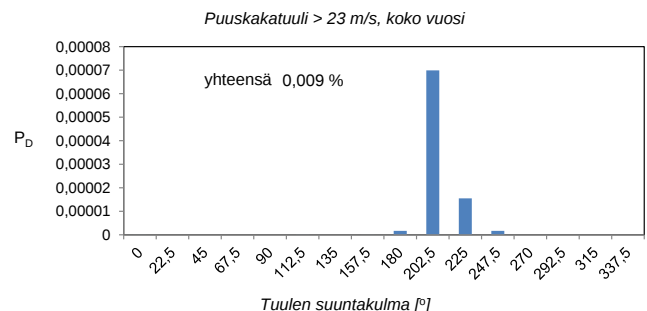
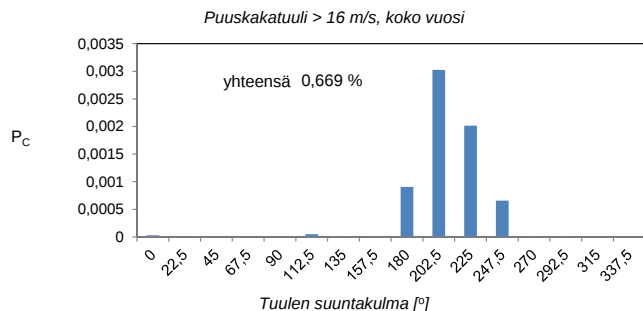
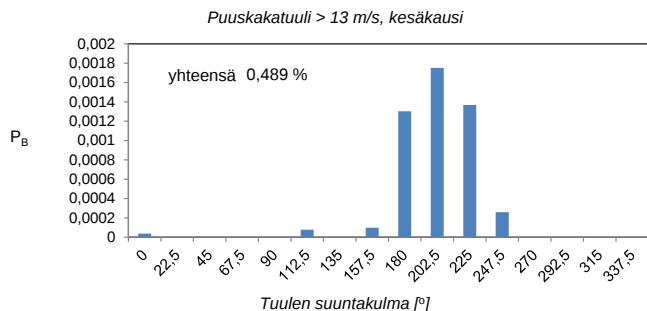
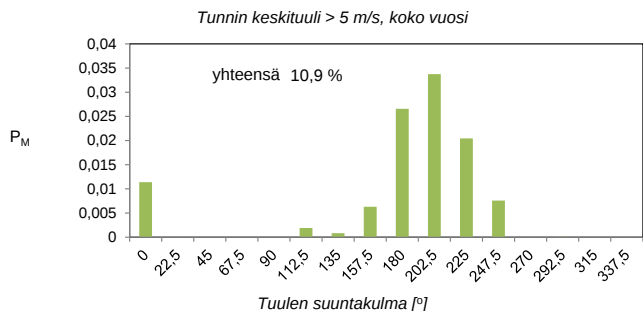
Piste:	18			Tuulisuus			Tuulisuus viitesuunnitelman viitepisteessä					11K
Kriteeri				Symboli	h/v	h/kesä	Symboli	h/v	h/kesä	suhde P/P'		
M	v _M	5	m/s, tunnin keskituuli, koko vuosi	P _M	2,1 %	188	-	P' _M	2,0 %	176	-	1,1
A	v _A	10	m/s, puuskatuuli, kesäkausi	P _A	2,38 %	-	104,4	P' _A	2,92 %	-	127,9	0,8
B	v _B	13	m/s, puuskatuuli, kesäkausi	P _B	0,246 %	-	10,8	P' _B	0,380 %	-	16,7	0,6
C	v _C	16	m/s, puuskatuuli, koko vuosi	P _C	0,374 %	32,7	-	P' _C	0,552 %	48,4	-	0,7
D	v _D	23	m/s, puuskatuuli, koko vuosi	P _D	0,002 %	0,2	-	P' _D	0,007 %	0,6	-	0,3

