

# RAPPORT

UPPDRAG DP Centralmarken	UPPDRAGSLEDARE Michael Owen	DATUM 2022-02-22
	UPPRÄTTAD AV Michael Owen, August Borg	GRANSKAD AV Leon Lee

## Vindkomfortstudie – Centralmarken



**Copyright © 2022 Sweco Sweden AB**  
All rights reserved

Version	Leverans datum	Beskrivning
1	2021-11-11	Original Rapport
2	2021-11-23	Inklusive analys om torget, parken och lokalgatan enligt kommentar från Huddinge kommun
3	2022-02-22	Uppdatering med anledning av uppdaterad byggdesign

2 (46)

---

RAPPORT  
2022-02-22

## Innehållsförteckning

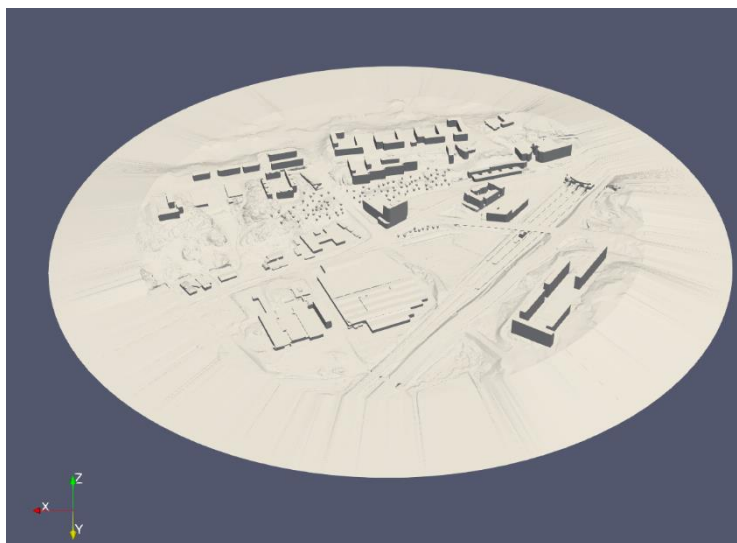
<b>1.</b>	<b>Sammanfattning och rekommendationer</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Förbehåll</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Vindkomfort i utomhusmiljö</b>	<b>7</b>
3.1.	Tekniker för att förbättra vindkomfort	7
3.2.	Vindskydd	9
3.3.	Vindkomfortstudier	9
3.4.	Lawsons komfortkriterier och Beaufort-skalan	10
<b>4.</b>	<b>Metod</b>	<b>12</b>
4.1.	Vindstatistik	12
4.2.	CFD-modell	14
4.3.	Geometri	15
4.4.	Uppdaterad geometri	19
4.5.	Trädmodellen	19
4.6.	Beräkningsnät – mesh	20
<b>5.</b>	<b>Resultat – Skede 1</b>	<b>22</b>
5.1.	Vindkomfort	22
5.1.1.	Analys av område 1	23
5.1.2.	Analys av område 2	28
5.1.3.	Analys av område 3	31
<b>6.</b>	<b>Resultat – Skede 2</b>	<b>33</b>
6.1.	Vindkomfort	33
6.1.1.	Analys av område 1	34
6.1.2.	Analys av område 2	39
6.1.3.	Analys av område 3	43
<b>7.</b>	<b>Slutsatser och rekommendationer</b>	<b>45</b>
<b>8.</b>	<b>Referenser</b>	<b>46</b>

## 1. Sammanfattning och rekommendationer

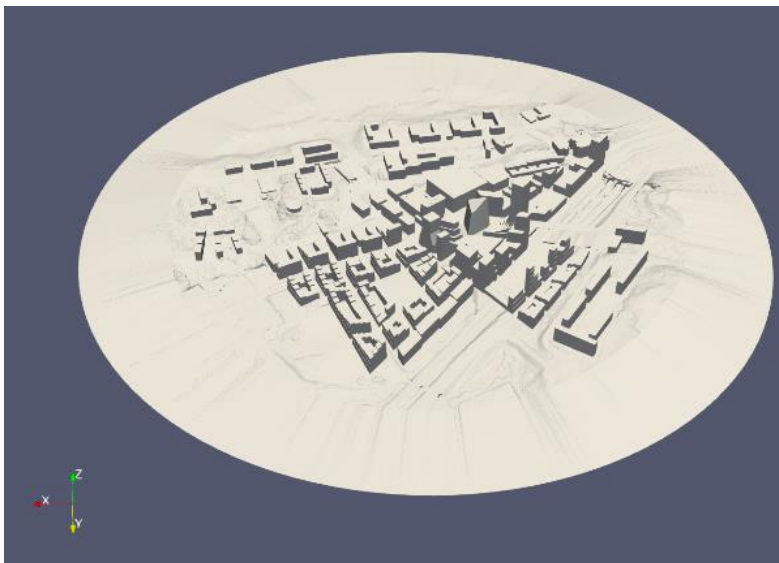
Sweco har genomfört en vindkomfortstudie av utomhusmiljön runt den planerade Centralmarken byggnaden, en del av den pågående utvecklingen av området kring Flemingsberg i Stockholm. Den molnbaserade plattformen Ingrid Cloud har använts till simuleringarna och långtidsdata för vind från en närliggande punkt har förts in i modellen för att fånga årsvariationerna.

Två olika scenarier har simulerats: Skede 1 och Skede 2. Skede 1 är simulerat med en modell som representerar de omgivande byggnaderna som de ser ut idag. Skede 2 är istället simulerat med en modell som representerar den planerade utvecklingen av omgivningen till och med år 2050. Eftersom Skede 2 representerar ett scenario långt fram i tiden är osäkerheten kring vilka byggnader som faktiskt kommer att finnas och hur de kommer att se ut stor. Simuleringarna representerar därför en bästa uppskattning för vindklimatet år 2050 baserat på nuvarande kännedom om framtida byggnader. Sweco rekommenderar att flera vindkomfortstudier genomförs över omgivningen när framtida byggnader och dess utformning är fastställda.

Analysen har gjorts med referens till Lawsons vindkomfortkriterier som kommer att omnämnas genom hela denna rapport. Vid hänvisning till vindkomfort ska alltså dessa kriterier finnas i åtanke. Analysen visar att det inte finns några områden som kan anses vara farliga runt Centralmarken DP någon gång på året. I denna rapport har tre områden valts ut för att studeras närmare.



**Figur 1. Modell som använts för simulering av Skede 1.**



**Figur 2. Modell som använts för simulering av Skede 2.**

Område 1 täcker Centralmarkens takterrass på lågdelen. Simuleringen visar att området har god vindkomfort. Enligt simuleringen är terrassen trivsamt för långvarigt eller kortvarigt sittande, detta gäller både för Skede 1 och 2. För att ytterligare förbättra vindkomforten kan vindskyddande åtgärder, till exempel skyddande skärmar, användas. Dessa kan bryta och blockera den sydvästliga vindens tryck och acceleration över takterrassen.

Område 2 innehåller Centralmarkens entré och uppvisar god vindkomfort enligt Lawsons vindkomfortskriterier för båda Skede 1 och Skede 2, hela året. Under vissa förutsättningar kan höga vindhastigheter förekomma men detta är ovanligt och inget som nämnvärt påverkar vindkomforten på platsen. Enligt Lawsons vindkomfortskriterier är området runt entrén lämpligt för stående eller rörliga aktiviteter, hela året. Under sommaren är området också lämpligt för lugna, sittande aktiviteter.

Område 3 täcker Regulatorvägen och trottoaren framför Centralmarken. Området har god vindkomfort för Skede 2 tack vare de omgivande byggnaderna som blockerar vinden. För Skede 1 finns det däremot ett litet område med potentiellt farliga förhållanden under Q1 och Q4. Detta bör åtgärdas i form av mildrande åtgärder som trädplantering eller en mindre ändring av byggnadens utformning. Det finns fläckvist mindre områden där vindkomforten endast lämpar sig för mer fysiska aktiviteter som löpning. I övrigt uppvisar hela området generellt god vindkomfort under större delen av året för aktiviteter som löpning och stillastående, enligt Lawsons komfortskriterier.

Efter att simuleringarna genomfördes har ändringar i Centralmarkens geometri skett. Byggnaden planeras till en våning lägre än vad som har simulerats och analyserats ovan. Sweco anser inte att nya simuleringar med den uppdaterade modellen måste genomföras. Vindkomforten kan antas vara likvärdig mellan de två olika geometrierna, om något, så förväntas den lägre höjden på byggnaden förbättra vindkomforten runt Centralmarken då så kallade nedsvepningseffekter minskas med den lägre höjden.

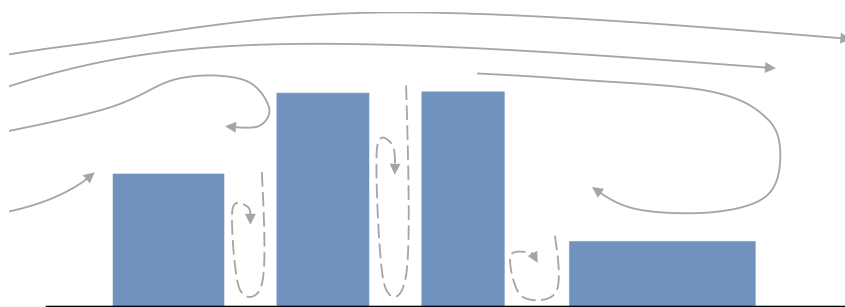
## 2. Förbehåll

Modellerings- och simuleringstekniken som har används har i valideringar utförda av Ingrid Cloud visat på hög noggrannhet. Trots detta kommer numeriska simuleringar alltid att innehålla vissa fel i form av modellering, diskretisering och beräkning.

### 3. Vindkomfort i utomhusmiljö

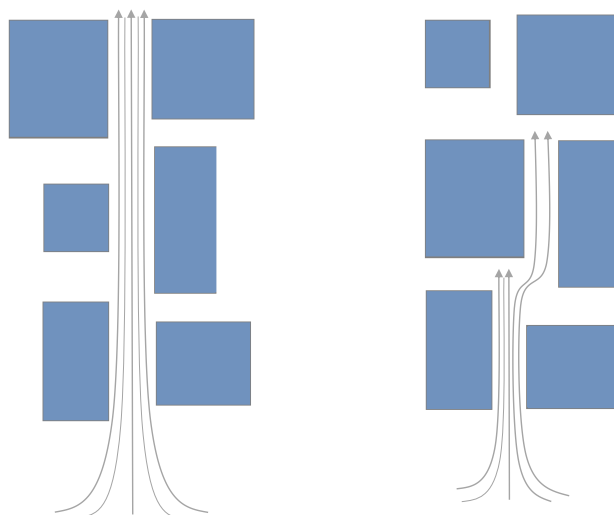
#### 3.1. Tekniker för att förbättra vindkomfort

Byggnader bör vara utformade, orienterade och placerade på det sätt som säkerställer komforten för människor som ska röra sig i närheten av dem. Uppförandet av en ny byggnad kommer alltid att förändra det lokala vindklimatet. Detta illustreras i Figur 3. Luftflöden runt och mellan byggnader kan orsaka kraftiga vindar och turbulens, med ogynnsamma eller farliga vindförhållanden för gångtrafikanter som följd. Av denna anledning bör utformningen av nya byggnader inte bara fokusera på inomhusmiljön, utan även inkludera byggnadernas effekt på utomhusmiljön. [1].



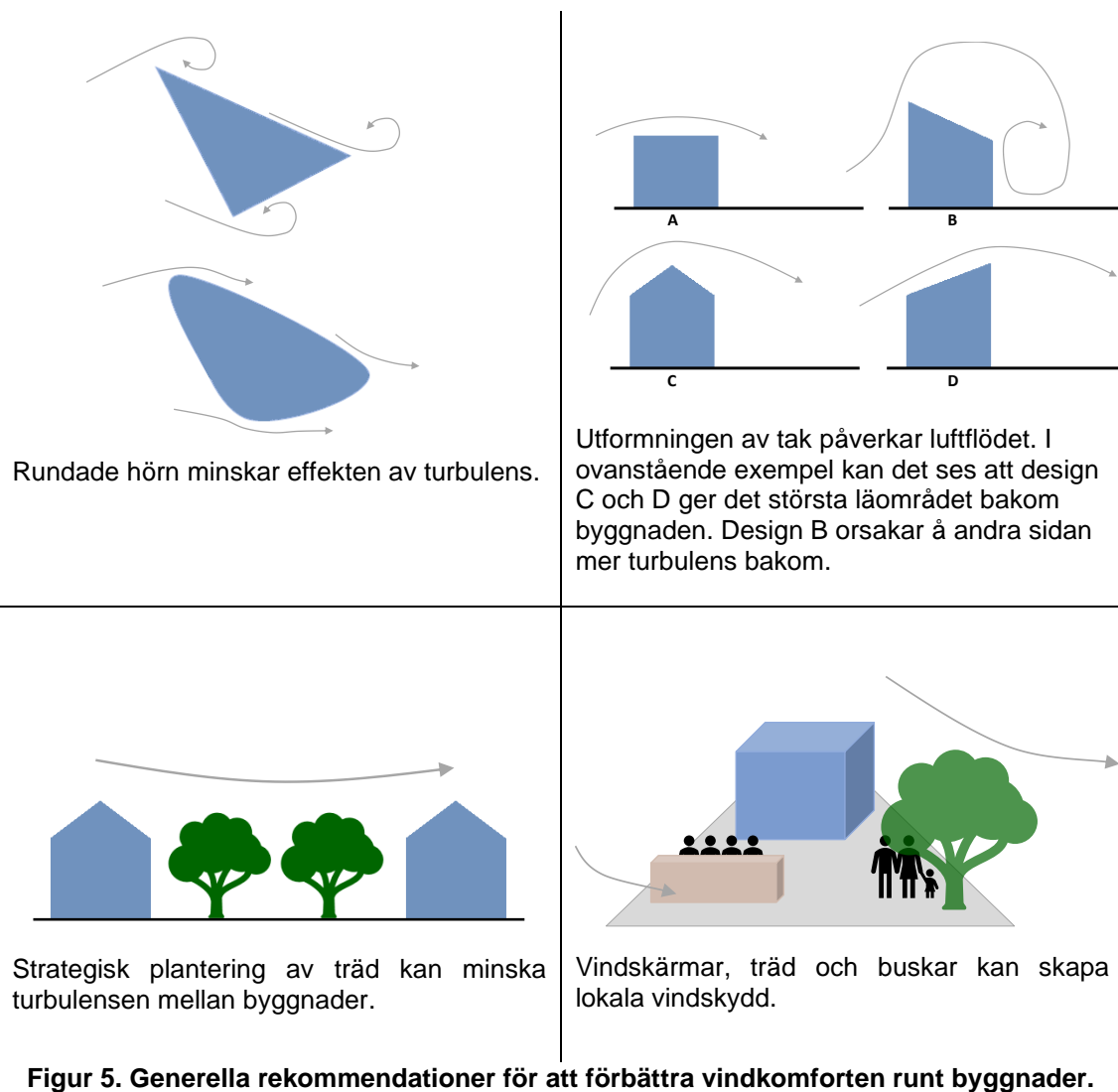
Figur 3. Typiskt luftflödesmönster runt och mellan byggnader.

Venturieffekten illustreras i Figur 4. Fenomenet orsakas av luft som trycks ihop och accelererar genom smala passager mellan byggnader, vilket kan leda till en märkbar ökning av den lokala vindhastigheten och turbulensen. Konsekvensen blir ett obehag för fotgängare och cyklister i gatuplan. Genom att placera byggnaderna på ett noga övervägt sätt kan man komma runt detta problem med hjälp av vindblockeringseffekten, som också illustreras i samma figur. Vinden tvingas runt byggnader istället för att flöda genom en small passage [2].



Figur 4. Venturieffekten (vänster) och vindblockeringseffekten (höger).

Det finns även andra tekniker och åtgärder man kan ta till för att förbättra vindkomforten runt byggnader. Några generella rekommendationer illustreras i Figur 5.





### 3.2. Vindskydd

Vindskydd är naturliga eller artificiella barriärer som används för att förhindra vindskador och för att förbättra utomhusmiljön. Olika former av vindskydd med avseende på höjd, längd, komposition, porositet och orientering har visat sig ha betydande effekt på lokalklimatet [3].

Vindskyddets höjd (H) och dess porositet avgör hur stor den vindreducerande effekten blir i dess läområde. Området där vindhastigheten reduceras till 80 % av den fria vinden ligger generellt på ett avstånd 15H – 20H bakom skyddet, beroende på porositet. Läzonen är det område där maximal vindreduktion uppnås, men också där man finner betydande minskning av turbulens och luftvirvlar. Denna zon har en triangulär profil och sträcker sig från vindskyddets topp ner till marknivå vid omkring 8H nedströms [3].

Vindskydd med låg porositet, det vill säga med låg luftgenomsläpplighet, ger generellt en kortare läzonen med kraftigt reducerad vind nära skyddet och högre turbulens nedströms. Ett vindskydd med högre porositet ger ett relativt långt område med reducerad vind och mindre turbulens, men å andra sidan är reduktionen inte lika stor som för ett vindskydd med låg porositet [4].

### 3.3. Vindkomfortstudier















Vindkomfortstudier görs vanligtvis under planeringsfasen av nya byggnader för att utvärdera det lokala vindklimatet. En sådan analys kräver information om byggnadens aerodynamik, långtidsdata för vind och komfortkriterier. Den aerodynamiska informationen behövs för att översätta generella meteorologiska klimatdata till relevant information för det studerade området. Vanligtvis delas denna information in i två delar: den del som orsakas av topografin, och den del som orsakas av byggnadernas utformning. När denna koppling mellan klimatdata och områdets aerodynamik har etablerats kan komfortkriterierna användas för att bedöma det lokala vindklimatet [5].

Det finns flera olika uppsättningar av komfortkriterier. De flesta av dessa kriterier klassificerar vindklimatet i olika aktiviteter som till exempel promenerande, cyklande och rask gång. De olika aktiviteterna antas ha ett visst tröskelvärde där vinden anses vara för kraftig för en given aktivitet. Lawsons komfortkriterier används av många inom branschen och bedömer ett områdes lämplighet för vissa aktiviteter [6]. En sammanfattning av dessa kan ses i Tabell 1.

### 3.4. Lawsons komfortkriterier och Beaufort-skalan

Lawsons komfortkriterier är definierade för olika aktiviteter i gatuplan, sammanfattat i Tabell 1. Om vinden överskrider en given gräns mer än 5 % av tiden under ett normalår anses platsen vara ogynnsam för den givna aktiviteten.

