

VIND | VIND

VINDANALYSE

**Til:
AG Gruppen
august 2025
Smedeland 7**

Revision **00**
Dato **28.08.2025**
Udarbejdet af **Vind-vind ApS**

Leika Diana Jørgensen
Partner
Civilingeniør og HA

Kort om vindanalyser og Vind-Vind

Analyser af vindkomfort er de senere år kommet langt mere i fokus hos kommuner, politikere, arkitekter og bygherrer ved byplanlægning og større byggerier - på samme måde som diagrammer for sollys og skygge længe har været standard.

Årsagerne er, at der bliver bygget mere på vindudsatte områder, fx ved kyster, og at danskere og nordeuropæere opholder sig mere udendørs, fx i byer og boligområder. Desuden er udviklet it-løsninger i form af såkaldte CFD-programmer, som gør det meget lettere at kortlægge vind og opstille forslag til løsninger og forbedringer tidligt i processen med byplanlægning og/eller byggeri.

Vind-vind har siden 2012 gennemført analyser for offentlige myndigheder og andre samarbejdspartnere ved byplanlægning og større byggerier i fx udviklingsområder som Nordhavn i København, Irmabyen i Rødovre vest for København, Thomas B. Thriges Gade i Odense og Lighthouse i Aarhus.

Vind-Vind arbejder desuden med at udvikle vindlastberegninger ved hjælp af CFD. I samarbejde med DTU har Vind-Vind udarbejdet forslag til at certificere vindlastberegninger på linje med vindtunneltest.

Vind-vind er grundlagt af Per Jørgensen - uddannet fysiker med mange års speciale i programmering og computersimuleringer - og Leika Diana Jørgensen, civilingeniør og civiløkonom med erfaring fra større ingeniørkoncerner som Rambøll, Sweco og Artelia (tidligere Moe).

Læs mere om vindkomfort og om virksomheden på www.vind-vind.dk

INDHOLD

1.	Indledning / sammenfatning	4
2.	Generelt	5
3.	Forudsætninger og metode	5
3.1	Beregningsgrundlag	5
3.2	Miljømål (komfortkriterier)	5
3.3	Beregningsområde	6
4.	Eksisterende forhold	8
5.	Eksisterende 0-alternativ	9
6.	Fremtidige forhold	10
6.1	Øst for højhus	13
6.2	Parkeringstag	14
6.3	Vest for parkeringshus	15
6.4	Åbning til gårdrum mod nord	16
6.5	Indgang til gårdrum mod syd	17
6.6	Gårdrummet	18
7.	Analyse af sikkerhedsniveau	19
Bilag 1	– Vindstatistik	22
Bilag 2	– Oversigtskort	25

1. INDLEDNING / SAMMENFATNING

Denne rapport er udarbejdet for AG Gruppen. Rapporten har til formål at vurdere fremtidige vindforhold for Smedeland 7 og er et bilag til Miljørapporten.

Der foretages en analyse vha. CFD-beregninger af de fremtidige og eksisterende forhold både med eksisterende og planlagte naboer.

Generelt er vinden i området præget af naboens højhus, som trækker vinden ned og skaber turbulens.

Det planlagte byggeri vil ikke forværre vindforholdene for naboerne. Flere steder vil naboerne samlet set få mere læ.

Den østlige del af gårdrummet har læ, mens den vestlige del er præget af vind fra højhuset. Det anbefales derfor, at opholdsarealer etableres i den østlige del, mens cykelparkering m.v. placeres i den vestlige del af gårdrummet. Det anbefales at cykelskure indgår som lægivende elementer, hvor de væsentligt kan forbedre vindkomforten.

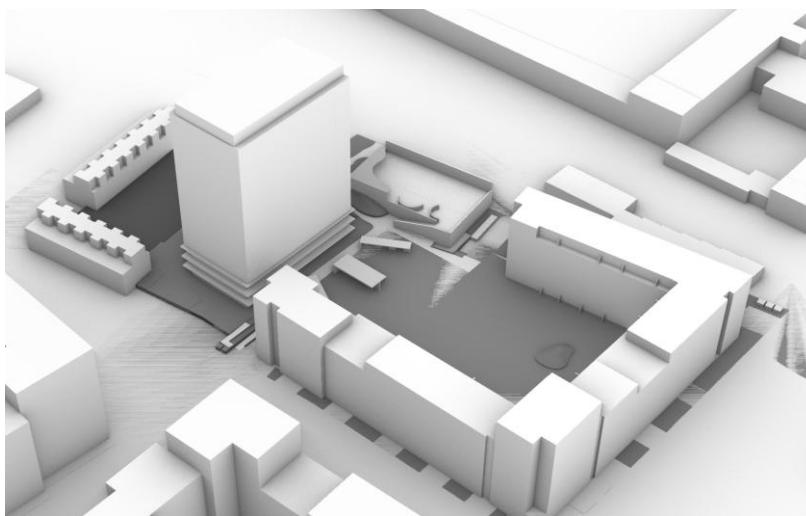
Højhuset påvirker også vinden på parkeringshusets tag. Vinden kan reduceres væsentligt med værn og tagoverdækning, så komforten svarer til aktivt ophold med lækroge, som giver mulighed for at sidde. Det vurderes, at vindkomforten på taget yderligere kan forbedres, hvis selve parkeringshuset beklædes med gennemtrængelige facader.

Området vest for parkeringshuset er ligeledes påvirket af vind fra højhuset. Ved hjælp af terrænregulering og beplantning af området mod højhuset vil der kunne skabes læ for ophold i den nordlige ende.

Ved indgangen til gårdrummet, både mod nord og syd, vil der være øget vind. Vinden kan reduceres ved hjælp af overdækning og afskærmning. Placeringen af disse elementer er væsentlig, for at give en ønsket effekt. Det anbefales, at dette undersøges nærmere i samarbejde med naboer, når den endelige udformning fastlægges.

Per Jørgen Jørgensen
Cand.scient. (phys.)

Leika Diana Jørgensen
Civilingeniør og HA



Figur 1: Smedeland 7

2. GENERELT

Smedeland 7 ligger i et gammelt erhvervsområde, som er planlagt til udbygning. I dag er det et erhvervsområde, der planlægges udviklet med etageejendomme mod nord og delvist mod vest. Bebyggelsen er nabo til et eksisterende højhus, som har en væsentlig indflydelse på vindforholdene.

3. FORUDSÆTNINGER OG METODE

Til at vurdere de fremtidige forhold er benyttet CFD-beregninger. Vind er et meget komplekst fænomen, og det kan være svært at identificere præcist, hvor problemerne opstår. CFD-beregningerne sammenholder de enkelte påvirkninger og deres indbyrdes påvirkning.

3.1 Beregningsgrundlag

CFD-programmet OpenFOAM¹ er benyttet. Beregningsforudsætninger er beskrevet i Bilag 1 bagerst i rapporten.

Vindhastighederne undersøges i områderne omkring bygningerne i højden 1,50 m over terræn – svarende til en gennemsnitlig fodgængers hovedhøjde. Komfortoversigterne følger det kuperede landskab. Ved at tage hensyn til, at vindretning og vindhastighed varierer over tid, kan det statistisk forudses, hvor ofte en kritisk vindhastighed vil optræde i et givent område. Vindforholdene varierer over året – måned for måned. Som det ses af vindroserne i Bilag 1, er vestenvinden dominerende i Danmark – specielt efterår og vinter. Vind fra syd forekommer primært om sommeren, mens vind fra øst primært forekommer forsommer og sensommer. Vind fra nord forekommer relativt sjældent, men når den opstår, er det som regel om foråret. I rapporten vurderes vindkomforten som nævnt i forhold til årsgennemsnittet.

3.2 Miljømål (komfortkriterier)

Vindkomfort er meget individuelt og områdespecifikt. God vindkomfort afhænger meget af folks forventninger. Generelt er folk mere tolerante over for vind, når de befinder sig ud til fx havet. Temperaturen kan også have indflydelse på oplevelsen af vinden. Nedenstående billeder viser to meget forskellige vindsituationer. Ved Vesterhavet kan det være en attraktion, at det blæser meget. Mens man på en café midt i København typisk ikke tolererer meget vind.



Figur 2 Oplevelse af vind. Vesterhavet med omkring 20 m/s og København med 0-2 m/s

Beregningsresultaterne vil blive vurderet i forhold til den såkaldte Davenport's komforttabel. Figuren herunder viser de forskellige kategorier i forhold til, hvor stor en procentdel af tiden komfortkriteriet på 6 m/s er overskredet. Hvis det fx blæser mere end 6 m/s i 6 % af tiden, så vil en gennemsnitsperson føle det behageligt for ophold i kortere tid, men personen vil ikke føle det behageligt ved længerevarende ophold.

¹ Open Field Operation and Manipulation

Aktivitet	Område	Karakteristik af vindmiljø		
		Acceptabelt	Ubehageligt	Meget ubehageligt til farligt
Hurtig gang	Fortov, stier	43%	50%	53%
Slentre	Parker, butiksgader	23%	34%	53%
Stå eller sidde i kort tid	Parker, pladser	6%	15%	53%
Stå eller sidde i længere tid	Udendørs restauranter, fri-luftsteater	0,1%	3%	53%

Figur 3 A. Davenports komforttabel

Rapporten giver en overordnet vurdering af byrummene og opholdsterrasser. Der er primært fokuseret på den samlede vindhastighed. Nedadrettet vind er indregnet i vindhastighederne. Luftnedfald kan imidlertid også være en faktor, som kan forringe oplevelsen af komfort, idet nedadrettet vind kan føles mere ubehagelig end vandret vind.

Træer har betydning for vinden, specielt i sommerhalvåret, hvor folk opholder sig mest udendørs. Beplantningen vil forbedre vindforholdene.

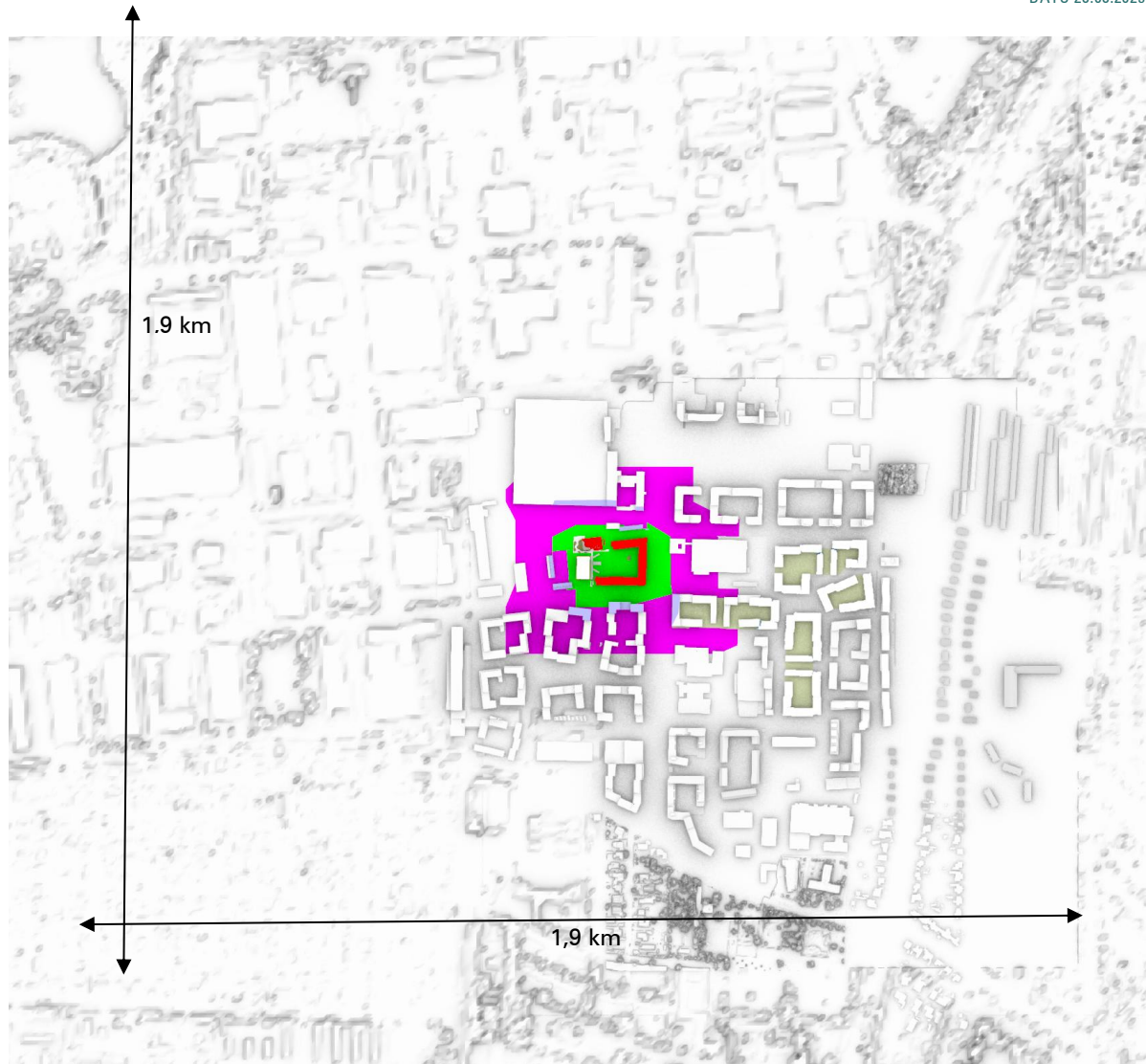
3.3 Beregningsområde

I beregningerne er benyttet et område på 1,9x1,9 km, heraf 200x150 m modelleret fint, hvor det fremtidige byggeri er modelleret med stor detaljeringsgrad og det nærliggende eksisterende område med lavere detaljeringsgrad, se Figur 4. Det groft modellerede område sikrer, at vinden udvikler sig efter de lokale forhold. Det groft modellerede område vil i beregningerne kun fremstå som en ruhed. De lokale vindforhold vil derfor ikke være retvisende, specielt ikke i nærheden af bygninger. Det er kun inden for det fint modellerede område, at resultaterne er retvisende. De øverste altangange på højhuset er ikke modelleret, da de ikke har væsentlig betydning for vind i terræn i forhold til effekten af de nederste.

