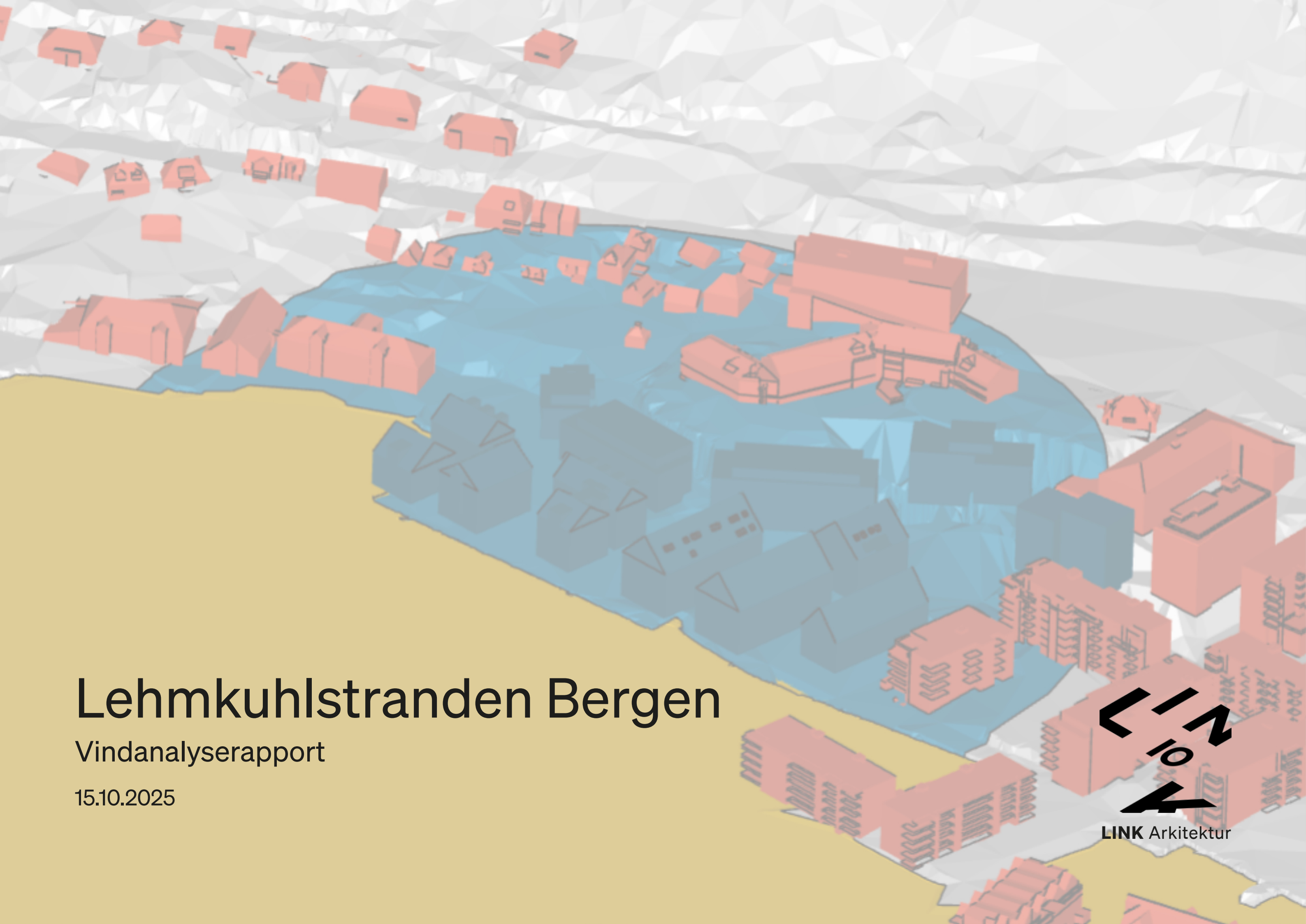




Lehmkuhlstranden Bergen

Vindanalyserapport

15.10.2025



LINK Arkitektur

Prosjektdata

Kunde: Gjelsten Bolig
PL/ Konsulent for kunden: LINK Arkitektur, ABO, KIME
Rapport påkrevd av: LINK Arkitektur, LINK IO

Prosjektleder LINK: Elin Heimark
Spesialister LINK IO: Joel Lopez

Denne rapporten er utarbeidet av LINK Arkitektur internt eller på vegne av kunden. Kundens rettigheter til rapporten reguleres i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir en tredjepart tilgang til rapporten, har tredjeparten ingen andre eller større rettigheter enn det han kan avledes fra kunden. LINK Arkitektur har ingen ansvar hvis rapporten eller deler av den blir brukt til andre formål, på noen annen måte eller av andre enn det LINK Arkitektur har avtalt eller avtalt skriftlig. Deler av rapportens innhold er også beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, modifikasjon, bearbeiding eller annen bruk av rapporten kan ikke finne sted uten avtale med LINK Arkitektur eller noen annen opphavsrettsinnehaver.

| **LINK** Arkitektur

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse.....

3

Introduksjon

4

Oppgave

4

Avtale om rapportinnhold.....

4

Lokale forhold

5

Lokasjon.....

5

Vindstatistikk (Meteorologiske data)

6

Område, planlagt bygningsmasse og geometri

7

Sim 1 - Eksisterende situasjon: Kart over gangkomfort - Lawson Comfort - Toppvisning.....

8

Sim 2 - Ny situasjon: Kart over gangkomfort - Lawson Comfort - Toppvisning.....

9

Sim 1 - Eksisterende situasjon: Kart over gangkomfort - Lawson Comfort - Aksonometri.....

10

Sim 2 - Ny situasjon: Kart over gangkomfort - Lawson Comfort - Aksonometri.....

11

Sim 1 - Eksisterende situasjon: Analyse av dominerende vindretning: 157.5°

12

Sim 2 - Ny situasjon: Analyse av dominerende vindretning: 157.5°

13

Sim 1 - Eksisterende situasjon: Analyse av dominerende vindretning: 337.5°

14

Sim 2 - Ny situasjon: Analyse av dominerende vindretning: 337.5°

15

Definisjoner

16

Computational Fluid Dynamics (CFD).....

16

CFD brukt til mikroklima-analyser

16

Hva er Pedestrian Wind Comfort?

16

Vindkomfort og sikkerhet.....

16

Vindkomfort Kriterier: Lawson and NEN 8100

17

Metode

18

Grensebetingelser.....

18

Simuleringsoppsett

18

Meshingprosessen.....

19

Vurdering av kriteriene for gående vindkomfort

20

Introduksjon

Oppgave

Det er gjennomført en kvantitativ vindanalyse av Lehmkuhlstranden prosjektet i Bergen. Resultatene er basert på 3D CFD-simuleringer av området.

Bygninger kan ha stor innvirkning på vindforholdene i utendørsområder. Store fasader kan "dra ned" vinden til gateplan og akselerere vindfeltet rundt bygningens hjørner. Interaksjoner mellom flere bygninger som ligger tett kan ha uventede effekter på vindstrømmen, og gater eller åpne passasjer gjennom bygninger kan fungere som "vindtunneler". Disse faktorene kan påvirke komforten og i noen tilfeller også sikkerheten i området.

Generelt avhenger vindforholdene rundt bygninger av bygningenes design, deres plassering i forhold til hverandre, terrenget og vindstatistikken i området, faktorer som alle er inkludert i CFD-analysen. Simuleringsresultatene brukes i en beregning av "lokal vindforsterkning" for alle vindretninger og en statistisk behandling av resultatene ved hjelp av lokale meteorologiske data.

Sluttproduktet av analysen er en undersøkelse av vindkomfort på bakkenivå rundt bygningene, i henhold til internasjonale standarder. Kartene for vindkomfort og sikkerhet tar hensyn til effekten av strømbildet rundt bygningene, samt hyppigheten av vindretning og styrke gjennom året.

Denne rapporten for Lehmkuhlstranden-prosjektet i Bergen er basert på årlige vinddata.

Avtale om rapportinnhold

Simulasjon 1: Eksisterende situasjon, og Simulasjon 2: Ny situasjon.

a. Inkluderte oppgaver:

Oppsett av initial modell, geometrimodellering, simulering, etterbehandling av resultater og generering av rapport.

b. Antall simuleringer: 2 (eksisterende, ny situasjon).

Oppsett for simuleringen:

- Vindretninger: 16
- Interesseområde radius: 200m
- Inkluderte resultater: Statistisk gjennomsnittsløsning
- Global nettresolusjon: Grov
- Minimal cellestørrelse: 0.78m

Eksisterende situasjon- framtidig tilstand per 21.08.2025
Ny situasjon- framtidig tilstand per 21.08.2025



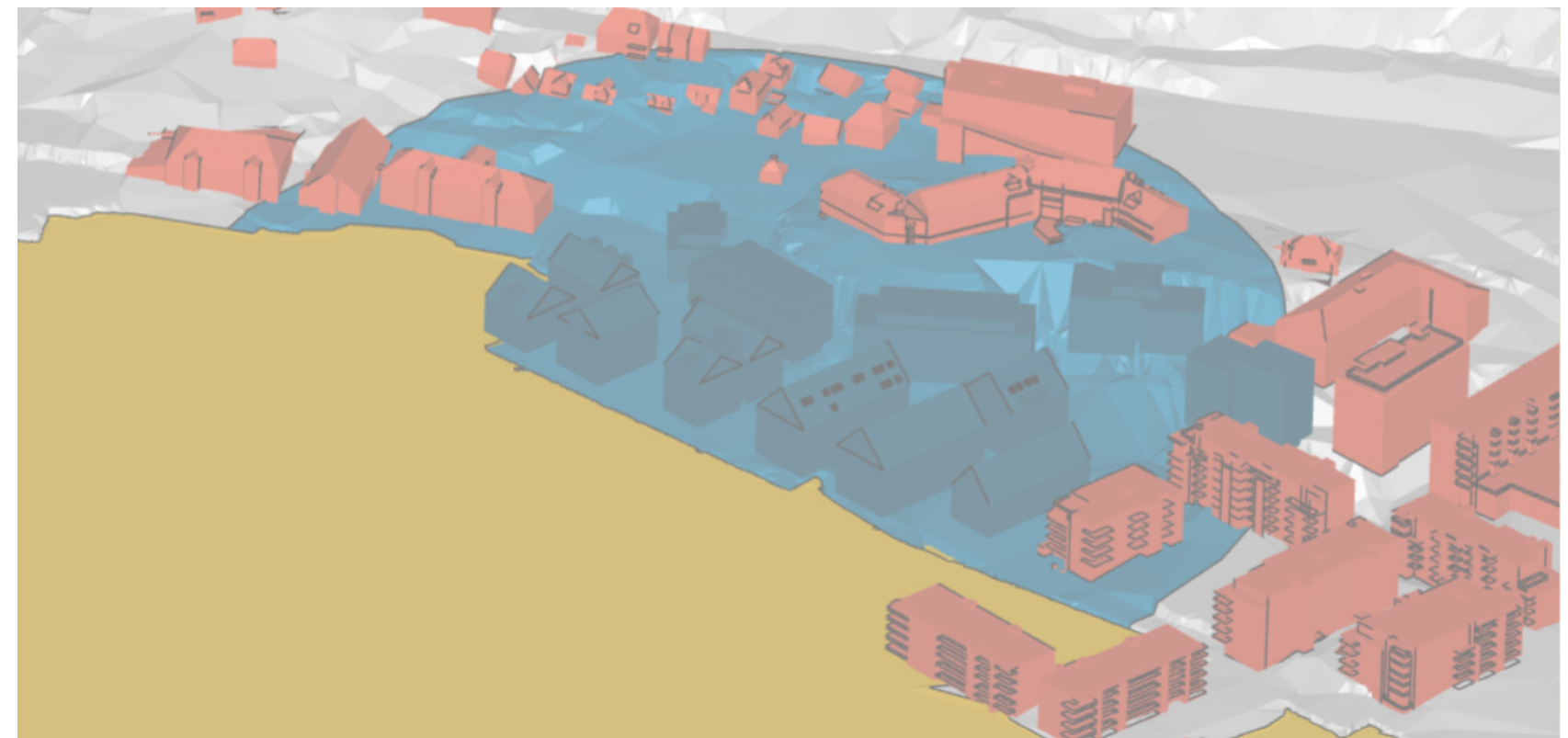
Lokale forhold

Lokasjon

Lehmkuhlstranden ligger 2,6 km. nord for Bergen sentrum, som vist på figuren øverst.

