

# Vindanalyse Store Breiholten



## Revisjonshistorikk

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
00	22.12.2025	Første utgave	ME	KBM	<Navn>
01	15.01.2026	Oppdatert eiendomsgrense og illustrasjonsplan	ME	KBM	OVN

## Sammendrag

Utbyggingen av Store Breiholten vil ikke påvirke den gjennomsnittlige vindkomforten på omkringliggende bebyggelse betydelig. Rundt høyhuset vil vindkomforten være noe redusert sammenlignet med rundt de lavere byggene på grunn av høyden som fører vind ned til bakken. Planlagt vegetasjon og vind-/støyskjermingsvegger rundt høyhuset spiller en viktig rolle i å forbedre vindkomforten rundt høyhuset. Resultatene viser at vindkomforten rundt høyhuset blir betraktelig bedre ved hjelp av enkle tiltak som vegetasjon og vindskjermer, og sluttresultatet anses som godt med det moderat strenge vindkomfortkriteriet «Lawson LDDC». Antallet trær og plasseringen av disse kan antagelig justeres noe, og det anbefales at det endelige resultatet bekreftes i detaljfasen med tilsvarende metodikk som her.

## Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn .....	4
2	Situasjonsbeskrivelse .....	4
3	Lokale vindforhold .....	7
	3.1 Vurdering av lokalklima og vindkomfort .....	8
	3.2 Grad av skjerming .....	8
4	Resultater .....	9
	4.1 Vindkomfort .....	9
	4.2 Skjermingsgrad i fremherskende vindretninger .....	11
	4.2.1 Vind fra SØ/SSØ (150°) og sør (180°) .....	11
	4.2.2 Vind fra NNV (330°) .....	13
5	Generelt om høyhus, fasader og effekten av det omkringliggende miljøet .....	14
6	Konklusjoner .....	15
7	Metode .....	16

# 1 Bakgrunn

Sweco har blitt forespurt å gjennomføre en vindanalyse for utredning av lokalklima i forbindelse med pågående planlegging av et større transformasjonsområde som skal bygges på det som i dag er Kokstadvegen 15, i Bergen.

Analysen har som mål å belyse fremtidig situasjon ved utbygging, vurdere anvendeligheten av utendørsområdene, og avdekke potensielt vindutsatte områder.

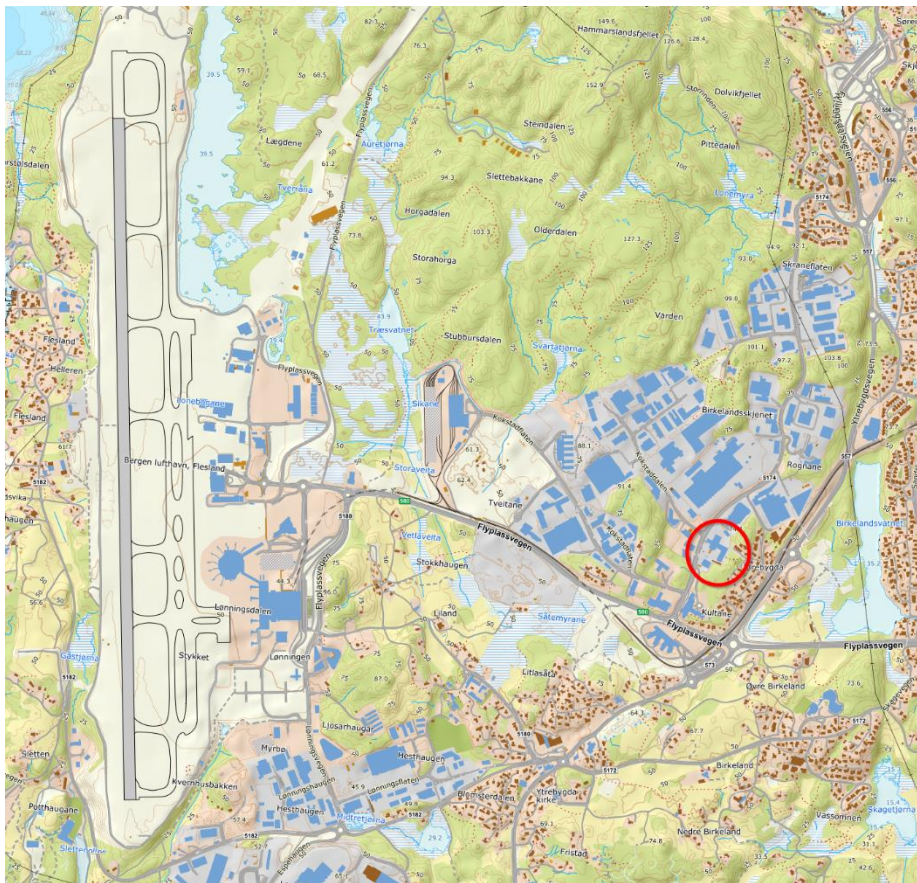
# 2 Situasjonsbeskrivelse

Området ligger på Kokstad sør i Bergen i Ytrebygda bydel, og er i dag preget av både industri, næring og noe boliger. Bybanen passerer i øst og sør. To hoteller og Hansa Bryggerier er de største tilgrensende næringene.

Med tanke på vind er planområdet nokså åpent fra nord og sør, og tilsvarende skjermet fra øst i form av skogkledd høydedrag, og delvis vest. Videre mot sør og sørvest er det tidligere jordbruksarealer og kun spredt bebyggelse, samt nå også preget av veiaksene Flyplassveien og Ytrebygdsvegen.



Figur 1: Oversiktskart og plassering for Store Breiholt.



Figur 2: Oversiktskart og plassering, nærbylde.



Figur 3: Plassering av Store Breiholten med indikert eiendomsgrænse.



Figur 4: Nærbilde av modell (alternativ 5). Øst er oppover i bildet.