Det skønnes, at områdets størrelse er passende for, at vinden kan udvikle sig retvisende. Uden for det modellerede område er der regnet med terrænkategori 2 – Område med lav vegetation og enkelte forhindringer. Det er dog uden større betydning, da beregningsområdet er relativt stort.

Modelleringen er baseret på 3D-modeller af det kommende byggeri, udleveret af kunden, samt en vurdering af opland ud fra tilgængelige 3D-modeller fra Geodatastyrelsen.

Figur 4 viser en digitaliseret grundplan af området omkring det nye byggeri.



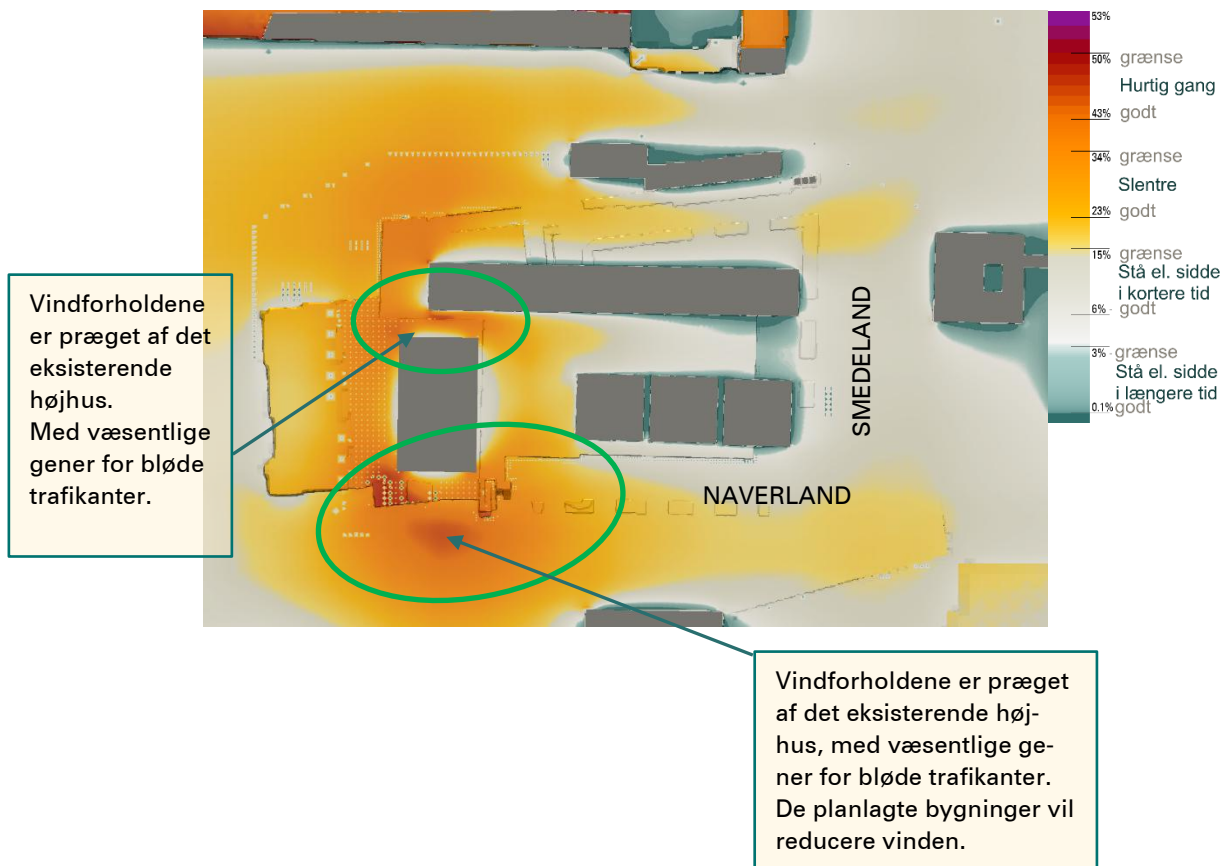
Figur 4 Bygninger i beregningsområde for området ved Smedeland 7. (Området er i senestes beregninger øget, hvilket ikke forringer beregningerne)

Modellen vil blive beregnet for vind i 12 forskellige vindretninger: 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300° og 330°.

4. EKSISTERENDE FORHOLD

Vindkomforten for de eksisterende forhold kan ses af Figur 5. Vinden er præget af højhuset. I dag er området i øvrigt præget af lav bebyggelse, som ikke skærmer mod vind.

Der er kraftig vind omkring hjørner og mellembygningerne.

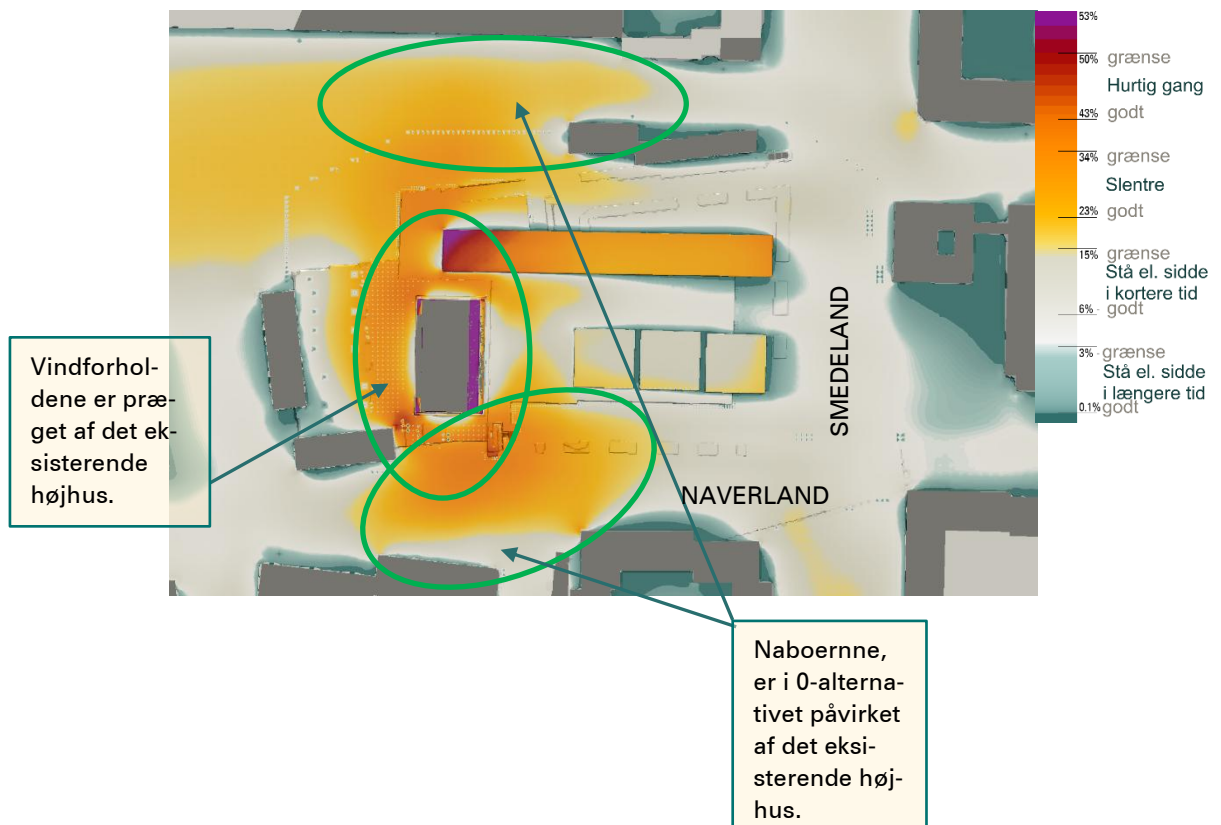


Figur 5 Beregninger af eksisterende forhold. Beregningerne er (delvist) uden beplantning. Total overskridelse af komfortkriterium. Procentvis periode, hvor komfortkrav på 6 m/s er overskredet i et punkt

5. EKSISTERENDE 0-ALTERNATIV

Der er planlagt en udbygning af området med etagebygninger. Det kan derfor være relevant at sammenligne med et fiktivt scenarium med eksisterende bebyggelse og fremtidige naboer, 0-alternativet, se Figur 6.

Vinden vil stadig være præget af højhuset. Det omkringliggende etagebyggeri vil dog generelt give lidt mere læ til området.



Figur 6 Beregninger af 0-alternativet forhold. Beregningerne er (delvist) uden beplantning. Total overskridelse af komfortkriterium. Procentvis periode, hvor komfortkrav på 6 m/s er overskredet i et punkt

6. FREMTIDIGE FORHOLD

Vindkomforten for de fremtidige forhold med og uden beplantning, fremgår af Figur 7 og Figur 8.

Generelt er vinden i området præget af, at højhuset på nabogrunden trækker vinden ned og skaber turbulens.

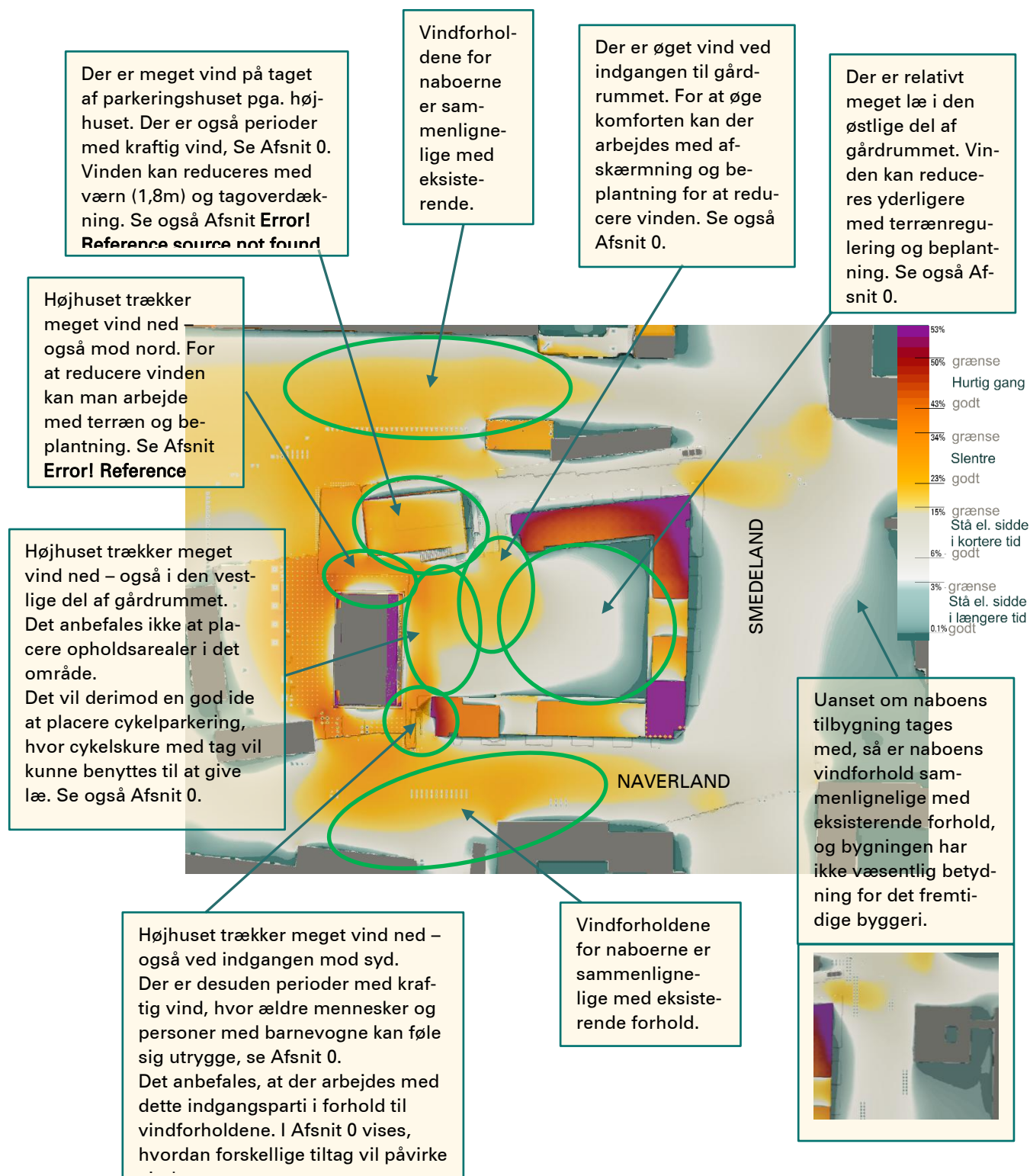
Naboerne vil ikke opleve forværrede vindgener. Flere steder vil de samlet set få mere læ.