Tabell 1. Lawsons vindkomfortkriterier med hastighetsbegränsningar för olika aktiviteter.

		Riktvärde vindhastighet	Andel av normalår	Aktivitet	Beskrivning
		< 2,5 m/s	95 %	Långvarigt Sittande	Lämpligt för långvarigt stillasittande. Exempelvis café eller restaurang.
		< 4,0 m/s	95 %	Kortvarigt Sittande	Lämpligt för kortvarigt stillasittande. Exempelvis allmänna sittplatser.
		< 6,0 m/s	95 %	Stående	Lämpligt för entréer eller busshållplatser etc.
		< 8,0 m/s	95 %	Promenera	Lämpligt för långsammare promenader med enstaka stopp.
		< 10 m/s	95 %	Jogga	Lämpligt för joggning, cykling eller andra lättare träningsaktiviteter.
		> 10 m/s	95 %	Obehagligt	Ej bekvämt att vistas i.
		> 15 m/s	99,988 %	Farligt	Kan vara farligt.

Vidare presenteras Beaufort-skalan i Tabell 2, som beskriver vindens effekt på människor, vilket kan ge ytterligare insikt om fotgängares vindkomfortförhållanden i det simulerade området.

**Tabell 2. Beauforts vindskala som visar vindens effekt på människor [6].**

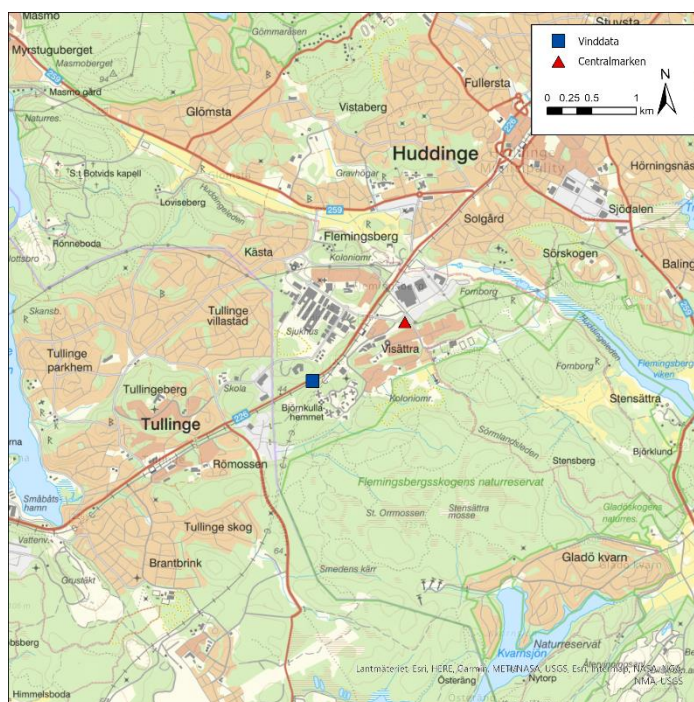
Vindstyrka i Beaufort	Benämning	Vindhastighet på 1,5 m (m/s)	Vindens verkningar
0	Lugnt	0,0-0,1	Ingen märkbar vind
1	Svag vind	0,2-1,0	Knappt märkbar för känseln
2	Svag vind	1,1-2,3	Lyfter en vimpel, sätter små löv i rörelse
3	Måttlig vind	2,4-3,8	Sträcker en vimpel, sätter blad och tunna kvistar i oavbruten rörelse
4	Måttlig vind	3,9-5,5	Sträcker en flagga, sätter kvistar och tunnare grenar i rörelse
5	Frisk vind	5,6-7,5	Vindens kraft känns mot kroppen, mindre lövträd börjar svaja
6	Frisk vind	7,6-9,7	Svårt att använda paraply, svårt att gå stadigt, uppkommer obehagligt vinande ljud mot öronen
7	Hård vind	9,8-12,0	Man går ej obehindrat mot vinden
8	Hård vind	12,1-14,5	Besvärligt att gå utomhus, bryter kvistar av träd
9	Mycket hård vind	14,6-17,1	Människor kan blåsa omkull, mindre skador på hus

## 4. Metod

Syftet med denna analys är att uppskatta vindkomfortnivån i utomhusmiljön vid den planerade Centralmarken byggnaden som ligger i Flemingsberg samt föreslå möjliga åtgärder för att förbättra vindkomforten i området. Metoderna som har använts beskrivs i detta kapitel.

### 4.1. Vindstatistik

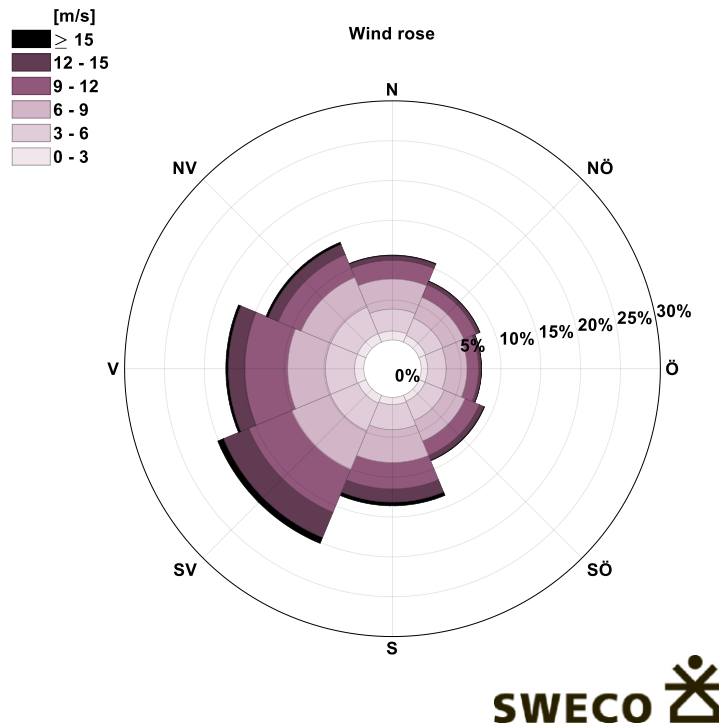
Platsspecifik vindstatistik är nödvändig ingångsdata i modellen för att få ett resultat som representerar området. I denna studie har långtidsdata från EMD WRF Europe+ använts för att få fram vindstatistiken. EMD WRF Europe+ är en mesoskalig vädermodell med en horisontell upplösning på 3x3 km och en tidsupplösning på 1 timme, nedskalad från ERA5 global analysis dataset skapad av European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). För att fånga upp långtidsvindklimatet i området har en dataperiod på 21 år använts (2000-01-01 till 2020-12-31). Placeringen av den använda datapunkten är på 59,21 °N och 17,93 °Ö (WGS84).



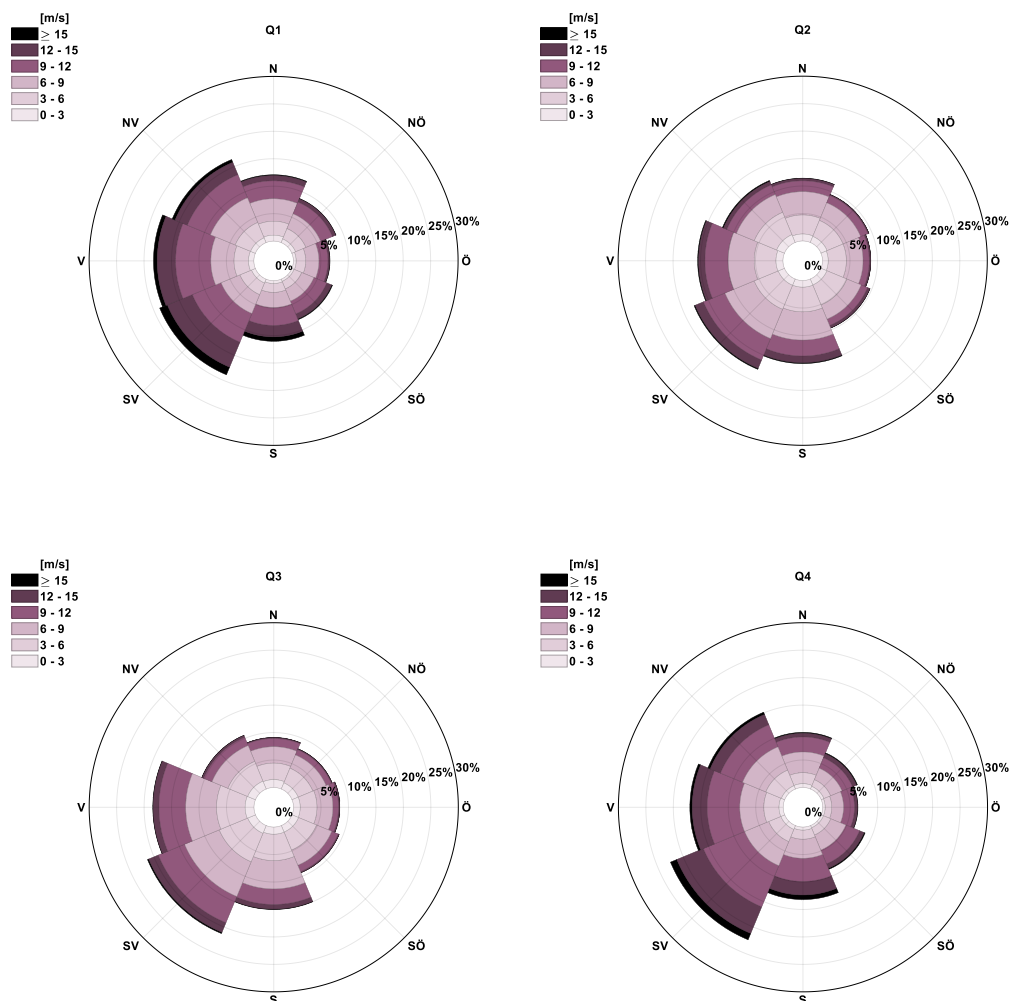
Figur 6. Centralmarken och punkt för vinddata

Vinddata från 150 m höjd har extraherats för att ge en representativ vind som inte har störts av lokal topografi. Det ska också tilläggas att avståndet mellan datapunktens mitt och analysområdet är cirka 1,2 km. Därför är det fördelaktigt att använda vinddata från en höjd som överstiger byggnaders topp så att vinden på lägre nivåer kan bli mer representativa för analysområdet. Vindhastigheten extrapoleras sedan till gatuplansnivå på 1,5 m över mark.

Den kvartalsvisa långtidsvinden presenteras i Figur 8. Det första och fjärde kvartalet (januari – mars och oktober – december) visar den högsta medelvinden av året, med förhärskande vind från nordost, ost och sydväst. Medelvinden är betydligt lägre under kvartal två och tre (april – juni och juli – september), vilket är förväntat under sommarhalvåret. Det ska tilläggas att de lägre vindhastigheterna generellt kommer från sydväst, medan de kraftigare vindarna är mer dominerande i västlig eller nordostlig riktning.



Figur 7. Vindros för långtidsklimatet.



**Figur 8. Långtidsvind för Q1 (jan-mar), Q2 (apr-jun), Q3 (jul-sep) och Q4 (okt-dec) på höjden 150 m.**

Merparten av de riktningssvise fallstudierna kommer att göras för sydvästliga eller västliga vindar senare i denna rapport, då dessa vindriktningar är dominerande i området.

#### 4.2. CFD-modell

För att beräkna vindkomforten görs en numerisk flödessimulering med en så kallad CFD-modell (Computational Fluid Dynamics). Plattformen Ingrid Cloud har använts för att göra beräkningar på åtta olika vindriktningar: norr, nordost, öst, sydost, syd, sydväst, väst och nordväst. För att säkerställa en högkvalitativ simulering som fångar virvlar och turbulenta flöden används en implicit LES-metod (Large Eddy Simulation). Metoden fångar rörelser av större virvlar, men i mindre skala modelleras de turbulenta egenskaperna. Detta möjliggör för modellen att mer noggrant beskriva flödets egenskaper (till skillnad från den mer vanliga RANS-metoden) utan att

beräkningstiden blir för lång (till skillnad från DNS som i huvudsak används i forskningssyfte). Resultatet medlas sedan över ett år eller uppdelat i kvartal.

I Ingrid Cloud är det möjligt att välja ingående randvärden för varje vindriktning till antingen öppet vatten, öppet fält eller stad/skog. Detta bestämmer vindprofilen för inkommande flöde till beräkningsdomänen vilket påverkar extrapoleringen av vindstyrkan till marknivå. Med hänsyn till byggnadens placering och dess omgivning har stad/skog valts som vindprofil för samtliga åtta vindriktningar.

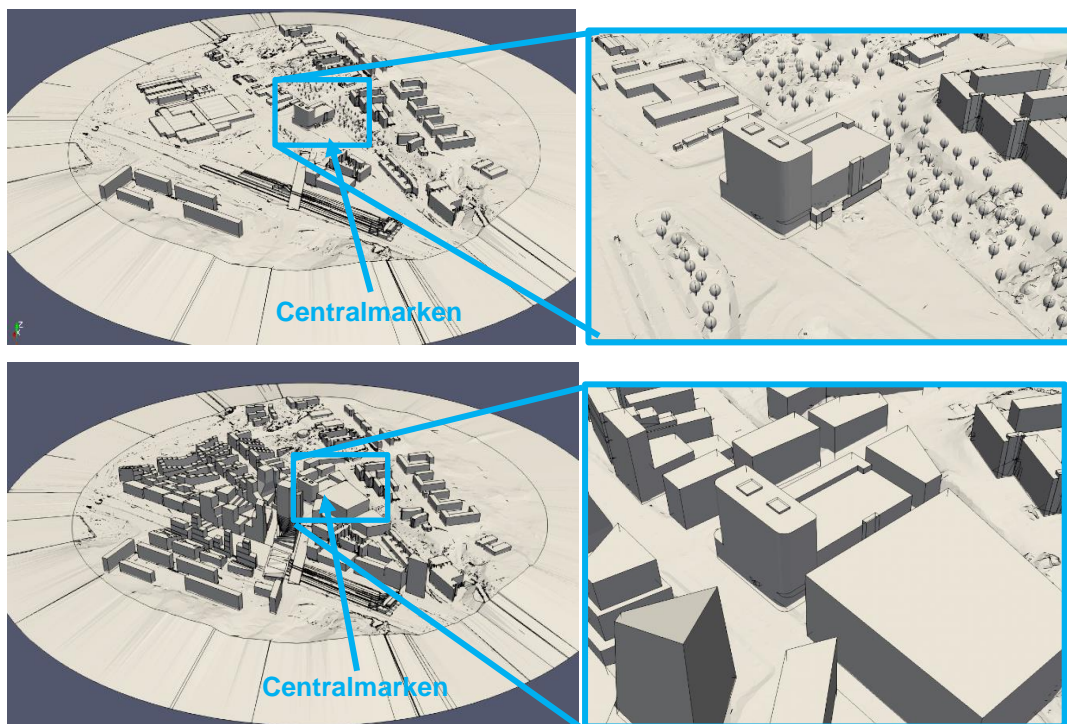
### 4.3. Geometri

Modellen för det omkringliggande området samt topografin har tillhandahållits av Huddinge kommun i form av en STL-fil. Centralmarken av intresse har tillhandahållits av arkitekter på Tham Videgård och de omgivande byggnaderna av Sweco Architects. Simuleringsområdet inkluderar topografi och byggnader inom en 600 m radie från Centralmarken samt ytterligare 200 m radie för att ge tillräckligt avstånd från beräkningsdomänens kanter.

Detaljer såsom fönster och balkonger osv. har blivit borttagna då dessa inte bedöms ha en skala som ger relevant information till en vindkomfortstudie. Modellen presenteras i Figur 9. Ingrid Cloud beräknar marknivå som den lägsta existerande nivån i modellen och därför har alla byggnader givits på samma marknivå. Då området är vattennära fanns det inget behov av en modell för topografin.

En begränsning i modellen för Skede 2 är att den representerar den förväntade omgivningen för år 2050, detta medför stor osäkerhet då slutgiltig design för omgivande byggnader inte ännu är fastslagen. Sweco rekommenderar att flera vindkomfortstudier genomförs över omgivningen när framtida byggnader och dess utformning är fastställda.

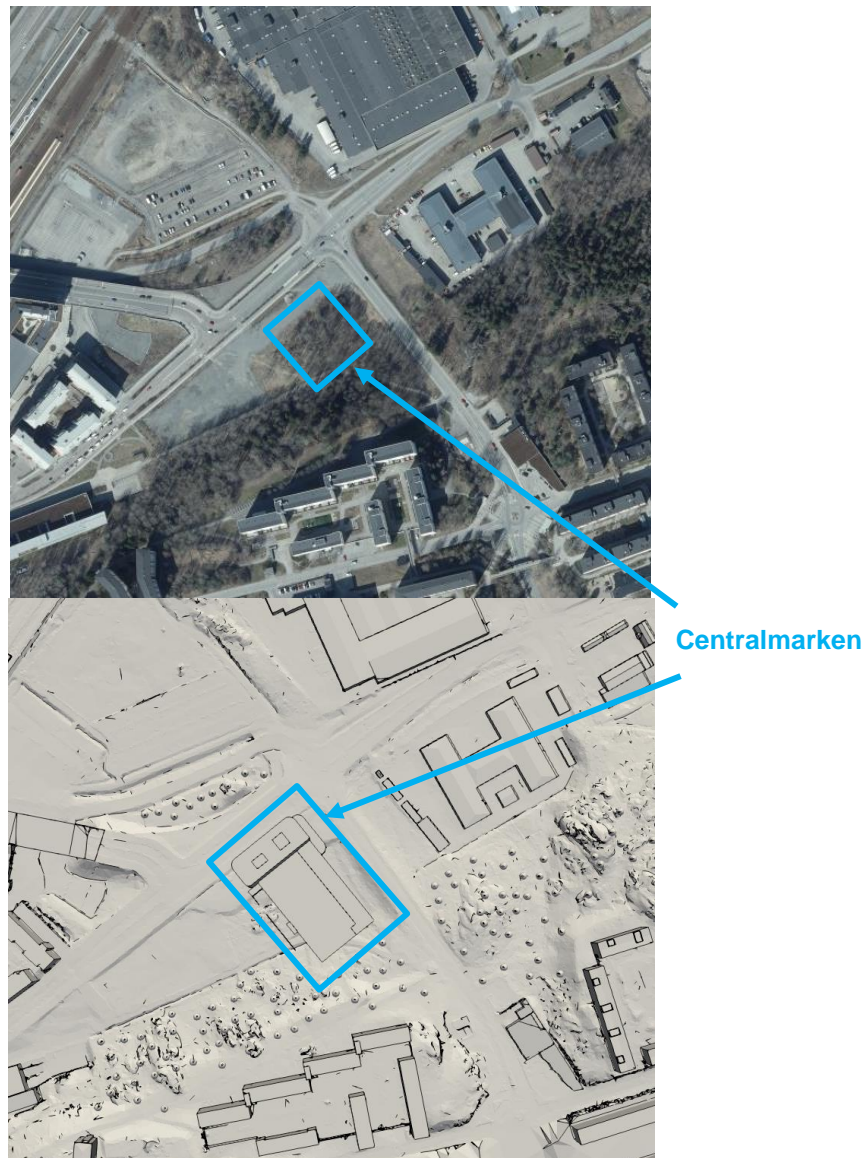
Eftersom området har relativt stora variationer i topografi, och därmed utgör en signifikant effekt på vindklimatet, har den lokala terrängen inkluderats i både Skede 1 och Skede 2.