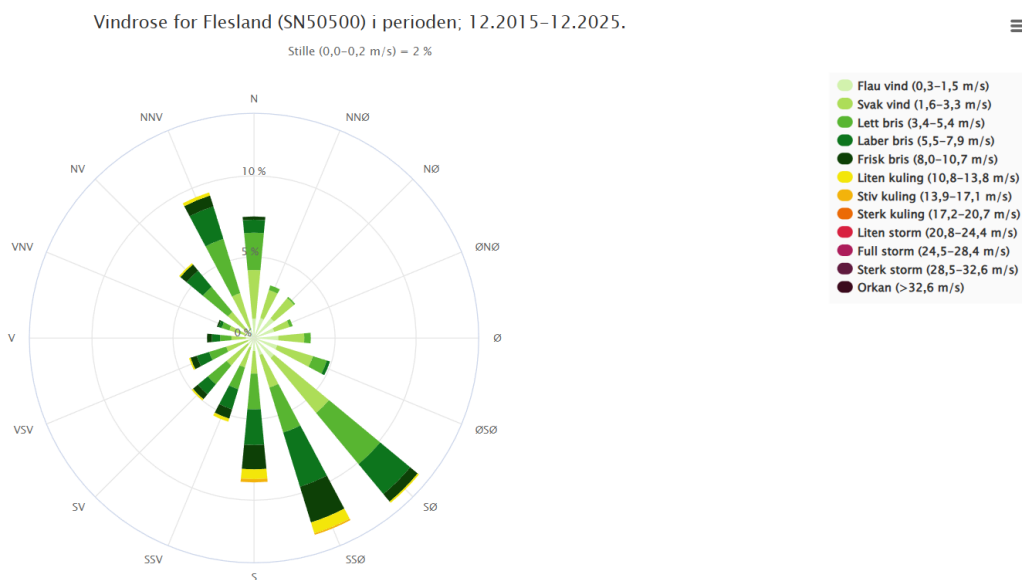


Figur 5: Illustrasjonsplan.

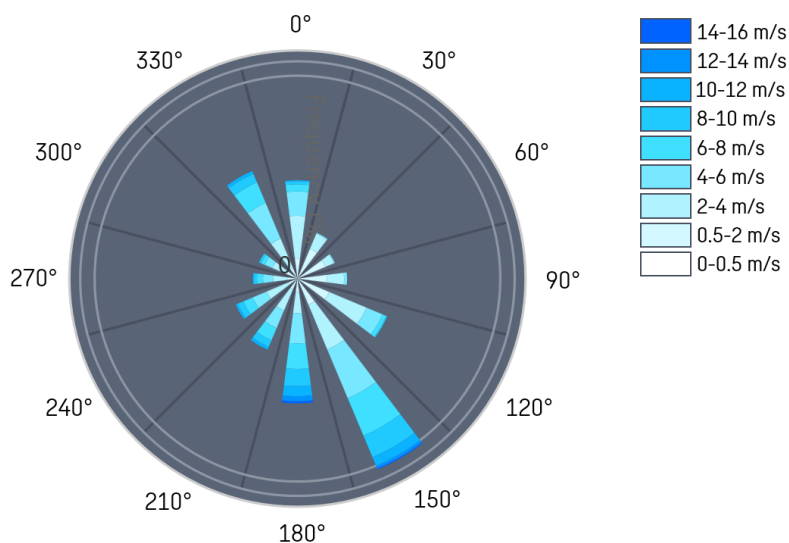
### 3 Lokale vindforhold

Som grunnlag for vindanalysen er det benyttet vindmålinger fra Flesland flyplass. Denne ligger omtrent 2 km vest for området og er nærmeste målestasjon med offentliggjort vinddata.

Vindstatistikken, presentert ved vindrosen i Figur 6, sier noe om både hvilken retning vinden kommer fra, i tillegg til vindstyrke og sannsynlighet. Det fremkommer at vind fra SØ/SSØ/S (150°/180°) og NNV (330°) er fremherskende vindretninger gjennom året, hvorav vindretning SØ/SSØ (150°) er den mest hyppige retningen av disse. Vindrosen i Figur 7 viser samme vindstatistikk, men med en noe lavere oppløsning tilsvarende 30°-sektorer, og er det som brukes videre i simulering.



Figur 6: Vindrose for Flesland, ti år.



Figur 7: Vindrose for Flesland med oppløsning på 30°, brukt til simulering.

### 3.1 Vurdering av lokalklima og vindkomfort

De mest representative resultatene fra vindanalysen og lokalklima vil være de som baseres på lokal vindstatistikk gjennom hele året. Her brukes gjerne begrepene «vindkomfort» og «sikkerhetsklasse», og baserer seg på en vindkomfortskala kalt «London», nærmere bestemt London LDDC. Vindkomfort er en inndeling av vindhastigheter og maksimal tillatt hyppighet for overskriding (her <5%) for ulike utendørsaktiviteter (sitte ofte, stå, gå m.m.), henholdsvis kategori A-S i Figur 8. Selv om et område får merkelappen «unsafe» og rød farge, betyr det i praksis bare at området kan oppleve vindstyrker tilsvarende 15 m/s eller mer over en tidsperiode på 2 timer eller mer i løpet av et år.

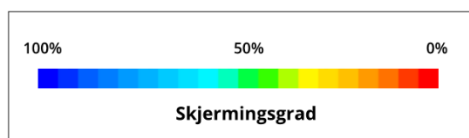
A	2.5 m/s	< 5%	Frequent Sitting
B	4 m/s	< 5%	Occasional Sitting
C	6 m/s	< 5%	Standing
D	8 m/s	< 5%	Walking
E	8 m/s	> 5%	Uncomfortable
S	15 m/s	> 0.022%	Unsafe

Figur 8: London LDDC mean velocity vindkomfortkriterier.