Den østlige del af gårdrummet har læ, mens den vestlige del er præget af vind fra højhuset. Det anbefales derfor, at opholdsområder etableres i den østlige del, mens cykelparkering m.v. placeres i den vestlige del af gårdrummet. Cykelskure har desuden den fordel, at de kan fungere som lægivende elementer. Vinklingen af skurene har stor betydningen for effekten af dem.

Højhuset påvirker også vinden på parkeringshusets tag. Vinden kan reduceres væsentligt med høje værn og tagoverdækning, så komforten svarer til aktivt ophold med lækroge, der giver mulighed for at sidde. Det vurderes, at vindkomforten på taget yderligere kan forbedres, hvis selve parkeringshuset beklædes med en gennemtrængelig facade.

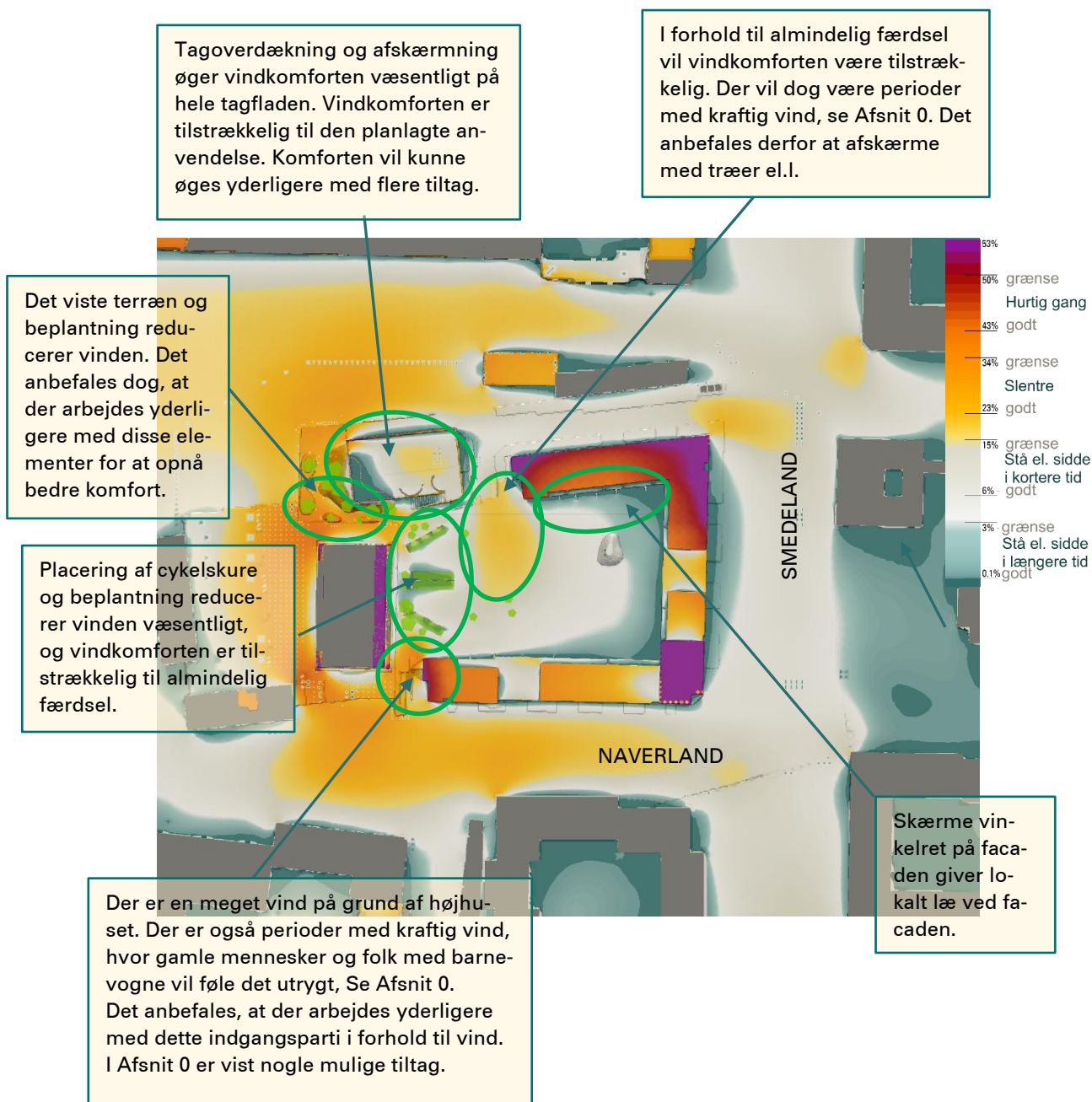
Området vest for parkeringshuset er ligeledes påvirket af vind fra højhuset. Ved hjælp af terrænregulering og beplantning kan der skabes læforhold i den nordlige ende.

Ved indgangen til gårdrummet, både mod nord og syd, vil der være øget vind. Vinden kan reduceres ved hjælp af overdækning og afskærmning. Placeringen af disse er væsentlig for at de giver den ønskede effekt. Det anbefales, at dette undersøges nærmere i samarbejde med naboen, når den endelige udformning fastlægges.



Figur 7 Beregninger af fremtidige bygning og planlagte omgivelser. Komfortindeks², procentvis periode hvor komfortgrænsen på 6 m/s er overskrevet i et punkt.

² Komfortindekset er defineret i Bilag 1



Figur 8 Beregninger af fremtidige forhold med afskærmning og beplantning. Værn på terrasser er 1,5 m. Komfortindeks³, procentvis periode hvor komfortgrænsen på 6 m/s er overskrevet i et punkt.

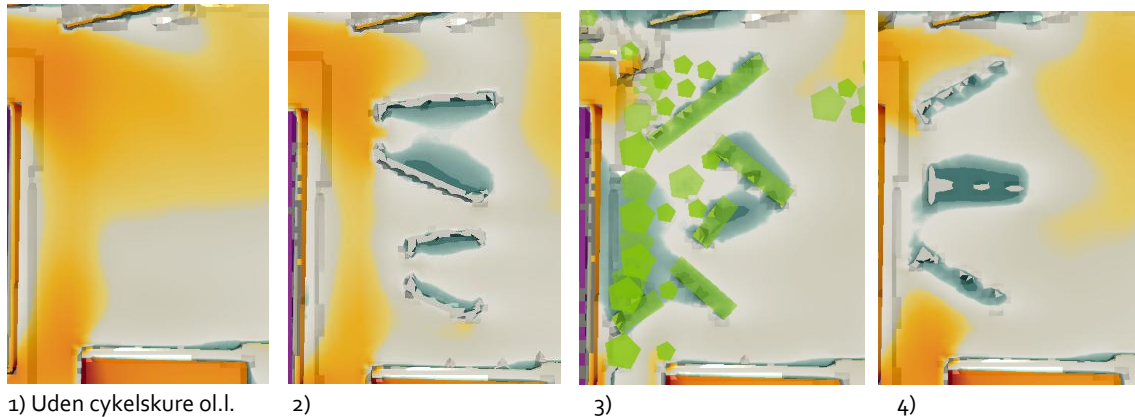
³ Komfortindekset er defineret i Bilag 1

6.1 Øst for højhus

Figur 9 viser eksempler på placering af cykelskure og beplantning, der kan give læ øst for højhuset. Simulationerne er kun vejledende, da beregningerne er forenklede.

Cykelskure er effektive til at skabe læ, især med et fast tag. Det anbefales, at der arbejdes med vinklingen, da gennemtrængeligheden også har betydning. Skurene må gerne være let gennemtrængelige for vind, men mindre end den 1/3-åbningsgrad, der normalt anbefales.

Det anbefales, at cykelskure placeres relativt tæt på højhuset for at skabe effekt nær facaden. Træer tæt på facaden giver lokalt læ, men vurderes ikke at have væsentlig betydning for den samlede komfort i området.



Figur 9 Forskellige eksempler på lægivende foranstaltninger øst for højhus. Simuleringerne er kun vejledende, da beregningerne er reduceret. 2-4 er forskellige placering af skure og beplantning.

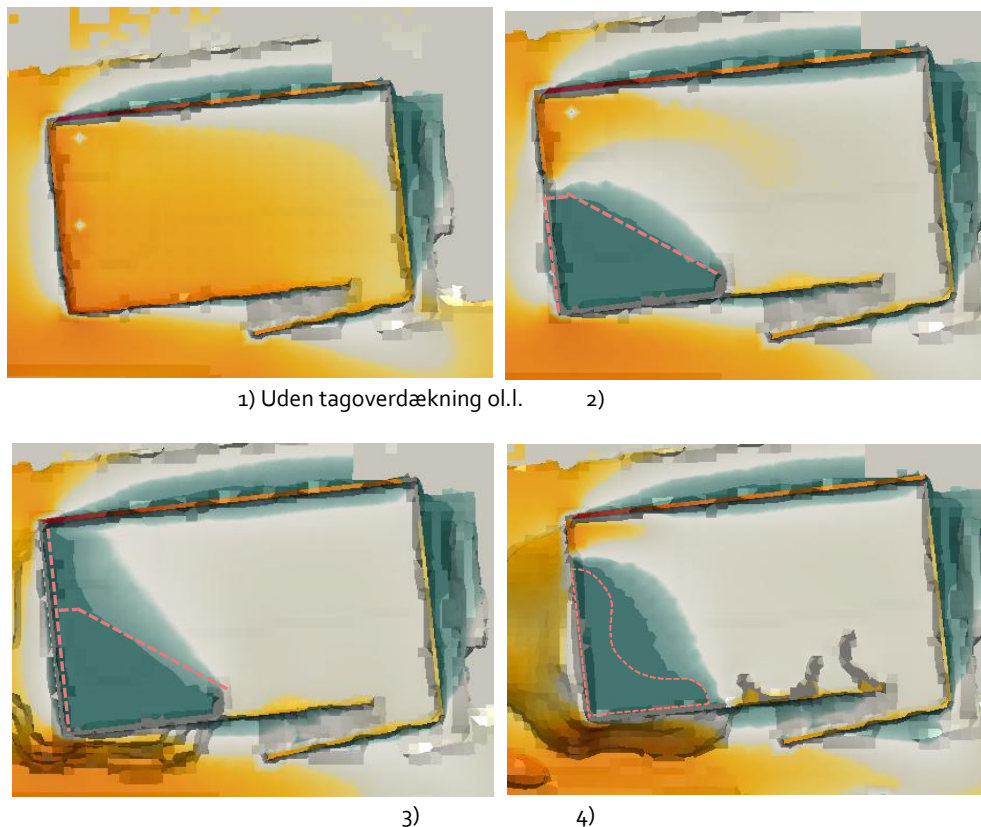
6.2 Parkeringstag

Figur 10 viser eksempler på placering af tagoverdækning og værn, der kan skabe læ på taget af parkeringshuset. Simulationerne er kun vejledende, da beregningerne er forenklede.

En tagkonstruktion ved hjørnet mod højhuset samt et værn i samme område vil have stor effekt – også for den komforten i den modsatte ende af taget.

Værnet mod vest vil i særlig grad skabe læ, og det bør gerne føres op til støjværnet mod nord. Det anbefales, at værnene mod vest og nord har samme højde, så den vind, der løftes af værnet mod vest, ikke fanges af støjværnet mod nord.

Det vurderes, at facaden på selve parkeringshuset med fordel kan være delvist gennemtrængelig for vind, så mindre vind bliver presset hen over taget.



Figur 10 Eksempler på afskærmning af P-dæk. Simulationerne er kun vejledende, da beregningerne er reduceret. 2-4 Forskellige udformning af tagoverdækning og værn.