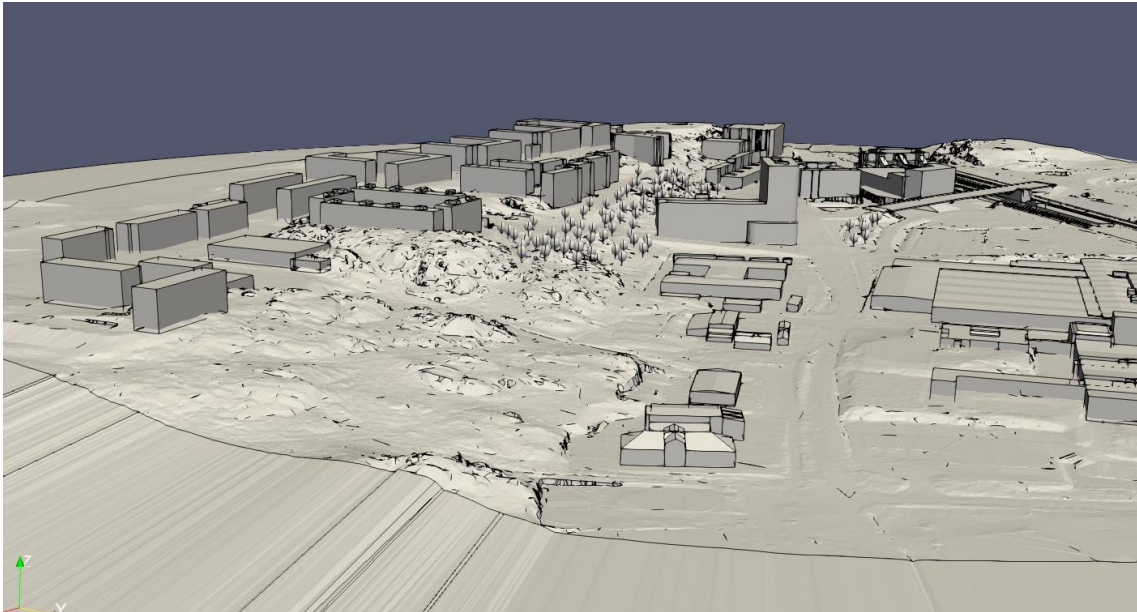
**Figur 9: Modellen som har använts i simuleringen. Den övre Figuren visar Skede 1 och den undre Figuren Skede 2.**

Figur 10 visar modellen från ovan och byggnadernas placering i området i dagsläget och Figur 10 - Figur 11 visar byggnadernas placering, omgivande terräng samt modellerad vegetation.

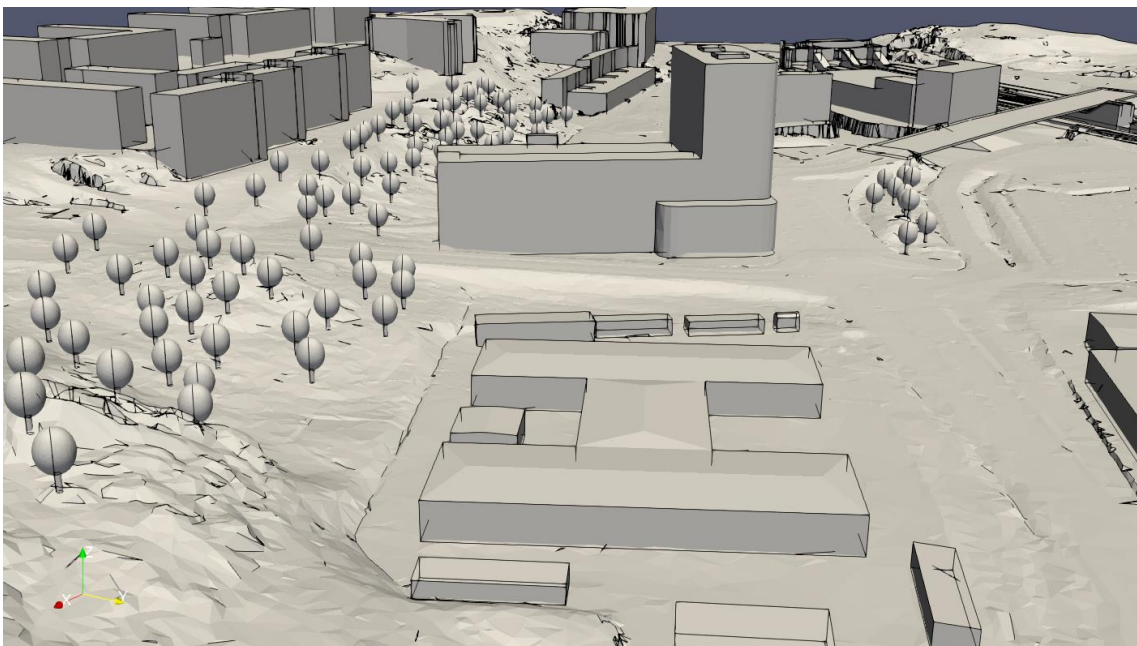




Figur 10. Modellen sett från ovan och byggnadernas lägen på en satellitbild (Lantmäteriet).



**Figur 11. Omgivningens terräng**



**Figur 12. Illustration över hur träd har inkluderats i modellen för att representera vegetationen runt Centralmarken.**

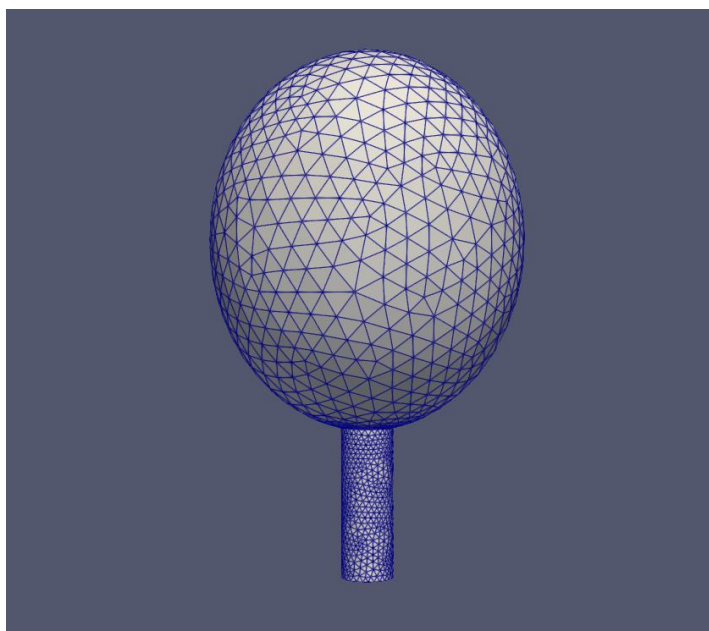
#### 4.4. Uppdaterad geometri

Efter att simuleringarna genomfördes har ändringar i Centralmarkens geometri skett. Byggnaden planeras till en våning lägre än vad som har simulerats. Sweco anser inte att nya simuleringar med den uppdaterade modellen måste genomföras. Vindkomforten kan antas vara likvärdig mellan de två olika geometrierna.

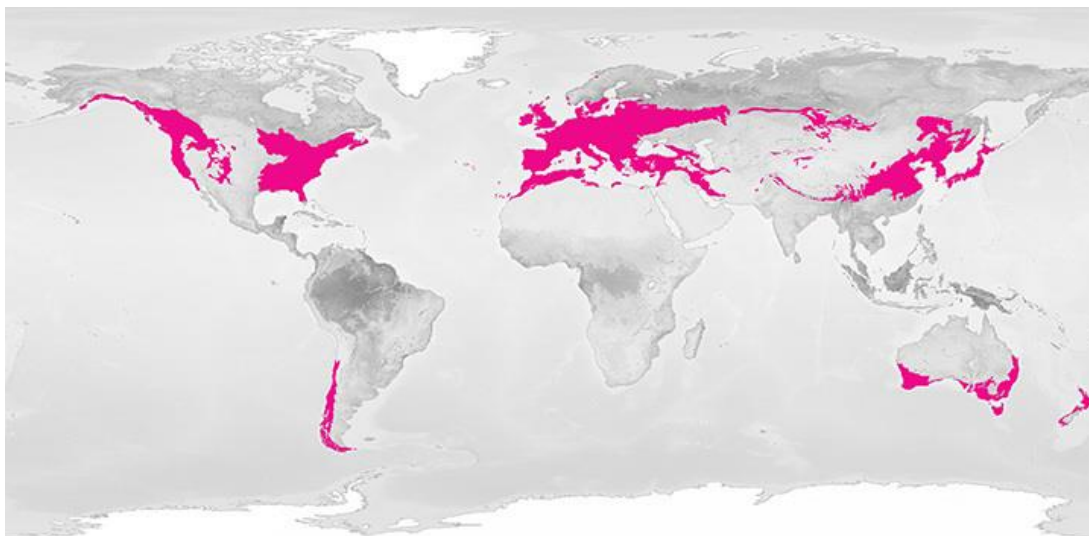
#### 4.5. Trädmodellen

Träd och vegetation har en betydande effekt på vind och vindklimat men de försummas ofta på grund av svårigheter vid modellering av träd i numeriska simuleringar. En explicit modell representerad av ett poröst medium har dock visat sig ge en realistisk representation av träd i studier [8]. Denna metodik har därför implementerats i Ingrid Clouds simuleringsprogram och har inkluderats i modellen för Skede 1 eftersom byggnaden omges av en betydande mängd vegetation och träd, detta visas i Figur 13. Metodiken löser inte trädets form utan parametreras istället av en 3D-sänkterm som introduceras i rörelsemängdsekvationen. Träden som ingår i modellen är 10m höga, höjden är dock inte av betydande vikt så länge de någorlunda representerar den faktiska trädhöjden på platsen.

Figur 14 visar NASAs globala trädtypskarta över lövfällande bredbladsträd som lönn, ek, silverbjörk. Med kartan som bakgrund och bilder från platsen har denna trädtyp, med ett Leaf Area Index (LAI) på 5,1, valts som trädmodell för beräkningarna.



Figur 13. Standard trädmodell från för beräkningar i Ingrid Cloud.

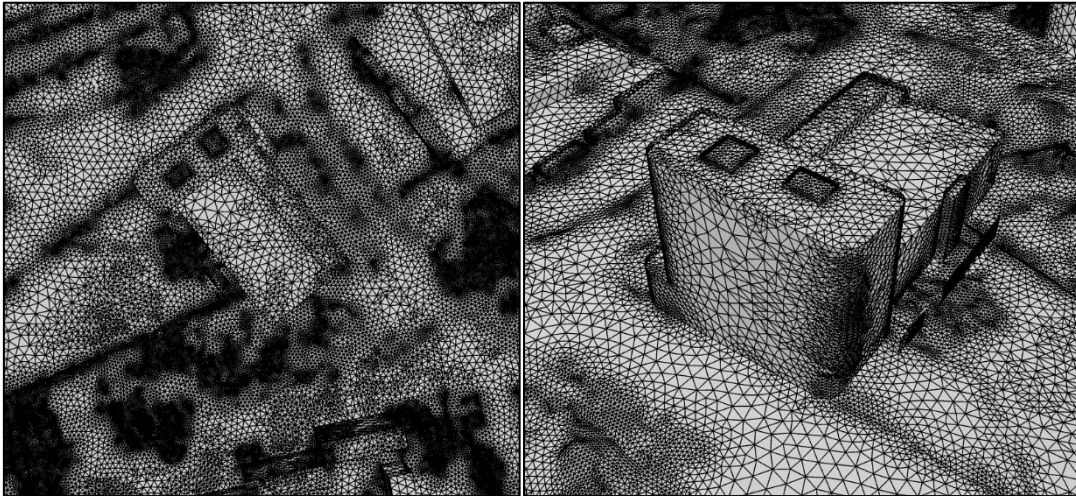


Figur 14. NASAs globala trädtypskarta som visar utbredningen av lövfällande bredbladsträd som lönn, ek, silverbjörk.

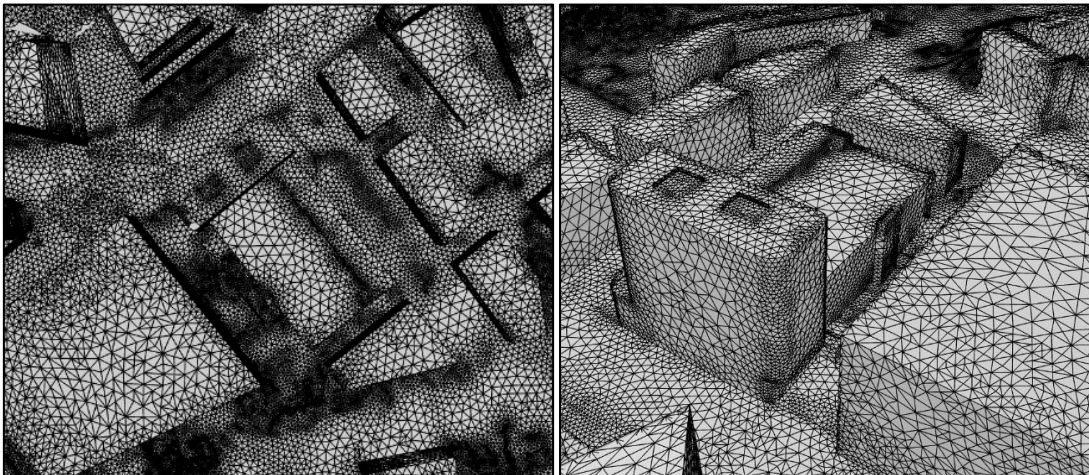
#### 4.6. Beräkningsnät – mesh

När en CFD-simulering genomförs delas beräkningsdomänen in i mindre celler som tillsammans utgör ett beräkningsnät (mesh). Ingrid Cloud använder en självlärande algoritm för att skapa ett nät av hög kvalitet. Algoritmen använder en metod som kallas "adaptive mesh refinement" som förfinar nätet under simuleringens gång så att komplexa turbulenta flöden som uppkommer beskrivs i ännu mer detalj. Ett tydligt exempel på detta är nätet som har skapats till simuleringsfallet för sydvästliga vindar, se Figur 15 och Figur 16.

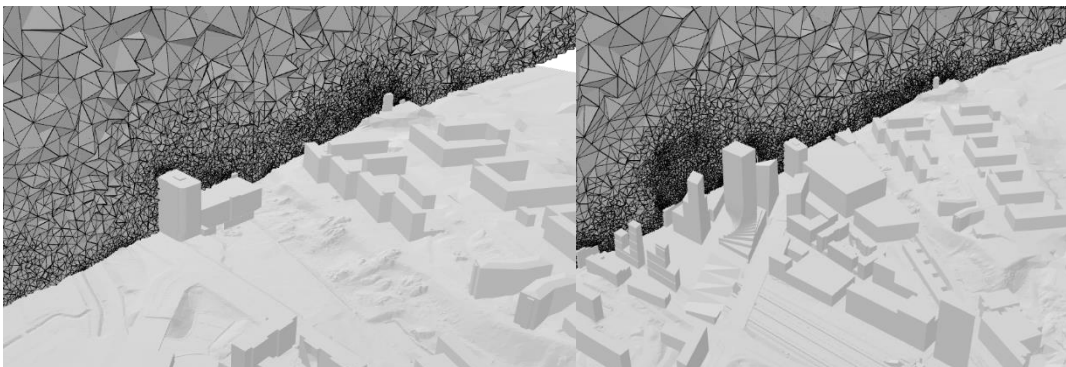
Den automatiska mesh-tekniken har skapat förfinade områden på nordostsidorna av byggnaderna. Detta är på grund av att det störda och komplexa vindflödet som uppstår i vindvaken på dessa byggnader kräver ett finare beräkningsnät. Figur 15 visar också de områden där träd har inkluderats i modellen, det syns tydligt att meshen har förfinats runt träden.



**Figur 15: Mesh som använts till sydvästliga vindar – Skede 1.**



**Figur 16: Beräkningsnät som använts till sydvästliga vindar – Skede 2.**



**Figur 17. Vertikalsnitt av meshen över Centralmarken och de omgivande byggnaderna.**

## 5. Resultat – Skede 1

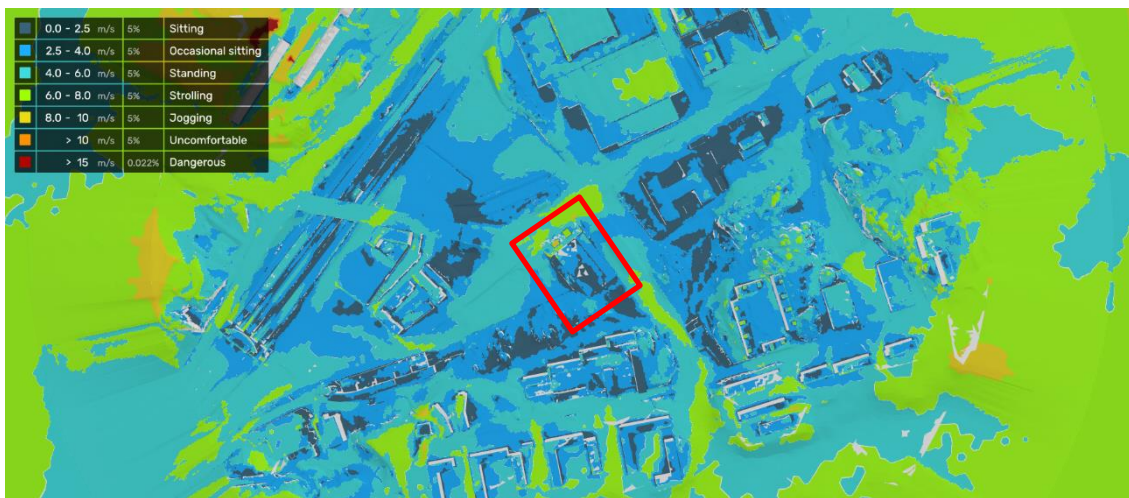
Vindkomforten kommer att analyseras och presenteras med Lawsons komfortkriterier samt medelvindhastigheter och strömlinjer. Sammantaget ger detta ett bra underlag för att bedöma vindkomforten och förstå vindflödets beteende.