Tuulen suuntakulma [°]																	
	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	yht
k_m	0,47	0,37	0,35	0,35	0,60	0,72	0,36	0,32	0,30	0,42	0,49	0,57	0,63	0,17	0,38	0,47	-
k_g	1,28	0,97	0,89	0,89	1,09	1,35	1,02	0,92	0,87	1,17	1,33	1,47	1,55	0,65	1,08	1,35	-
kesäkausi																	
P_0	7,1 %	7,2 %	5,4 %	7,3 %	4,4 %	3,4 %	3,6 %	4,0 %	5,0 %	6,7 %	10,6 %	8,1 %	6,2 %	7,1 %	6,3 %	5,9 %	98,2 %
k	2,3	2,5	2,3	2,4	2,0	1,8	2,3	2,1	2,3	2,4	2,5	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	-
λ	3,4	3,2	2,9	3,4	3,4	4,0	3,7	4,6	5,3	5,2	5,2	4,7	4,0	4,2	3,2	3,7	-
ylitystodennäköisyydet (P)																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,02 %	0,25 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,05 %	0,09 %	0,06 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,5 %
$v_g > v_A$	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,17 %	0,00 %	0,01 %	0,01 %	0,25 %	0,85 %	0,70 %	0,34 %	0,00 %	0,00 %	0,03 %	2,38 %
$v_g > v_B$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,03 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,08 %	0,08 %	0,04 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,25 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,004 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,003 %	0,004 %	0,002 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,013 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %
talvikausi																	
P_0	6,3 %	6,8 %	7,2 %	4,6 %	2,1 %	3,4 %	4,4 %	4,8 %	7,2 %	8,2 %	9,7 %	9,2 %	8,1 %	6,4 %	5,7 %	5,6 %	99,8 %
k	2,2	2,5	2,5	1,7	1,6	2,1	2,4	2,4	2,7	2,4	2,5	2,4	2,6	2,1	2,3	2,5	-
λ	4,2	3,9	4,0	3,7	4,3	5,9	5,2	5,7	7,0	7,3	7,3	6,6	5,2	4,8	3,9	4,6	-
ylitystodennäköisyydet (P)																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,12 %	0,84 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,30 %	0,96 %	1,20 %	0,38 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	3,8 %
$v_g > v_A$	0,13 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,07 %	0,67 %	0,05 %	0,04 %	0,17 %	1,95 %	3,29 %	3,08 %	1,38 %	0,00 %	0,01 %	0,19 %	11,02 %
$v_g > v_B$	0,006 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,011 %	0,203 %	0,001 %	0,001 %	0,004 %	0,539 %	1,178 %	1,170 %	0,253 %	0,000 %	0,000 %	0,007 %	3,373 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,044 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,090 %	0,272 %	0,305 %	0,022 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,734 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,003 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,004 %
koko vuosi																	
ylitystodennäköisyydet (P)																	
$v_m > v_M$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,07 %	0,54 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,15 %	0,51 %	0,64 %	0,22 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	2,1 %
$v_g > v_A$	0,07 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,04 %	0,42 %	0,02 %	0,03 %	0,09 %	1,10 %	2,07 %	1,89 %	0,86 %	0,00 %	0,00 %	0,11 %	6,70 %
$v_g > v_B$	0,003 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,006 %	0,117 %	0,000 %	0,000 %	0,002 %	0,276 %	0,630 %	0,625 %	0,145 %	0,000 %	0,000 %	0,004 %	1,809 %
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,024 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,045 %	0,137 %	0,155 %	0,012 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,374 %
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,002 %



Piste:	c			Tuulisuus			Tuulisuus viitesuunnitelman viitepisteessä					14H
Kriteeri				Symboli	h/v	h/kesä	Symboli	h/v	h/kesä		suhde P/P'	
M	v _M	5	m/s, tunnin keskituuli, koko vuosi	P _M	10,9 %	953	-	P' _M	6,3 %	554	-	1,7
A	v _A	10	m/s, puuskatuuli, kesäkausi	P _A	3,45 %	-	151,3	P' _A	2,64 %	-	115,7	1,3
B	v _B	13	m/s, puuskatuuli, kesäkausi	P _B	0,489 %	-	21,4	P' _B	0,296 %	-	13,0	1,7
C	v _C	16	m/s, puuskatuuli, koko vuosi	P _C	0,669 %	58,6	-	P' _C	0,452 %	39,6	-	1,5
D	v _D	23	m/s, puuskatuuli, koko vuosi	P _D	0,009 %	0,8	-	P' _D	0,003 %	0,3	-	2,9