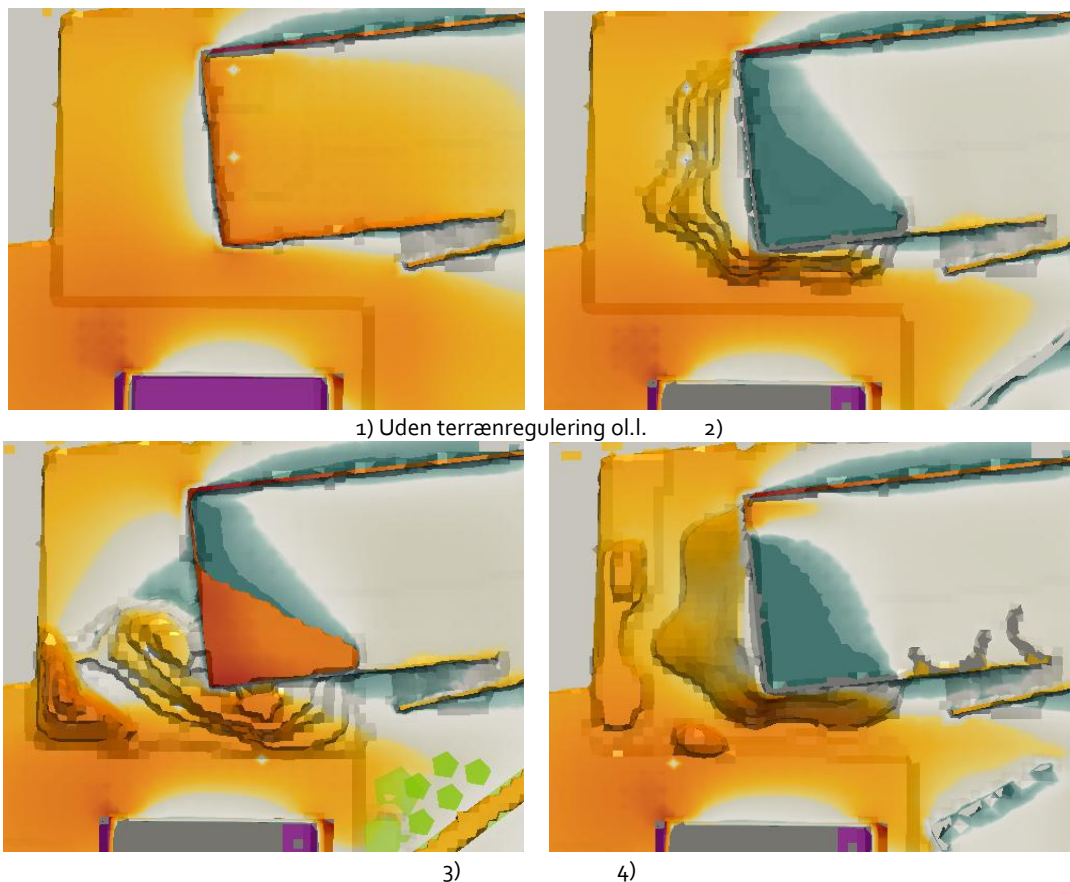
6.3 Vest for parkeringshus

Figur 11 viser eksempler på terrænregulering, der kan skabe læ vest for parkeringshuset og nord for højhuset. Simulationerne er kun vejledende, da beregningerne er forenkledede.

Der forekommer en del vind nord for højhuset, hvilket er et vilkår på grund af bygningens placering. Det er dog muligt at arbejde med terrænet for at reducere vinden. Terrænet kan bidrage til at løfte vinden hen over opholdsarealet og dermed skabe relativt læ længere mod nord. Samtidig kan terrænreguleringen medvirke til at forbedre læforholdene ved opgangen til taget på parkeringshuset.

Beplantning kan ligeledes bidrage til yderligere læ.

Udformningen af terrænet har stor betydning, og højden samt anvendelsen af arealet på nabogrunden kan have indflydelse på den endelige komfort. Det anbefales derfor, at forholdene undersøges nærmere i forbindelse med den endelige udformning.



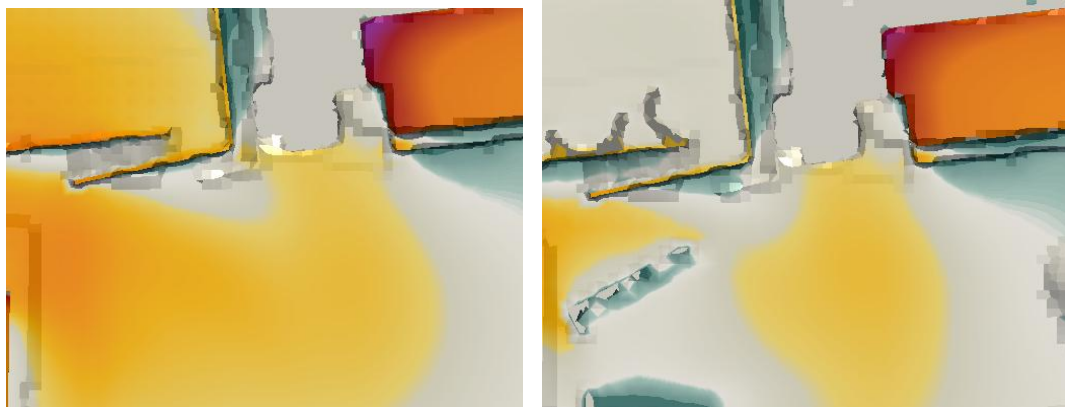
Figur 11 Eksempler på lægivende terræn mod nord. Simuleringerne er kun vejledende, da beregningerne er reduceret. 2-4 viser forskellige udformning af terrænet.

6.4 Åbning til gårdrum mod nord

Figur 12 viser åbning til gårdrum mod nord. Simuleringerne er kun vejledende, da beregningerne er reduceret.

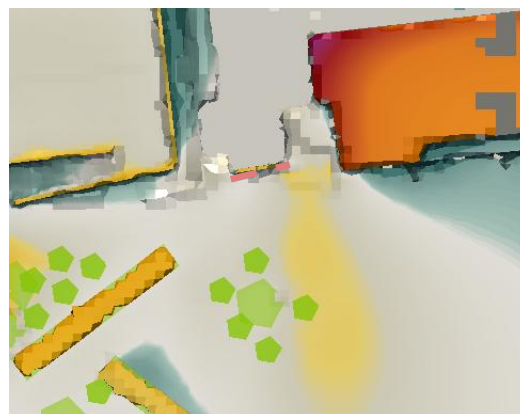
Vestenvinden bliver løftet af parkeringshuset og fanget af gavlen, desuden vil vinden søge mod de åbninger der er. Det giver øget vind ved indgangen til gårdrummet.

Man kan ved fordel lave en afskærmning og placerer træer for at reducerer den vind.



1) Uden terrænregulering ol.l.

2) placering af skure



3) placering af skærm og træer

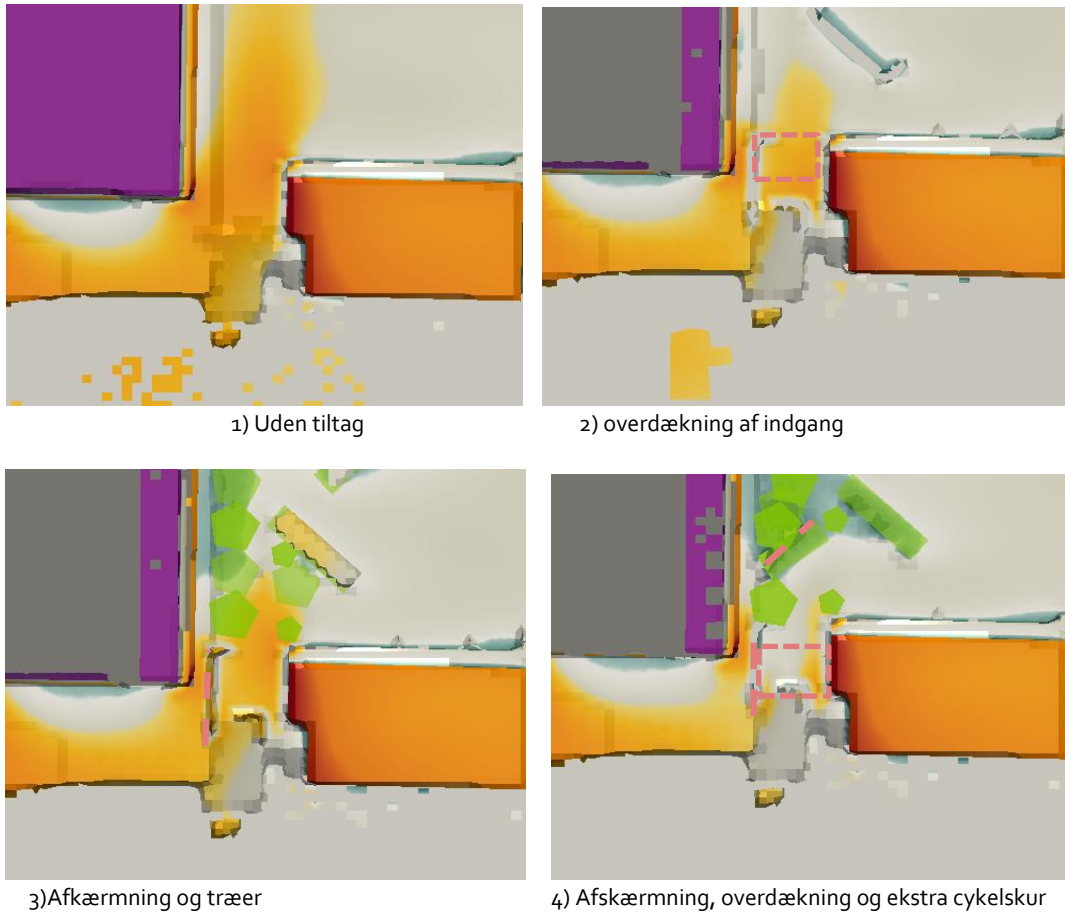
Figur 12 Eksempler på lægivende givende foranstaltninger mod nord. Simuleringerne er kun vejledende, da beregningerne er reduceret.

6.5 Indgang til gårdrum mod syd

Figur 13 viser åbning til gårdrum mod syd. Simuleringerne er kun vejledende, da beregningerne er reduceret.

Der er en del vind på hjørnet af højhuset. Det er et vilkår på grund af placeringen i forhold til højhuset. Placering af cykelskure og beplantning vil kunne reducere vind lidt, men der vil stadig være meget vind. Vinden kan reduceres ved den rette placering af et fast tag på et indgangsparti samt lodrette skærme. Den mest effektive placering af et tag vil være syd for højhusets hjørne og placeret helt op mod den modsatte gavl.

Et fritstående tag, som flugter med højhusets facade vil derimod ikke have nogen væsentlig effekt, derfor skal man være opmærksom på, hvor en eventuel overdækning placeres.

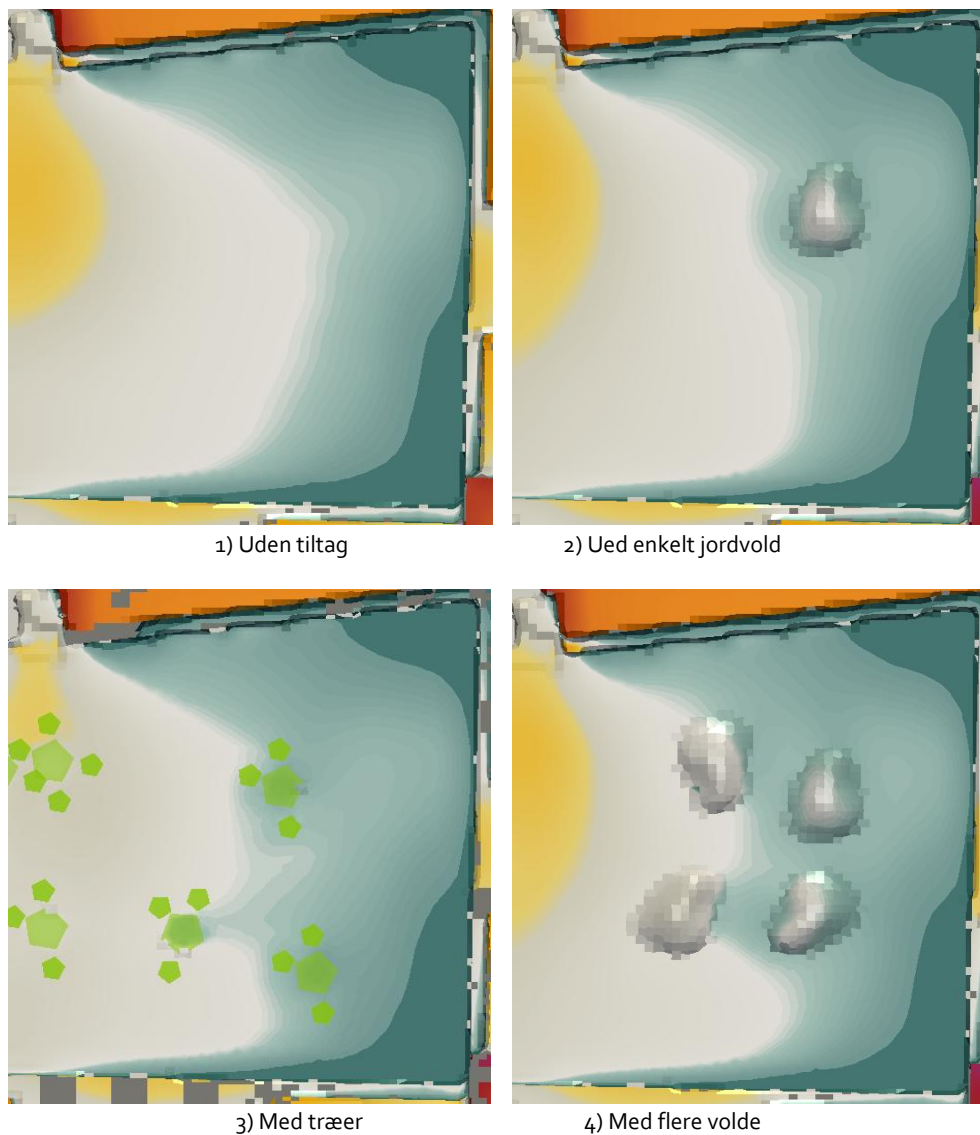


Figur 13 Eksempler på lægigende foranstaltninger ved indgang mod syd. Simuleringerne er kun vejledende, da beregningerne er reduceret.

6.6 Gårdrummet

Figur 14 viser eksempler på terrænregulering og beplantning i gårdrummet. Simuleringerne er kun vejledende, da beregningerne er reduceret.