### 5.1. Vindkomfort

Baserat på resultatet och med förslag från kunden, har tre områden valts ut att studeras mer noggrant då de uppvisar förhöjda vindar: den föreslagna takterrassen på Centralmarken (område 1), det västra hörnet på Centralmarken där entrén och lokalgatan bredvid byggnaden ligger (område 2) samt torget och restaurangens entré vid byggnadens norra hörn och parken på Centralmarkens nordöstra sida (område 3). Figur 18 visar de tre områdena.



Figur 18. Särskilt intressanta områden, från vänster till höger: område 1, område 2 och område 3.



**Figur 19. Lawsons komfortkriterium som årsmedel för Skede 1 över hela beräkningsdomänen. Den röda rutan visar Centralmarken.**

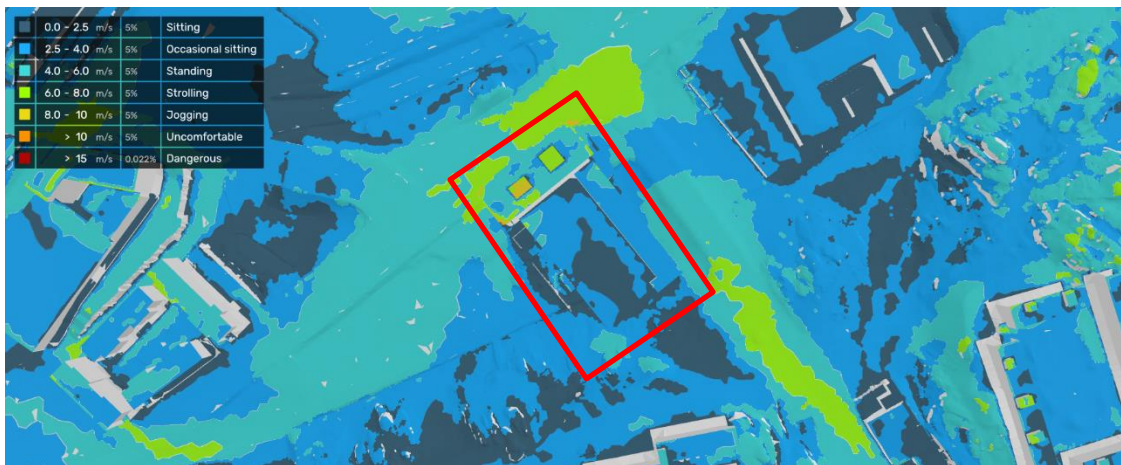
Den beräknade vindkomforten enligt Lawsons kriterier på 1,5 m höjd presenteras som årsmedel i Figur 19 för hela beräkningsdomänen. I Figuren syns att vindkomforten för ett normalår generellt sett är god och lämplig för alla utomhusaktiviteter nära Centralmarken. Inga områden har kategoriserats som farliga och endast ett fåtal mindre områden har kategoriserats som obehagliga. Några områden är även mer lämpliga för stilla aktiviteter.

### 5.1.1. Analys av område 1

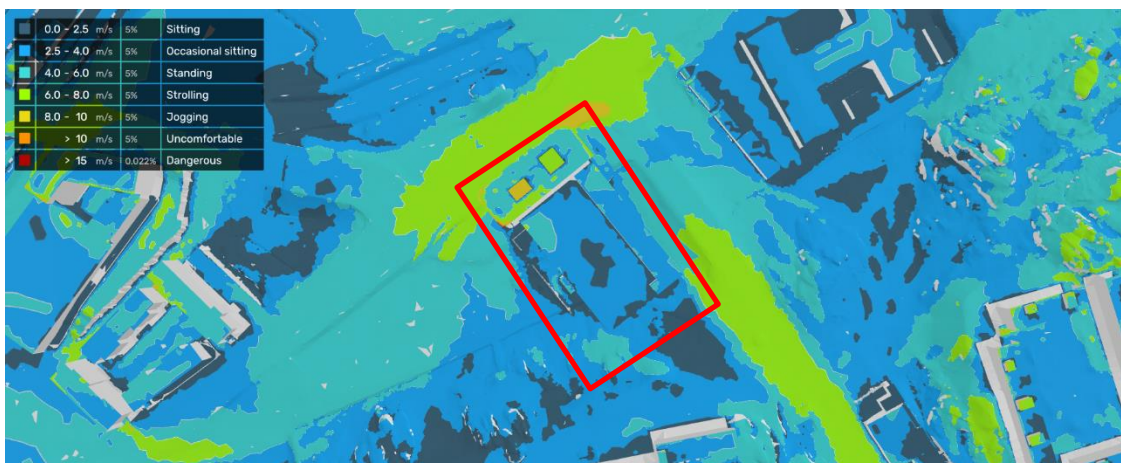
Området täcker taket av Centralmarken där en takterrass är planerad. Det är därför viktigt att undersöka och förstå vindklimatet på taket. Figur 20 samt Figur 21 till Figur 24 visar vindkomforten baserad på årlig vindstatistik respektive kvartalsvis för område 1. Överlag är vindkomforten god i området. För sommarhalvåret, kvartal 2 och 3, är långvarigt eller kortvarigt sittande bekvämt över i stort sett hela taket. Under vinterhalvåret, kvartal 1 och 4, är det något blåsigare men i stort sett hela terrassen lämpar sig trots det till stilla aktiviteter. Inga områden med farliga vindförhållanden finns enligt simuleringarna på taket.

En möjlig förbättringsåtgärd för att förbättra vindklimatet är någon typ av vindskydd på takets västra del.

Området i mitten av taket på lågdelen är särskilt lämpligt för långvarigt stillasittande. Detta gäller både för sommarhalvåret såväl som för vinterhalvåret.

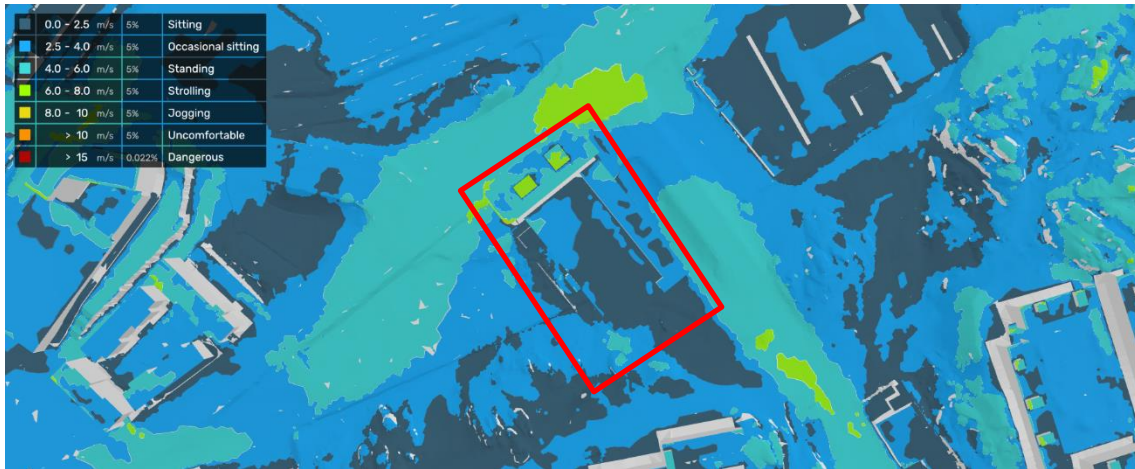


Figur 20: Vindkomfort baserad på årlig vindstatistik.

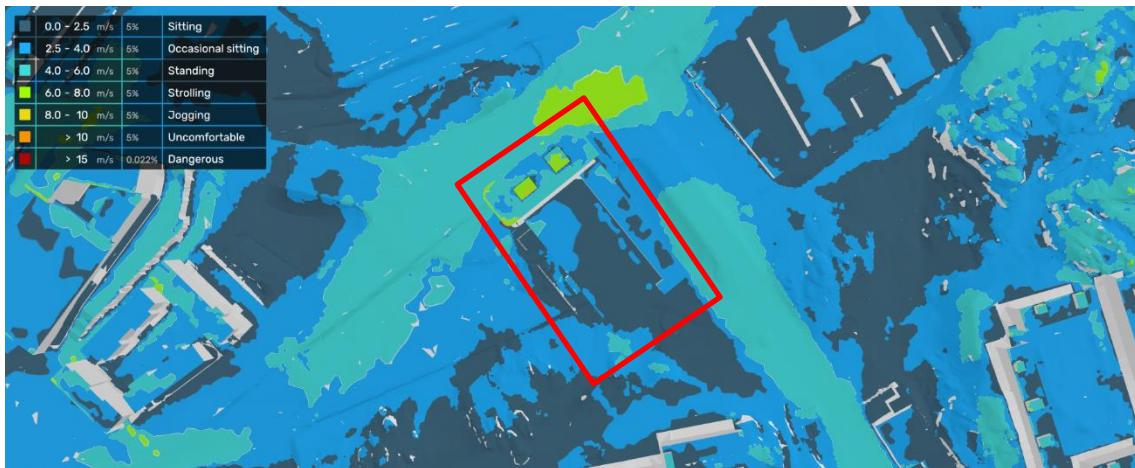


Figur 21: Vindkomfort – kvartal 1 (januari till mars).

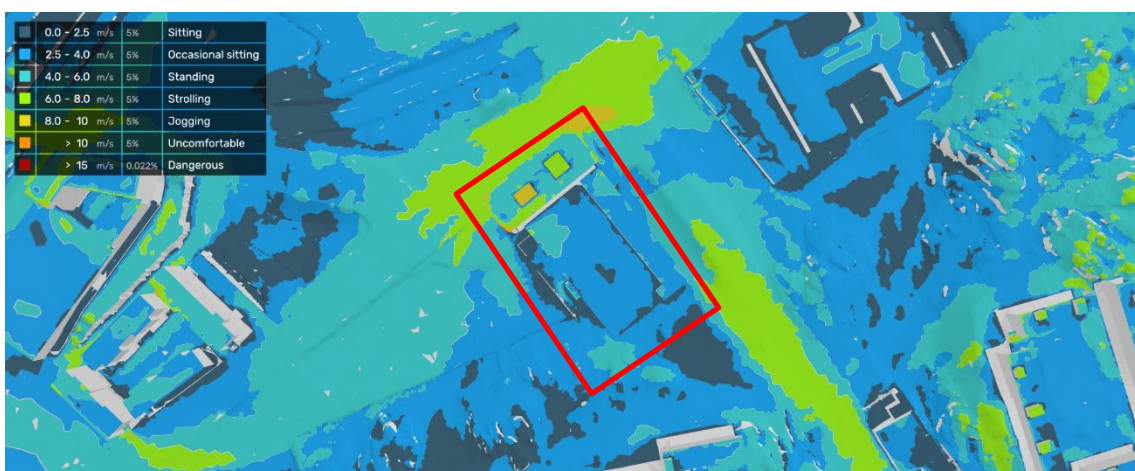




Figur 22: Vindkomfort – kvartal 2 (april till juni).



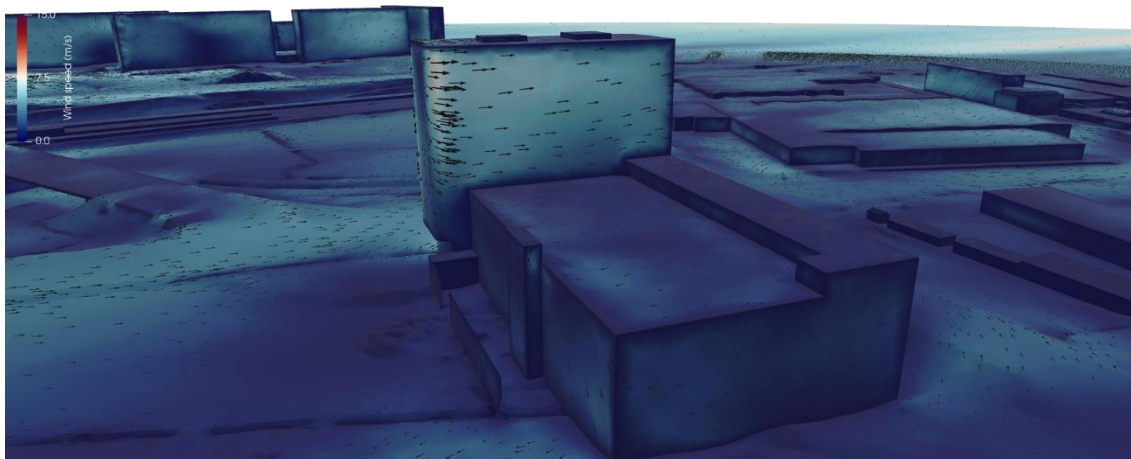
Figur 23: Vindkomfort – kvartal 3 (juli till september).



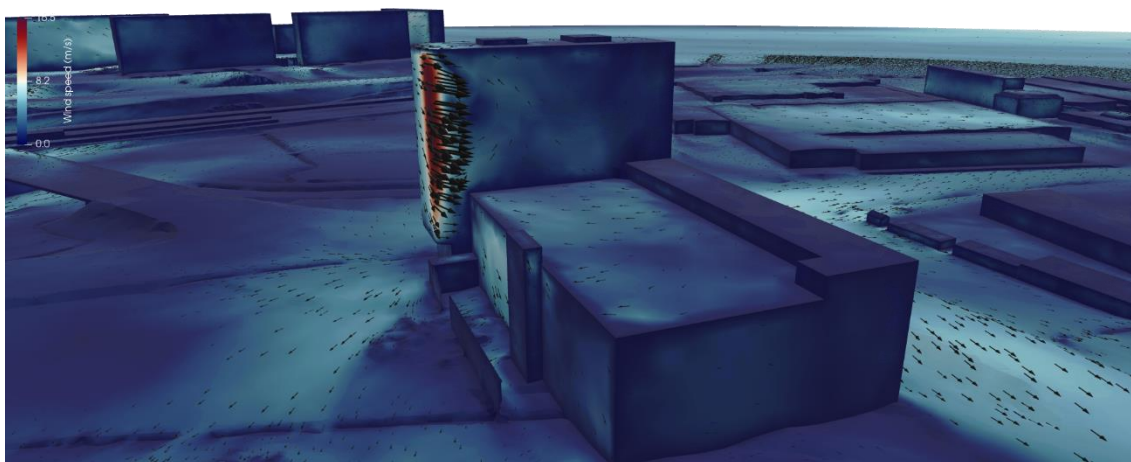
Figur 24: Vindkomfort – kvartal 4 (oktober till december).

**Figur 25** och **Figur 26** visar vindhastigheter för sydvästliga respektive västliga vindar, vilka är de dominerande vindriktningarna. I Figurerna syns att vindhastigheten på terrassen är låg med vindhastigheter på omkring 3 – 5 m/s vilket motsvarar måttlig vind enligt Tabell 2.

I **Figur 26** går det att se att vinden accelererar omkring byggnadens rundade hörn med vindhastigheter upp till 16,5 m/s. Detta är dock något som sker väldigt lokalt och syns inte på områden som är tänkta att användas av människor.

