Glimtech AS

R-2022003 Nordland Idrettspark, Thalleåkeren - Vindanalyse

CFD-vindanalyse

Oppdragsnr.: **52407996** Dokumentnr.: **V04** Versjon: **J02** Dato: **2025-05-15**



Oppdragsgiver:	Glimtech AS
Oppdragsgivers kontaktperson:	Advansia, ved Erik Fygle
Rådgiver:	Norconsult Norge AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Fagansvarlig:	Nick Pedersen
Andre nøkkelpersoner:	Einar Aasli, Fredrik Fang Liland

Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J02	2025-05-15	Oppdatert med analyse uten stadionbygg	EinAas	FreLil	IneOls
J01	2025-03-07	For ekstern bruk	EinAas	FreLil	LeiSko
J01	2025-03-07	For ekstern bruk	EinAas	FreLil	LeiSko

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

I forbindelse med detaljreguleringsplan for Nordlands idrettspark på Thalleåkeren i Bodø hvor Bodø/Glimts nye stadion er planlagt, er det utført kvantitative vindanalyser. Analysene er utført med fokus på vindkomfort og vindrelatert sikkerhet på bakkeplan i og rundt planområdet. For å undersøke hvordan stadionet påvirker vindforholdene, er det gjennomført analyser både med og uten tiltak på tomten.

Resultatene er basert på 3D CFD-simuleringer av området, med en beregning av vindforsterkning for ulike vindretninger og en statistisk behandling av resultatene ved bruk av lokale meteorologisk data. Sluttproduktet av analysen er en kartlegging av vindkomfort og vindrelatert sikkerhet i og rundt planområdet, iht. internasjonal standard, komfortklasser og sikkerhetsklasser. Analysene er basert på simuleringer både med og uten den planlagte stadion, samt eksisterende nabobygg i området.

Bodø er generelt sett en vindutsatt by med en høy årlig middelvind. Hvorvidt beboere og andre folk i området vil la seg «forstyrre» av vinden er subjektivt. Eksponerte områder som ligger langs kysten, vil nødvendigvis måtte akseptere et generelt redusert vindkomfortnivå sammenlignet med områder lengre innenlands. Folk flest i kommunen vil være vant til at det kan blåse kraftig, men det bør allikevel tilrettelegges for god vindkomfort og vindsikkerhet så i så stor grad som mulig.

Kombinasjonen av at fremherskende vindretning er fra øst og at området øst for planområdet er relativt åpent med flate jorder og lite bebyggelse, gjør at vinden som kommer fra den hyppigste vindretningen får blåse relativt uhindret inn mot planområdet. Dette gjør tomten som stadionet planlegges på til et utfordrende område med hensyn til vind.

Resultatene fra vindanalysene viser at stadionet stort sett har positiv effekt på vindkomforten og vindsikkerheten i og rundt planområdet. Stadionet har en skjermende effekt i vestlig del av planområdet og i området nord for planområdet. Få områder påvirkes negativt av stadionet.

Resultatene fra analysen med stadionet viser at man langs østlige, vestlige og sørlige side, samt stadions hjørner får noe dårligere vindkomfort enn ellers på planområdet, samt soner med redusert vindsikkerhet. Særlig stadions sørvestlige hjørne er vindutsatt og har soner som fra et vindkomfortperspektiv kan karakteriseres som ukomfortabelt. Siden mange mennesker skal oppholde seg i disse utsatte områdene og hjørnene skal brukes som inngangspartier, burde man vurdere avbøtende tiltak for å forbedre vindrelatert komfort og sikkerhet.

Generelt kan lokale avbøtende tiltak for å redusere vindeksponeringen, som beplantning, levegger, gjerder eller lignende, bidra til å bedre vindkomforten og den vindrelaterte sikkerheten der den anses som uakseptabel.