Som det ses af figuren vil det være muligt at reducere vinden ved at arbejde med terrænregulering og placering af beplantning.



Figur 14 Eksempler på lægivende foranstaltninger i gårdrummet. Simuleringerne er kun vejledende, da beregningerne er reduceret.

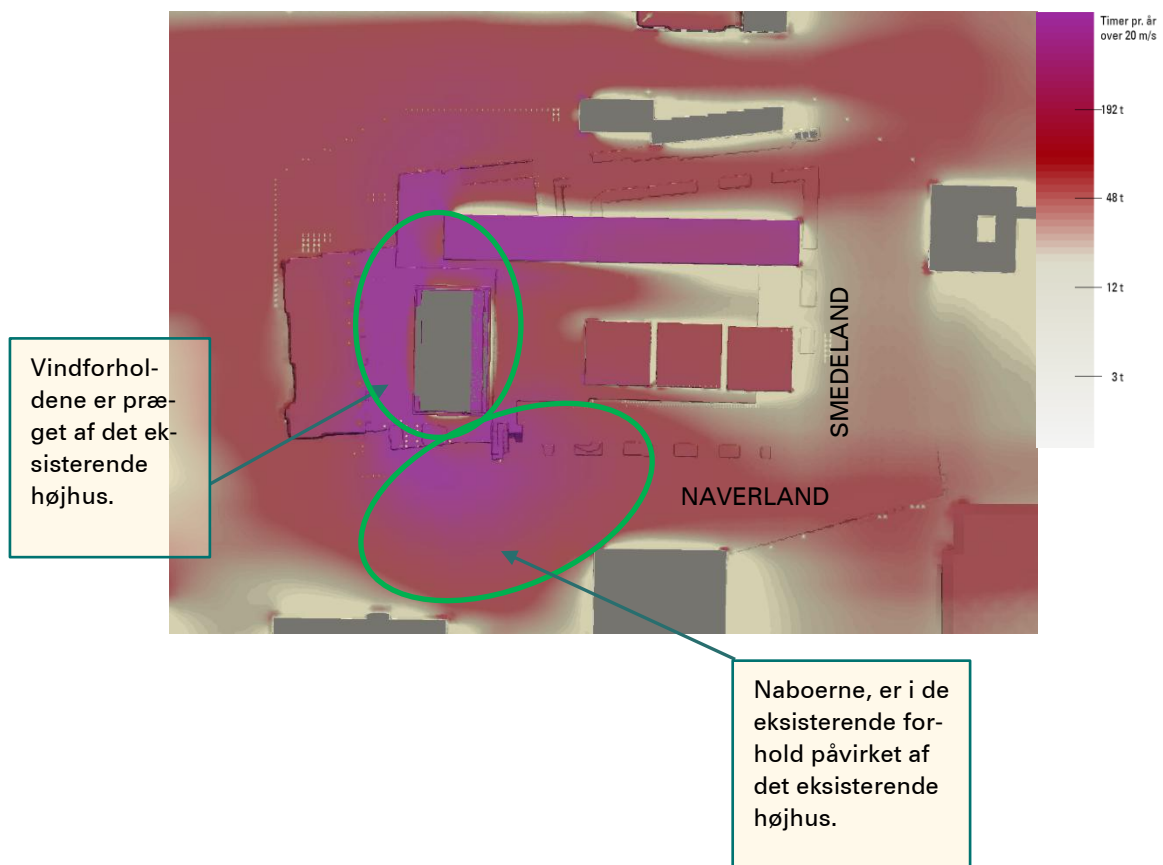
7. ANALYSE AF SIKKERHEDSNIVEAU

På nedenstående figurer vises en oversigt med en analyse af, om der er overskridelse af sikkerhedsniveauet for eksisterende og fremtidige forhold, se Figur 15 -Figur 17.

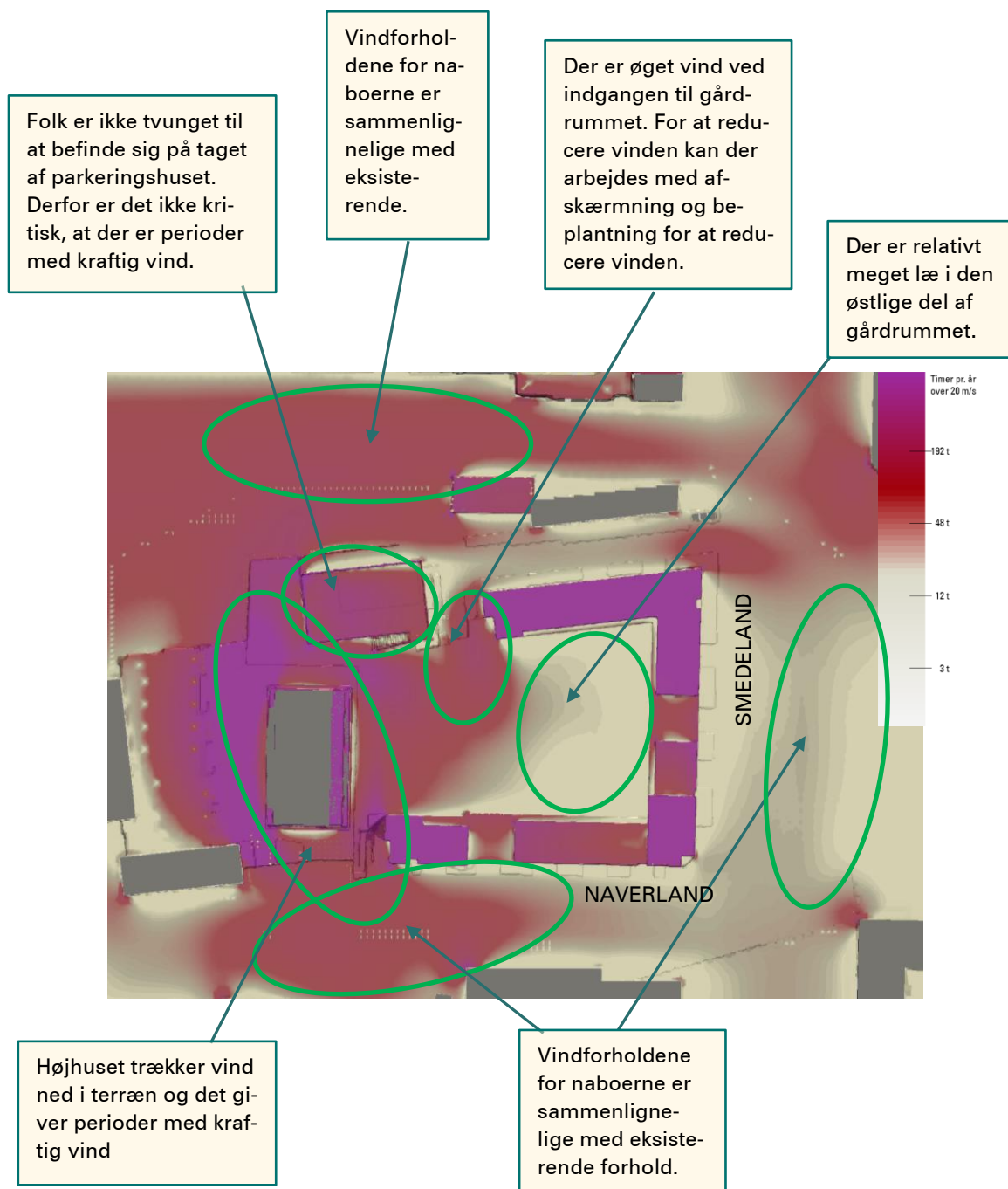
Hvis det lokalt blæser mere end 20 m/s, vil dårligt gående have svært ved at holde balancen. I områder, hvor der ikke er hovedtrafikåre for fodgængere, kan overskridelsen bedre accepteres.

Både i eksisterende og i de fremtidige forhold vil der være perioder med kraftig vind på grund af højhuset. I de fremtidige forhold vil vinden blive reduceret, men der vil stadig være områder med kraftig vind. Cykelskurene reducerer vinden væsentlig på centrale områder.

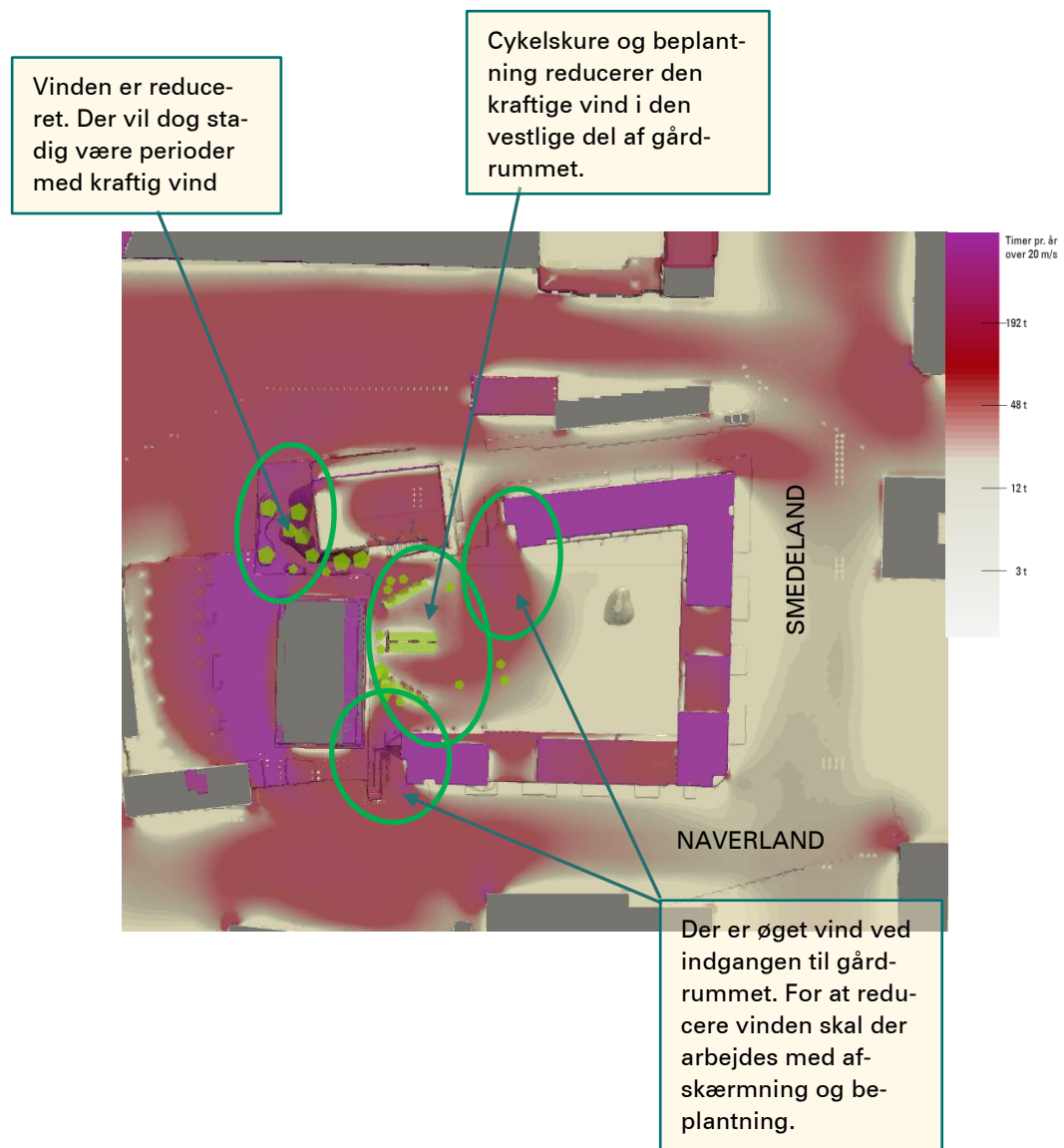
Det anbefales at der i den endelige udformning er fokus på adgangsveje.