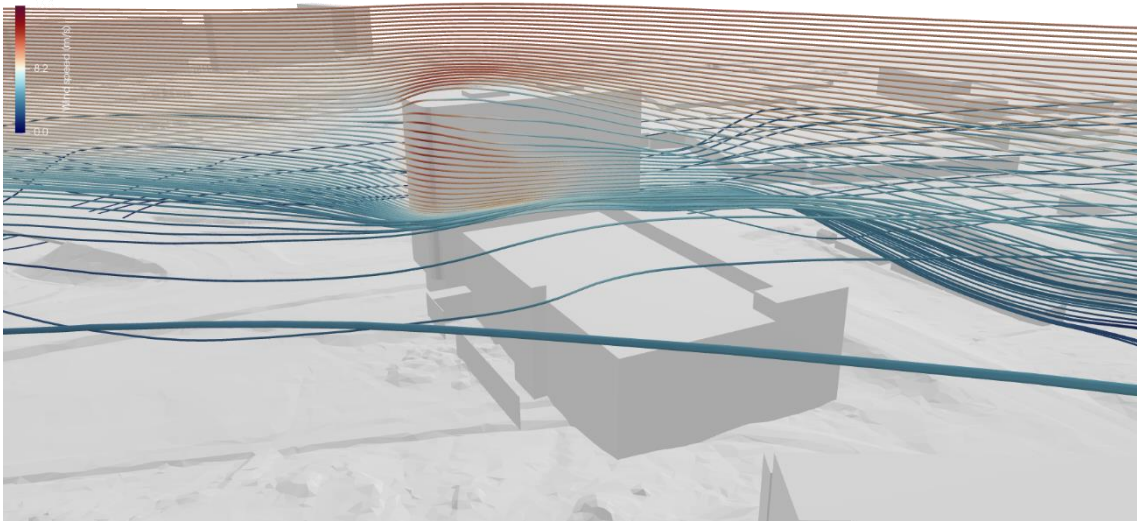


**Figur 25. Vindhastigheter baserat på sydvästliga vindar.**

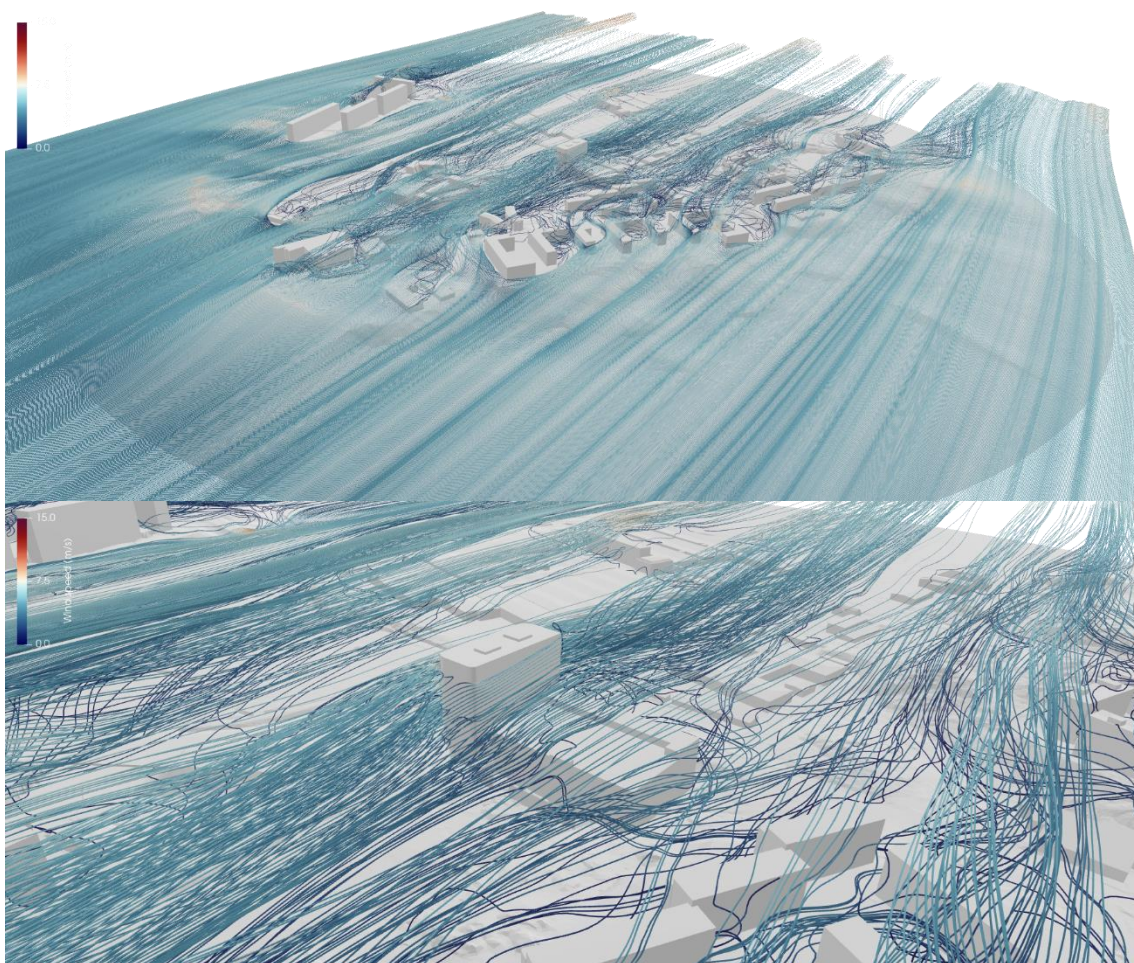


**Figur 26. Vindhastigheter baserat på västliga vindar.**

**Figur 27** och **Figur 28** visar strömlinjer för västliga respektive sydvästliga vindar. I **Figur 27** syns tydligt hur vinden accelererar runt hörnet på byggnaden men sedan pressas uppåt vilket medför att vindkomforten inte försämras på terrassen.



**Figur 27. Strömlinjer för västliga vindar som visar hur vindflödet interagerar med Centralmarken.**

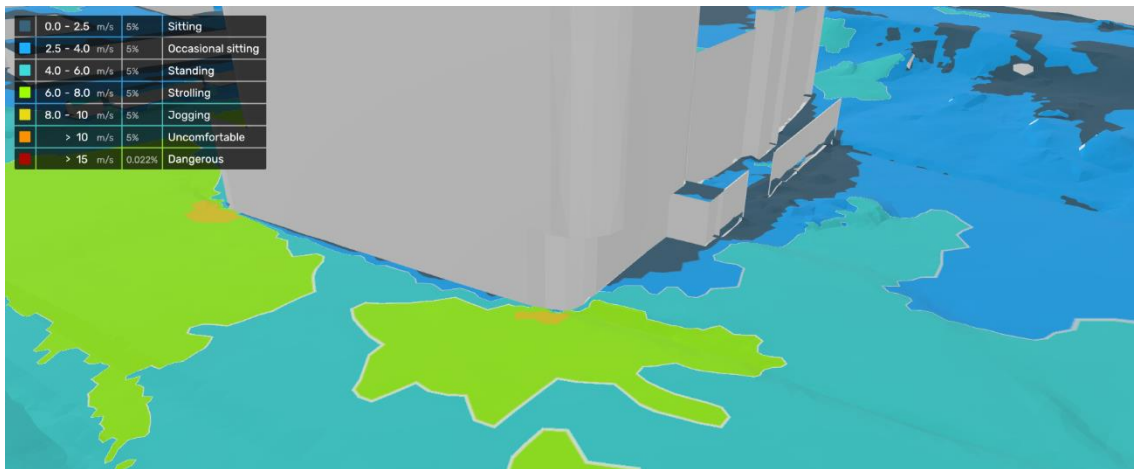


**Figur 28. Horisontella strömlinjer med sydvästliga vindar. Den övre bilden visar hela beräkningsdomänen och den undre en närbild av takterrassen.**

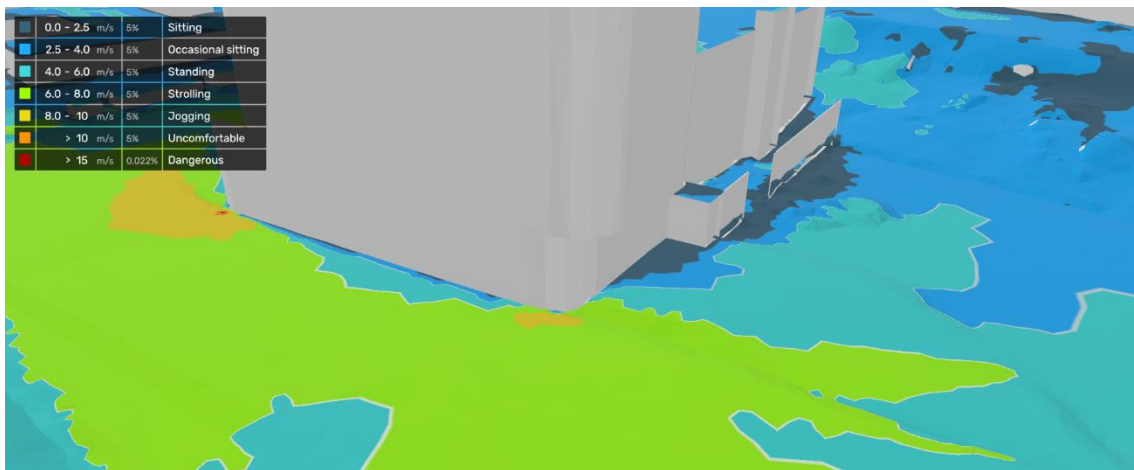
### 5.1.2. Analys av område 2

Detta område har valts ut för att täcka entrén till Centralmarken och för att det är det område som uppvisar störst komfortproblem enligt Lawsons kriterier. För detta område presenteras vindkomforten enligt Lawsons komfortkriterium som årsmedel samt för kvartal 4 som uppvisar värst vindkomfort, Figur 29 och Figur 30. Vindkomforten i större delen av området är lämpligt för aktiviteter i rörelse och längs byggnadens sydvästra sida även för stillasittande aktiviteter. Det går också att se i Figur 29 och Figur 30 att lokalgatan längst med Centralmarken har god vindkomfort för både stillasittande aktiviteter och aktiviteter i rörelse. Detta gäller för hela året, inklusive kvartal fyra, där sämst vindkomfort kan förväntas.

För att förbättra vindkomforten runt entrén föreslås trädplantering längs gatan åt nordväst eller ett skärmtak på byggnadens nordvästra sida.

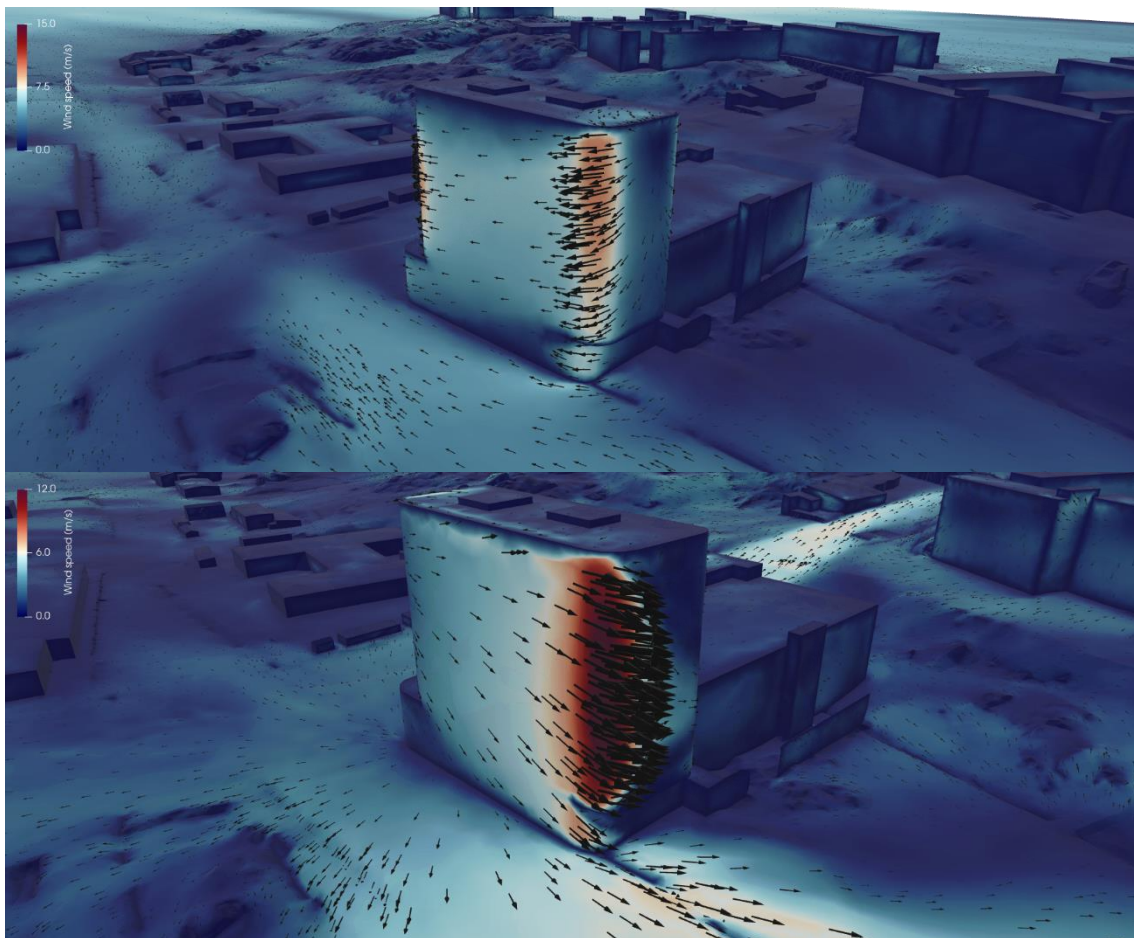


**Figur 29. Vindkomfort baserad på årlig vindstatistik – Centralmarkens ingång.**



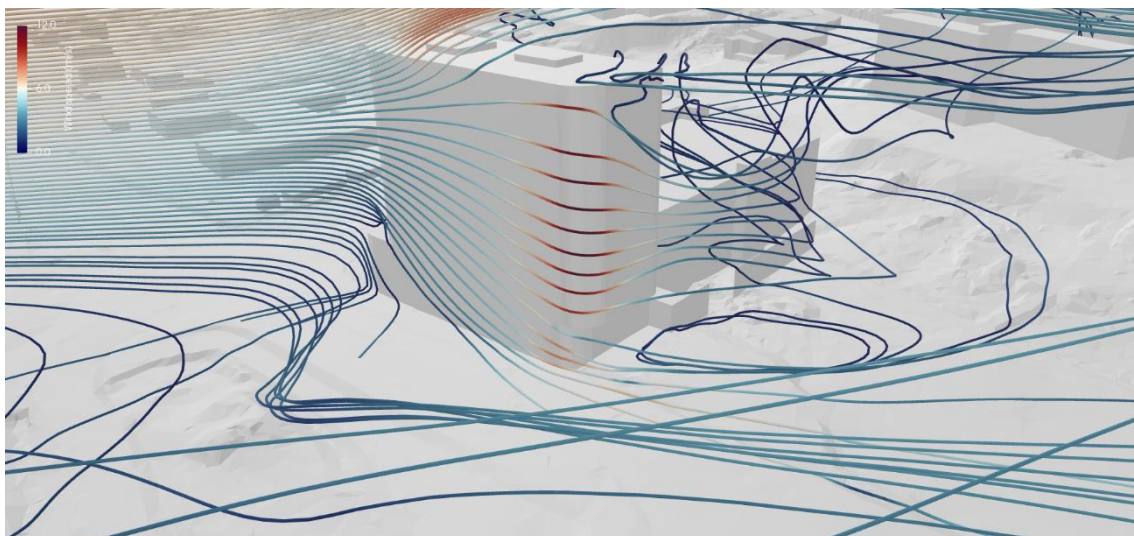
**Figur 30. Vindkomfort - kvartal 4 (oktober till december).**

Figur 31 visar vindhastigheter för sydvästliga samt nordliga vindar. I området uppvisas högst vindhastighet vid nordliga vindar med en vindstyrka på upp till 8 m/s i gatuplan vilket motsvarar frisk vind enligt Tabell 2 vilket inte är lämpligt för stilla aktiviteter.



**Figur 31. Vindhastigheter för sydvästliga (övre) samt nordliga (nedre) vindar.**

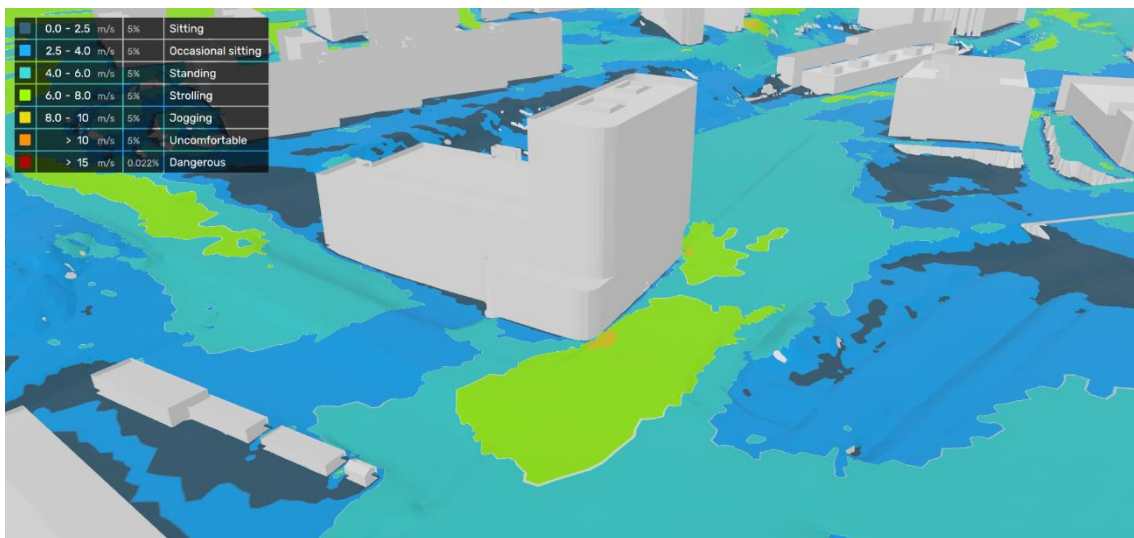
I Figur 32 visas strömlinjer för nordliga vindar. I Figuren syns det hur vinden accelererar runt byggnadens rundade hörn samt att det uppstår en så kallad nedsvepseffekt som pressar vind med hög energi nedåt. För nordliga vindar påverkas framförallt det västra hörnet av byggnaden där entrén är belägen av dessa två fenomen. För att förbättra vindkomforten runt entrén föreslås därför trädplantering längs gatan åt nordväst eller ett skärmtak på byggnadens nordvästra sida.