Vindresultater illustrert med London LDDC-skala er altså en sum av vindbelastningen for alle vindretninger og -hastigheter. Fordelen med denne presentasjonsmåten er at dette vil kunne avdekke områder som er vindutsatte fra flere ulike vindretninger. Men man vil ikke like lett kunne fange opp nøyaktig *hvilken* vindretning som er mest uheldig og spisse eventuelle avbøtende tiltak – dette krever en gjennomgang av de underliggende resultatene fra hver av de ulike vindretningene, som presentert i seksjon 0.

### 3.2 Grad av skjerming

For å se på konsekvens fra enkeltstående vindretninger henvises til *grad av skjerming* fremfor absolutte vindhastigheter. Skjerming er her altså en betegnelse for i hvilken grad (ytre/) uhindret vind blir redusert (skjermet), og angis i prosent (se Figur 9). Eksempelvis vil ytre vind angitt som *frisk bris*, også oppleves som frisk bris på områder som er røde (0% skjerming) i en slik skjermingsvisning. Områder med grønn farge, tilsvarende 50% skjerming, vil da til sammenligning oppleves som *lett bris*.



Figur 9: Fargekode for vindhastigheter, der 0% skjermingsgrad tilsvarer uskjermet ytre vind.

## 4 Resultater

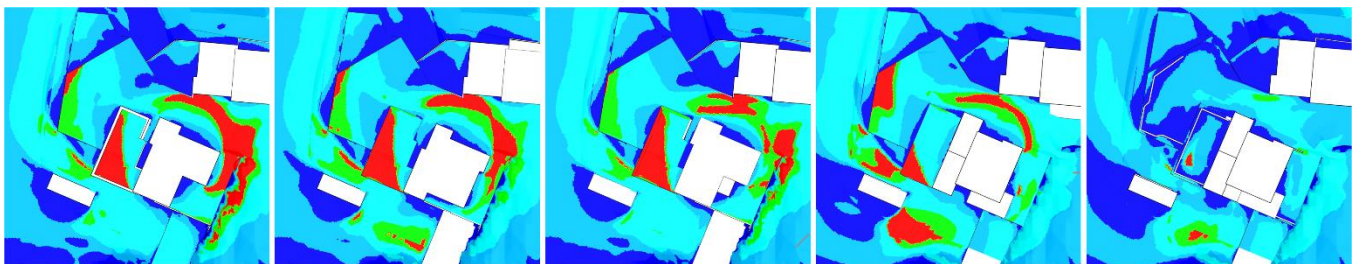
Resultater fra alle simuleringer er presentert i dette avsnittet med kun de viktigste aspektene for sammenligning av lokalklima og vindkomfort. Det har blitt sett på 5 ulike utforminger av høyhuset og vindskjermingstiltak, i hovedsak med hensikt å forbedre vindkomfort rundt høyhuset.

### 4.1 Vindkomfort

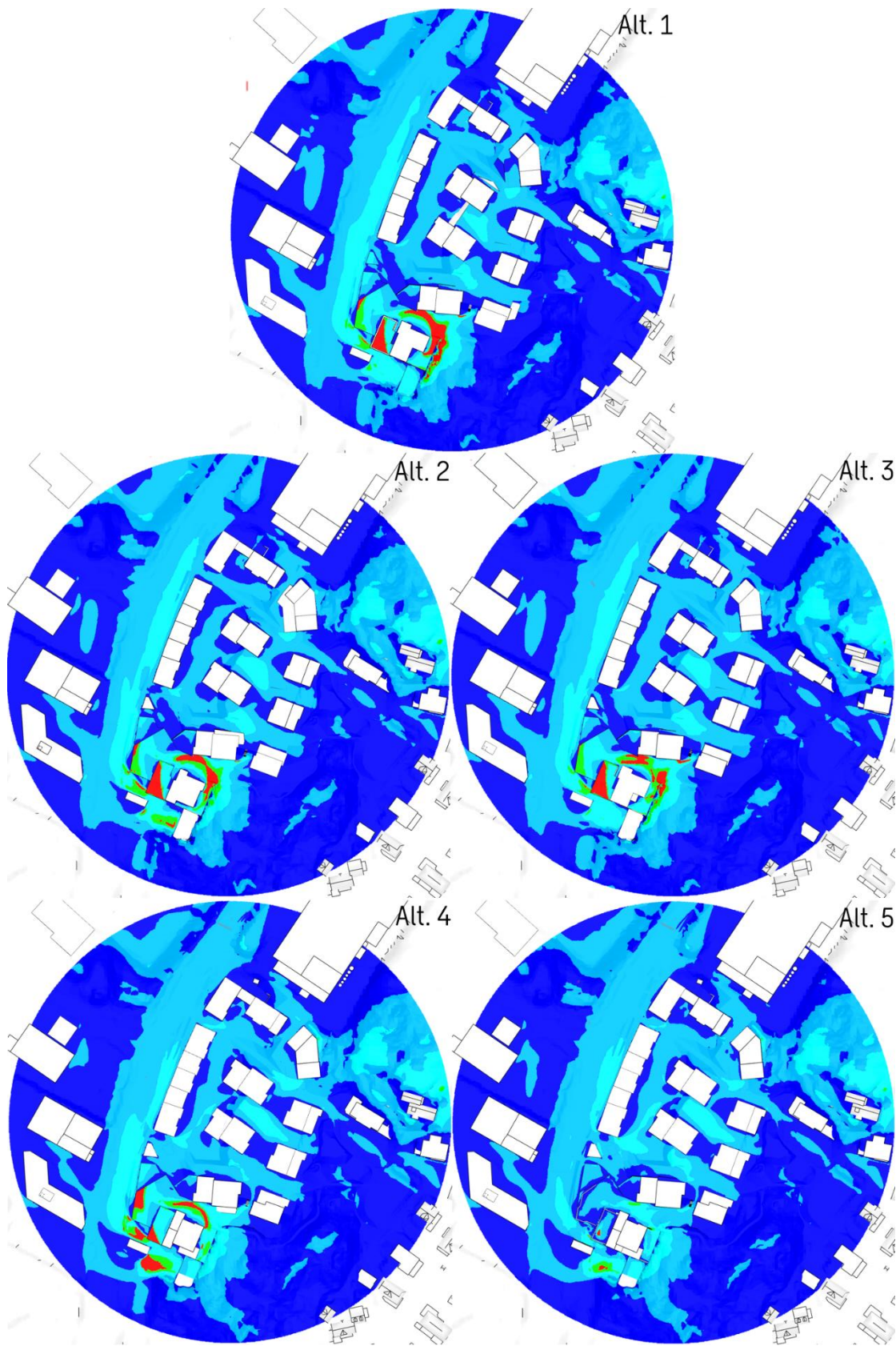
Vindkomforten representerer hvordan vindforholdene rundt de fremtidige byggene kommer til å oppleves, og regnes gjerne som det mest objektive resultatet for å kunne vurdere lokalklima med hensyn på vindforhold. Høyhuset i dette planalternativet er det som skaper utfordrende vindforhold på bakken, og har vært fokusområdet når alternativene 1-5 har blitt utformet og analysert. Endringer i utformingen er beskrevet i mer detalj i kapittel 4.2.1.