Landskapet rundt Lehmkuhlstranden er svært bratt langs kysten, fra havnivået i vest og opp mot øst. Bygningene i området er en kompleks kombinasjon av lave og mellomstore bygg i umiddelbar nærhet, og vegetasjon i ulik høyde og omfang. Det er også lave og mellomstore blokker utenfor planområdet.

Bildet nederst til høyre viser Lehmkuhlstranden-området i kombinasjon med de eksisterende omkringliggende bygningene og planlagte bygninger (Oppdatert per 21.08.2025).



Lokale forhold

Vindstatistikk (Meteorologiske data)

Vinddata fra Open-Meteo
Bergen, Vestland, Norge
Breddegrad: 60.414615 N
Lengdegrad: 5.318073 E

Generell informasjon om datakilden:

Vindstatistikken Open-Meteo er hentet fra ERA5-datasettet, en internasjonalt anerkjent kilde fra European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Dette datasettet kombinerer historiske data med avansert modellering for å sikre høy nøyaktighet. Med utgangspunkt i ERA5-datasettet har vi videre benyttet interpolasjonsteknikker for å oppnå enda mer lokaliserte og presise vindstatistikker.

Generell informasjon om vindrosen:

Vindrosene viser hyppigheten av regionale vindhastigheter og vindretninger for et gitt sted. Statistikken er basert på data målt i 10 meters høyde og gjenspeiler vindforholdene de siste fem årene.

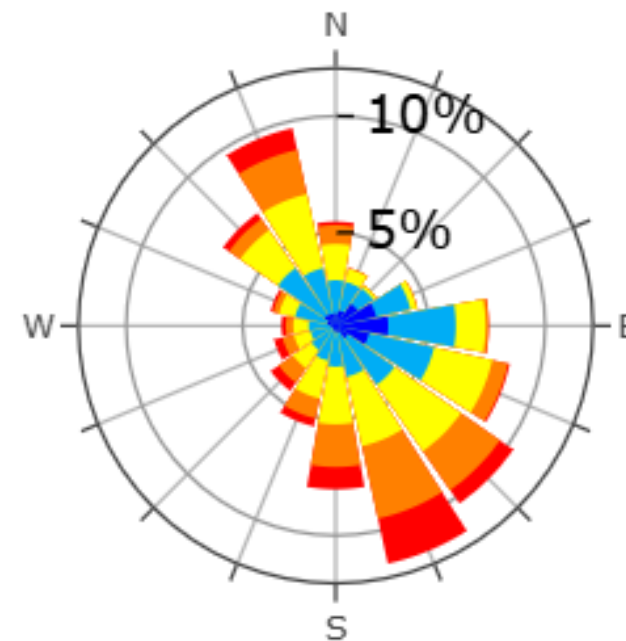
Hver sektor i sirkelen representerer en vindretning. Antallet sektorer tilsvarer antallet simulerte vindretninger (8, 16 eller 32), der de simulerte vindretningene ligger i midten av hver sektor. Fargene innenfor sektorene indikerer ulike hastighetsområder, og lengden på hver farget stolpe viser hvor ofte den aktuelle vindhastigheten forekommer fra den retningen.

Spesifikk informasjon om vindrosen i Bergen

Vindrosen for Bergen viser hvor mange timer per år vinden blåser fra den angitte retningen. I tilfelle årlige data er de dominerende retningene for Bergen: 135, 157.5° og 337.5°. Årlige data for vindhastighet (m/s) per måned og per retning kommer fra Open-Meteos datasett med meteorologiske data for Bergen, Norge.

Vindrose (16 retninger)

Årlige data



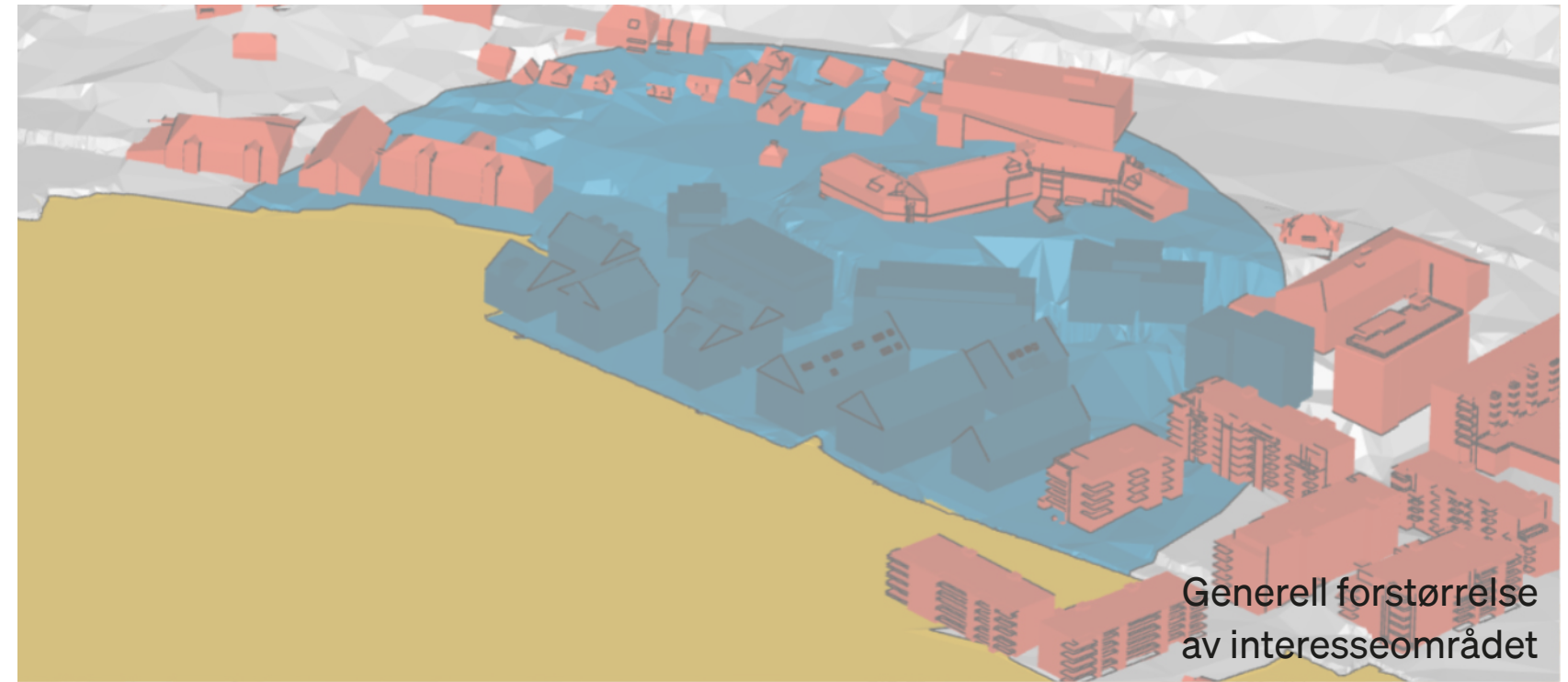
Lokale forhold

Område, planlagt bygningsmasse og geometri

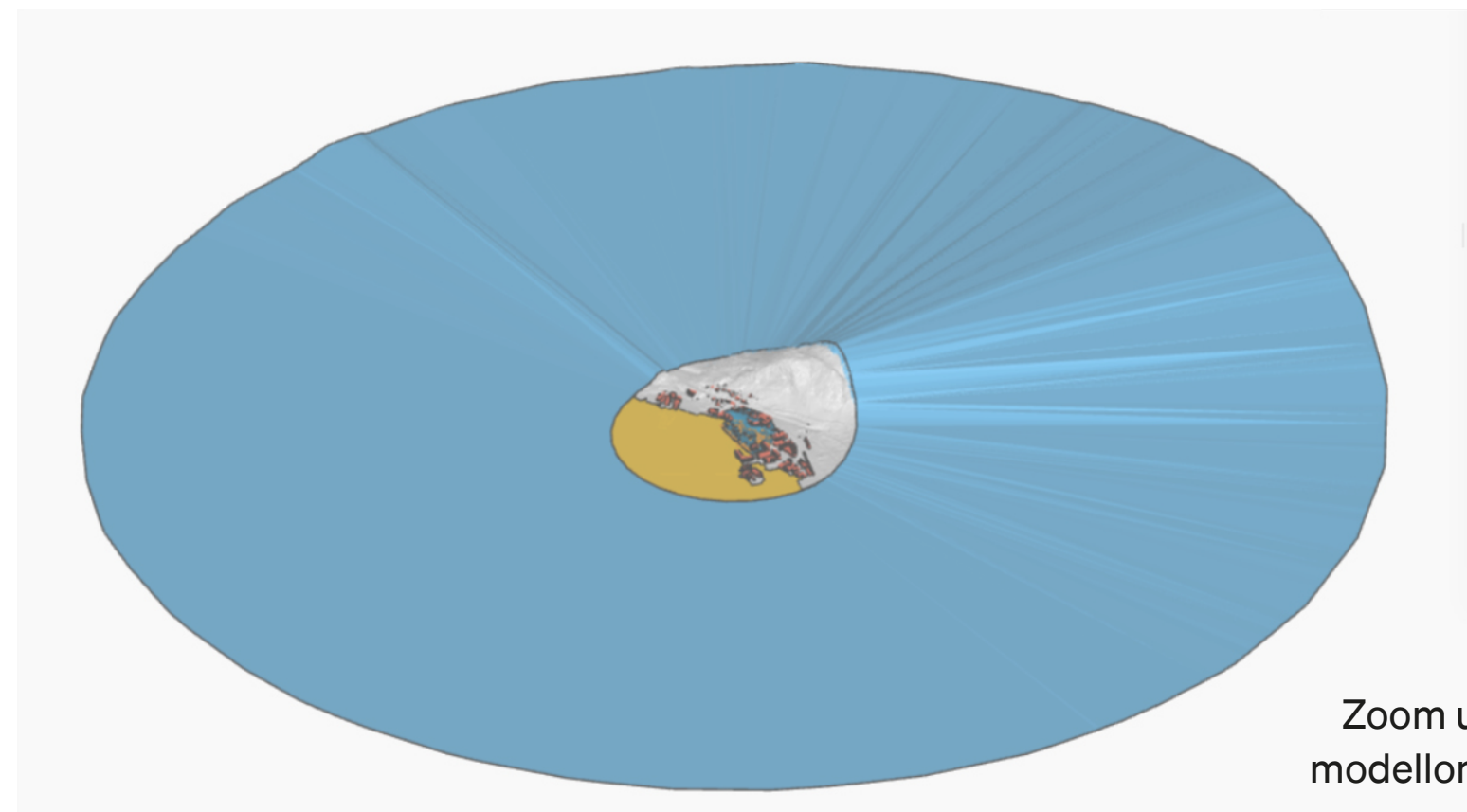
Landskapet rundt Lehmkuhlstranden er svært bratt langs kysten, fra havnivået i vest og opp mot øst som nevnt tidligere. De blå bygningene er en del av prosjektet og dets umiddelbare omgivelser, de oransje bygningene er øvrig bebyggelse i området, og den grå og blå overflaten representerer landskapet, og den gule representerer vannet.

For simuleringen er interesseområdet 200 meter, der detaljert modellering av terreng og bygninger ble utført. En ytterligere radius på 600 meter ble brukt for å inkludere bygninger i området.

Det modellerte terrenget må utvides i alle retninger rundt det planlagte området for å sikre riktig vindstrøm i henhold til omkringliggende topografi innen simuleringen, den høyeste bygningen eller høyeste toppen, og en korrekt dimensjonert vindtunnel. I dette tilfellet var total diameter for det simulerte området ca. 5,0 km. Volumene som er inkludert i analysen, tar hensyn til prosjektkilder, byreguleringer og planlagt utvikling per 21.08.2025.