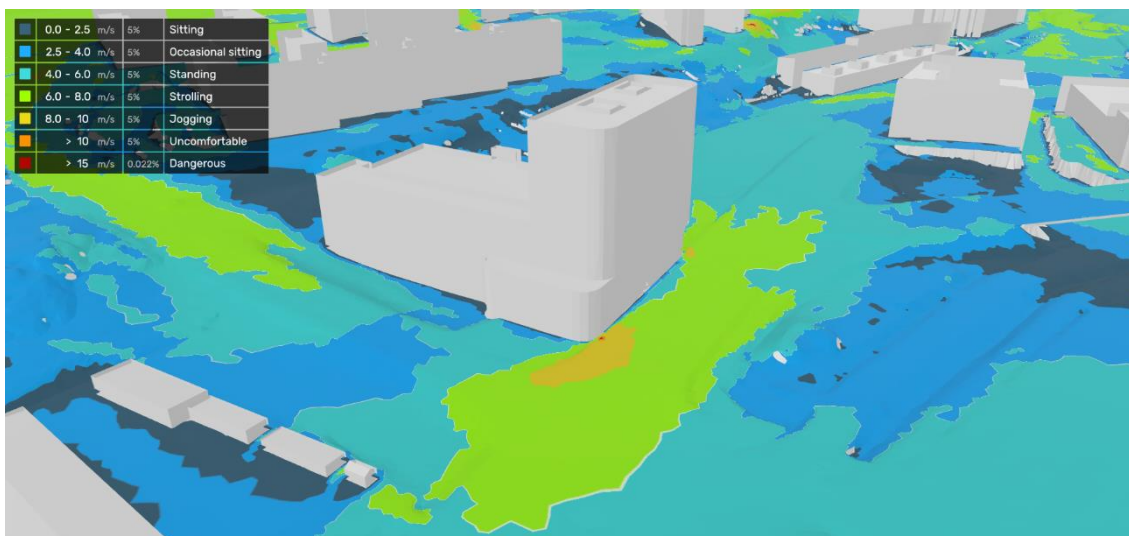
**Figur 32. Strömlinjer för nordliga vindar som visar hur vindflödet interagerar med Centralmarken.**

### 5.1.3. Analys av område 3

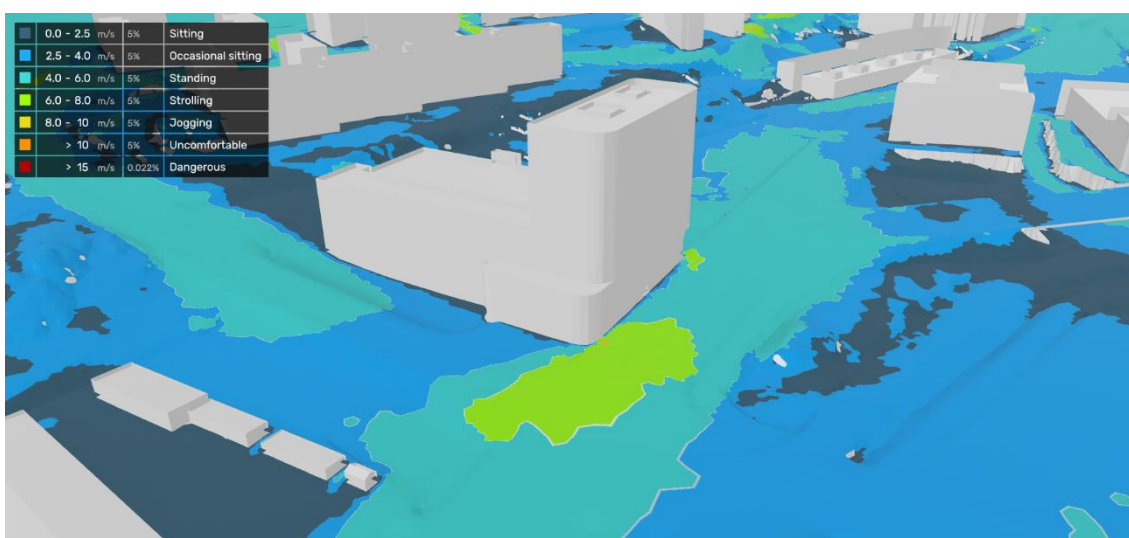
Området har valts ut eftersom det finns en liten yta där vindhastigheterna kan vara farliga under kvartal 1 och 4 enligt Lawsons komfortkriterier. För detta område presenteras vindkomforten enligt Lawsons komfortkriterium som årsmedel samt för kvartal 4 som uppvisar värst vindkomfort, Figur 33 och Figur 34. Figur 35 visar vindkomforten för kvartal tre över samma område, där torget med restaurangsentré och uteservering ligger samt parken bredvid restaurangens uteservering. Vindkomforten under sommaren är god och lämplig för tillfälligt sittande eller stående aktiviteter. Dessutom förväntas den verkliga vindkomforten att förbättras tack vare närområdets vegetation.



**Figur 33. Lawsons vindkomfortskriterier – årsmedel**



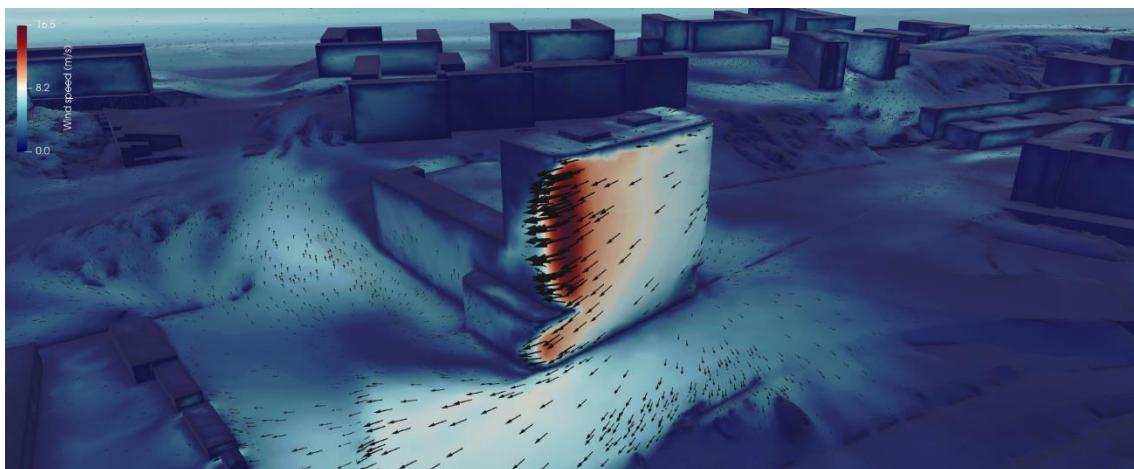
Figur 34. Lawsons vindkomfortskriterier – Q4 (oktober – december).



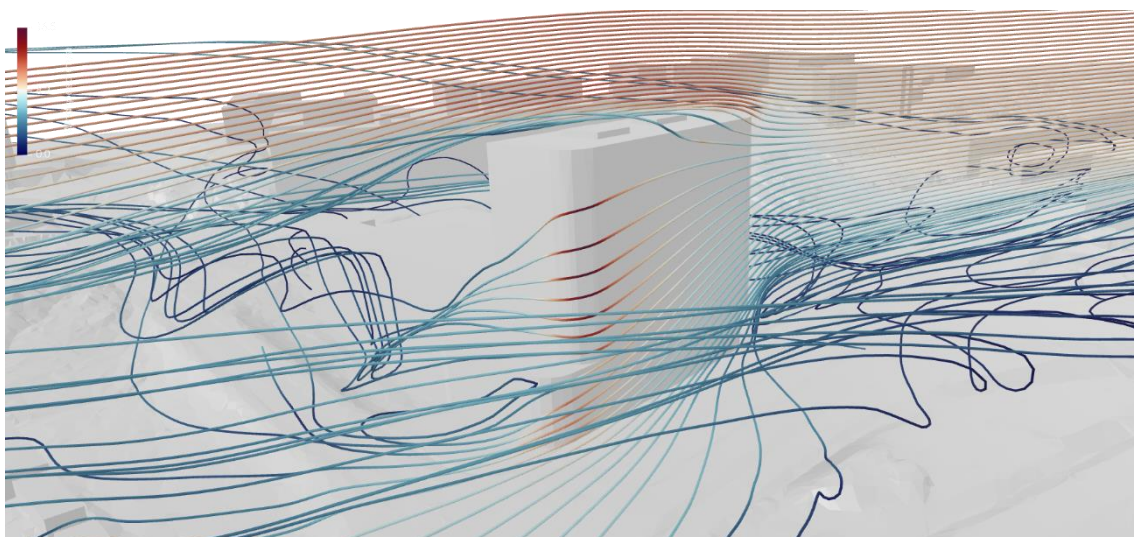
Figur 35. Lawsons vindkomfortskriterier – Q3 (juli – september).

I Figur 36 och Figur 37 visas vindhastigheter respektive strömlinjer för västliga vindar. I båda Figurerna går det att se hur vindflödet accelererar runt byggnadens hörn samt att det uppstår en nedsväpseffekt som pressar luft med hög rörelseenergi nedåt mot marknivå och orsakar höga vindhastigheter. Även här föreslås trädplantering längs gatan åt nordväst eller ett skärmtak på Centralmarkens nordöstra hörn för att förbättra vindkomforten.





Figur 36. Vindhastigheter för västliga vindar som visar hur vinden accelererar runt Centralmarken norra hörn.



Figur 37. Strömlinjer för västliga vindar som visar hur vindflödet interagerar med Centralmarken.

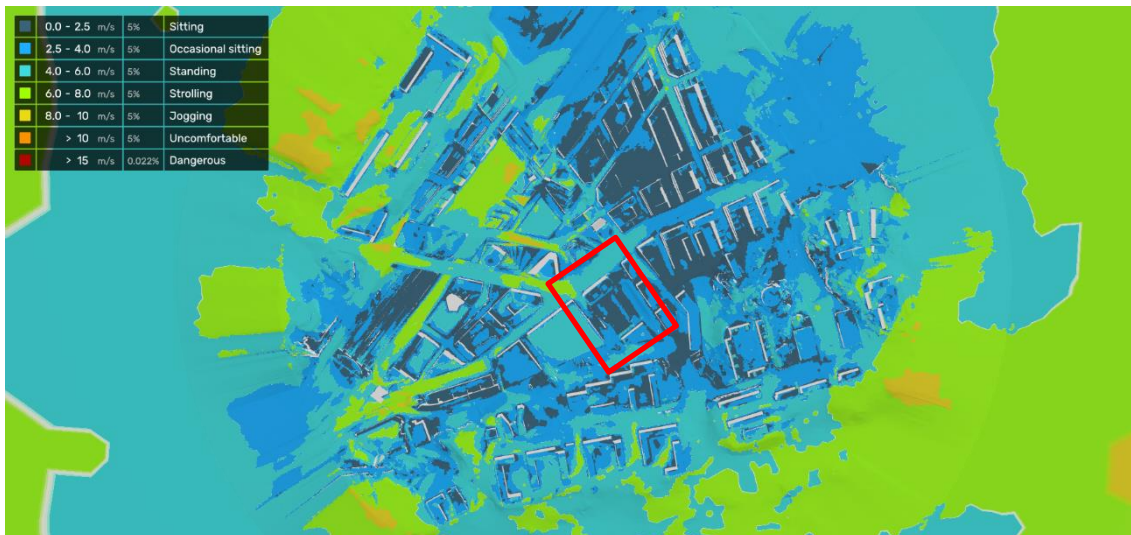
## 6. Resultat – Skede 2

Liksom i förra avsnittet analyseras och presenteras här resultatet av simuleringarna baserat på Lawsons komfortkriterier samt medelvindhastigheter och strömlinjer. För Skede 2 analyseras dock inte område 3 närmare eftersom de omgivande byggnaderna har förbättrat vindkomforten i området signifikant och vi ser inte längre farligt höga vindstyrkor i området.

### 6.1. Vindkomfort

För Skede 2 har endast takterrassen (område 2) samt det västra hörnet på byggnaden där entrén ligger (område 2) studerats i detalj eftersom de är av störst intresse. Inga områden i byggnadens närhet visar på farliga vindstyrkor, därför har inget ytterligare område studerats närmare.

Den beräknade vindkomforten enligt Lawsons kriterier på 1,5 m höjd presenteras som årsmedel i Figur 38 för hela beräkningsdomänen. I Figuren syns att vindkomforten för ett normalår generellt sett är god. Områden med sämre vindkomfort är belägna på ett sådant avstånd från byggnaden att dess utformning inte nämnvärt kan påverka vindkomforten positivt.



Figur 38. Lawsons komfortkriterium som årsmedel för Skede 2 över hela beräkningsdomänen. Den röda rutan visar Centralmarken.

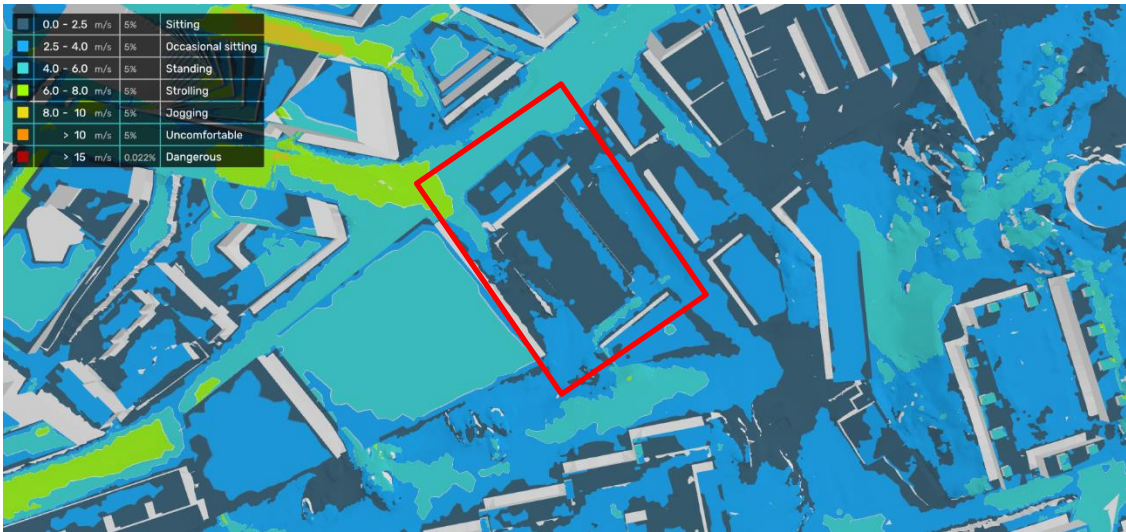
### 6.1.1. Analys av område 1

Området täcker taket av Centralmarken där en takterrass är planerad. Det är därför viktigt att undersöka och förstå vindklimatet på taket.

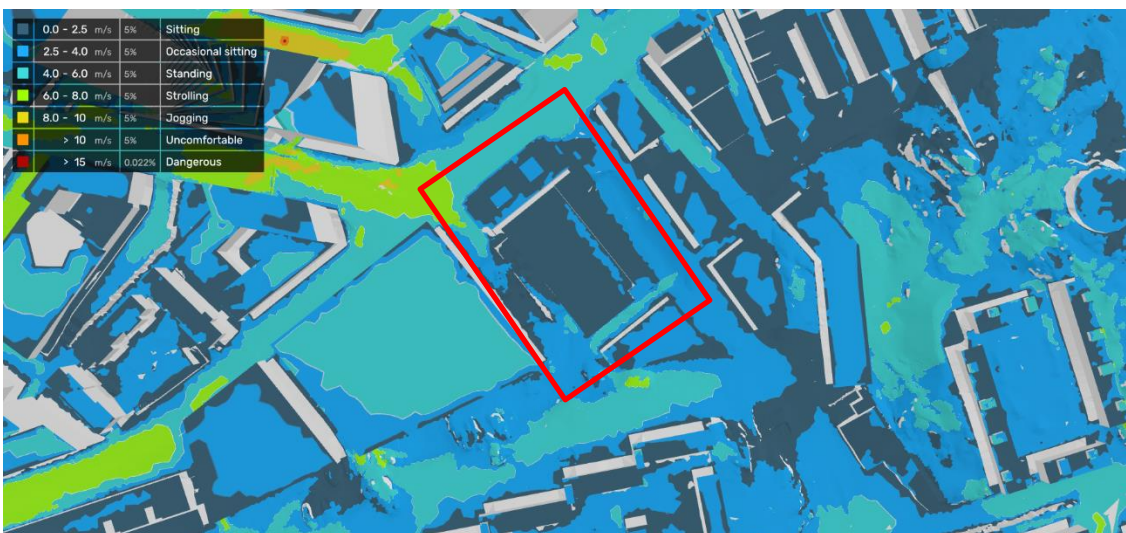
Den beräknade vindkomforten enligt Lawsons kriterier på 1,5 m höjd presenteras i Figur 39 - Figur 43 dels för normalåret dels kvartalsvis.

I Figur 39 visas vindkomforten för ett normalår, där det kan ses att det generellt är god vindkomfort för alla utomhusaktiviteter. I stort sett hela takterrassen är lämplig för långvarigt sittande aktiviteter. Några områden är även mer lämpliga för stationära aktiviteter.

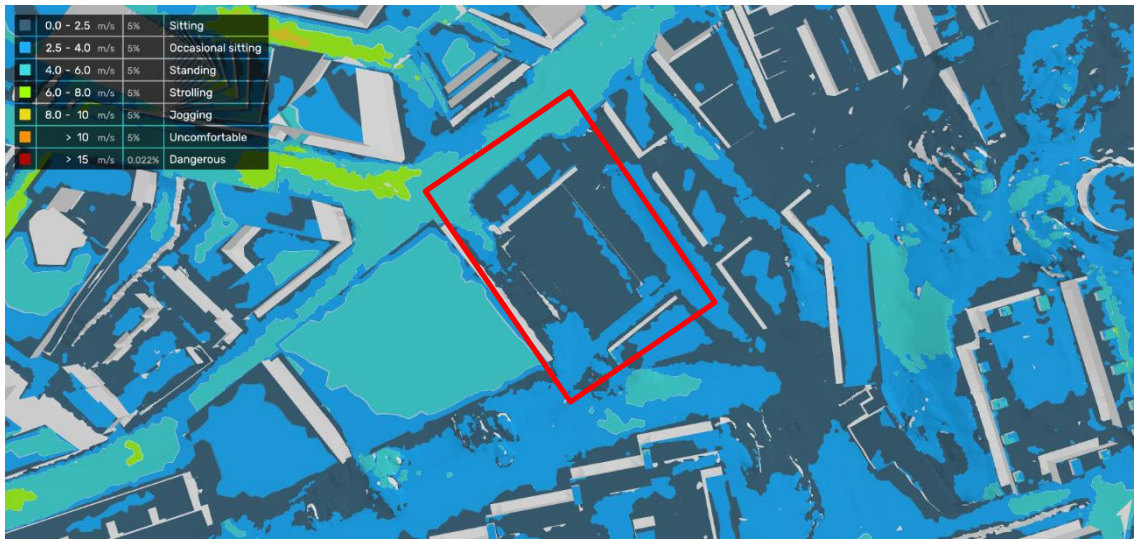
I Figur 40 till Figur 43 syns tydligt att vindkomforten är något sämre under vintermånaderna (kvartal 1 och 4), däremot finns det inga områden som, enligt Lawsons komfortkriterier, indikerar farliga eller obehagliga vindstyrkor varken under vinter- eller sommarhalvåret. Under kvartal 2 och 3 (sommarmånaderna) är majoriteten av områdena komfortabla för långvarigt stillasittande aktiviteter.