I Figur 11 vises vindkomfort 1,5m over bakken (farger som i Figur 8) presentert for alternativ 1-5. Dette viser at vindkomforten i planområdet for det aller meste er god. Som allerede nevnt oppstår det utfordringer rundt høyhuset (se Figur 10), og det er vurdert til å være primært på grunn av høyden og «det projiserte arealet» (*drag-effekt*) av høyhuset på relativt til de fremherskende vindretningene. Se ytterligere detaljer i avsnitt 4.2.

Fra alternativ 1-5 i Figur 10 er det en stadig bedring i vindkomforten rundt høyhuset, i form av mindre røde områdene. Samtidig forholder vindforholdene seg gode, eller enda bedre, rundt de lavere byggene og omkringliggende bebyggelse.



Figur 10: Vindkomfort rundt høyhus. Alternativ 1 til 5 henholdsvis fra venstre til høyre.



Figur 11: Vindkomfort for alle høyhusalternativer.

## 4.2 Skjermingsgrad i fremherskende vindretninger

### 4.2.1 Vind fra SØ/SSØ (150°) og sør (180°)

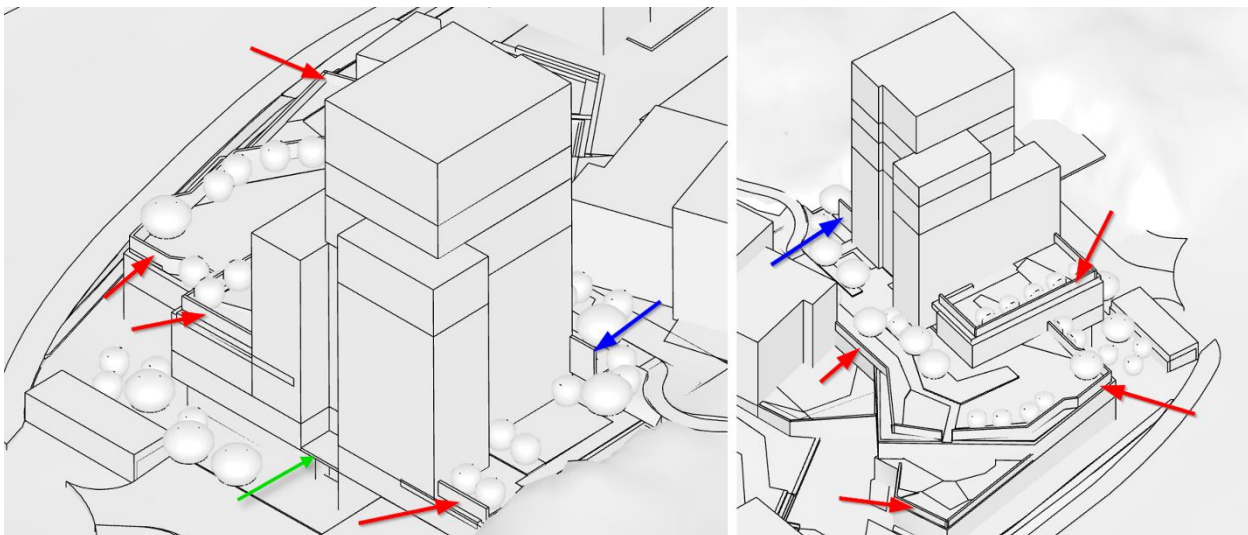
Av Figur 7 kan man se at vind fra 150° er den vanligste vindretningen, og blir derfor også den som får mest å si på vindkomforten. Resultatene fra 180° viser at denne vindretningen gir lav skjermingsgrad på samme steder som 150° men med kraftigere styrke, så selv om denne vindretningen ikke opptrer like ofte, vil den likevel ha en viss innflytelse på den totale vindkomforten.

Fra denne vindretningen skaper alternativ 1 et innvendig hjørne som vender nettopp mot 150°. Formen som er svært effektiv til å bremse opp strømming og skape en trykksone/mottrykk. Trykksonen blir kraftigst der møtende vind er sterkest, som er i høyden, som igjen vil dytte vind under denne trykksonen og ned på bakken rundt høyhuset, slikt som vist i Figur 14. De neste to alternativene (2 og 3) ble derfor utformet for å forsøke å minske denne trykkeffekten fra hjørnet, ved å fylle hjørnet med bygningsmasse.