Figur 15 Oversigt over sikkerhedsniveauet for eksisterende forhold (uden beplantning)



Figur 16 Oversigt over sikkerhedsniveauet for de fremtidige forhold (uden beplantning)

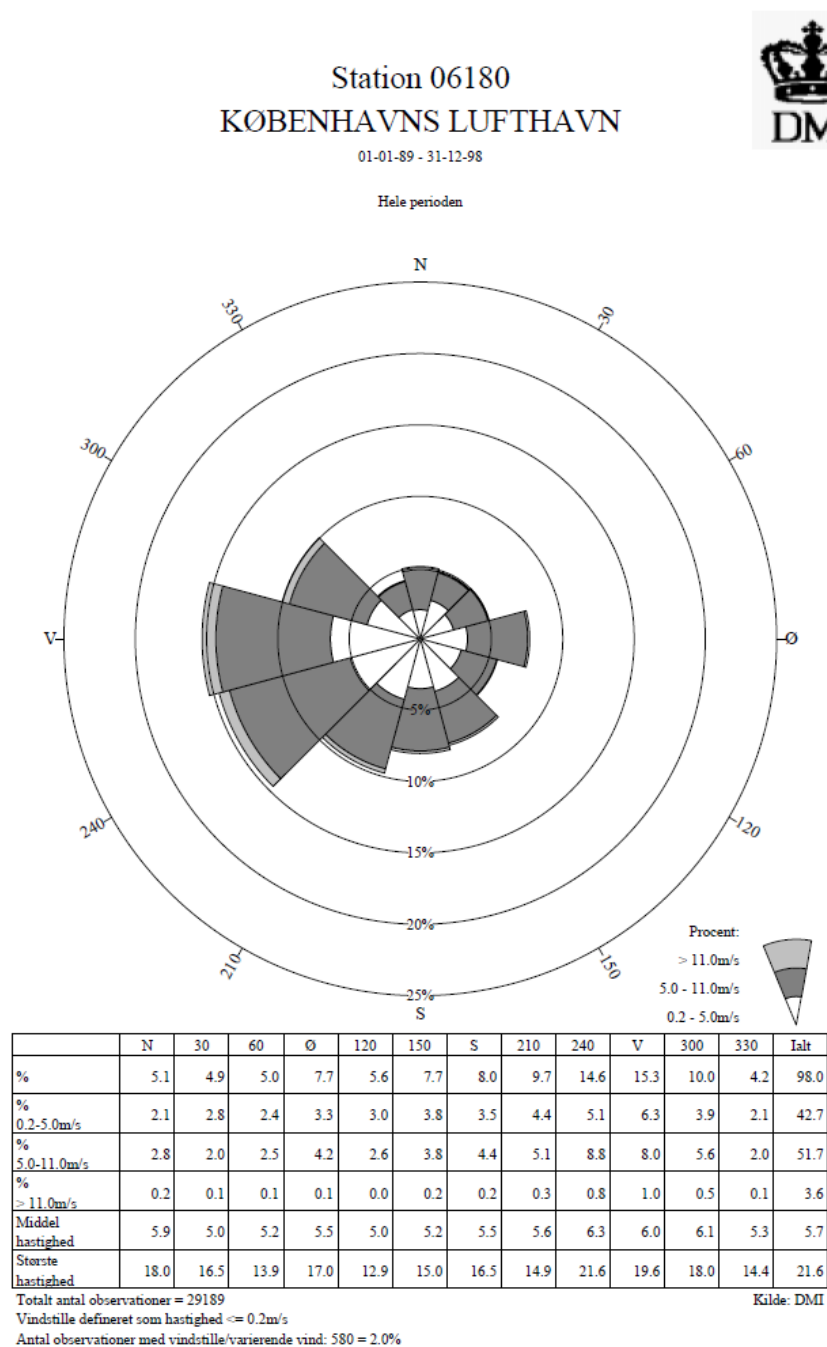


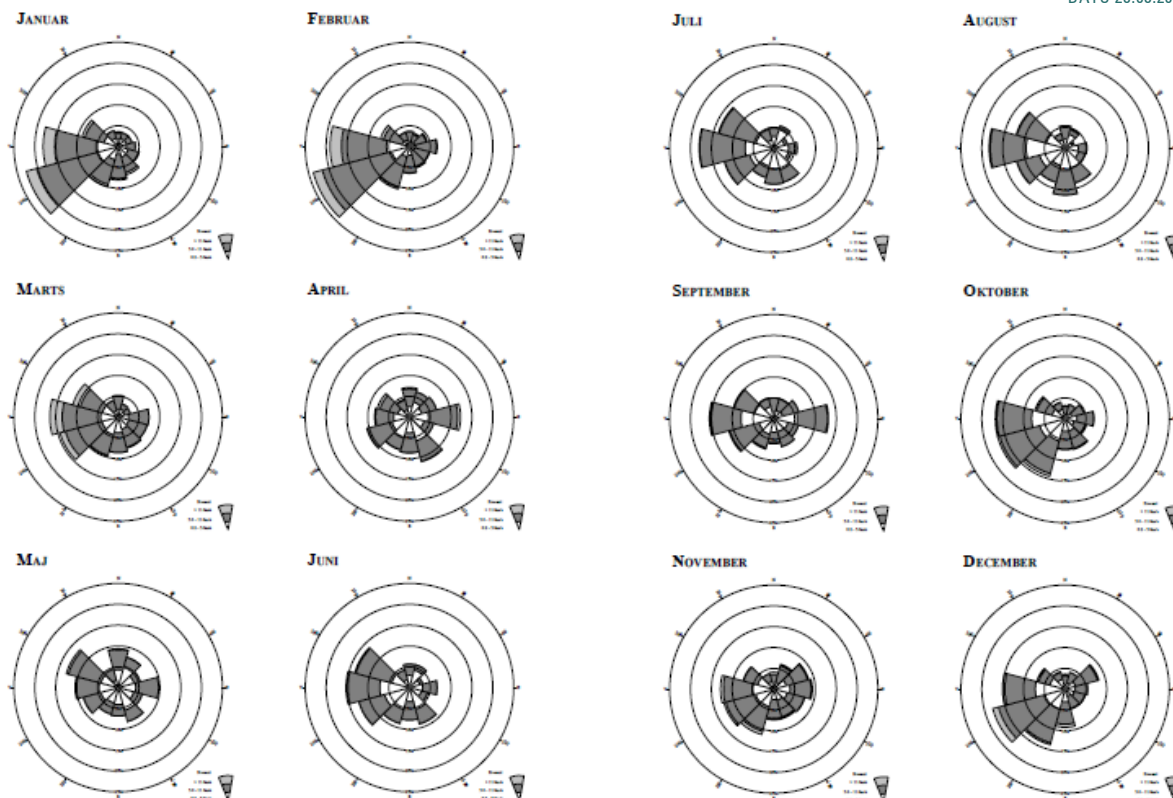
Figur 17 Oversigt over sikkerhedsniveauet for de fremtidige forhold (med beplantning)

BILAG 1 – VINDSTATISTIK

En af de nærmeste meteorologiske stationer er Københavns Lufthavn. Vindhastigheder og vindretninger er taget fra DMI's tekniske rapport "Observerede vindhastigheder og -retninger i Danmark – med klimanormaler 1961-90", Cappelen, J. og Jørgensen, B., Technical Report 99-13, Danish Meteorological Institute, 1999. Resultaterne af observationerne kan ses af Tabel 1.

Tabel 1 Vindhastigheder og vindretninger for Københavns lufthavn.





Vindhastigheder og frekvenser er baseret på observationer i perioden 1989-1998. De angivne vindhastigheder er "10 minutters middelvindhastigheden" observeret i 10 meters højde. Vindhastigheder og vindretninger varierer over året. I rapporten er årsgennemsnittet benyttet.

Input-data

Randbetingelserne for den numeriske beregning er den uforstyrrede strømning. Strømningsprofilen er givet ved:

$$U = \frac{U_*}{\kappa} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$$

Hvor U^* [m/s] er friktionshastigheden, κ [-] er von Karmans tal, z [m] er højden, og z_0 [m] er ruhedslængden. z_0 er sat til 0,5 m, svarende til bymiljø, hvilket i denne sammenhæng giver en konservativ beregning.

Ruhedslængder på overflader er undersøgt for 0,2 m og 0,02 m. Overfladernes ruhedslængde har ikke stor betydning for beregningerne.

Kriterier for komfort og sikkerhed

Komfort og sikkerhed er meget subjektive følelser, derfor vil ethvert forsøg på at opsætte kriterier være forbundet med en vis usikkerhed. Som udgangspunkt vil resultaterne blive vurderet i forhold til et komfortkriterium, som er blevet opsat af Bottema, A., "Method for optimisation of wind discomfort criteria", Building and Environment, 35, 2000.

Komfort: $U + \sigma_u > 6m/s$

Hvor σ_u er spredningen på hastigheden (turbulens). Til at bestemme turbulent kinetisk energi, k . Den anvendte turbulent er den lokale turbulent. Den globale turbulent er indarbejdet i det indkomne vindprofil.

Turbulenz: $k = \frac{1}{2} \overline{u_i' u_i'}$ $\rightarrow \sigma_u = 2\sqrt{k}$

Hvor u' er den fluktuerende del af strømningshastigheden.

Overskridelsesfrekvensen vurderes i anvisninger i SBI 128, oprindeligt udarbejdet af A. Davenport. Figuren herunder viser de forskellige kategorier i forhold til, hvor stor en procentdel af tiden komfortkriteriet på 6 m/s er overskredet. Hvis det fx blæser mere end 6 m/s i 6 % af tiden, så vil en gennemsnitsperson føle det behageligt for ophold i kortere tid, men personen vil ikke føle det behageligt ved længerevarende ophold.

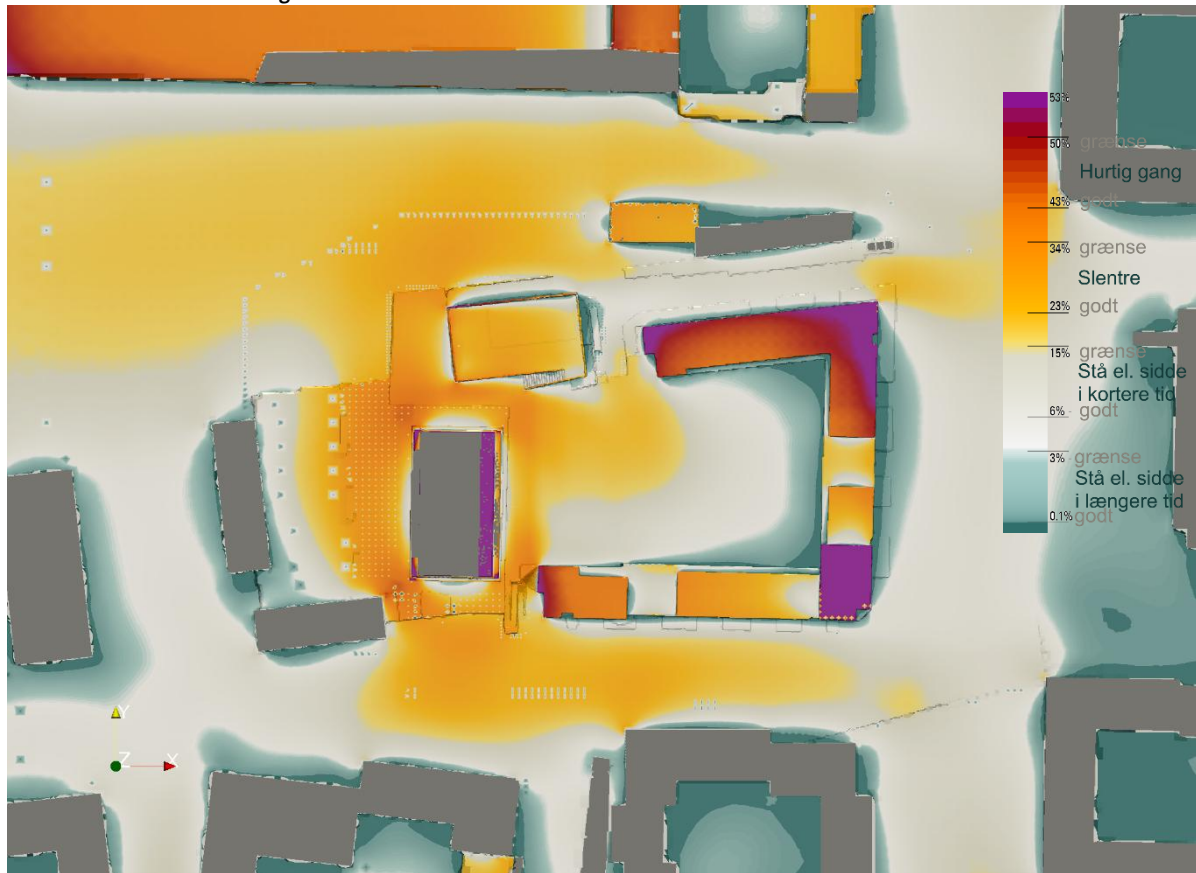
Aktivitet	Område	Karakteristik af vindmiljø		
		Acceptabelt	Ubehageligt	Meget ubehageligt til farligt
Hurtig gang	Fortov, stier	43%	50%	53%
Slentre	Parker, butiksgader	23%	34%	53%
Stå eller sidde i kort tid	Parker, pladser	6%	15%	53%
Stå eller sidde i længere tid	Udendørs restauranter, fri-luftsteater	0,1%	3%	53%

Figur 18 A. Davenports komforttabel

Et område kan godt overordnet være komfortabelt, selv om komfortkriteriet er overskredet i perioder, fx hvis det ligger ud til vand, hvor man forventer, at det blæser. Det skal vurderes for de enkelte områder, hvor længe komfort- og sikkerhedskriterierne kan overskrides, hvor det stadig kan være acceptabelt.