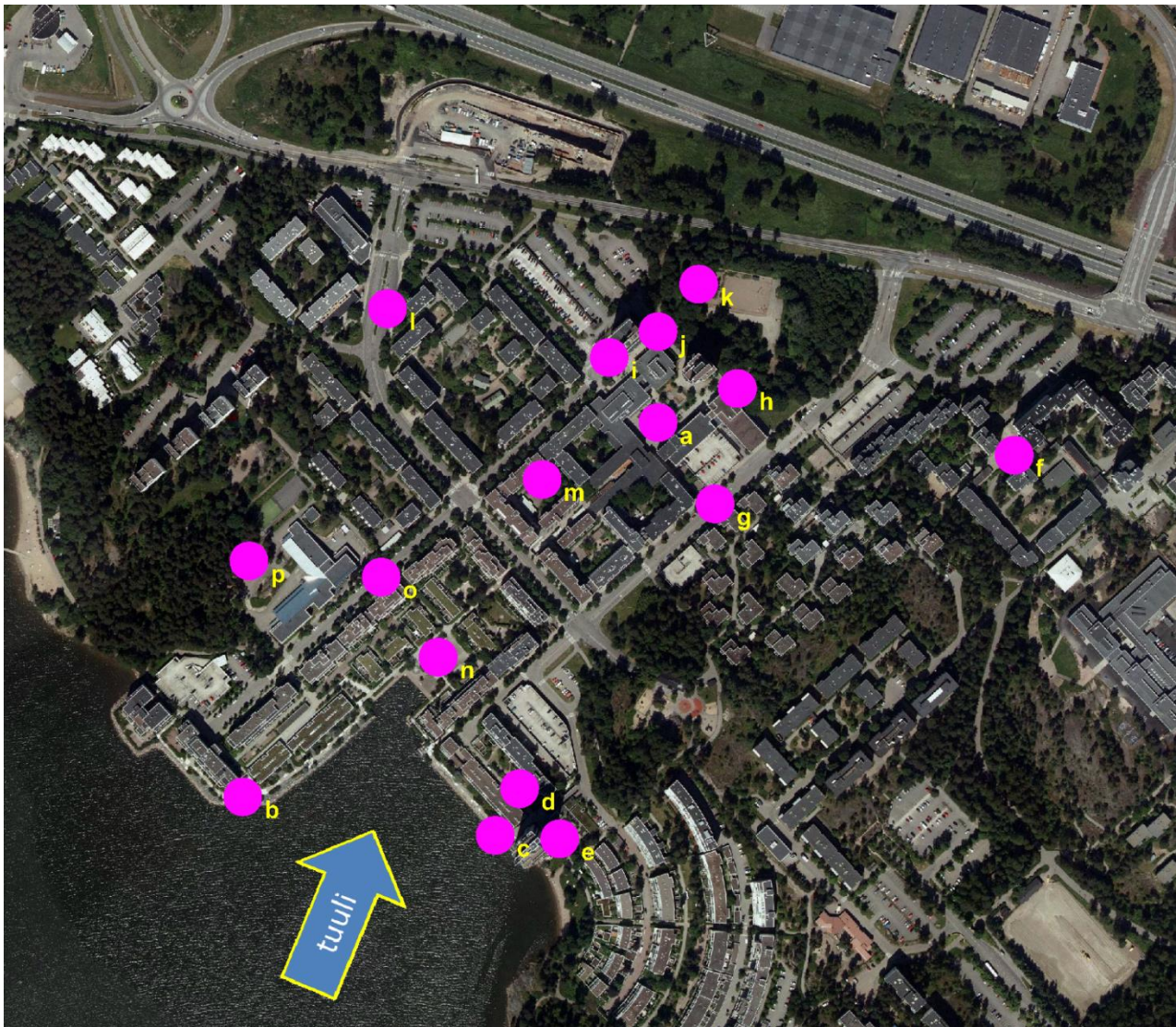
	Tuulen suuntakulma [°]																	
	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	yht	
k_m	1,02	0,53	0,38	0,23	0,22	0,56	0,58	0,71	0,85	0,88	0,66	0,59	0,42	0,45	0,43	0,43	-	
k_g	1,58	1,05	0,78	0,55	0,45	1,16	1,17	1,18	1,39	1,46	1,39	1,34	1,05	1,09	1,02	0,96	-	
kesäkausi																		
P_0	7,1 %	7,2 %	5,4 %	7,3 %	4,4 %	3,4 %	3,6 %	4,0 %	5,0 %	6,7 %	10,6 %	8,1 %	6,2 %	7,1 %	6,3 %	5,9 %	98,2 %	
k	2,3	2,5	2,3	2,4	2,0	1,8	2,3	2,1	2,3	2,4	2,5	2,4	2,2	2,3	2,3	2,4	-	
λ	3,4	3,2	2,9	3,4	3,4	4,0	3,7	4,6	5,3	5,2	5,2	4,7	4,0	4,2	3,2	3,7	-	
ylitystodennäköisyydet (P)																		
$v_m > v_M$	0,70 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,06 %	0,00 %	0,36 %	1,42 %	1,93 %	0,83 %	0,12 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	5,4 %	
$v_g > v_A$	0,11 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,07 %	0,00 %	0,12 %	0,68 %	0,95 %	1,11 %	0,38 %	0,01 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	3,45 %	
$v_g > v_B$	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,00 %	0,01 %	0,13 %	0,18 %	0,14 %	0,03 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,49 %	
$v_g > v_C$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,014 %	0,017 %	0,007 %	0,001 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,040 %	
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	
talvikausi																		
P_0	6,3 %	6,8 %	7,2 %	4,6 %	2,1 %	3,4 %	4,4 %	4,8 %	7,2 %	8,2 %	9,7 %	9,2 %	8,1 %	6,4 %	5,7 %	5,6 %	99,8 %	
k	2,2	2,5	2,5	1,7	1,6	2,1	2,4	2,4	2,7	2,4	2,5	2,4	2,6	2,1	2,3	2,5	-	
λ	4,2	3,9	4,0	3,7	4,3	5,9	5,2	5,7	7,0	7,3	7,3	6,6	5,2	4,8	3,9	4,6	-	
ylitystodennäköisyydet (P)																		