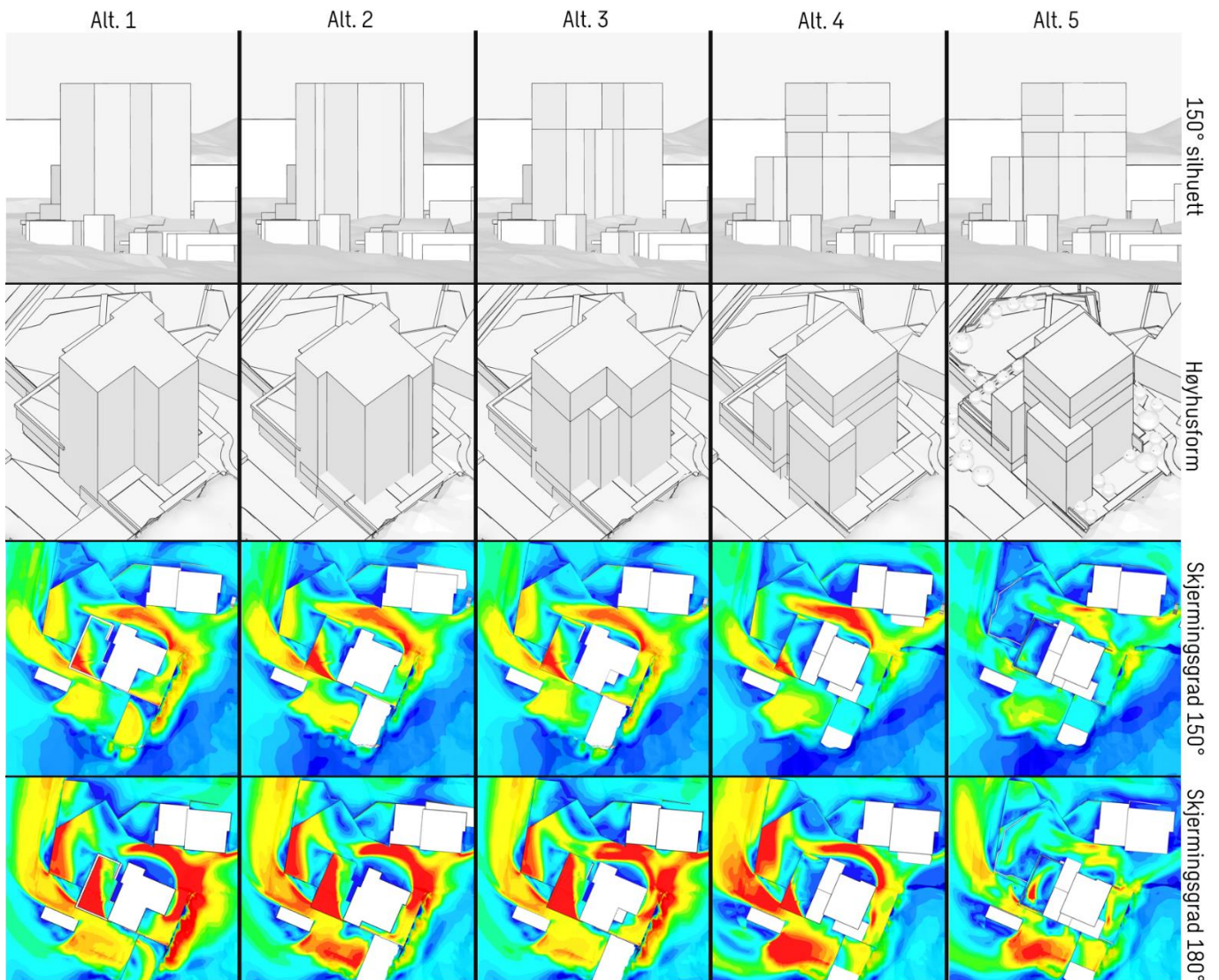
Resultatet fra alternativ 2 og 3 viste kun liten forbedring i både skjermingsgrad og vindkomfort på bakken. Tiltaket mot vind på bakken ble nå justert til å heller redusere aerodynamisk «drag» av høyhuset. Strategien ble å redusere høyhusets «silhuett», sett fra den fremherskende 150°, med hovedvekt på øvre del av bygget ettersom vindhastigheten er høyest her og har størst potensial for å lage en uønsket trykksone. Ved å redusere det projiserte arealet som vinden møter, vil drag minske sammen med dette mottrykket i toppen av høyhuset. Den nye utformingen av høyhuset (alternativ 4) ble derfor tilpasset til å ligge mer på langs av strømningsretningen.

Resultatene viser at alternativ 4 fikk noe bedre vindkomfort og skjermingsgrad for vind fra 150° og 180°. Det var likevel ønskelig med forbedret vindkomfort, men nå helst uten å påvirke utformingen av høyhuset ytterligere. Det ble nå sett på hvilke tiltak på bakken som kunne forbedre vindforholdene rundt høyhuset.