Innhold

1	**Innledning**		**6**
2	**Vindforhold i området**		**9**
	2.1	Beliggenhet	9
	2.2	Vindstatistikk	9
3	**Kort om vind**		**12**
	3.1	Strømningsbildet rundt bygninger	12
	3.2	Vindkomfort og vindrelatert sikkerhet	13
4	**Analyseresultater**		**15**
	4.1	Vindkomfort	15
	4.2	Vindsikkerhet	18
5	**Avbøtende tiltak**		**22**
6	**Konklusjon**		**23**
7	**Referanser**		**24**
8	**Vedlegg A – metode**		**25**
	8.1	Beregningsmodell	25
	8.2	Modelloppsett og grensebetingelser	26
	8.3	Nøyaktighet av CFD-simuleringer	28
9	**Vedlegg B – Vindforsterkning**		**29**
	9.1	Vindforsterkning	29
	9.2	Vind fra 0°	29
	9.3	Vind fra 30°	30
	9.4	Vind fra 60°	31
	9.5	Vind fra 90°	32
	9.6	Vind fra 120°	33
	9.7	Vind fra 150°	34
	9.8	Vind fra 180°	35
	9.9	Vind fra 210°	36
	9.10	Vind fra 240°	37
	9.11	Vind fra 270°	38
	9.12	Vind fra 300°	39
	9.13	Vind fra 330°	40