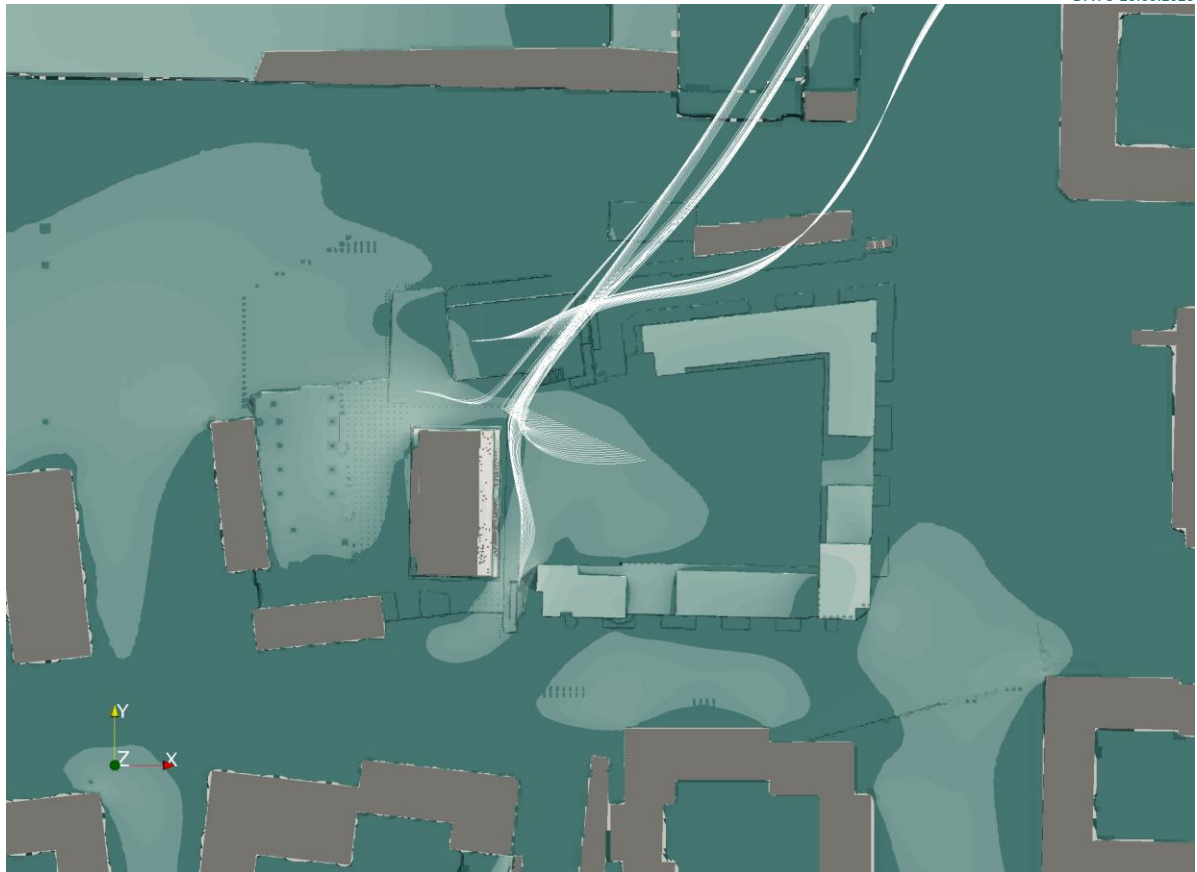
BILAG 2 – OVERSIGTSKORT

Vindforhold for fremtidigt område uden træer.

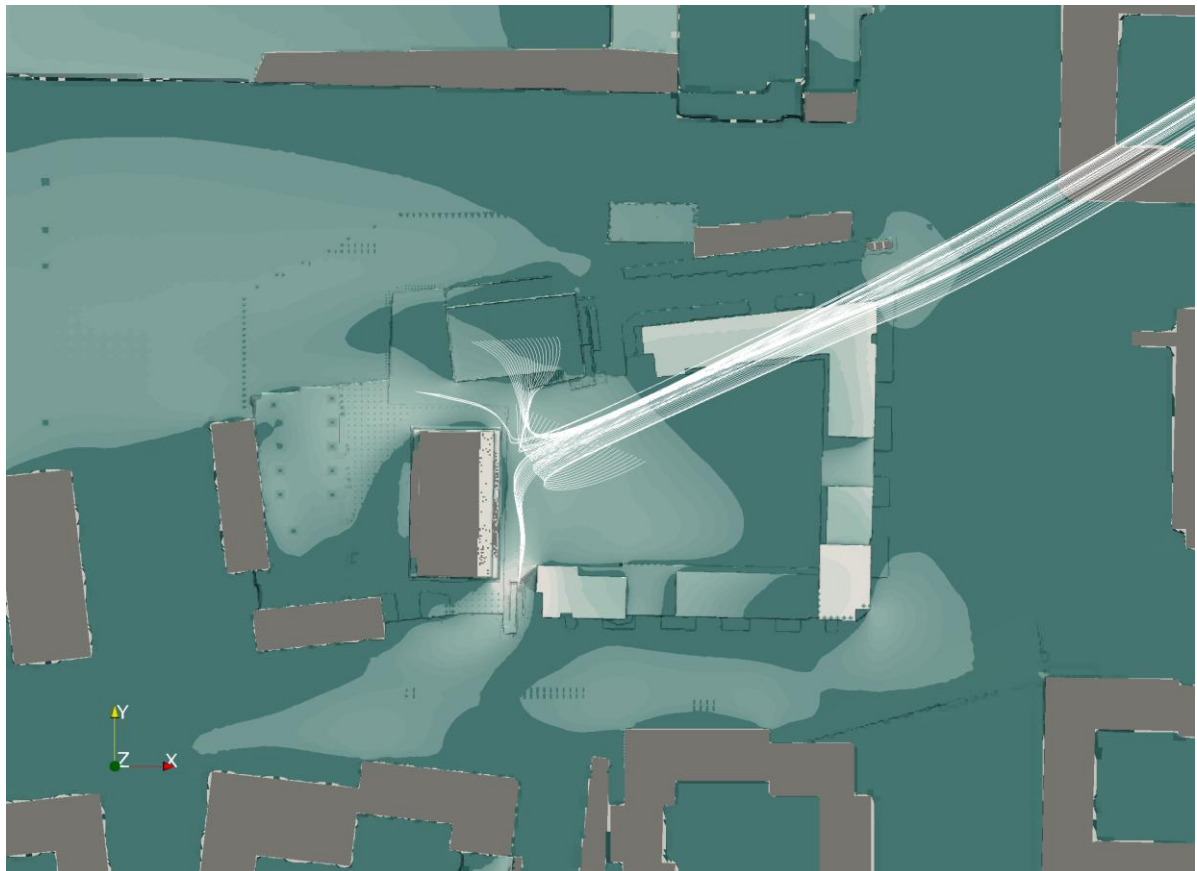


Total

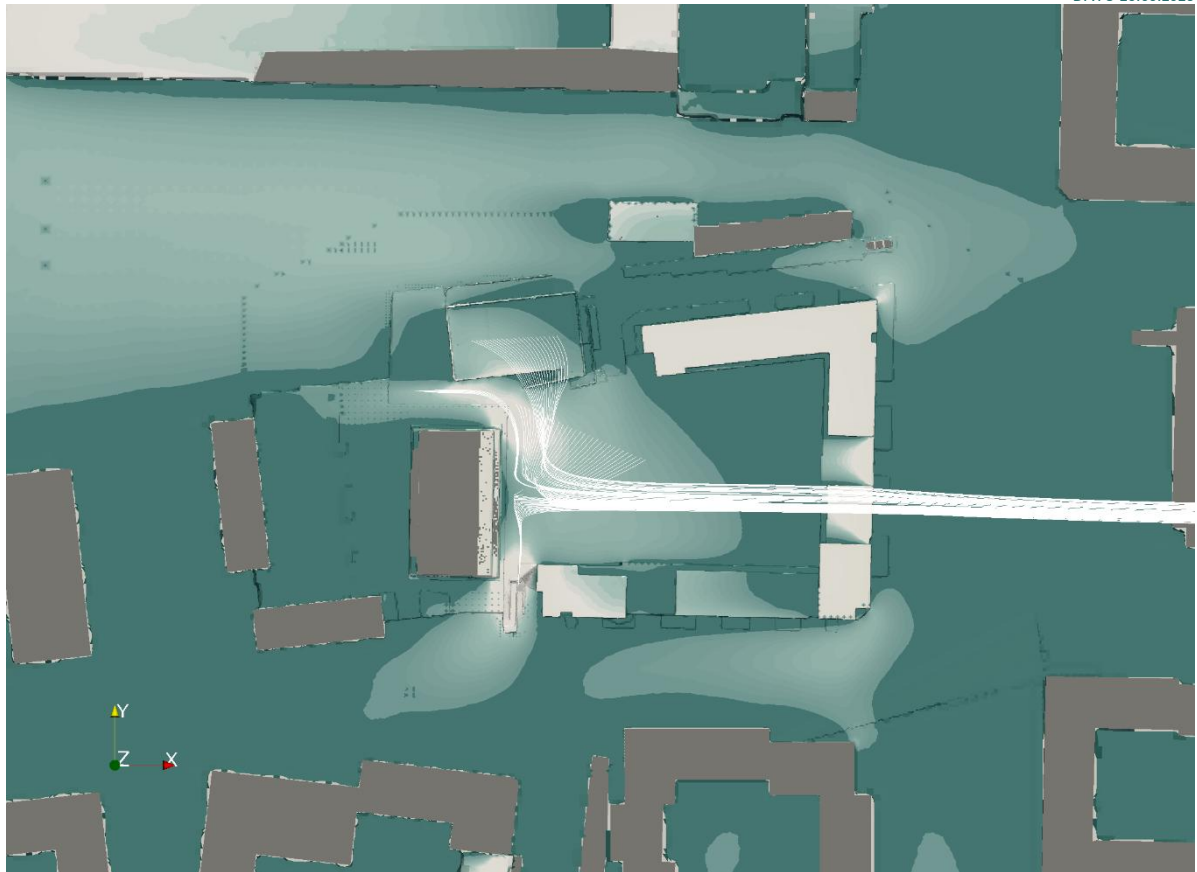
Baggrundsmateriale for oversigten "Total", som viser de enkelte vindretningers bidrag til den samlede oversigt. Efterfølgende er vist bidraget for de enkelte vindretninger.



30°



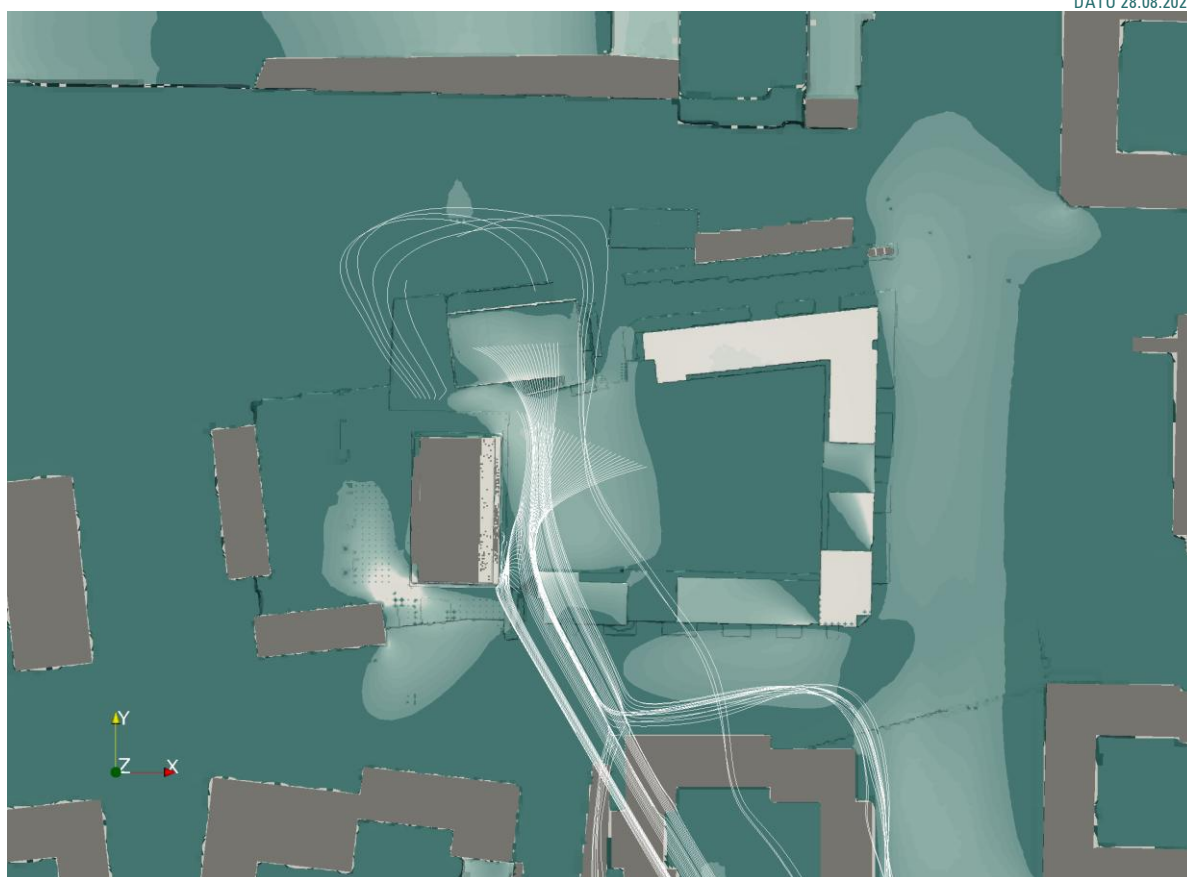
60°



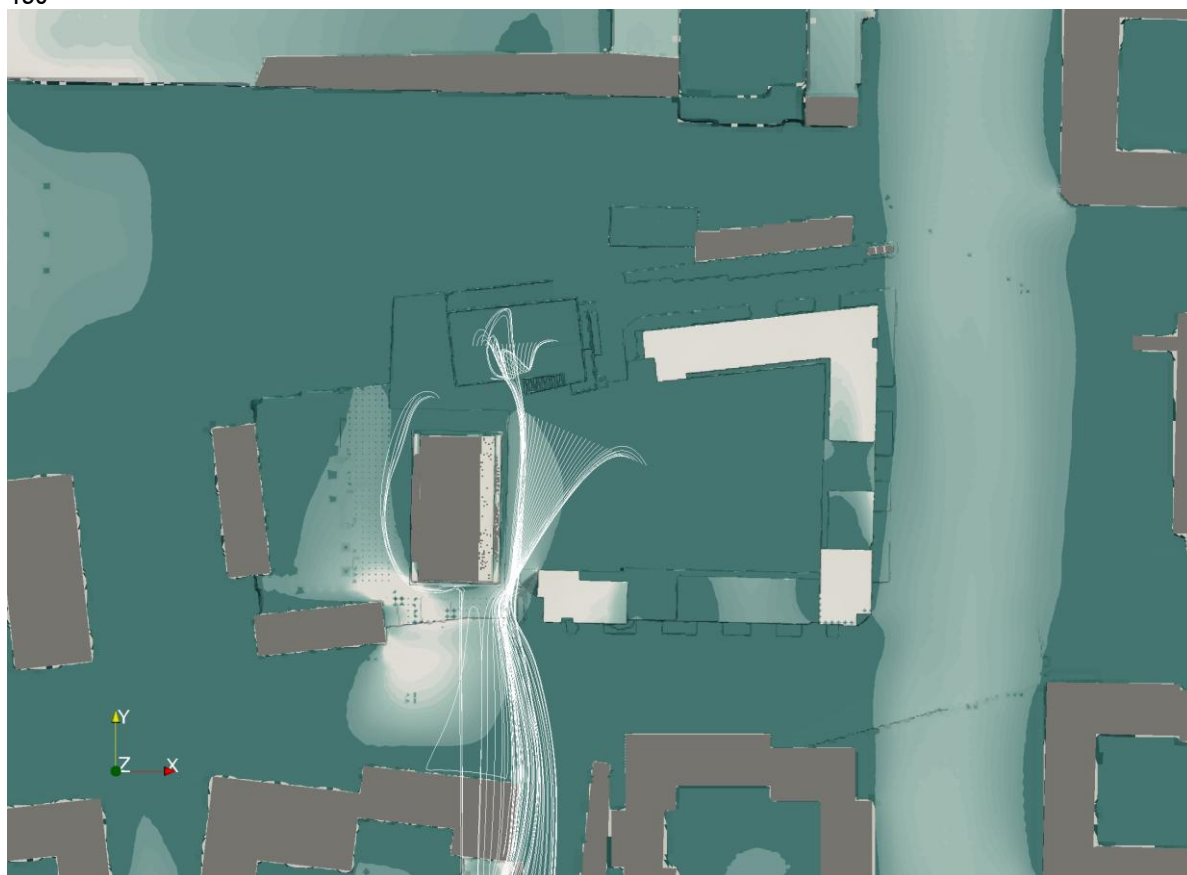
90°



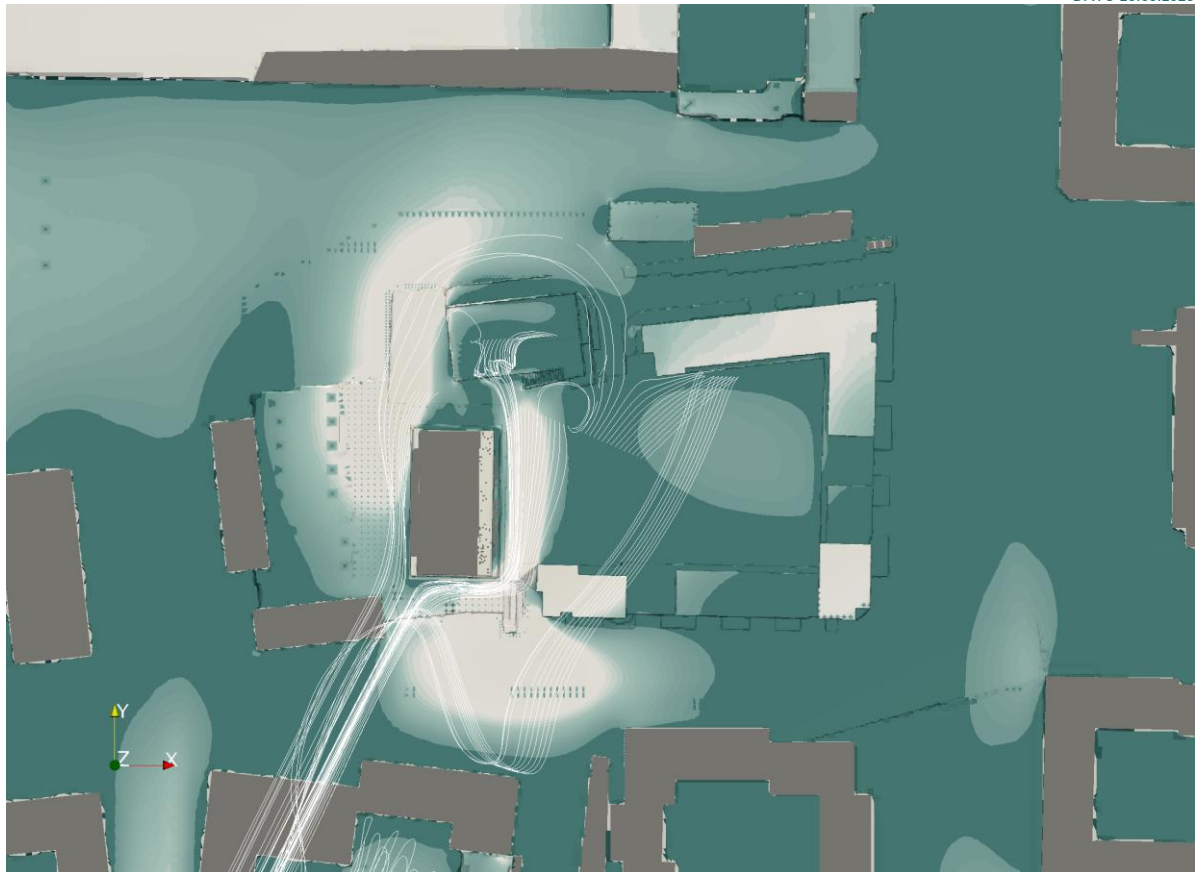
120°



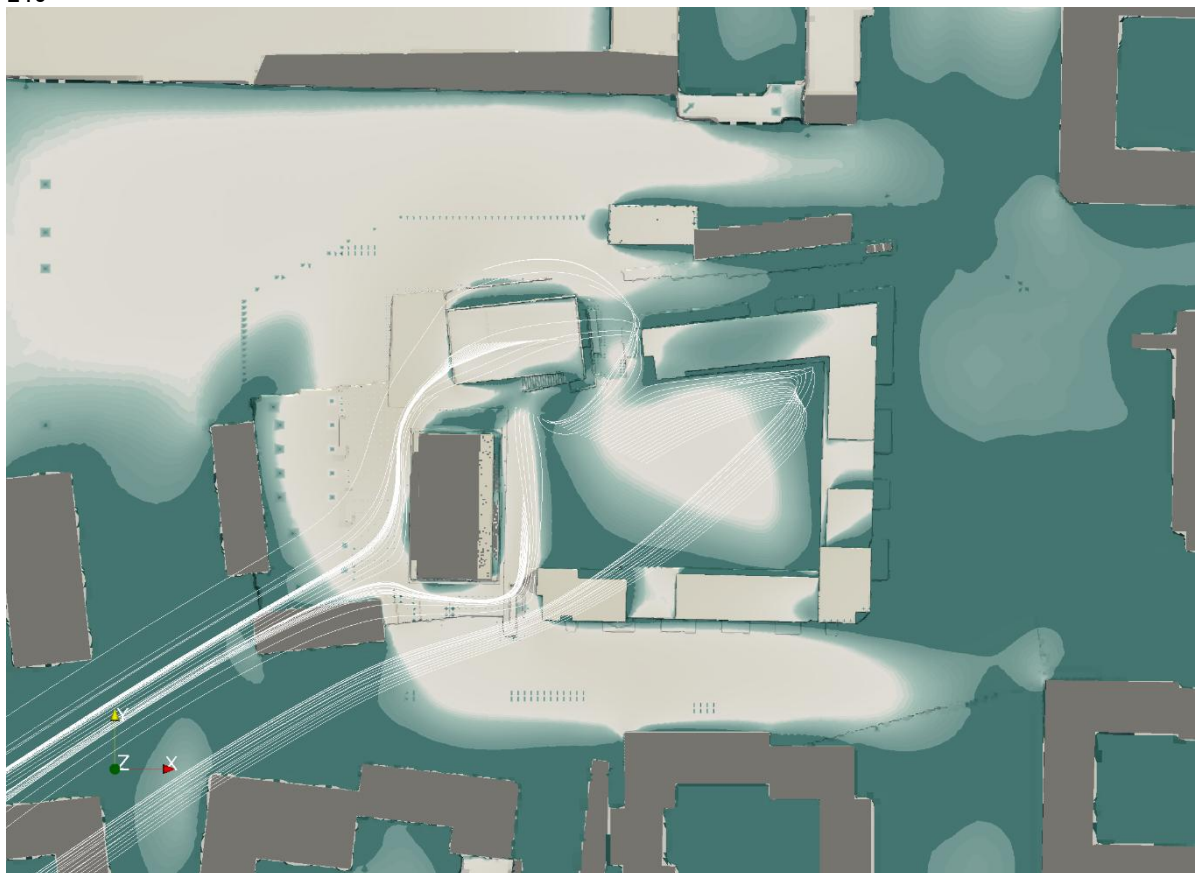
150°



180°



210°



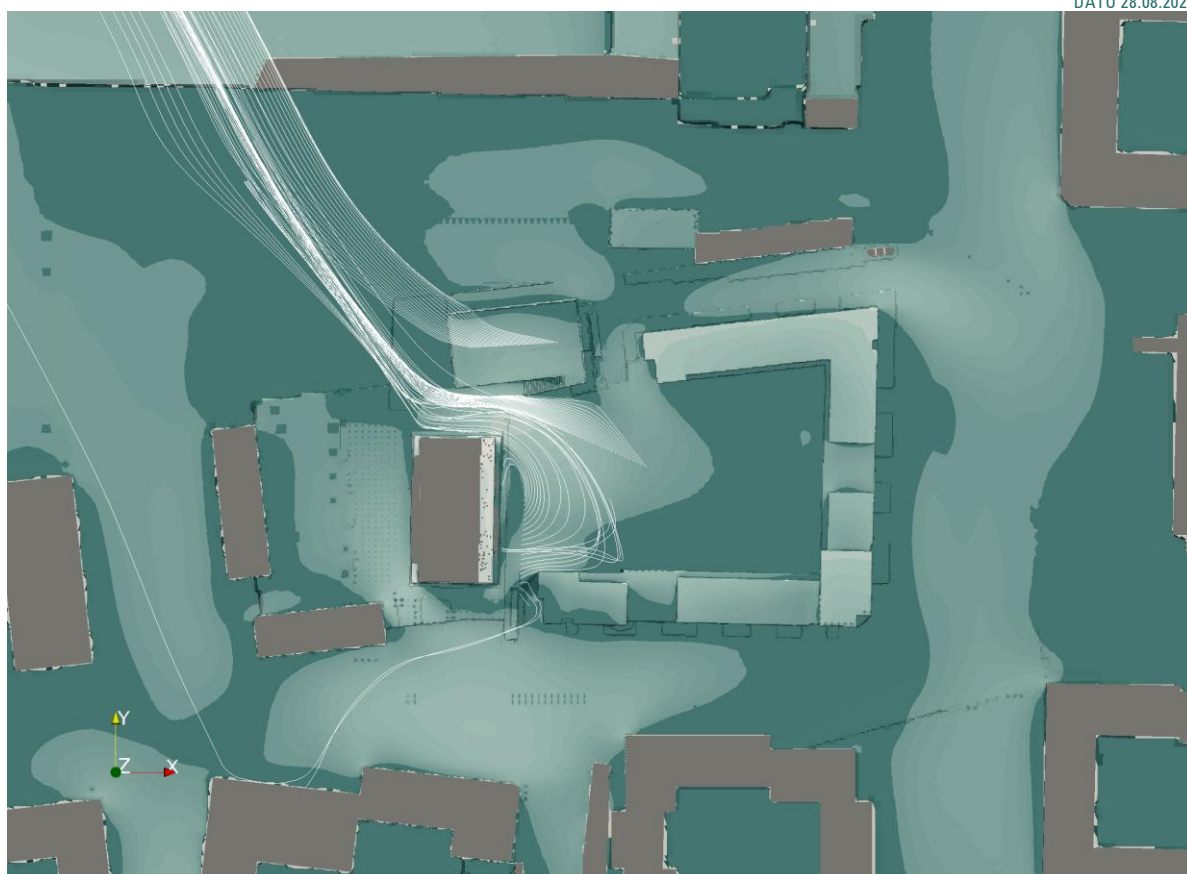
240°



270°



300°



330°



360