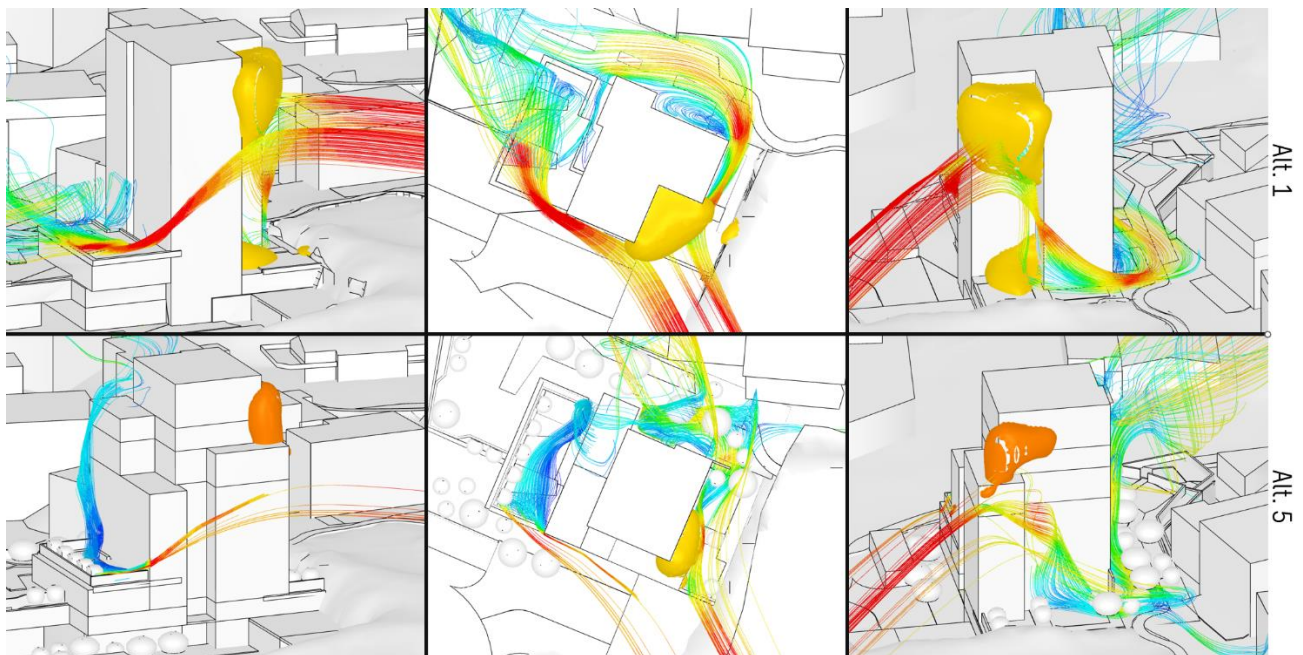
Tiltakene består i hovedsak av vegetasjon i form av trær rundt høyhuset i de områdene med lavest skjermingsgrad, en vertikal skjermingsvegg på det nordøstlige hjørnet av høyhuset, støyskjermingsvegger rundt kanten av terrassene, og en baldakin i «sjakten» på sørlig fasade. Oversikt over tiltakene er vist i Figur 12. Dette ble grunnlaget for modellen i det avsluttende alternativ 5, og ga stor effekt i både vindkomfort og skjermingsgrad.



Figur 12: Tiltak indikert for alternativ 5. Rød: støyskjermingsvegg, blå: vindskjermingsvegg, grønn: baldakin, kuler/bobler: trær.



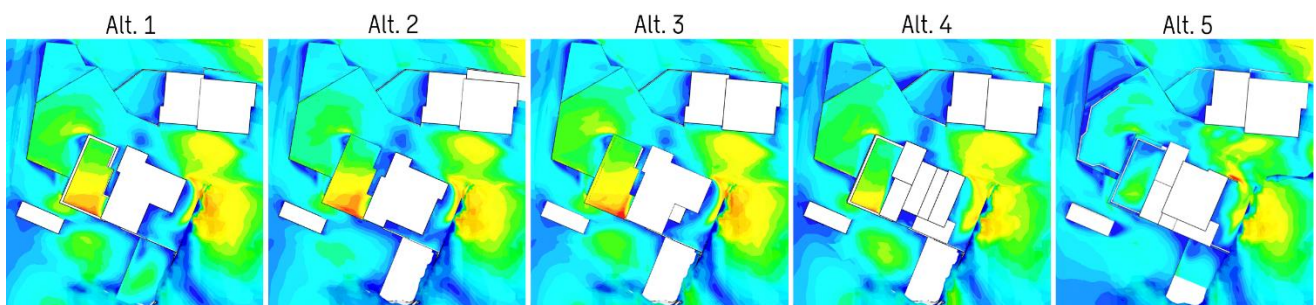
Figur 13: Silhuett sett fra 150°, struktur og skjermingsgrad på bakken rundt høyhusalternativ 1-5 (venstre til høyre). Øverste fargeplott er skjermingsgrad fra 150° og nederste er fra 180°.



Figur 14: Strømningslinjer av vind som blir dyttet ned på bakken av trykksonen (boblen). Alternativ 1 oppe og 5 nede. Tre synsvinkler per alternativ.

#### 4.2.2 Vind fra NNV (330°)

Vind fra denne retningen har vært av mindre betydning for vindkomforten på bakken. Dette er hovedsakelig på grunn av at vind fra 330° (eller vind generelt fra N/NNV) ikke medfører høye vindhastigheter på bakkeplan i like stor grad som vind fra SSØ, og er i tillegg ikke like vanlig som vind fra SSØ. Vindretningen bidrar likevel noe til økt vind på bakken, og overlapper på to områder med vind fra SSØ, hovedsakelig nordøstlig og sørvestlig hjørne av høyhus. Dette er av samme årsak som vind fra SSØ, altså at vind med høy hastighet treffer høyt oppe på høyhuset og blir trukket ned på bakken. Ettersom 330° og 150° er motstående vindretninger, vil silhuettbredden av høyhuset være lik fra begge sider, og dermed vil innsnevringen i bredde på høyhus i alternativ 4 og 5 forbedre vindhastigheten på bakken for begge retninger.



Figur 15: Skjermingsgrad rundt høyhus, vind fra NNV (330°).

## 5 Generelt om høyhus, fasader og effekten av det omkringliggende miljøet

Det er et kjent faktum at høye og dominerende strukturer *generelt sett* vil medføre høyere vind på bakkenivå. Premisset av «høy og dominerende» er utelukkende relativt - den aktuelle høye strukturen må rage høyere enn de omkringliggende, det er ikke tilstrekkelig at (bygning)strukturen subjektivt kan omtales som dominerende, f.eks har et fotavtrykk som fyller flere kvartaler. Strukturen må samtidig være vesentlig høyere enn de omkringliggende, og man ser dette gjerne i form av en fasade som rager høyt.