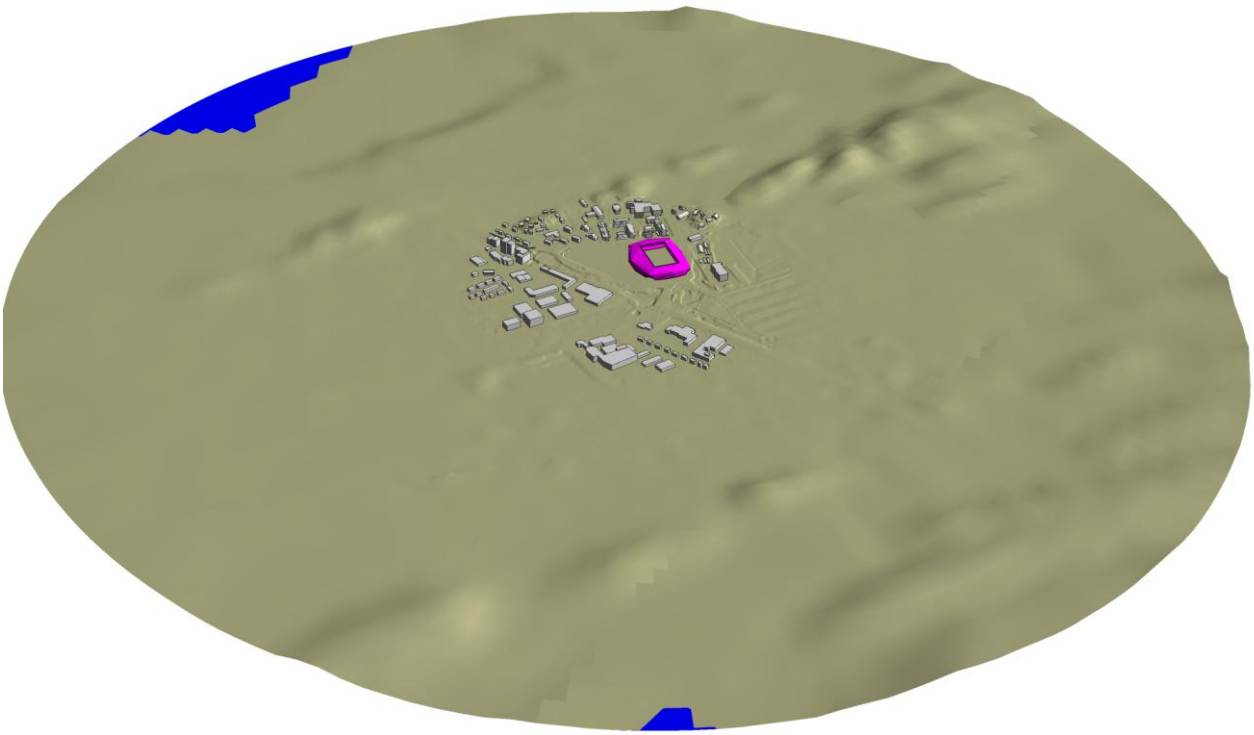
1 Innledning

Bodø/Glimt skal bygge nytt stadion på Thalleåkeren i Bodø. Stadionområdet har fått navnet Nordland Idrettspark. I forbindelse med detaljreguleringsplan for Nordland idrettspark, Thalleåkeren, er det utarbeidet en kvantitative vindanalyser. Analysene er gjennomført ved 3D CFD-simuleringer (CFD: Computational Fluid Dynamics) og har fokus på kartlegging av vindkomfort og vindrelatert sikkerhet på bakkeplan i og rundt planområdet. For å undersøke hvordan stadionet påvirker vindforholdene, er det gjennomført analyser både med og uten tiltak på tomten.

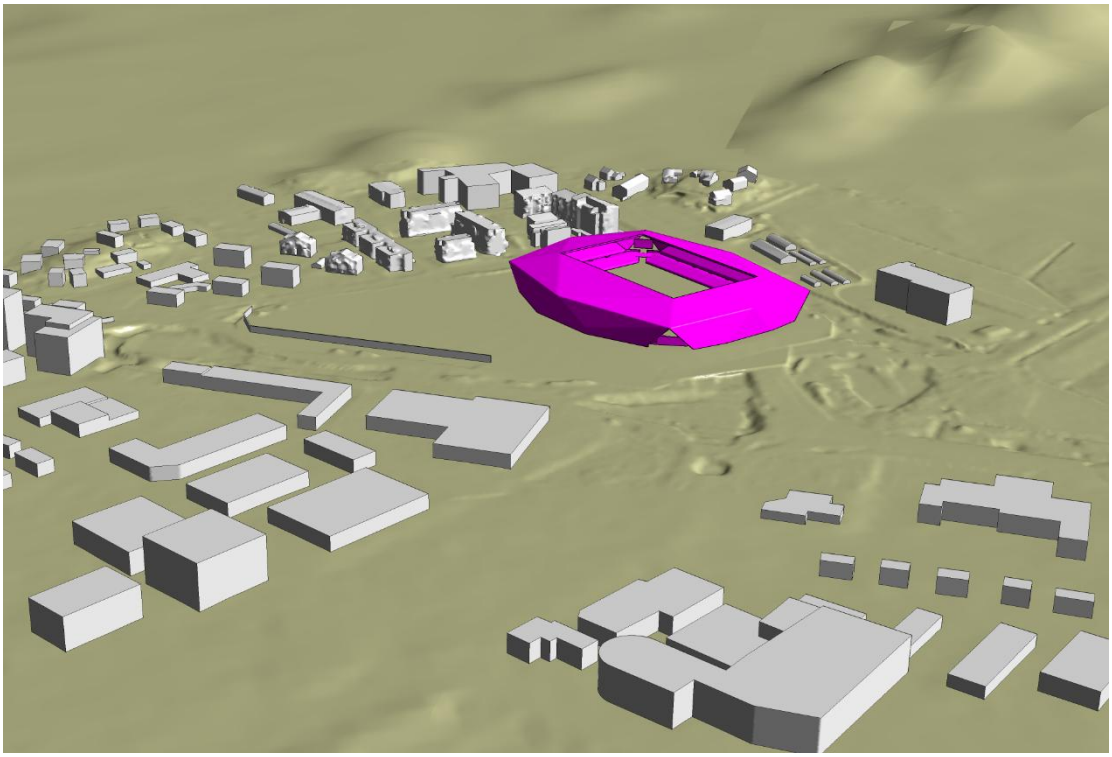
Overordnet sett avhenger vindforhold rundt bygg av byggenes utforming, deres plassering i forhold til hverandre, terrenget og vindstatistikken i området. Alle disse faktorene tas med i CFD-analysen av vindforholdene. Bygninger kan ha stor påvirkning på vinden – store fasader kan «dytte ned» vind til gatenivå og akselerere vindfeltet rundt byggets hjørner. Samspill mellom flere bygg som står tett kan ha uventede effekter på strømningen, og gater eller åpne passasjer mellom bygg kan virke som «vindtunneler». Disse faktorene kan påvirke komforten, og i enkelte tilfeller sikkerheten, i området.