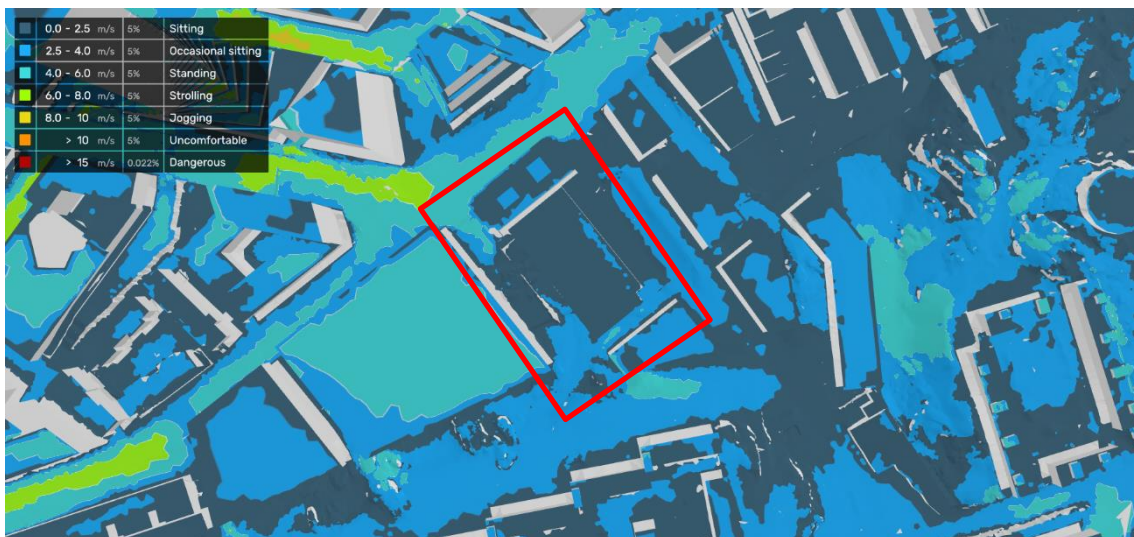
Figur 39: Vindkomfort baserad på årlig vindstatistik.



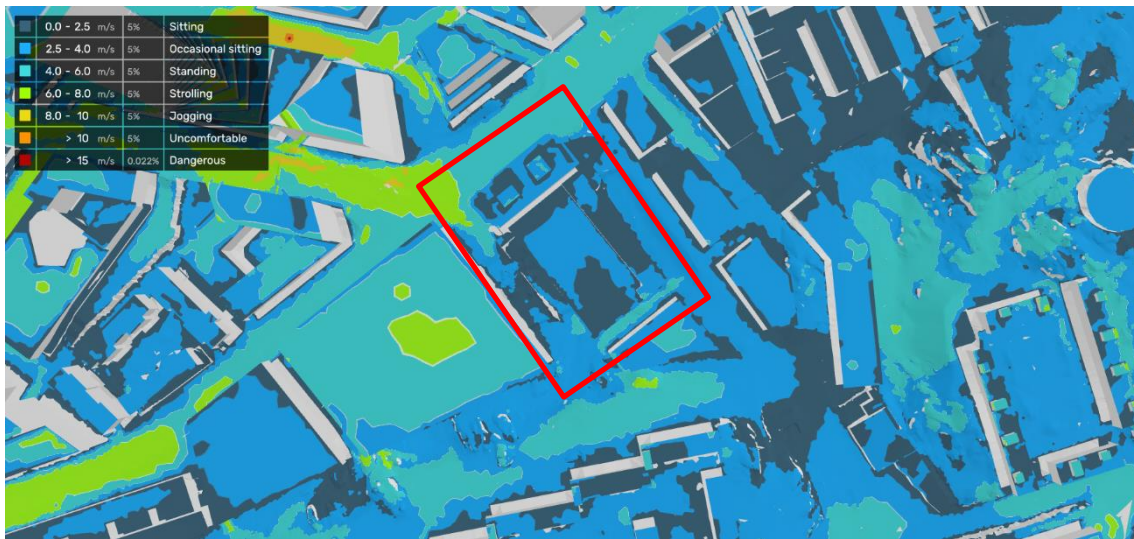
Figur 40: Vindkomfort – kvartal 1 (januari till mars).



Figur 41: Vindkomfort – kvartal 2 (april till juni).

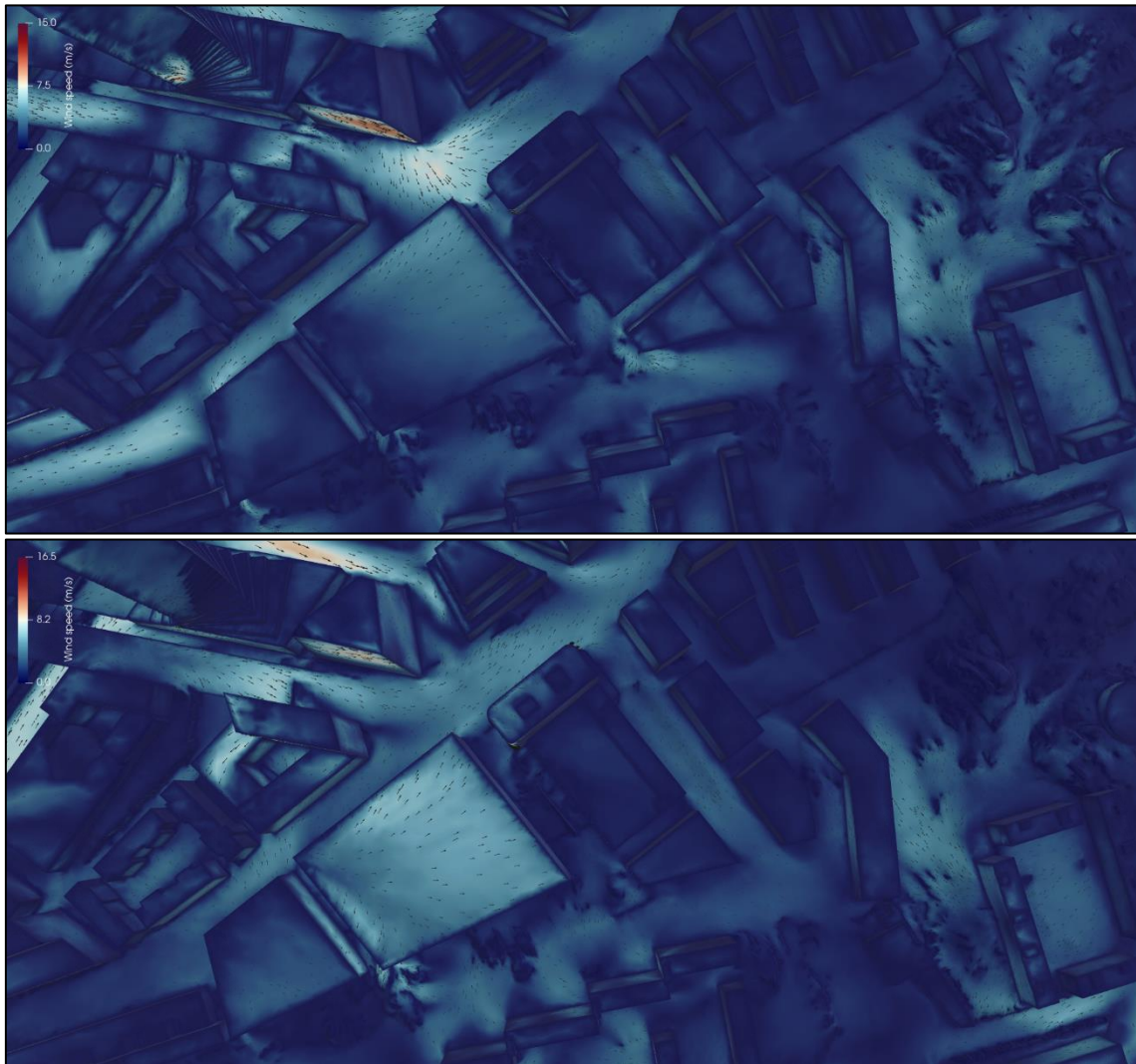


Figur 42: Vindkomfort – kvartal 3 (juli till september).

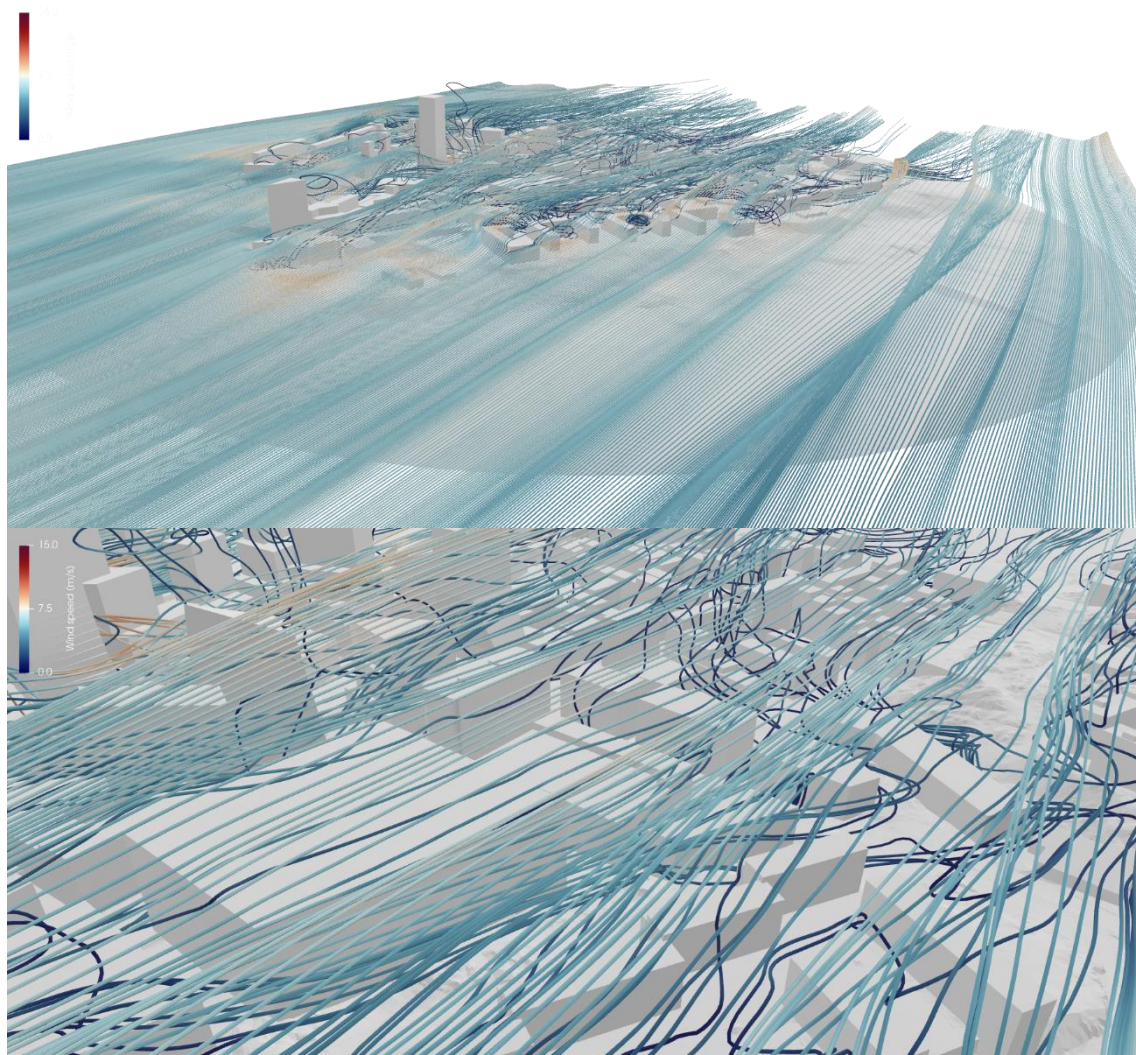


**Figur 43: Vindkomfort – kvartal 4 (oktober till december).**

I Figur 44 - Figur 45 syns hur den nya byggnaden sydväst om Centralmarken samt den Centralmarkens högdal skyddar takterrassen mot starka västliga och sydvästliga vindar. Höjden på byggnaden i sydväst är dock en estimering och vindskyddet som byggnaden ger förväntas försämrans om byggnadens höjd inte överstiger takterrassens höjd.



Figur 44. Vindhastigheter för sydvästliga (övre) och västliga (nedre) vindar.

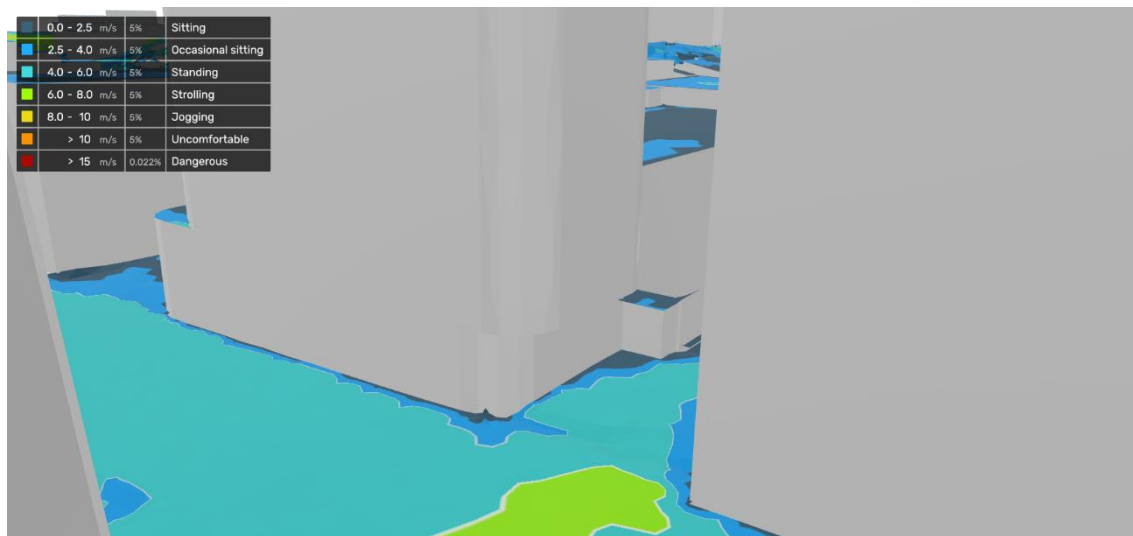


**Figur 45. Strömlinjer för sydvästliga vindar som visar hur vindflödet interagerar med de omgivande byggnaderna och hur takterrassen skyddas från starka vindar. Övre bilden visar hela beräkningsdomänen och den nedre bilden visar en närbild på Centralmarken.**

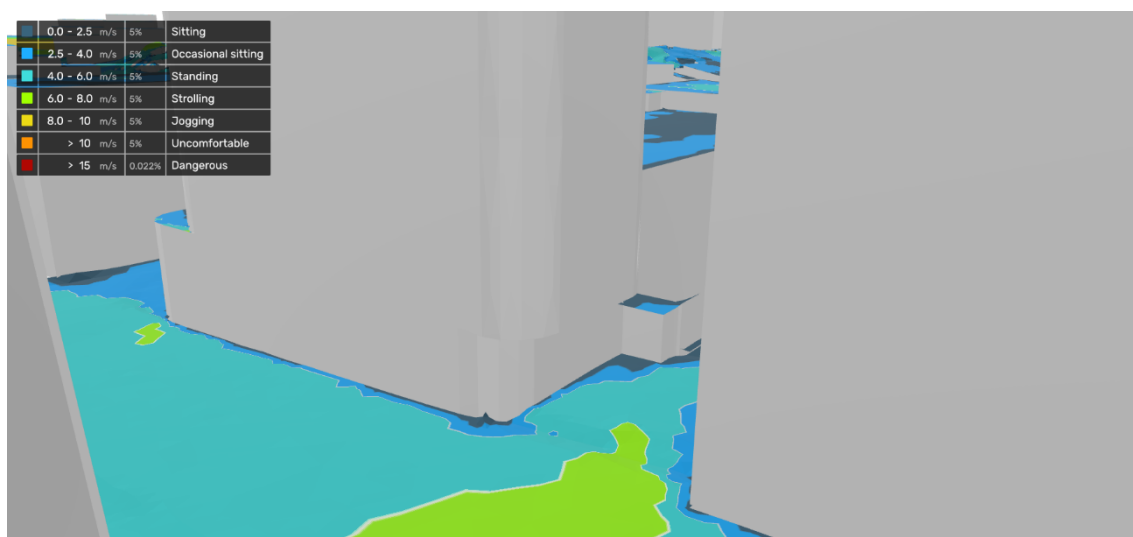
### 6.1.2. Analys av område 2

Detta område har valts ut för att täcka entrén till Centralmarken och för att det är det område som uppvisar störst komfortproblem enligt Lawsons kriterier.

Figur 46 - Figur 50 visar vindkomforten baserad på årlig vindstatistik respektive kvartalsvis för område 2. Vindkomforten i området är god för aktiviteter som kan förväntas i området. Dock är endast mindre ytor lämpliga för långvarigt och kortvarigt stillasittande aktiviteter under såväl sommar- som vinterhalvår.

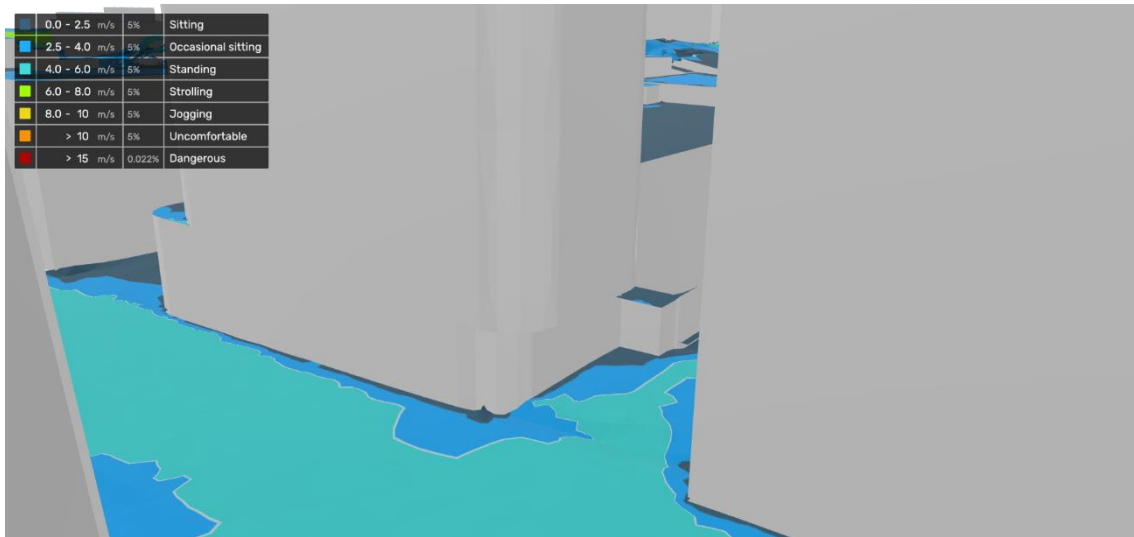


Figur 46. Vindkomfort baserad på årlig vindstatistik – Centralmarkens ingång.