Om dette så først er tilfelle, vil de lokale vindforholdene siden bestemme i absolutt målestokk selve vindbelastningen på bakkenivå. Langs norskekysten er det mer værhardt og man har høyere dimensjonerende vind(last)hastigheter (29m/s) enn eksempelvis i innlandet (22m/s). Et høyt bygg alene vil trekke ned, relativt sett, like mye vind begge steder, men i absolutt målestokk vil ulempen og påkjenningen være større der vinden faktisk er sterkere. For å navigere i dette landskapet er de nevnte vindkomfortkriteriene til stor hjelp, som produserer objektive og sammenlignbare resultater som hensyntar lokale vindforhold. Den eneste variabelen i dette er valget av vindkomfortkriterie, for her finnes det flere, og mange har hørt om Lawson (som riktignok har 3 helt ulike sett kriterier.) Men nederlandske NEN8100 bør også nevnes. Og nettopp valget av vindkomfortkriterie henger sammen med den aktuelle befolkningen. Her til lands har man enda til gode å se myndigheter eller kommuner ta et bevisst valg av dette, noe som hadde gjort denne typen analyser og vurderinger vesentlig enklere og forutsigbare.

Et høyt og dominerende bygg vil altså i utgangspunktet kunne medføre høyere vind på bakkenivå. Det er nå to ting, utover lokale vindforhold, som har stor påvirkning på denne vindbelastningen:

1. **Byggenes utforming.** For «ordinære» bygg med 4 fasader så vil en fasade som *ikke* står vendt direkte mot en fremherskende vindretning redusere vindbelastningen betraktelig på bakkenivå.  
I enkelte tilfeller vil bygg ha en irregulær form som minsker dominerende fasaders størrelse sett fra de fremherskende vindretningene. Sirkulær form, avrundede hjørner osv, er eksempler på dette.
2. **Det omkringliggende bygningsmiljøet.** Steder hvor det allerede finnes høybygg eller andre strukturer med relativt lik høyde, vil se mye færre negative endringer (økt vind på bakkenivå) når det blir introdusert nye høyhus. Og forklaringen er enkel – grupperinger av høyhus eller lignende vil medføre et samlet sett stort hinder for vinden, og mer vil gå *over* byggene, enn å treffe enkeltfasader og siden ned på bakken.

Med andre ord vil høyhus som står alene eller langt fra hverandre lokalt sett, og vanligvis, medføre en økning av vind på bakkenivå.

Tilsvarende vil man kunne se at vindnivåene som produseres av ett enkelt høyhus, bli redusert når det i fremtiden kommer flere tilsvarende i samme området (gjerne i samme eller tilgrensende kvartaler), og spesielt også om den relative høydeforskjellen til omgivelsene reduseres ved at det tillates høyere bygg generelt.

Disse betraktningene er viktige å ha i bakhodet, og spesielt gjøre vurderinger sett i lys av de langsiktige planene og prosjektene for et område.

## 6 Konklusjoner

Med noen målrettede skjermingstiltak vil planforslaget for Store Breiholten med høyhusalternativ 5 ha en liten konsekvens for vindkomfort til tross for bruken av høyhus. Rundt selve høyhuset vil vindkomforten være noe redusert i forhold til rundt de andre, lavere byggene, men generelt sett er resultatene gode sammenlignet med hva man typisk vil forvente for bygningsvolumer som dette.

Vindkomforten på området for øvrig i planforslaget vil være for det meste god selv uten ekstra vegetasjon. Om vindkomforten betraktes som god eller ikke er relativ til bruken av arealet. Om det er et sted der mennesker skal sitte i ro, gå forbi eller vanligvis ikke oppholder seg, har betydning for hva som er akseptabelt kriterium av vindkomfort. Antallet trær og plasseringen av disse kan antagelig justeres noe, og det anbefales at det endelige resultatet bekreftes med tilsvarende metodikk som i denne analysen.

London LDDC-modellen brukt til å beregne komfort, og gir en moderat streng vurdering av komfort for de ulike vindhastighetene.

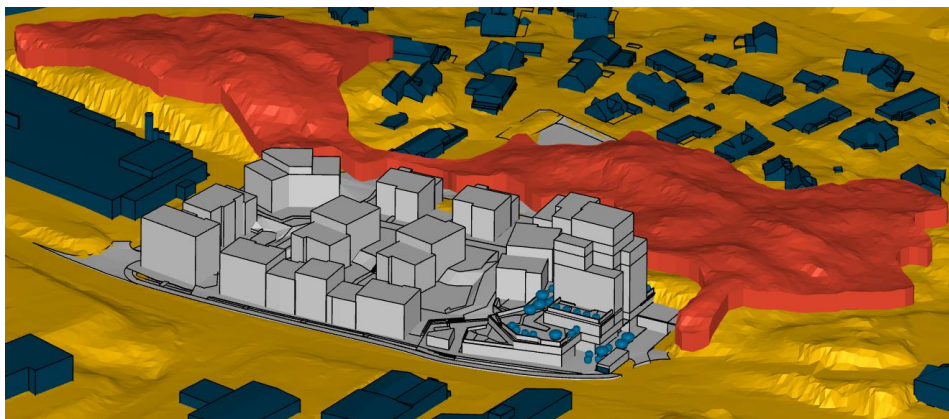
## 7 Metode

Vindanalysen er utført som en CFD<sup>1</sup>-simulering fra 12 ulike vindretninger. Som nevnt i kapittel 3 er vindobservasjoner over en 10-årsperiode lagt til grunn, og hyppigheten av ulik vindstyrke og retning fordeler seg som vist i vindrosene i Figur 6 og Figur 7.

Vindanalysen utføres i simuleringverktøyet Simscale. Det brukes en 3D-modell av all nærliggende bebyggelse, og i særstilling de som ligger opp- eller nedstrøms av fremherskende vindretninger. 3D-modellen av omkringliggende bebyggelse, samt terreng/topografi fra Kartverkets Høydedata.