$v_m > v_M$	1,58 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,32 %	0,16 %	0,90 %	3,89 %	4,82 %	3,26 %	1,40 %	0,00 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	16,3 %	
$v_g > v_A$	0,55 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,37 %	0,17 %	0,35 %	2,49 %	3,54 %	3,69 %	2,35 %	0,07 %	0,12 %	0,00 %	0,00 %	13,71 %	
$v_g > v_B$	0,079 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,075 %	0,009 %	0,034 %	0,838 %	1,673 %	1,472 %	0,701 %	0,001 %	0,006 %	0,000 %	0,000 %	4,887 %	
$v_g > v_C$	0,006 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,009 %	0,000 %	0,001 %	0,167 %	0,588 %	0,396 %	0,131 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	1,299 %	
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,014 %	0,003 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,018 %	
koko vuosi																		
$v_m > v_M$	1,14 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,19 %	0,08 %	0,63 %	2,66 %	3,37 %	2,04 %	0,76 %	0,00 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %	10,9 %	
$v_g > v_A$	0,33 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,22 %	0,09 %	0,24 %	1,59 %	2,25 %	2,40 %	1,36 %	0,04 %	0,07 %	0,00 %	0,00 %	8,58 %	
$v_g > v_B$	0,041 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,041 %	0,005 %	0,022 %	0,484 %	0,924 %	0,804 %	0,364 %	0,000 %	0,003 %	0,000 %	0,000 %	2,688 %	
$v_g > v_C$	0,003 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,005 %	0,000 %	0,001 %	0,091 %	0,303 %	0,202 %	0,066 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,669 %	
$v_g > v_D$	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,007 %	0,002 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,000 %	0,009 %	