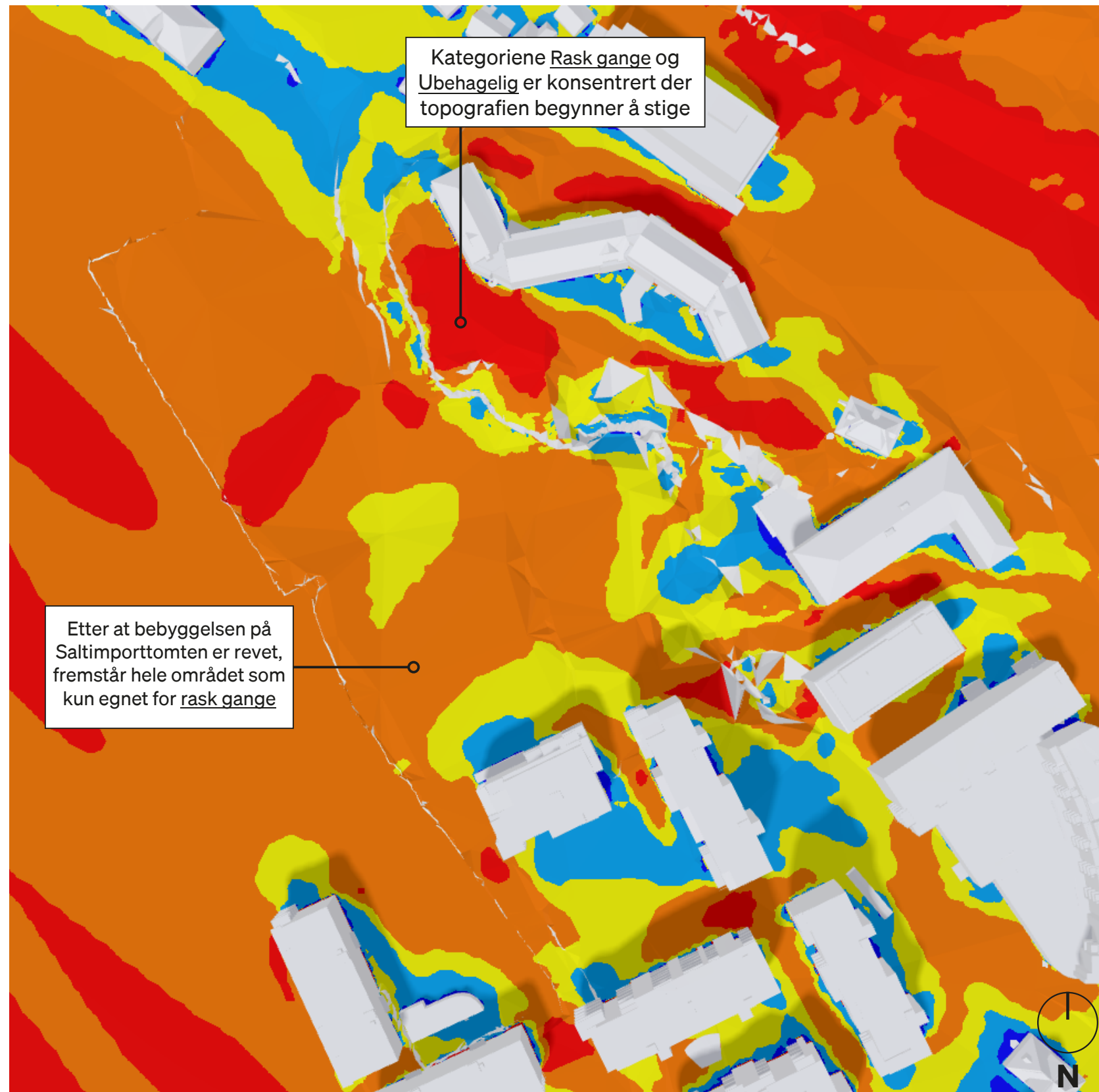
Generell forstørrelse
av interesseområdet



Zoom ut, hele
modellområdet

Sim 1 - Eksisterende situasjon: Kart over gangkomfort - Lawson Comfort - Toppvisning

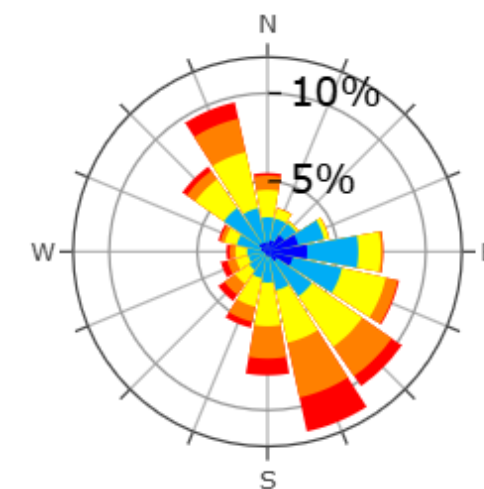
Årlig komfort i interesseområdet (200 meters radius) 1,5 meter over bakkenivå



Konklusjon

Den eksisterende situasjonen kjennetegnes av store åpne flater med få elementer som kan redusere vindhastigheten på fotgjengernivå. Etter at bebyggelsen på Saltimporttomten er revet, fremstår hele området som et åpent felt uten noe som skjermer mot vind fra nord eller vest. I den eksisterende situasjonen er det meste av området kun egnet for rask gange, med enkelte soner som vurderes som ubehagelige.

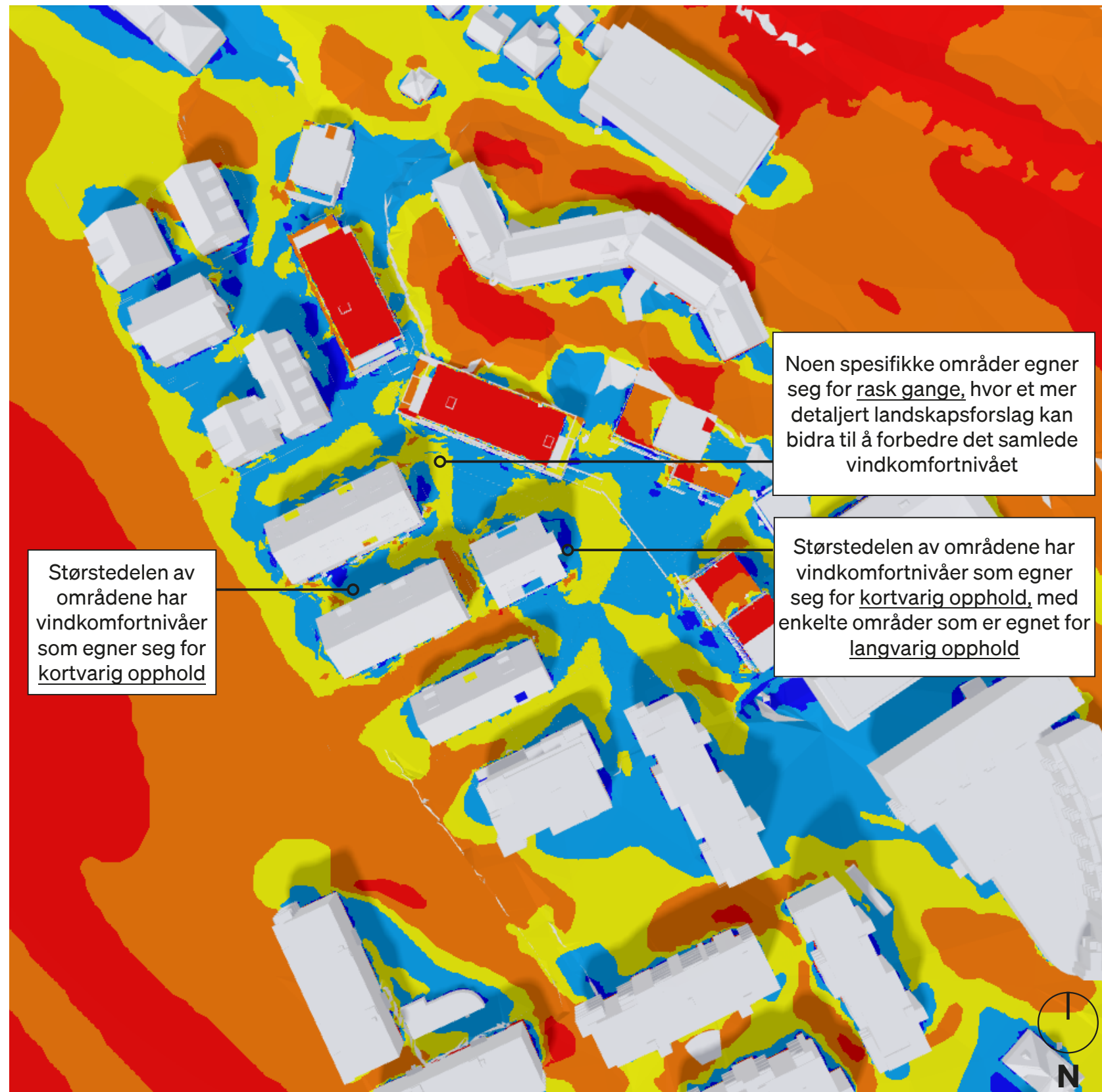
Denne situasjonen er spesielt tydelig i området der det er stigninger i terrenget.



A. Long-term sitting	≤ 1.8 m/s	■
B. Standing	≤ 3.6 m/s	■
C. Strolling	≤ 5.3 m/s	■
D. Brisk walking	≤ 7.6 m/s	■
E. Uncomfortable	> 7.6 m/s	■

Sim 2 - Ny situasjon: Kart over gangkomfort - Lawson Comfort - Toppvisning

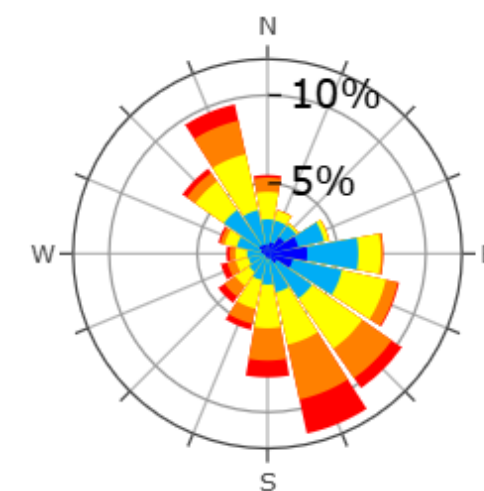
Årlig komfort i interesseområdet (200 meters radius) 1,5 meter over bakkenivå



Konklusjon

Den nye situasjonen forbedrer den generelle vindkomforten i området betydelig sammenlignet med dagens situasjon. De foreslåtte bygningsvolumene skjærer fotgjernernivået og skaper mindre lommer med lavere vindhastigheter.

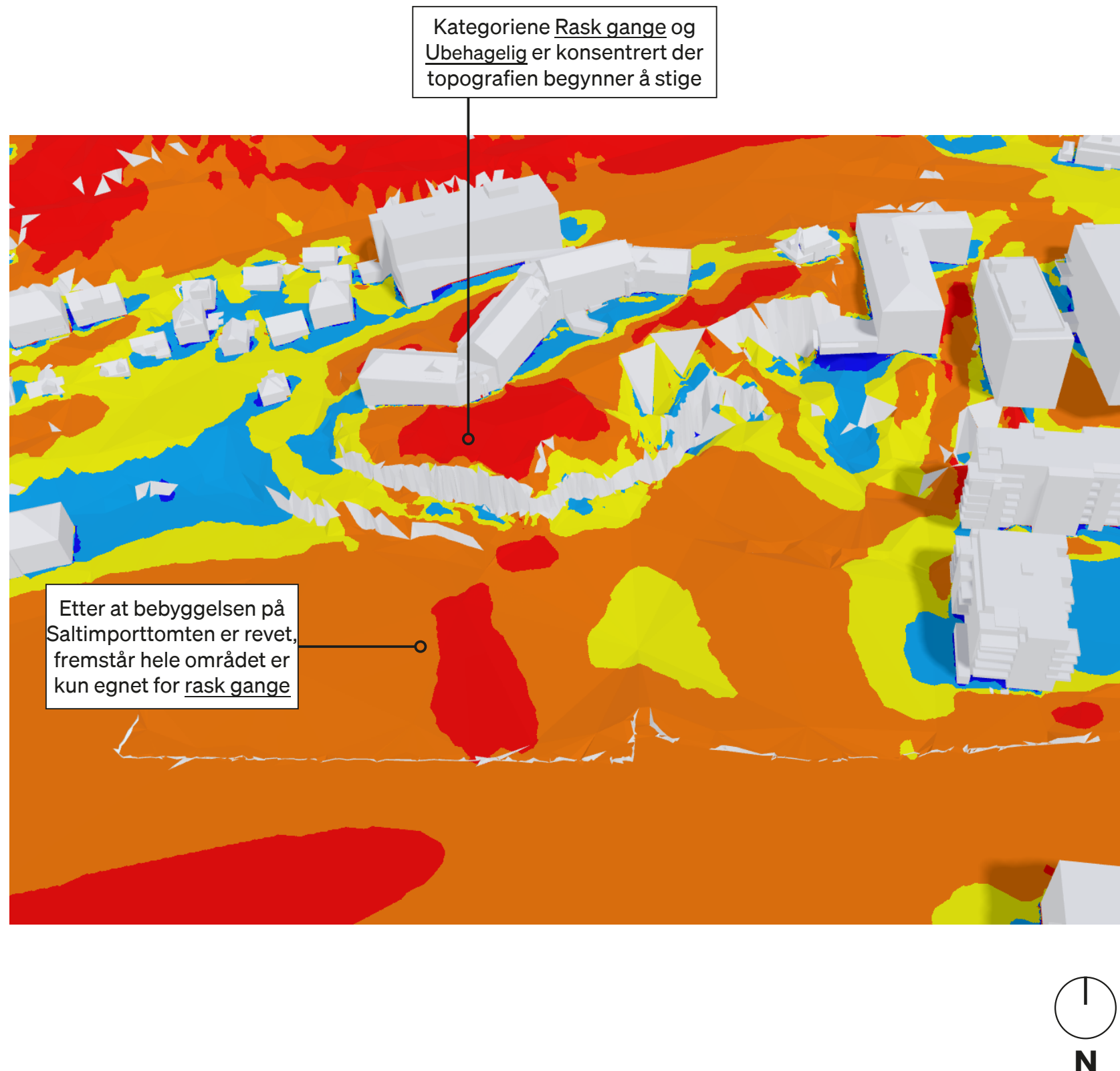
Som resultat er størstedelen av området egnet for kortvarig opphold, med enkelte soner som er egnet for langvarig opphold. Det finnes også spesifikke områder som kun egner seg for rask gange, hvor et mer detaljert landskapsforslag kan bidra til å forbedre det samlede vindkomfortnivået.



A. Long-term sitting	≤ 1.8 m/s	■
B. Standing	≤ 3.6 m/s	■
C. Strolling	≤ 5.3 m/s	■
D. Brisk walking	≤ 7.6 m/s	■
E. Uncomfortable	> 7.6 m/s	■

Sim 1 - Eksisterende situasjon: Kart over gangkomfort - Lawson Comfort - Aksenometri

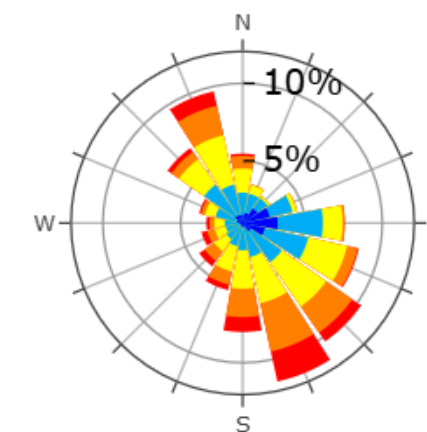
Årlig komfort i interesseområdet (200 meters radius) 1,5 meter over bakkenivå



Konklusjon

Den eksisterende situasjonen kjennetegnes av store åpne flater med få elementer som kan redusere vindhastigheten på fotgjengernivå. Etter at bebyggelsen på Saltimporttomten er revet, fremstår hele området som et åpent felt uten noe som skjermer mot vind fra nord eller vest. I den eksisterende situasjonen er det meste av området kun egnet for rask gange, med enkelte soner som vurderes som ubehagelige.

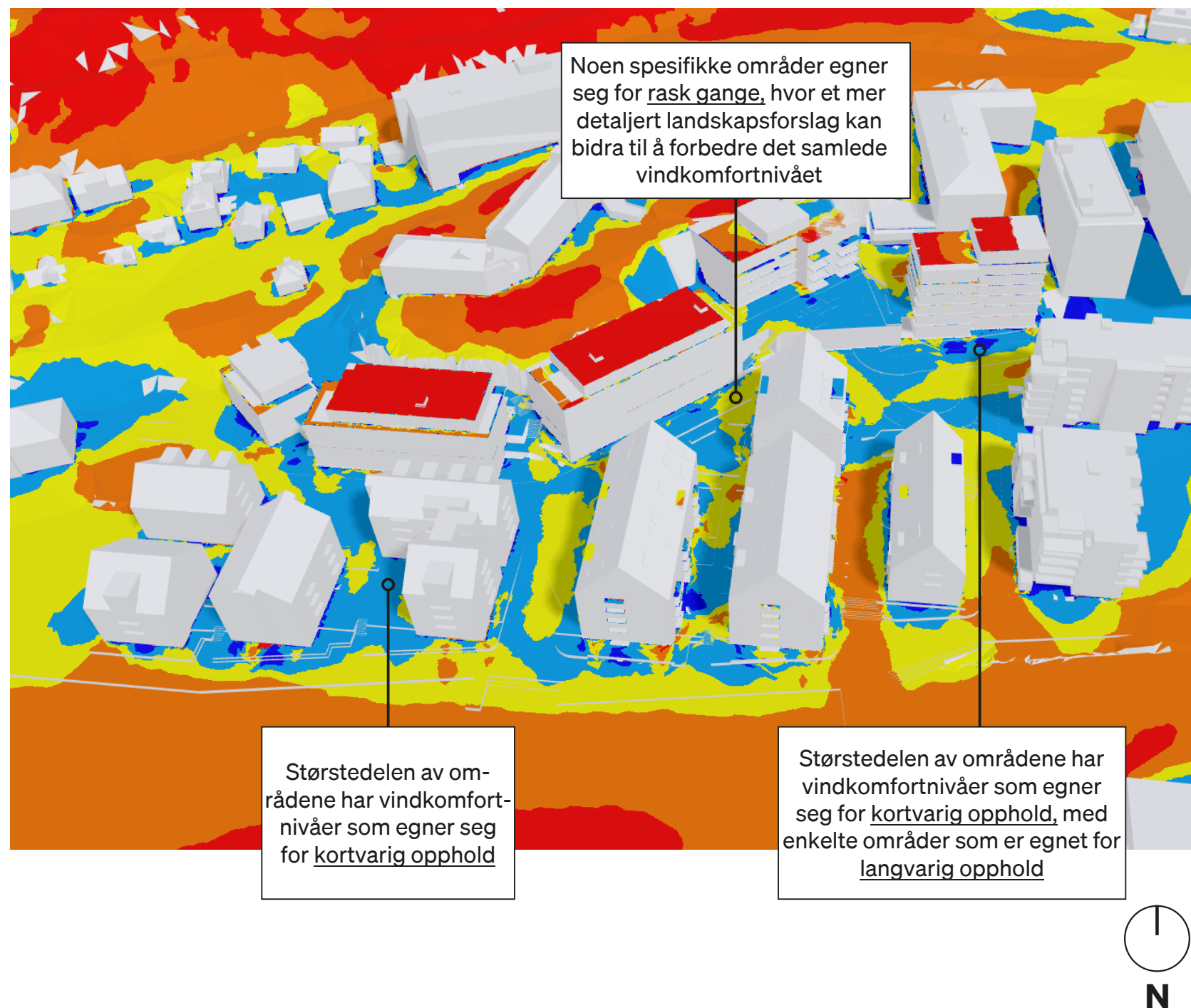
Denne situasjonen er spesielt tydelig i området der det er stigninger i terrenget.



A. Long-term sitting	≤ 1.8 m/s	Blue
B. Standing	≤ 3.6 m/s	Light Blue
C. Strolling	≤ 5.3 m/s	Yellow
D. Brisk walking	≤ 7.6 m/s	Orange
E. Uncomfortable	> 7.6 m/s	Red

Sim 2 - Ny situasjon: Kart over gangkomfort - Lawson Comfort - Aksenometri

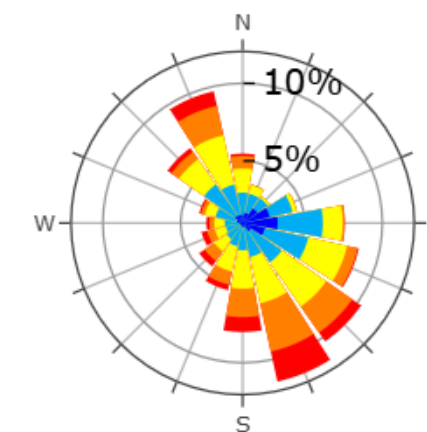
Årlig komfort i interesseområdet (200 meters radius) 1,5 meter over bakkenivå



Konklusjon

Den nye situasjonen forbedrer den generelle vindkomforten i området betydelig sammenlignet med dagens situasjon. De foreslåtte bygningsvolumene skjærer fotgjengernivået og skaper mindre lommer med lavere vindhastigheter.

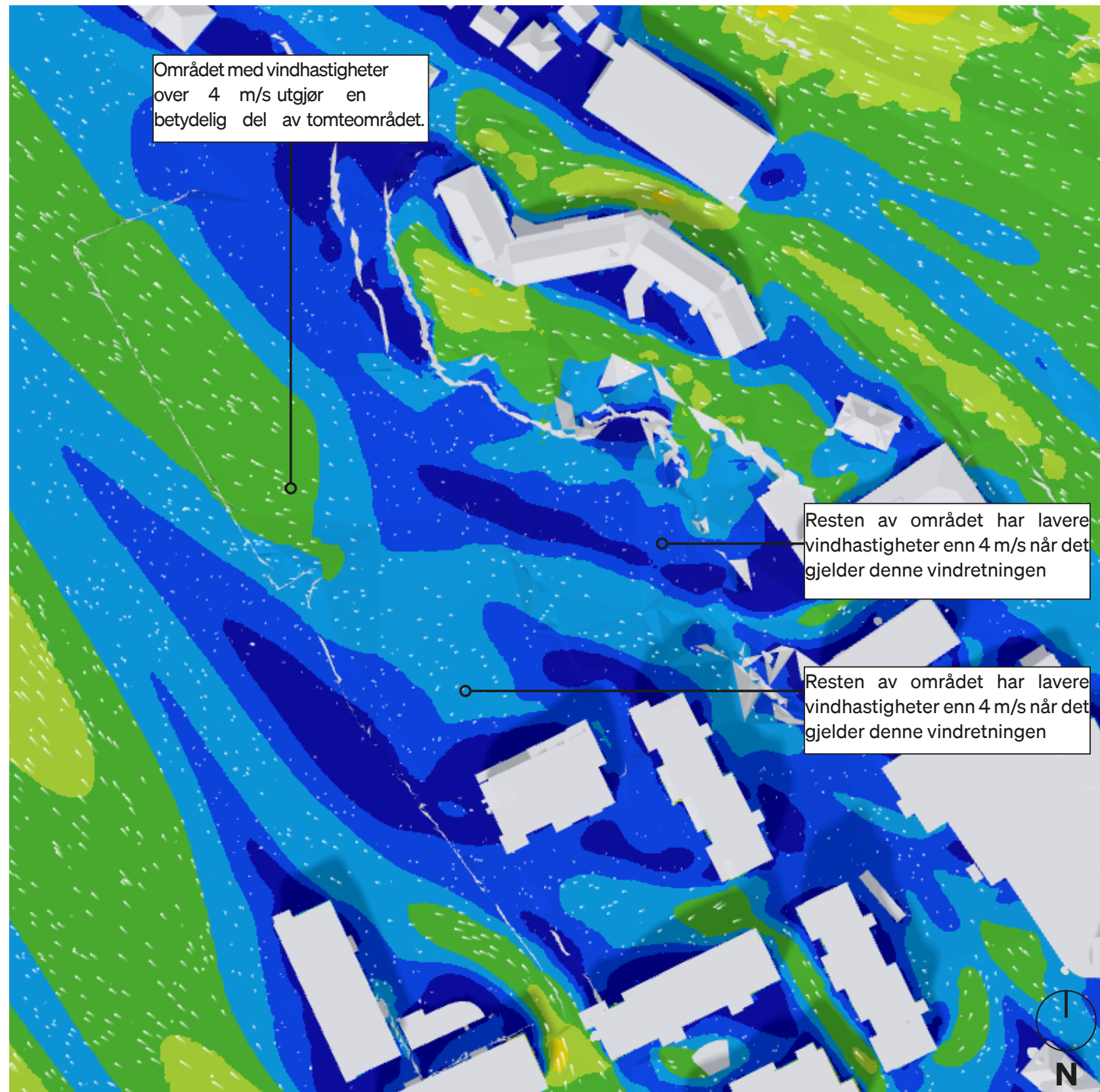
Som resultat er størstedelen av området egnet for kortvarig opphold, med enkelte soner som er egnet for langvarig opphold. Det finnes også spesifikke områder som kun egner seg for rask gange, hvor et mer detaljert landskapsforslag kan bidra til å forbedre det samlede vindkomfortnivået.



A. Long-term sitting	≤ 1.8 m/s	■
B. Standing	≤ 3.6 m/s	■
C. Strolling	≤ 5.3 m/s	■
D. Brisk walking	≤ 7.6 m/s	■
E. Uncomfortable	> 7.6 m/s	■

Sim 1 - Eksisterende situasjon: Analyse av dominerende vindretning: 157.5°

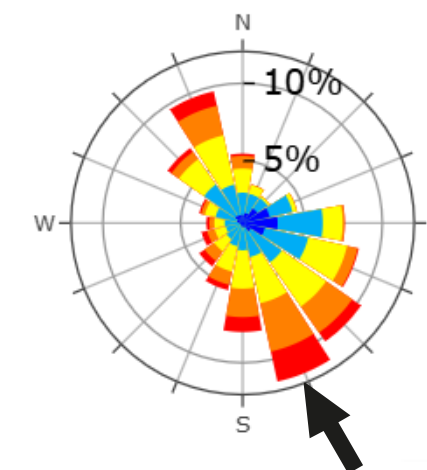
Vindforhold etter retning over hele området over bakkenivå



Konklusjon

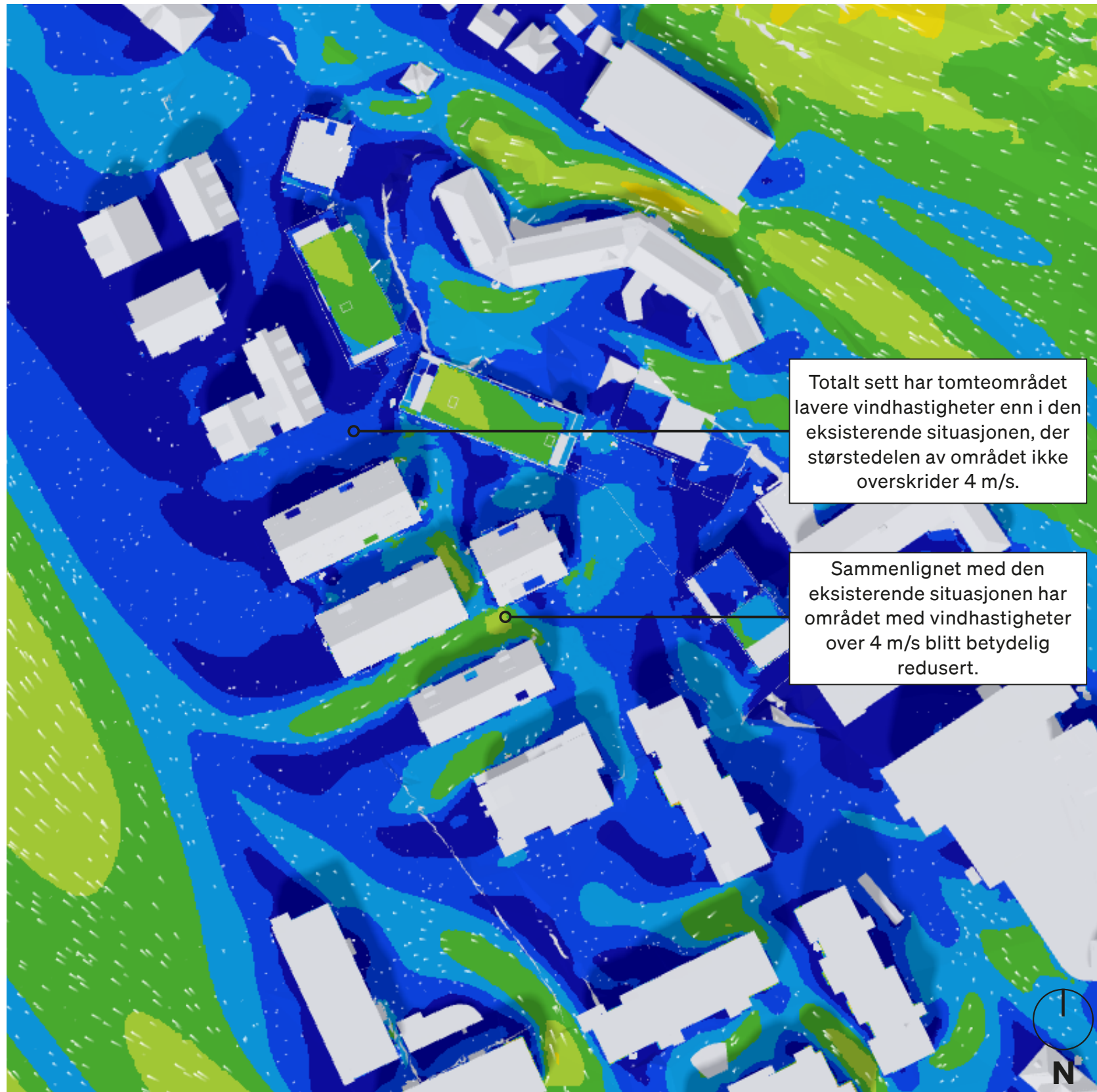
Generelt er høyere vindhastigheter lokalisert nærmere punktet der terrenget begynner å stige, når man ser langs den dominerende vindretningen. Området med vindhastigheter over 4 m/s utgjør fortsatt en betydelig del av tomteområdet.

Resten av området har lavere vindhastigheter enn 4 m/s. Den eksisterende omkringliggende bebyggelsen langs kysten sørøst for området bidrar til å redusere vindhastigheten på fotgjernivå.



Sim 2 - Ny situasjon: Analyse av dominerende vindretning: 157.5°

Vindforhold etter retning over hele området over bakkenivå

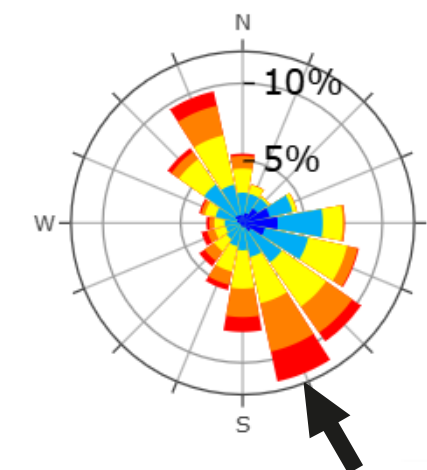


Konklusjon

Sammenlignet med den eksisterende situasjonen har området med vindhastigheter over 4 m/s blitt betydelig redusert.

Totalt sett har tomteområdet lavere vindhastigheter enn i den eksisterende situasjonen, der størstedelen av området ikke overskrider 4 m/s.

Tilførselen av de nye bygningsvolumene i den nye situasjonen skaper områder med generelt lavere vindhastigheter enn i den eksisterende situasjonen.

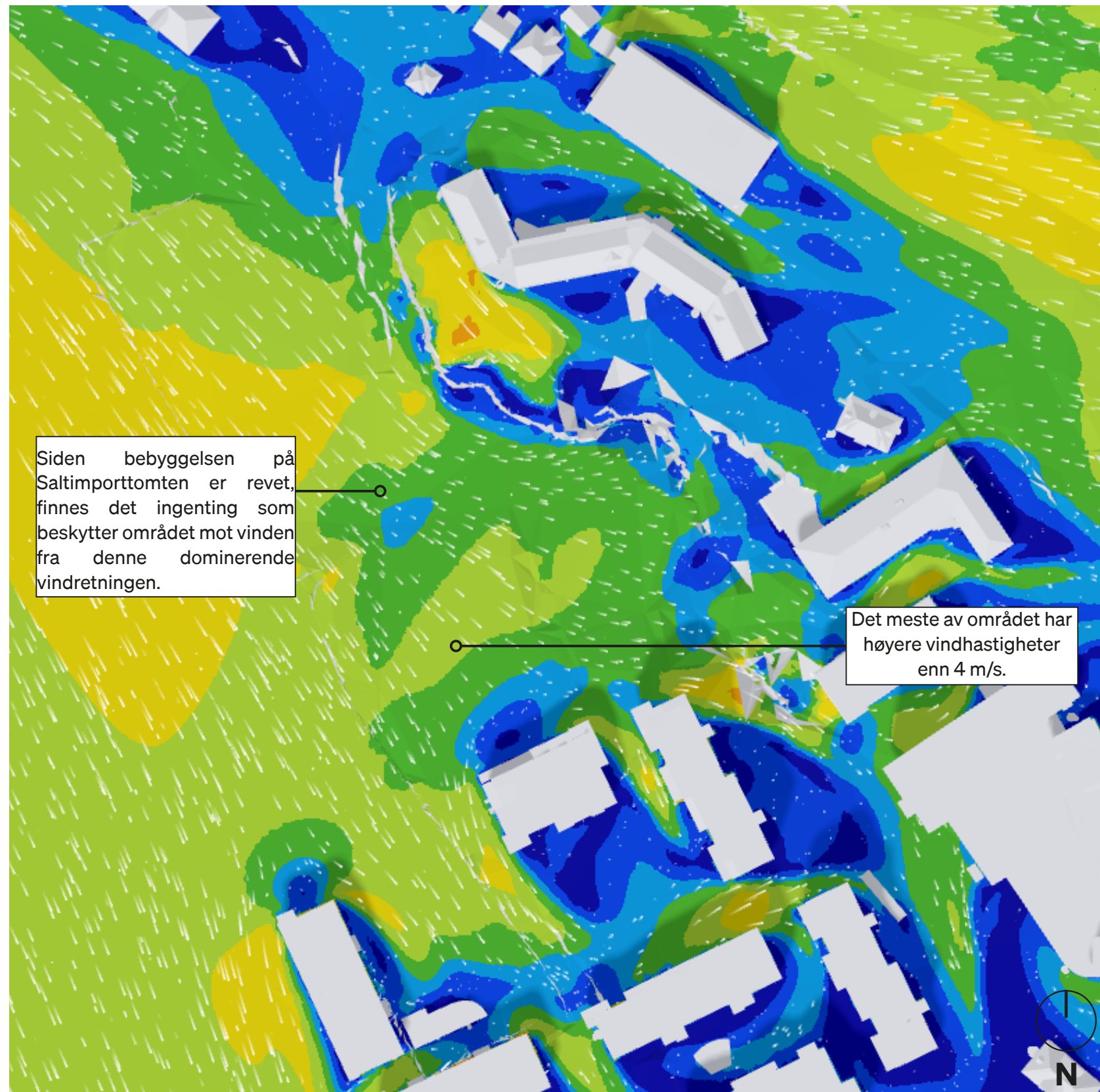


Wind Speed [m/s]



Sim 1 - Eksisterende situasjon: Analyse av dominerende vindretning: 337.5°

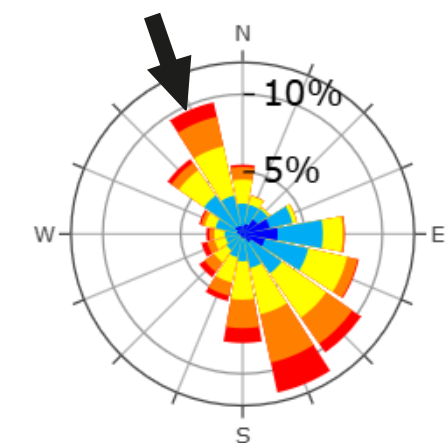
Vindforhold etter retning over hele området over bakkenivå



Konklusjon

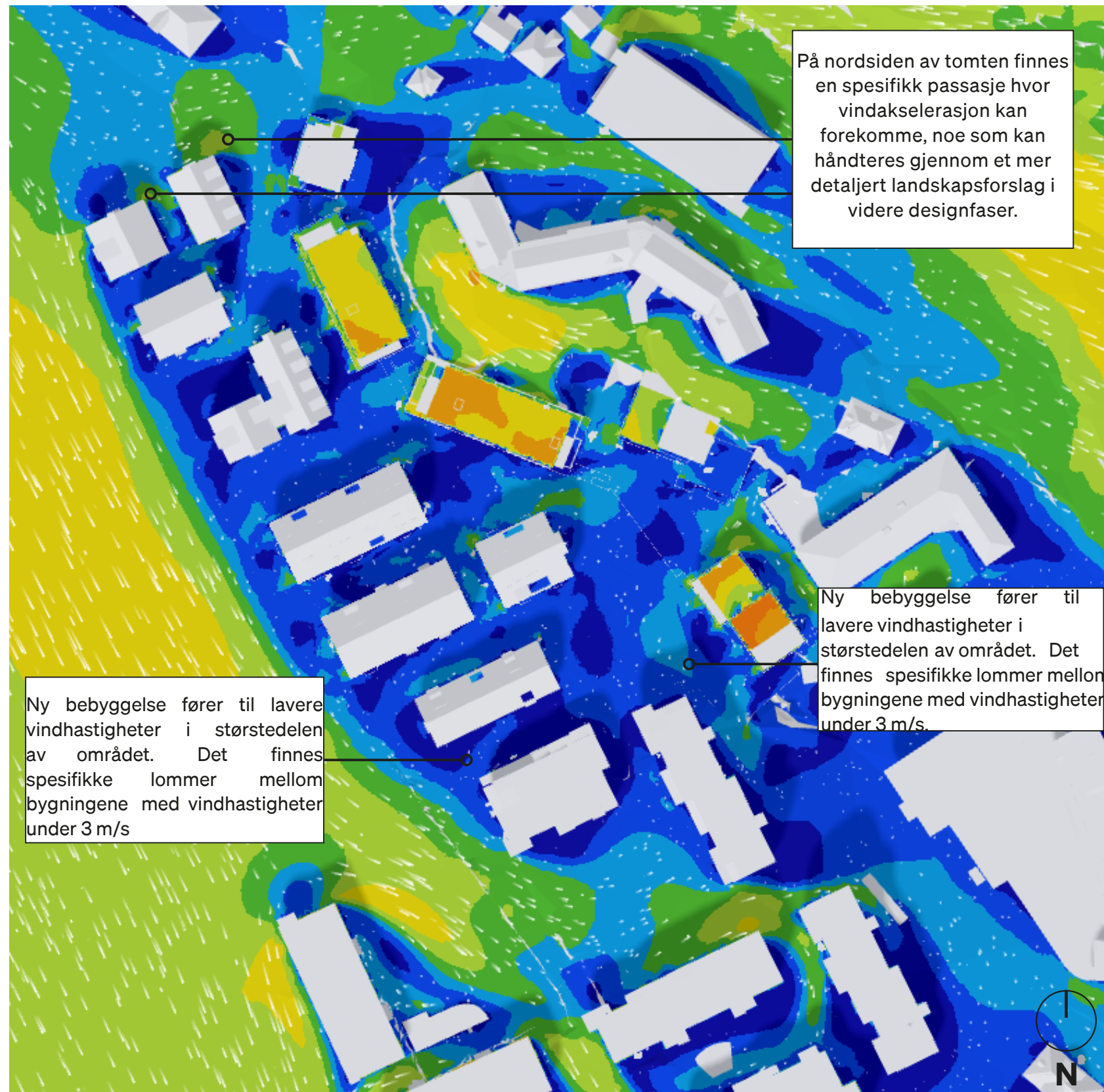
Når det gjelder den dominerende vindretningen på 337.5 grader, er høyere vindhastigheter også lokalisert nærmere punktet der terrenget begynner å stige. Siden bebyggelsen på Saltimporttomten er revet, finnes det ingenting som beskytter området mot vinden fra denne dominerende vindretningen.

Det meste av området har høyere vindhastigheter enn 4 m/s.



Sim 2 - Ny situasjon: Analyse av dominerende vindretning: 337.5°

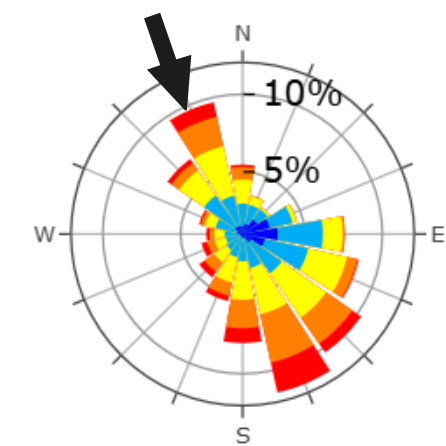
Vindforhold etter retning over hele området over bakkenivå



Konklusjon

Likevel opprettholdes lavere vindhastigheter i størstedelen av området. Det finnes spesifikke lommer mellom bygningene med vindhastigheter under 2 m/s.

På nordsiden av tomten finnes en spesifikk passasje hvor vindakselerasjon kan forekomme, noe som kan håndteres gjennom et mer detaljert landskapsforslag i videre designfaser.



Wind Speed [m/s]



Definisjoner

Computational Fluid Dynamics (CFD)

CFD står for Computational Fluid Dynamics, og refererer til prosessen med å matematiske modellere et fysisk fenomen som involverer væskestrøm, og løse det numerisk ved hjelp av beregningsmetoder. CFD innebærer analysen av bevegelsen til væsker (væsker og gasser) innenfor gitte grensebetingelser.

Programvaren som brukes til å utføre simuleringen er den nettleserbaserte plattformen for CFD-analyse, SimScale. SimScale inkluderer en spesialisert "Pedestrian Wind Comfort" simulering som bruker en løser basert på Lattice Boltzmann Metoden (LBM) for fluidsimulering, for fremtidige referanser om metodene som brukes, for CFD-eksperter.

CFD brukt til mikroklima-analyse

I dagens samfunn, der det økende fokus på bærekraft, trygghet og komfort i urbane mikroklima, har tilgjengeligheten av flytsimuleringsverktøy gjort det enkelt for ingeniører, prosjektledere innen byutvikling og arkitekter å gjennomføre vindsimuleringer for å forutsi og vurdere vindforhold fra tidlig designfase til dokumentasjonsstadiet.

Computational Fluid Dynamics (CFD)-simuleringer brukes nå bredt for prediksjon og vurdering av vindkomfort og aerodynamikk for høyhus. Det finnes ulike typer vindanalyser som kan utføres ved bruk av CFD. Resultatene fra CFD-vindsimuleringer regnes nå som pålitelige kilder til kvantitativ og kvalitativ data og brukes ofte til å ta viktige designbeslutninger.

I arkitektur og byplanlegging kan CFD brukes til å analysere mikroklimaet i det bygde miljøet, blant annet gjennom analyser av Pedestrian Wind Comfort (PWC).

Hva er Pedestrian Wind Comfort?

Pedestrian Wind Comfort (PWC) refererer til evalueringen av vindens oppførsel i urbane områder for å bestemme dens påvirkning på fotgjengere på bakkenivå. Blant annet tar denne analysen av vindmodellering hensyn til vindeffekter som tunnelstruping, som hvis de ikke planlegges på forhånd, kan være skadelige eller farlige for personer som bruker eller befinner seg i nærheten av berørte områder.

Vindkomfort og sikkerhet

Det er fortsatt en utfordring å trekke meningsfulle resultater og analyser som informerer designprosessen. Beaufort-skalaen er et empirisk verktøy for måling av vindhastighet, og brukes fortsatt i dag for å forstå og vurdere den direkte effekten av en gitt vindhastighet på mennesker i gatenivå, basert på kvantitative analyser som for eksempel PWC-simuleringer.

	Beskrivelse	Vindstyrke 1.5m høyde (m/s)	Effekt på mennesker
Komfort	Stille (Beaufort 0)	0.0 - 0.2	Røyken stiger rett opp
	Flau vind (Beaufort 1)	0.3 - 1.5	Ingen merkbar vind
	Svak vind (Beaufort 2)	1.6 - 3.3	Følbar vind, blader rører seg
Ukomfort	Lett bris (Beaufort 3)	3.4 - 5.4	Hår blåser en i ansiktet, klær blåser, avis blir vanskelig å lese
	Laber bris (Beaufort 4)	5.5 - 7.9	Løfter støv og løse papirer, hår i uorden
	Frisk bris (Beaufort 5)	8.0 - 10.7	Kraften av vinden føles på kroppen, småtrær svaier lett, fare for å snuble når du går
Økende Ukomfort	Liten kuling (Beaufort 6)	10.8 - 13.8	Paraplyer brukes med vanskeligheter, store greiner beveger seg, vanskelig å gå stabilt, sidelengs vindkraft omtrent lik framovergående kraft, ubehagelig vindstøy
	Stiv kuling (Beaufort 7)	13.9 - 17.1	Forstyrrelse følt når man går
Fare	Sterk Kuling (Beaufort 8)	17.2 - 20.7	Gjør det generelt vanskeligere å komme seg fram, vindkast kan gi balanseutfordringer
	Liten storm (Beaufort 9)	20,8 - 24,4	Mennesker blåses over ende
Økende Fare	Full storm (Beaufort 10)	24,5 - 28,4	Trær rykkes opp med roten
	Sterk storm (Beaufort 11)	28,5 - 32,6	Store ødeleggelser, opptre sjelden
	Orkan (Beaufort 12)	over 32,7	Uvanlig store ødeleggelser

Tabell 1. Utvidet Beaufort-skala som viser vindpåvirkning på mennesker -på land

Kilder

<https://www.simscale.com/docs/simwiki/cfd-computational-fluid-dynamics/what-is-cfd-computational-fluid-dynamics/>

<https://www.simscale.com/blog/2018/05/pedestrian-wind-comfort-validation/>

Lawson, T.V. and Penwarden, A.D. (1975). The Effects of Wind on People in the Vicinity of Buildings, In: Proceedings 4th International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, Cambridge University Press, Heathrow, pp. 605–622.

Vindkomfortkriterier: Lawson and NEN 8100

Vindkomfortkriterier

Det finnes i dag mange kriterier og standarder som hjelper med å vurdere det forventede vindklimaet i designfasen ved å gi parametere for hva som bør oppnås for å være innenfor gunstige forhold. I denne rapporten bruker vi Lawson- og NEN 8100-vindkriteriene.

Disse kriteriene anses som omfattende eller komplette, da de tar hensyn til et bredt spekter av aktiviteter, inkludert "sitting/standing long" (sitte/stå lenge), "sitting short" (sitte kort) og "strolling" (gåtur). Begge kriteriene består av en terskelverdi for vindhastighet og en maksimal tillatt overskridelsesprobabilitet for denne verdien.

Lawson LDDC Comfort

Lawson-kriteriene er definert av sannsynligheten for at en bestemt lokasjon vil oppleve vindhastigheter høyere enn en bestemt hastighet. Disse hastighetene måles i en bestemt høyde som vanligvis er mellom 1,5 m og 1,75 m avhengig av lokale myndigheters regler. Med enklere ord, Lawson-kriteriene fastsetter terskelverdier for vindhastigheter og angir deretter sannsynligheten for at vindhastigheter overskrider denne terskelen.

De ulike terskelhastighetsverdiene, samt sannsynlighetsverdiene, gir nivået av komfort for fotgjengere. De tilsvarer vanligvis en aktivitet som kan utføres på en akseptabel måte, for eksempel å sitte, stå, gå fort, osv. Sannsynligheten beregnes ved hjelp av statistiske værdata. Disse statistiske dataene oppnås gjennom et årlig datagrunnlag for vindhastighet og frekvens i 4 til 36 retninger.

Startende med den høyeste terskelhastigheten (den mest ubehagelige eller usikre tilstanden), beregnes sannsynligheten ved hvert spesifikke punkt. Hvis sannsynligheten er lavere enn den som er angitt for kategorien, oppfylles hastighetsområdet for kategorien (og vindhastigheten anses som trygg for fotgjengere!). Beregningen fortsetter med de påfølgende terskelhastighetene til oppfyllelsen ikke lenger er oppfylt, noe som betyr at sannsynligheten er høyere enn den som er satt for kategorien. Dette betyr at dette spesifikke punktet har sitt vindkomfortkriterium satt til den siste oppfylte, der sannsynligheten var lavere enn den som er satt. Denne beregningen gjøres for hvert punkt og for hver retning. Ved hvert punkt og for hver retning skaleres terskelhastigheten med en forsterkningsfaktor som beregnes ut fra en kombinasjon av CFD-resultater og meteorologiske data. Disse meteorologiske dataene tar hensyn til terrengetypen i hver retning og er knyttet til en faktorverdi som representerer hvordan vinden bremses av hindringer som bygninger eller trær.

Generelle Lawson-kriterier

I sin opprinnelige form består Lawson vindkomfortkriterier av fem forskjellige kategorier som alle bruker en sannsynlighet på 2% som oppfylleelsesverdi. Kategorien "Uncomfortable" (rød/E) indikerer de mest uønskede områdene, der verdien for hastigheten er høyere enn 7,6 m/s og sannsynligvis er mer enn 2% av tiden. Hvis slike soner brukes av fotgjengere eller syklist, bør tiltak tas for å lette

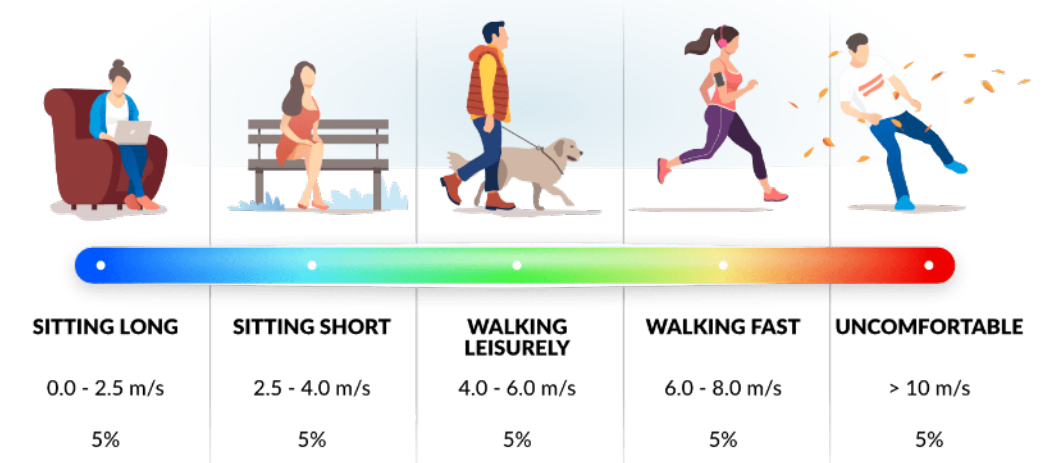
disse uønskede forholdene.

Kategorien "Walking Fast" (gul) tilsvarer punkter der sannsynligheten for å oppleve en vindhastighet over 7,6 m/s sannsynligvis er mindre enn 2% av tiden. Dette gjelder i utgangspunktet også for alle lavere kategorier. Så her oppfylles vindkravene for denne kategorien, men ikke for kategoriene A, B og C. Disse punktene indikerer bekymringsområder avhengig av det tiltenkte bruksområdet for området (for eksempel vil en utendørs restaurant ikke fungere under slike forhold). Vanligvis er det en terskel (igjen knyttet til lokale myndigheter og vindstandard) som er "god kvalitet" hvis kriteriene for den angitte bruken oppfylles, "akseptabel" hvis det er en kategori dårligere, og "uakseptabel" hvis det er to eller flere kategorier dårligere.

De følgende kategoriene, vist i grønt, lyseblått og blått, representerer punkter der hastigheter høyere enn henholdsvis 5,3 m/s, 3,6 m/s og 1,8 m/s sannsynligvis er mindre enn 2% sannsynlig å observeres. Disse punktene indikerer normale forhold som fotgjengere mest sannsynlig vil oppleve som komfortable under gitte aktiviteter.

NEN 8100 Kriterier

Den nyeste av disse standardene er den nederlandske standarden for vindulempe (NEN 8100), og den fastsetter en ubehagsterskel for timens gjennomsnittlige vindhastighet på 5 m/s for alle typer aktiviteter. Avhengig av overskridelses-sannsynligheten for terskelvindhastigheten, definerer koden tre kvalitetsklasser for vindkomfort: A–C. Denne standarden gir også råd om farer forårsaket av vind.



Bildet illustrerer Lawson-komfortkriteriene.

A	> 1.8 m/s	< 2%	Sitting Long
B	> 3.6 m/s	< 2%	Sitting Short
C	> 5.3 m/s	< 2%	Walking Leisurely
D	> 7.6 m/s	< 2%	Walking Fast
E	> 7.6 m/s	>= 2%	Uncomfortable

Lawson-komfortkriteriene kategorier

A	15 m/s	< 0.05%	No Risk
B	15 m/s	< 0.30%	Limited Risk
C	15 m/s	>= 0.30%	Dangerous

NEN 8100 Fare kriterier

Kilder

<https://www.simscale.com/wind-engineering/pedestrian-wind-comfort-wind-modelling/>

<https://www.simscale.com/blog/2020/01/lawson-wind-comfort-criteria/>

<https://www.simscale.com/blog/2019/12/wind-comfort-criteria/>

Metode

Grensebetingelser

CFD-simuleringen i SimScale krever en tredimensjonal CAD (Computer-Aided Design)-geometimodell av bygningene, omkringliggende kontekst inkludert vegetasjon og terreng.

CAD-modellen tilpasses for å passe den nødvendige finheten for nettgenereringen i simuleringen inne i SimScale-plattformen.

Simuleringen utføres med tilhørende atmosfærisk grenselag, hastighetsprofil for vind og turbulensparametere beregnet i henhold til vindteknisk standard Eurocode EN 1991-1-4:2005.

Denne standarden krever spesifikasjon av terrengkategorien for hver av vindretningene eller eksponeringene som simuleringen inkluderer, for å tilordne verdien av overflategrovhetsfaktoren.

Fem terrengkategorier i SimScale samsvarer med standarden: kystområde (0), flatt terreng (I), åpent terreng (II), forstadsområde (III) og byområde (IV). Disse kategoriene er tildelt i henhold til omgivelsene rundt stedet.

Figuren nedenfor illustrerer hvordan formen på atmosfærisk grenselagprofil endres med hensyn til terrengkategorien.



Simuleringsoppsett

Oppgaver inkludert:

- Oppsett av initialmodellen
- Geometrimodellering og rengjøring
- Simuleringsoppsett og kjøring
- Postprosessering av resultater
- Generering av rapport

Antall simuleringer: 2

Simulasjon 1: Eksisterende situasjon, og Simulasjon 2: Ny situasjon.

Simuleringsoppsett, med tanke på områdestørrelse og nødvendig oppløsning:

- Vindretninger: 16
- Radius for interesseområdet: 200m
- Inkluderte resultater: Statistisk gjennomsnittsløsning
- Overflategrovhetsfaktor:
 - Terreng innenfor 200m radius: 0.03m
 - Terreng utenfor 200m radius: Avhengig av vindeksponering
- Terrengkategorier per retning tildelt:
 - 0,00° (N) – Åpent terreng (II)
 - 22,50° (NNO) – Åpent terreng (II)
 - 45,00° (NE) – Åpent terreng (II)
 - 67,50° (ØNØ) – Åpent terreng (II)
 - 90,00° (Ø) – Åpent terreng (II)
 - 112,50° (ØSØ) – Åpent terreng (II)
 - 135,00° (SØ) – Forstadsområde (III)
 - 157,50° (SSØ) – Forstadsområde (III)
 - 180,00° (S) – Kystområde (0)
 - 202,50° (SSV) – Kystområde (0)
 - 225,00° (SV) – Kystområde (0)
 - 247,50° (VSV) – Kystområde (0)
 - 270,00° (V) – Kystområde (0)
 - 292,50° (VNV) – Kystområde (0)
 - 315,00° (NV) – Forstadsområde (III)
 - 337,50° (NNV) – Forstadsområde (III)
- Oppløsning for globalt nett: Moderat
- Minimal cellestørrelse: 0.78m

Kilder

<https://www.simscale.com/docs/analysis-types/pedestrian-wind-comfort-analysis/wind-conditions/atmospheric-boundary-layer/>

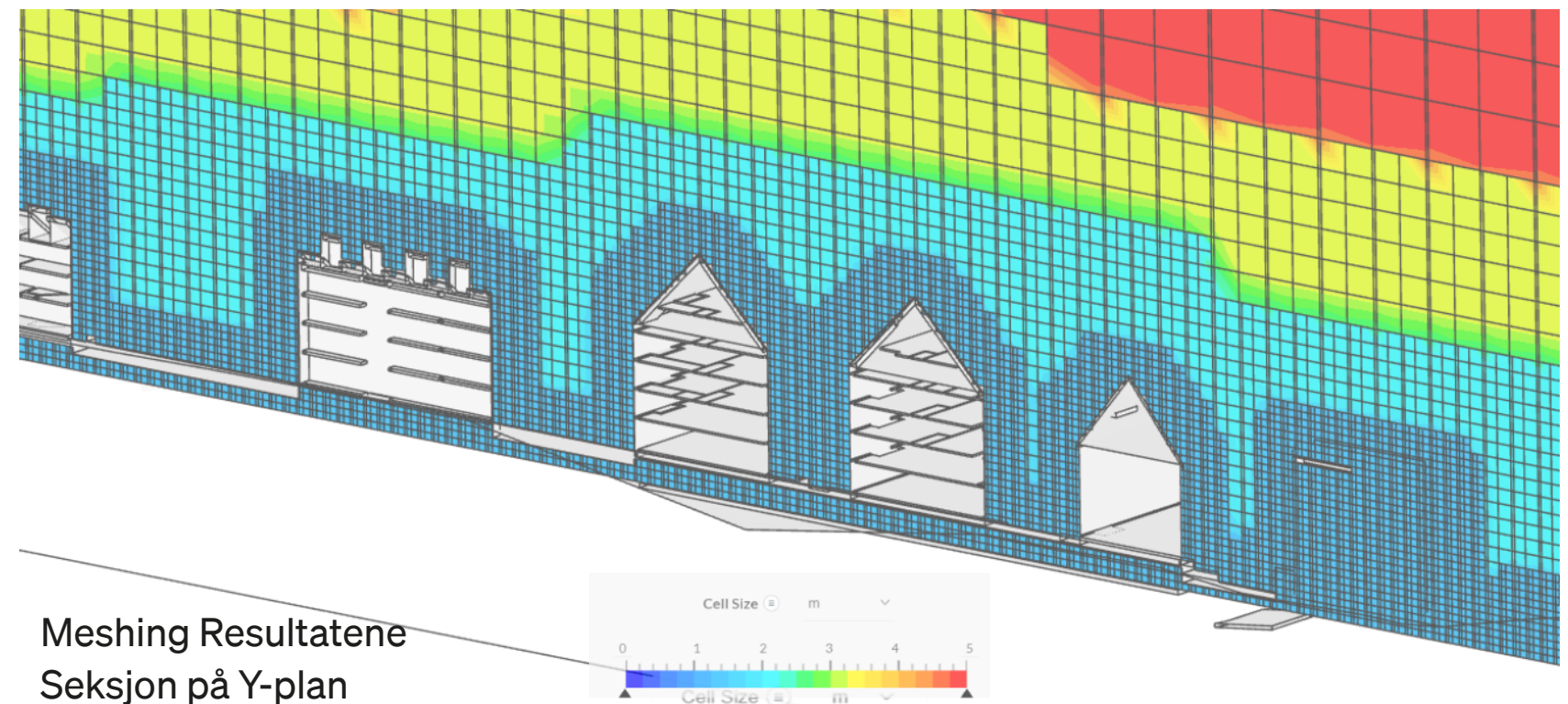
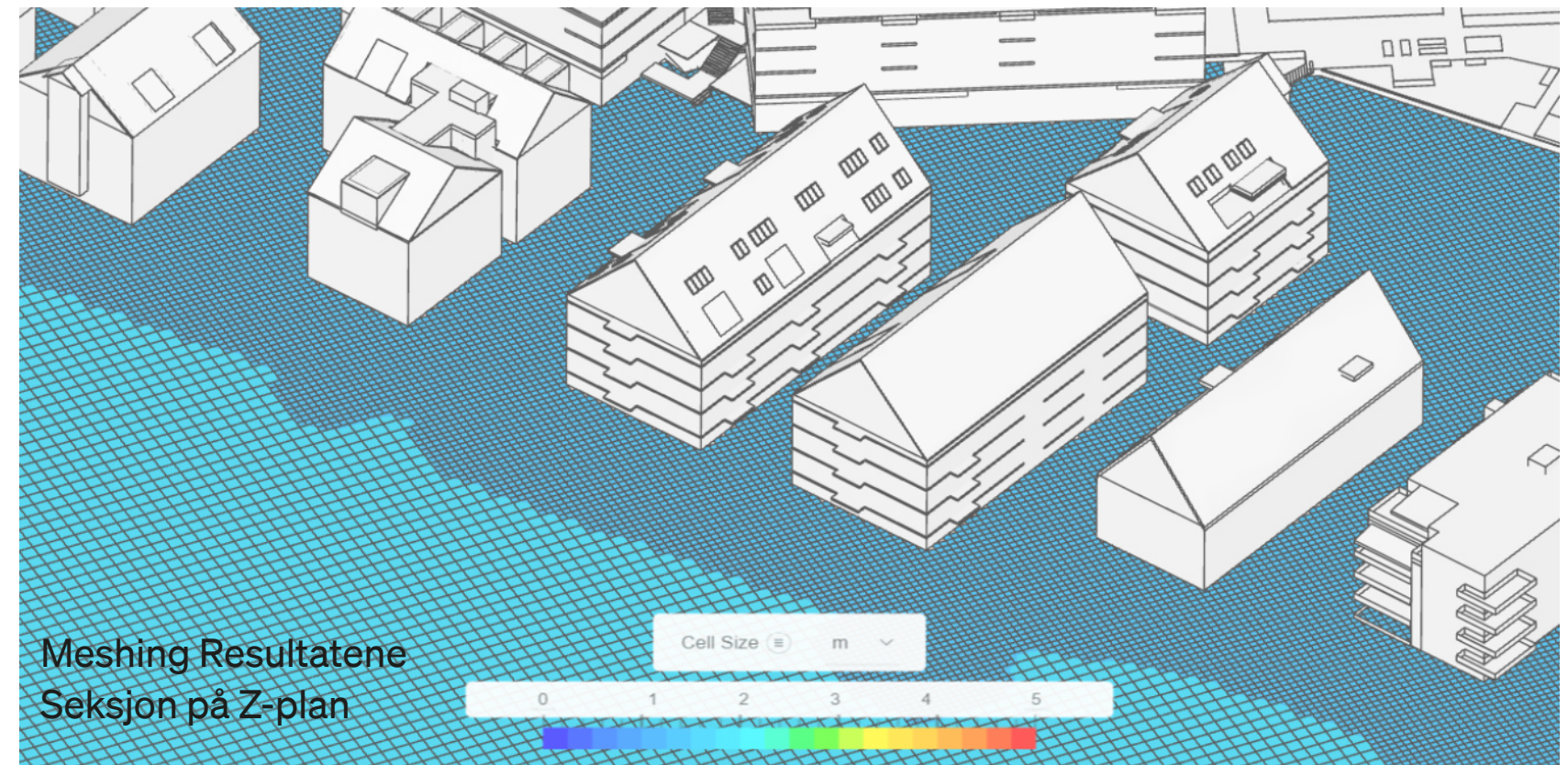
Metode