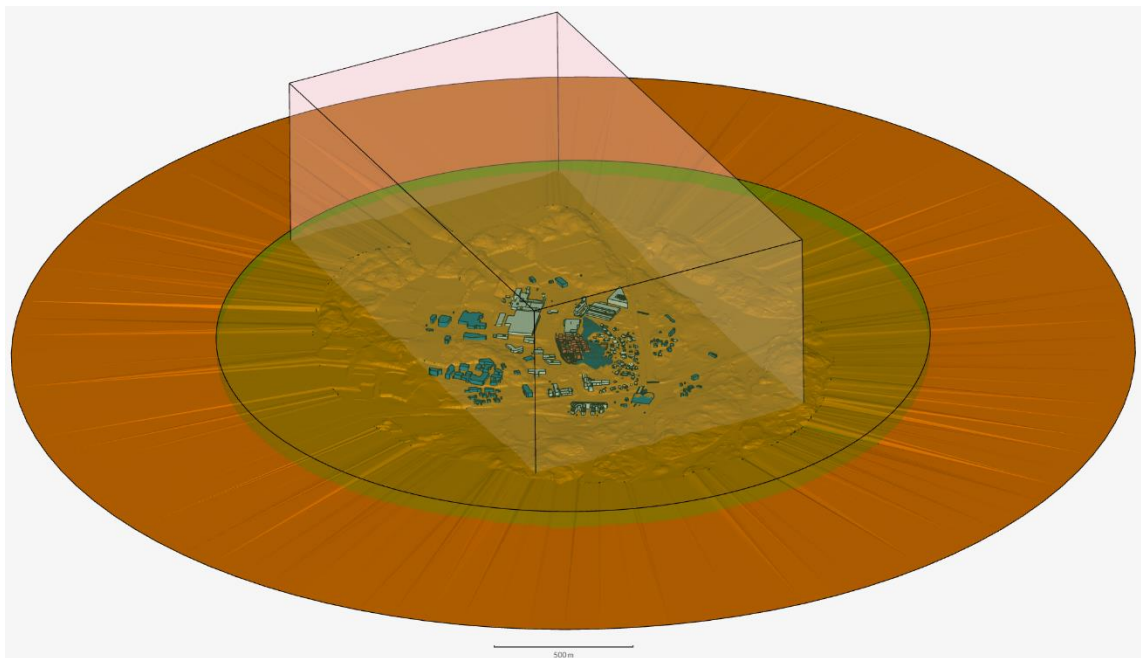
For å beregne faktiske vindhastigheter er det ikke tilstrekkelig å kun ha en modell av byggene – det må skapes et volum hvor luften kan bevege seg og beregnes. I disse vindsimuleringene benyttes det en «digital vindtunnel», vist i Figur 17. Denne vindtunnelen er relativ til den faktiske vindretningen som til enhver tid undersøkes, og vil altså roteres for hver av de 12 individuelle retningene slik at vind entrer på én kortsida, strømmer gjennom området som er av interesse, og videre ut på bakre kortsida. Vindtunnelen har et tverrsnitt på omtrent 1000m x 700m, og er ca 1900m lang. Dette sikrer at bygninger og terreng ikke skaper en unaturlig innsnevring i vindtunneltverrsnittet, hvilket ville skapt en kunstig forhøyet vindhastighet lokalt (tilsvarende venturiprinsippet) og derav en økt resultat sikkerhet.

Skogen øst for Store Breiholten og trærne rundt høyhuset er modellert som et volum med en porøs egenskap, tilsvarende det de lokale trærne har for en realistisk vinddempende effekt.



Figur 16: 3D-modell brukt i vindsimulering. Omkringliggende bebyggelse og terreng strekker seg radielt ut herifra. Rødt volum er modellert skog.

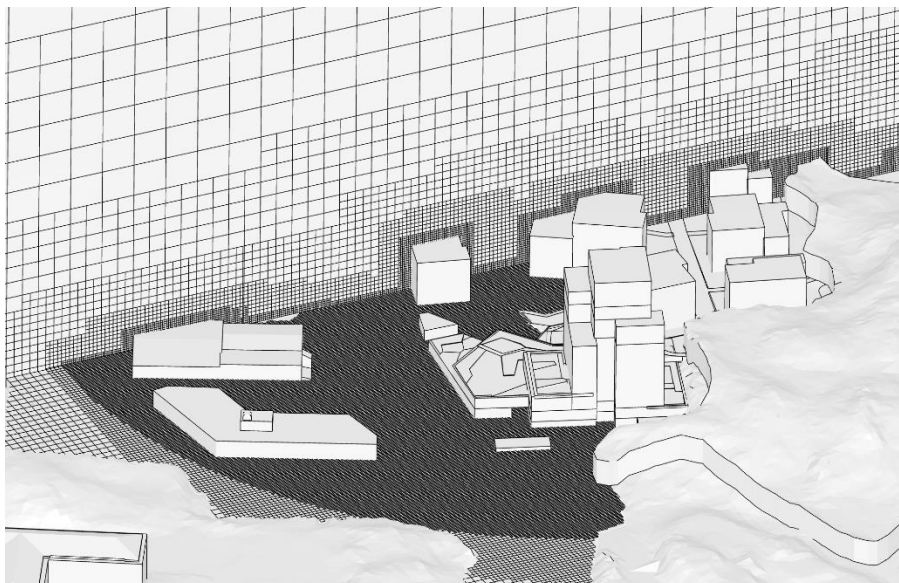
<sup>1</sup> Computational Fluid Dynamics



Figur 17: Vindtunnel for én av vindretningene, dette for rett nordlig vindretning. Modell av bebyggelsen kan skimtes gjennom boksen som utgjør vindtunnelen.

I en CFD-simulering som dette blir selve luftvolumet delt inn i små celler, kalt et *mesh*, og er illustrert i Figur 18 under. Hver celle får beregnet egne verdier for blant annet vindhastighet, -retning og turbulens. Simuleringen kjøres som en transient simulering, og får dermed med seg ustabiliteter og kast i vinden som forårsakes av terrenget og bygningsvolumene. Midlede resultater lagres over den siste 20% av simuleringstiden for hver vindretning.

Resultatene fra alle disse vindretningene brukes sammen med den observerte fordelingen av vindretning og -hastighet til å beregne de statistiske London LDDC-plottene, beskrevet i kapittel 3.



Figur 18: Eksempel på mesh. Det blir en finere inndeling i nærheten av fysiske overflater.