Liite 6: Nykytilan tuulisuuden katselmus Kivenlahdessa

Suoritetun katselmuksen 29.1.2017 perusteella (10 min keskituuli, 10 m korkeus, merellä 7 m/s; tuulen suunta 205°; lämpötila 1°C; pilvistä) nykyiset kolme korkeaa rakennusta (tornitaloa) lisäsivät tuulisuutta vierustassaan. Samoin rantaviivan alueet olivat tuulen suunnasta johtuen tuulia, ja viileän ilman johdosta tuulen huomasi myös kauempana rannasta katuaukeiden ja kenttien kohdilla. Muilta osin tuulta ei sen pienuuden takia juuri huomannut, ja esimerkiksi suurempien puitten latvat eivät huojuneet tuulessa.

Tuulisuus oli odotetusti suurimmillaan pisteissä c ja e (kuva L6.1), jossa rantaviivaan sijoittuva tornitalo ohjasi virtauksia kulmansa ohi katutasoon. Toinen selvä korkean rakentamisen tuulisuuslisä oli havaittavissa pisteessä j, jossa virtaus paitsi kuristuu kahden tornitalon välissä, myös kiertää toisen tornitalon kulman ohi. Tornitalojen pihat olivat pieniä lukituilla aidoilla rajattuja alueita. Niiden suunnittelumahdollisuudet tuulisuuden suhteen ovat ilmeisen vähäiset. Pisteessä i tuulisuus oli suurta ja siihen sijoittui myös aidattu piha-alue.



Kuva L6.1: Tuulensuuta katselmuksen aikana ja tarkastelupisteitä (kuva muokattu Espoon kaupungin kartta-aineistoon).

Toinen tarkastelupisteissä tuulisuuteen vaikuttava tekijä oli rantaan ulottuvat suorat kadut, joissa tuulisuus oli ympäristöään suurempaa. Tuulisuus kasvoi rantaa kohden siirryttäessä. Alueen pihat ovat pinta-alaltaan pieniä. Tuulisuus kukkulan päällä pisteen f ympäristöstä rantaan päin oli vähäistä niissä kohdissa, jossa on vanhaa korkeaa puustoa suojana.

Alla olevissa kuvissa on tarkemmin luonnehdittu tarkastelupisteiden tuulisuusolosuhteita.



a

Kivenlahdentori oli vähätuulinen. Tornitalon piha on lukitulla aidalla erotettu tila, ja hieman erillään julkisivusta. Se toimii torin oleskelupisteille suojana tornin julkisivua alaspäin kulkevan viertauksen vaikutukselle.



b

Piste oli odotetusti tuulinen merenlahden vaikutuksen johdosta. Kohdassa kulkee ulkoilureitti. Rakennusten yksityisiä pihajoja on sijoitettu merenrantaan ja niiden suojana on matalampia pensaita. Porttikongeissa tuuli oli voimakkaampaa kuin rantapenkalla.





c, e

Piste oli odotusten mukaan selvästi tuulisin. Tornin aiheuttama lisä tuulisuuteen oli merkittävä sen kaikilla sivuilla, joissa myös kulkee ulkoilu-reitti.

Jos korkean rakentamisen tuulusuuslisää ja vaikutuksia haluaa katsoa, "on tämä siihen oikea paikka", edellyttäen että tuuli on meren puolelta.





f, g, l, o

Kukkulan laella tuulisuus oli merkittäväntä puuttomissa kohdissa rakennuksen väleillä. Korkeiden puitten suojassa alueet olivat lähes tuulettomia.

Pitkät ja suorat katuaukeat lisäsivät tuulisuutta.





i, j, h, k

Korkean rakentamisen tuulisuuslisä oli suurimmillaan kulkureitillä tornien välissä. Tornin piha on pieni, lukitulla aidalla ympäröity alue, ja sen edustalla tuntui myös tuulisuuslisä. Leikkivälineitä oli jouduttu sijoittamaan aivan julkisivun vireen. Pihan penkit olivat kauempana julkisivusta ja ne oli suojattu katoksella.

Pisteissä h tai k ei tuntunut tuulisuuslisää matalamman suojaavan rakennuksen tai puuston johdosta.





m

Umpikorttelin pihan oleskelupiste ei ollut erityisen suojaista kasvillisuudesta huolimatta. Tähän vaikutti ilmeisesti pensaitten harvuus, rakennusten mataluus ja se, että virtaus pääsi kulkemaan porttikonkien läpi.

.



n

Aukio jäi tuuliseksi merenlahden vaikutuksen ja puuston puuttumisen johdosta.

.



p

Koulun piha oli metsän ympäröimä ja suojaista, mutta se jäi kuitenkin arvoimeksi etelän ja lounaan suunnasta puhaltaville tuulille.

WSP Finland Oy
Heikkiläntie 7
FI-00210 Helsinki
Finland
Tel: 0207 864 11
Fax 0207 864 800
www.wspgroup.fi

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE