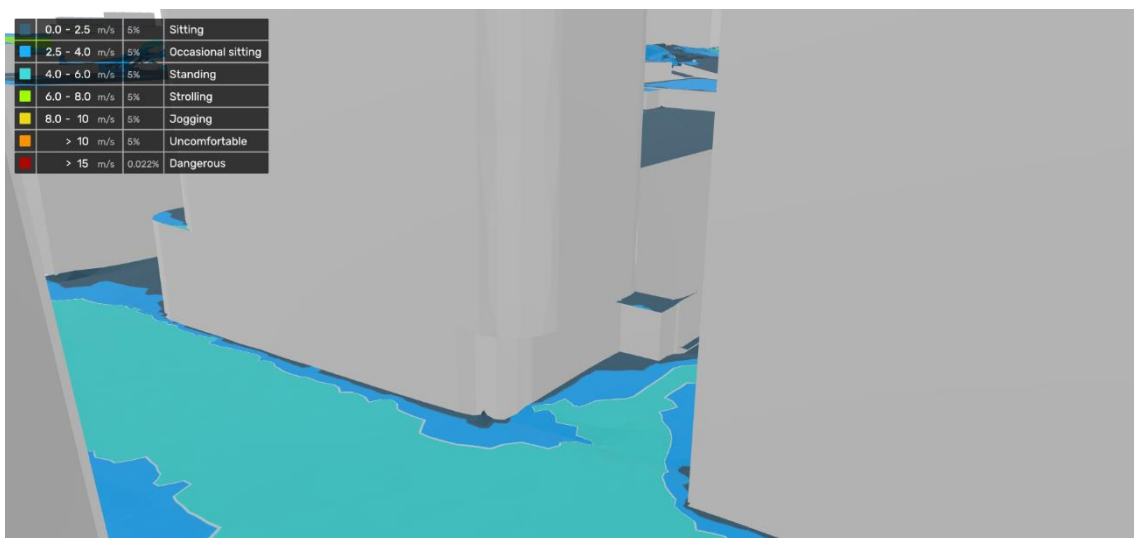


Figur 47. Vindkomfort - kvartal 1 (januari till mars).

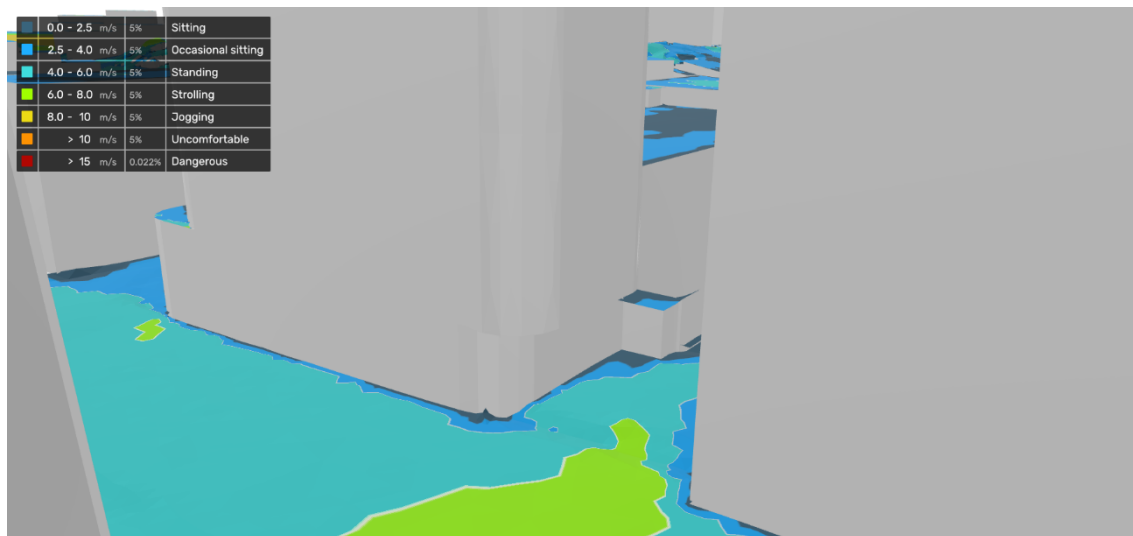




Figur 48. Vindkomfort – kvartal 2 (April till juni)



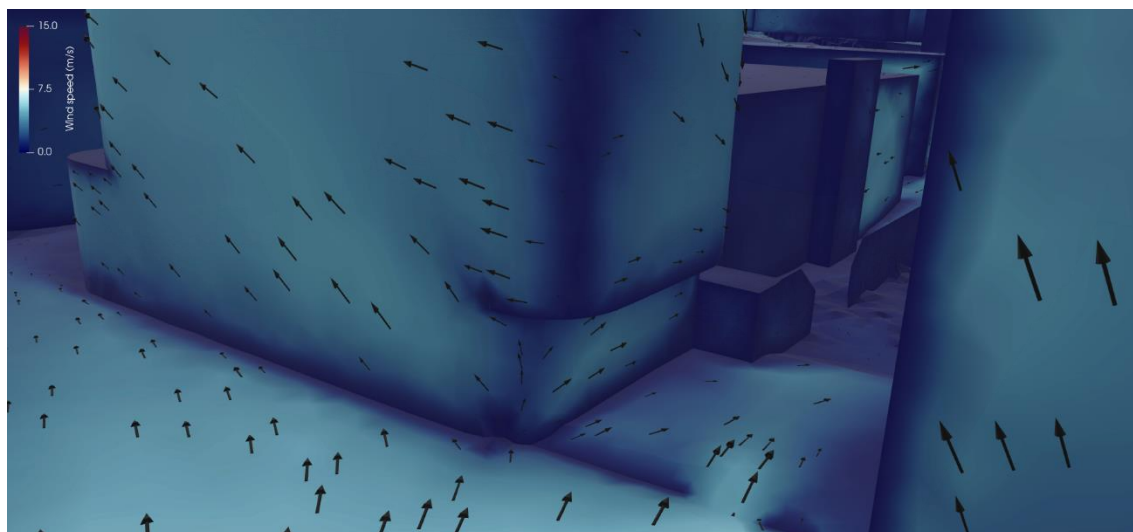
Figur 49. Vindkomfort - kvartal 3 (juli till september).



Figur 50. Vindkomfort - kvartal 4 (oktober till december).

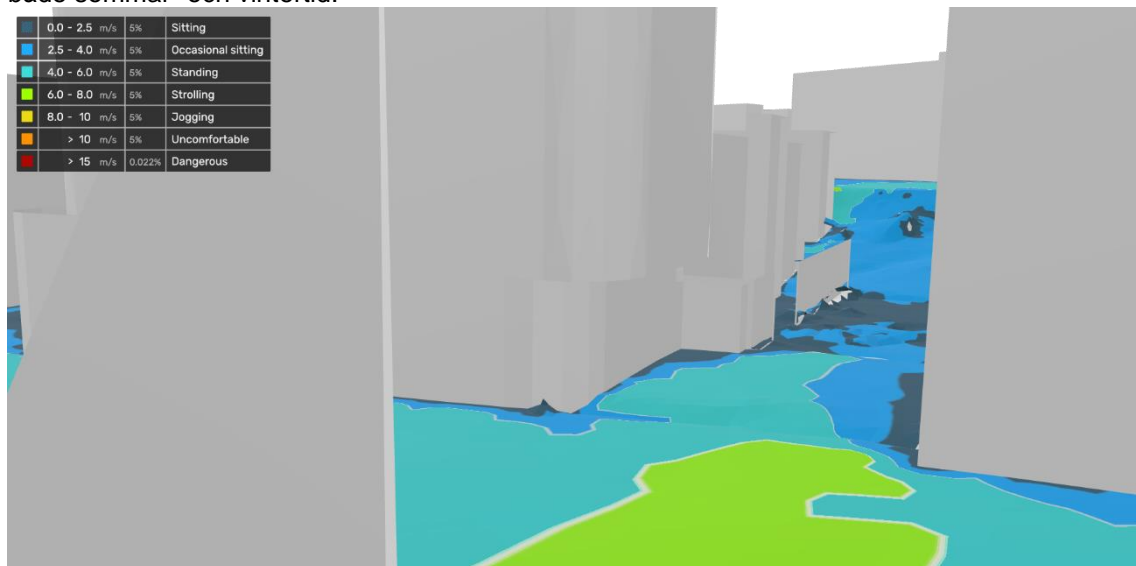
De nya omgivande byggnaderna skyddar område 2 mot såväl sydliga, sydvästliga och västliga vindar. Dessutom ses endast små negativa effekter från venturi, hörnberoende turbulens eller nedsvep.

Figur 51 visar den, för området, värsta vindriktningen. Här ses medelvindhastigheter om 6-7 m/s vilket motsvarar frisk vind enligt Tabell 2.

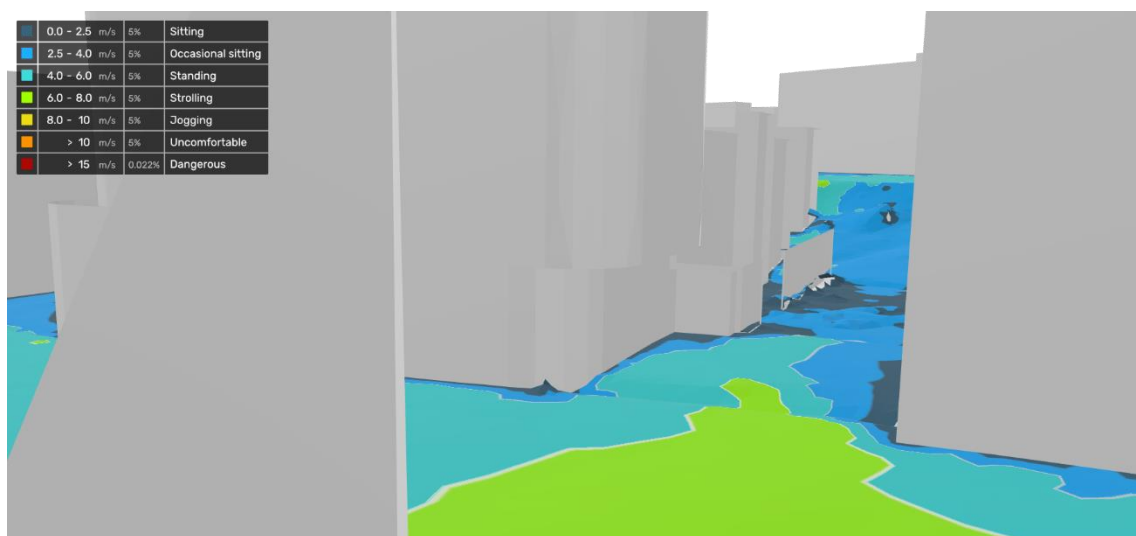


Figur 51. Ingång sydvästliga vindar.

Figur 52 och Figur 53 visar den årliga vindkomforten respektive vindkomforten för kvartal 4 för lokalgatan längs byggnaden. Återigen, vindkomforten är god för förväntade aktiviteter i området, både sommar- och vintertid.



Figur 52. Vindkomfort baserad på årlig vindstatistik – lokalgatan.

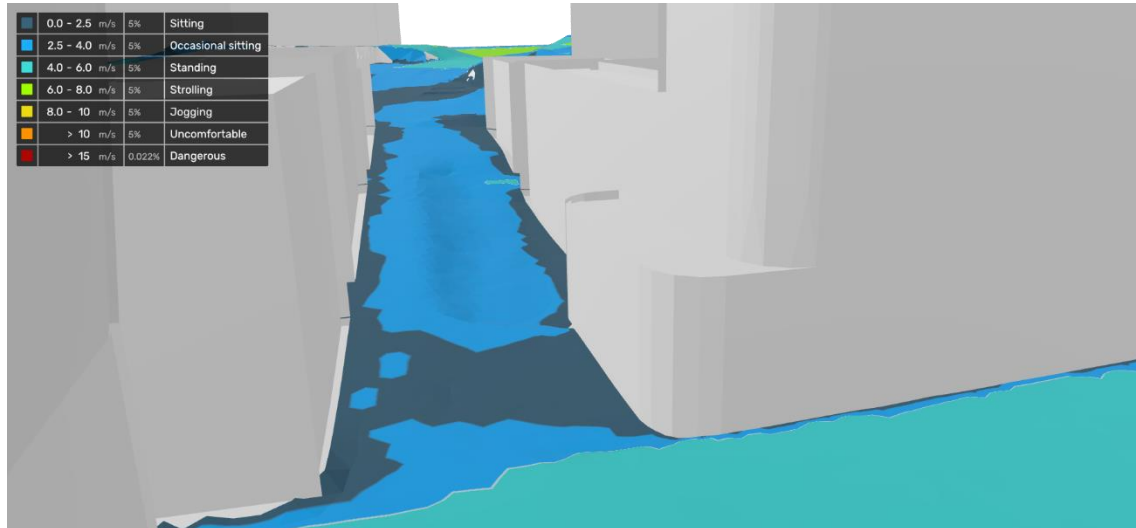


Figur 53. Vindkomfort - kvartal 4 (oktober till december).

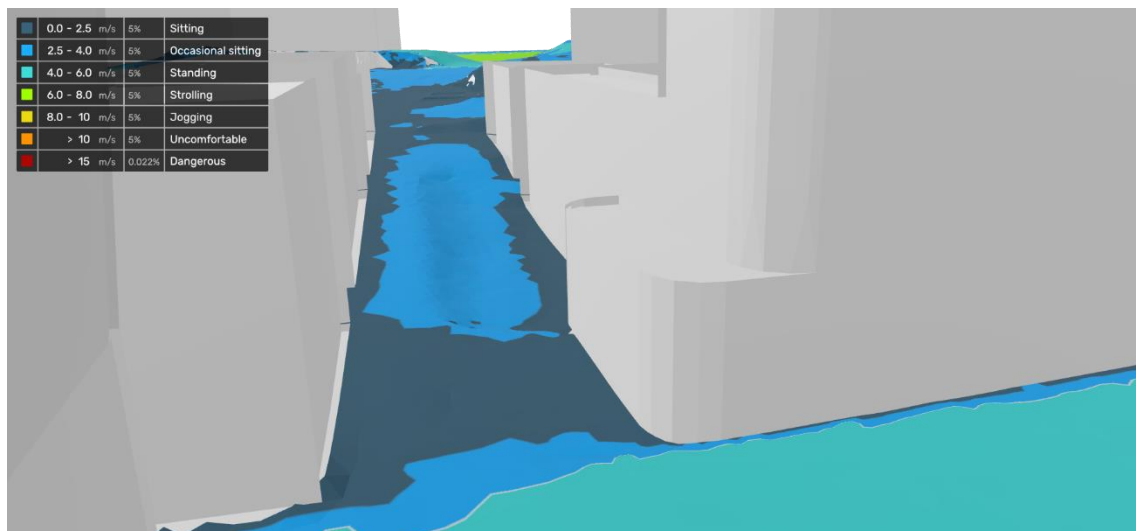
### 6.1.3. Analys av område 3

Figur 54 och Figur 55 visar att vindkomforten är god året runt för alla aktiviteter, inklusive stilla aktiviteter, vid torget och den planerade parken längs byggnaden. Dessutom har den dåliga vindkomforten vid hörnet av Centralmarken som uppkom i Skede 1 (se Figur 34) försvunnit. Det

syns att byggnaderna på båda sidorna om området ger ett bra vindskydd som resulterar i god vindkomfort.



Figur 54. Vindkomfort torg och park - baserad på årlig vindstatistik.



Figur 55. Vindkomfort - kvartal 3 (juli till september).

## 7. Slutsatser och rekommendationer

Överlag är vindkomforten god i området kring Centralmarken för både Skede 1 och Skede 2. Swecos bedömning är att inga omfattande designändringar krävs och endast mindre vindkomfortsförbättrande åtgärder bör planeras.

Nedan presenteras en sammanfattning av vindkomforten samt förbättrande åtgärder för respektive område:

- Vindkomforten för område 1 är god men för ytterligare förbättring föreslås vindskydd på takets västra del. Detta gäller endast för Skede 1 då vindkomforten för skede 2 är mycket god.
- Vindkomforten för område 2 är överlag god. Dock syns tendenser till nedsvepseffekt samt accelererande vindflöden runt byggnadens hörn för Skede 1. Som förbättringsåtgärd föreslås trädplantering längs gatan åt nordväst eller ett skärmtak på byggnadens nordvästra sida. Dessutom, vindkomforten är god hela året för lokalgatan längst med Centralmarken för aktiviteter i rörelse.
- I område 3 finns det en liten yta där vindhastigheterna kan vara farliga under kvartal 1 och 4 enligt Lawsons komfortkriterier. Det rekommenderas att designändringar eller andra vindkomfortsförbättrande åtgärder vidtas exempelvis förändring av det nordvästra hörnets kurvatur, trädplantering längs gatan åt nordväst eller ett skärmtak på byggnadens nordvästra sida. Torget och parken på byggnadens nordöstra sida har god vindkomforten för tillfälligt sittande och stående under sommaren, när områdena framförallt förväntas att användas. Trädplantering, som troligt förbättrar vindkomforten ytterligare, är redan planerad för dessa områden.

## 8. Referenser

- [1] P. Pancholy , K. Clemens, P. Geoghegan, M. Jermy, M. Moyers-Gonzalez och P. Wilson, "Numerical Study of Flow and Pedestrian Level Wind Comfort Inside Uniform and Non-Uniform Street Canyons with Different Street Width Building Height Aspect Ratios," 2017.
- [2] B. Li, Z. Luo, M. Sandberg och J. Liu, "Revisiting the 'Venturi effect' in passage ventilation between two non-parallel buildings," *Elsevier*, 2015.
- [3] I. Nuberg, G. Brendan och R. Rowan, *Agroforestry for natural resource management*, Collingwood: CSIRO publishing , 2009.
- [4] B. Wight och R. Straight, "Windbreaks," i *Training Manual for Applied Agroforestry Practices 2015 Edition*, Columbia, University of Missouri, 2015, pp. 92-114.
- [5] B. Blocken och J. Carmeliet, "Pedestrian Wind Environment around Buildings: Literature Review and Practical Examples," vol. 28, nr 2, 2003.
- [6] T. Lawson och A. Penwarden, "The Effects of Wind on People in the Vicinity of Buildings," *Proceedings 4th International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures*, pp. 605-622, 1975.
- [7] M. Salim, K. Schlünzen och D. Grawe, "Including trees in the numerical simulations of the wind flow in urban areas: should we care?," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 144, pp. 84-95, 2015.