Meshingprosessen

CAD-modellen gjennomgår en prosess kalt meshing, som deler volumene inn i små celler for å analysere luftstrømmen i hvert av dem og deres påfølgende effekt på nabocellene i henhold til vindstatistikken for hastighet og turbulens som er inkludert i simuleringen.

Simuleringsnettet besto av totalt 13 millioner celler, med en overflateoppdeling av volumene i området, der 0.78m var den fineste delen av nettet for simuleringen.

I følgende figurer kan vi se resultatene av meshingen i volumene innenfor interesseområdet ved hjelp av seksjonsplaner.



Metode

Vurdering av kriteriene for gående vindkomfort

For å vurdere en PWC-studie trengs tre forskjellige typer informasjon:

- Statistiske meteorologiske data
- Aerodynamisk informasjon
- Et komfortkriterium

Transformasjonen av de statistiske meteorologiske dataene til stedet av interesse på byggeplassen utføres gjennom den aerodynamiske informasjonen, som er delt inn i to deler:

Terrengbidrag: Tar hensyn til endringen i terreng mellom meteorologisk sted og et sted i nærheten av eller på byggeplassen.

Designbidrag: Tar hensyn til endringen i vindstatistikk på grunn av lokal bygningskonfigurasjon.

Forståelse av dette danner grunnlaget for evalueringen av gående komfort. For å gjøre dette må den lokale vindhastigheten relateres til værstasjonsdataene for å få sannsynligheten for at den lokale vindhastigheten overstiger de terskelvindhastighetene som er definert av komfortkriteriet.

Forholdet mellom målt vindhastighet ved meteorologisk stasjon (u_{meteo}) og den lokale vindhastigheten (u_{loc}) defineres som "vindforsterkningsfaktoren":

$$\gamma = u_{loc} / u_{meteo}$$

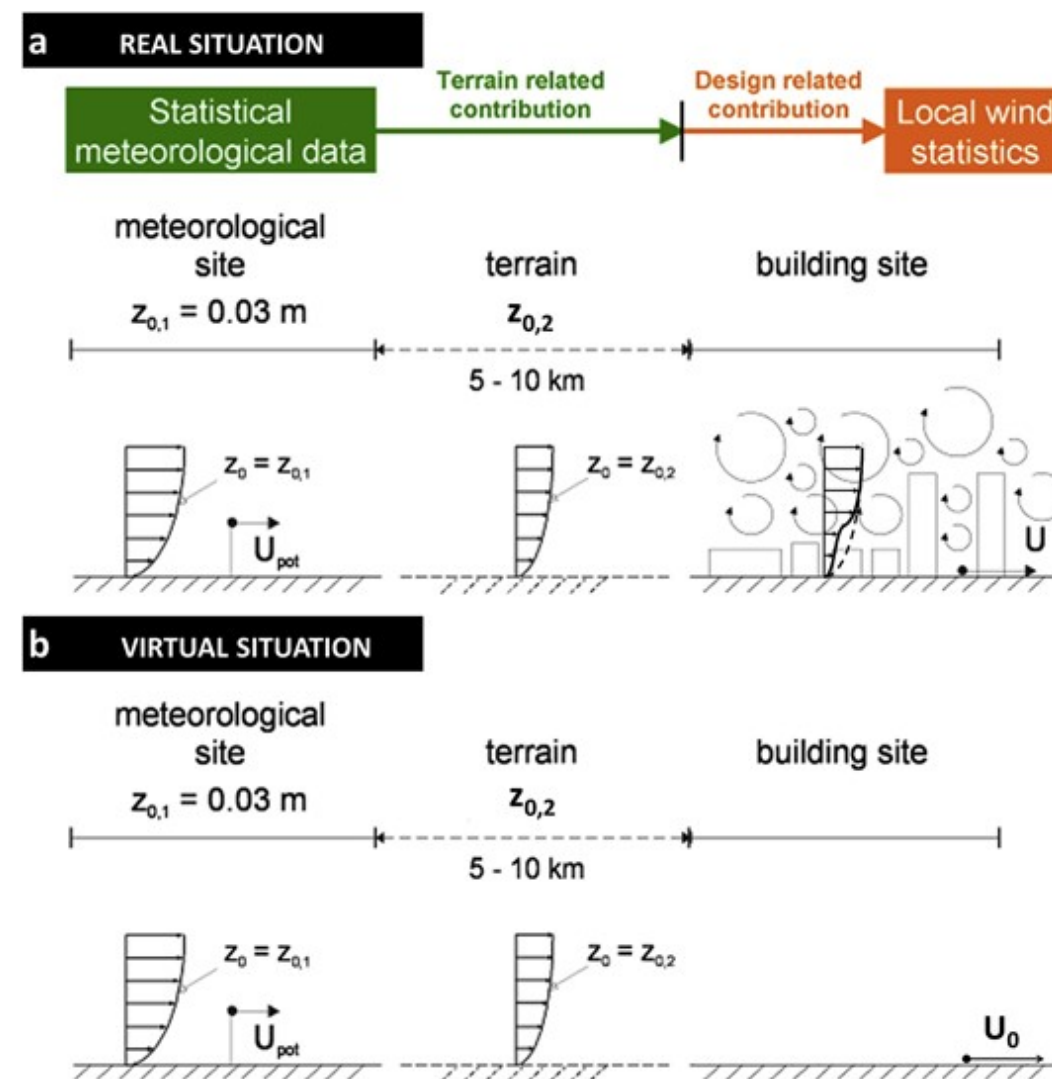
Dette kan deles opp i to komponenter:

$$\gamma = u_{loc} / u_{meteo} = u_{loc} / u_0 * u_0 / u_{meteo}$$

u_{loc} / u_0 : Lokal bidrag fra topografien nær bygningen (Designbidrag fra aerodynamisk informasjon; transformasjon fra u_0 til u_{loc}).

u_0 / u_{meteo} : Korreksjonsfaktor for værstasjonsdataene (Terrengbidrag fra aerodynamisk informasjon; transformasjon fra u_{meteo} til u_0).

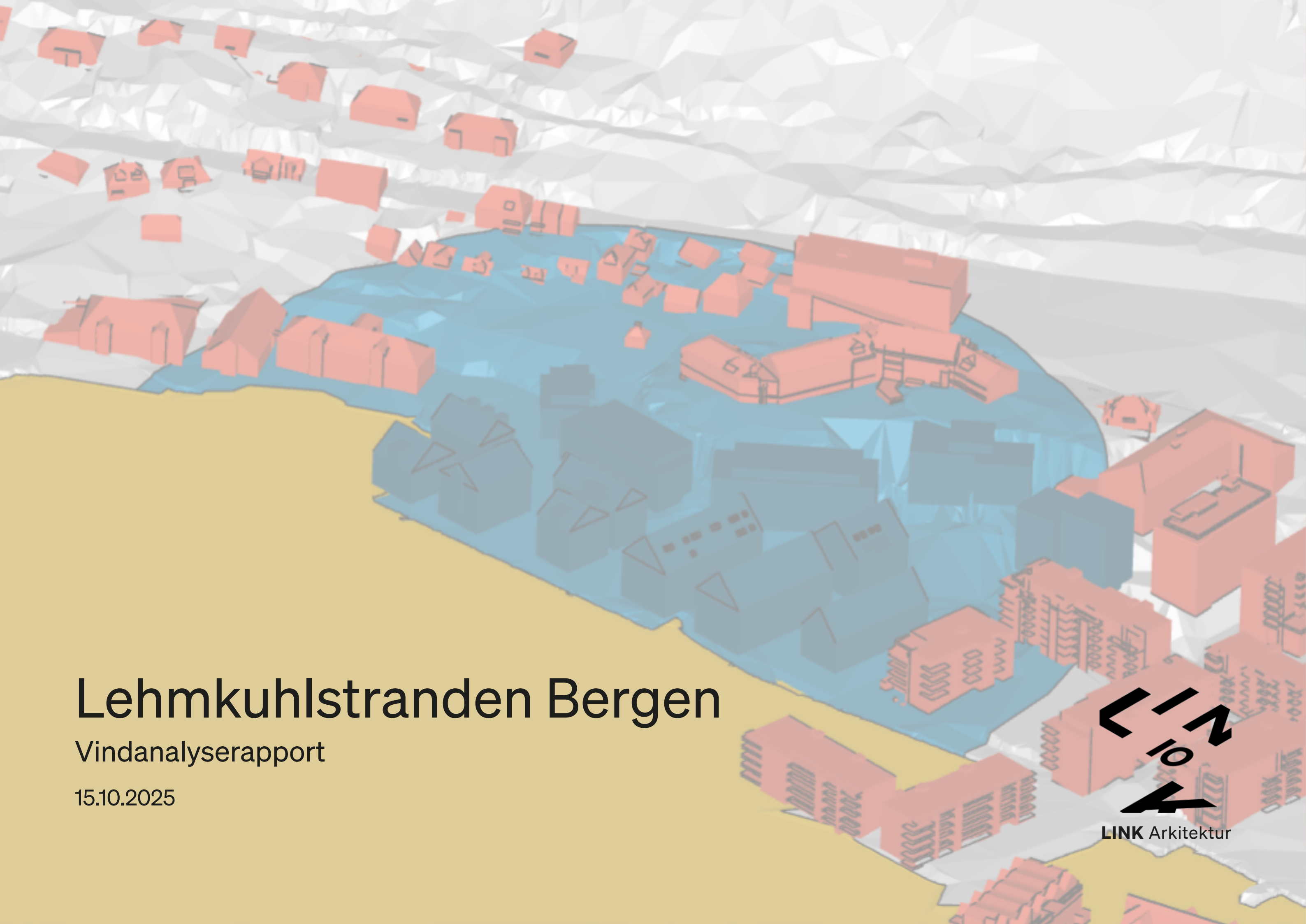
Fra CFD-analysen får vi den første delen, u_{loc}/u_0 , direkte. Imidlertid krever korreksjonen av værstasjonsdataene, u_0/u_{meteo} , ytterligere innsats og beregninger, som kan variere mellom hver vindteknisk standard.



Transformasjonen av meteorologiske data på meteorologistasjonen til byggeplassen (Merk: u_{pot} refererer til u_{meteo} i figuren)

Kilder

<https://www.simscale.com/docs/analysis-types/pedestrian-wind-comfort-analysis/wind-conditions/atmospheric-boundary-layer/>



Lehmkuhlstranden Bergen

Vindanalyserapport

15.10.2025



LINK Arkitektur