Oversikt over geometrimodell brukt i vindanalysen med tiltak vises i figur 1 - figur 3. I figurene er Bodø/Glimts nye stadion markert i rosa. Langs den nordlige delen av den vestlige siden av planområdet langs riksvei 80 (RV80) er det plassert en 4 m høy støyskjerm. I analysen uten tiltak er ikke støyskjermen tatt med. For mer detaljer rundt simuleringsmetoden, se Vedlegg A – metode.

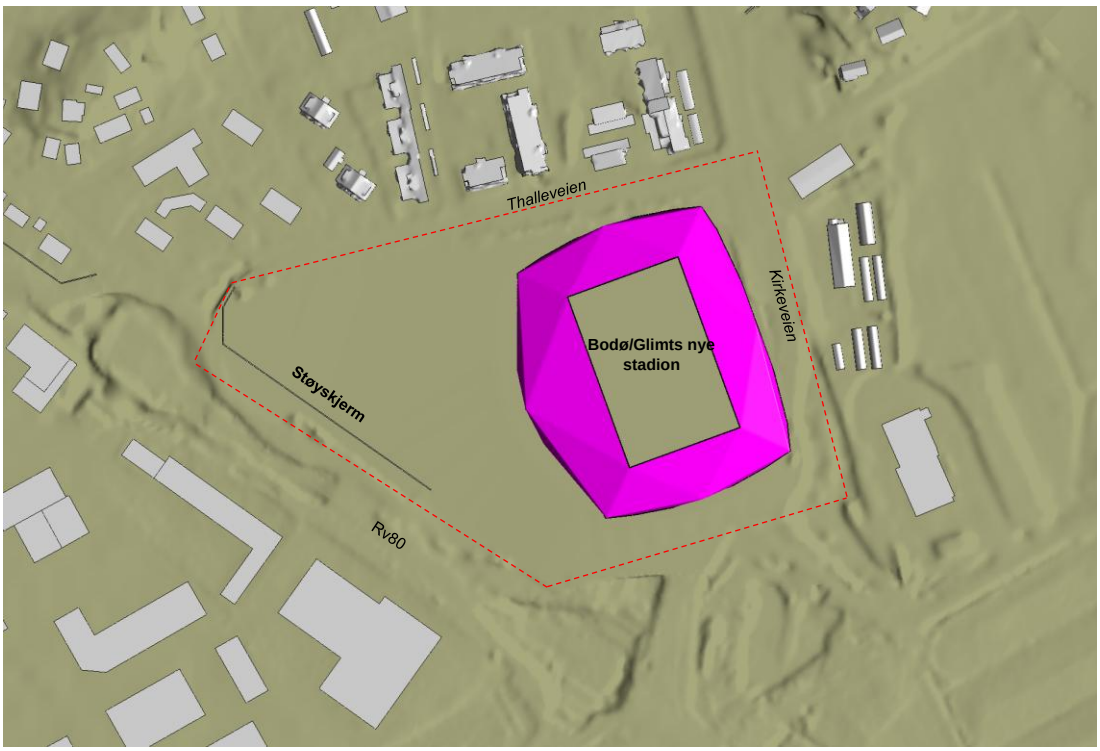
Sluttproduktet av analysen er en kartlegging av vindkomfort og vindrelatert sikkerhet i planområdet, iht. internasjonal standard. Vindkomfort- og sikkerhetskart er helhetsbilder som inkluderer både effekten av strømningsbildet rundt byggene og hyppighet av vindretning, samt vindstyrke gjennom året.



Figur 1: Oversikt over CFD-modell for Nordland idrettspark med stadion, sett fra sør.



Figur 2: Oversikt over CFD-modell for Nordland idrettspark med stadion, sett fra sør-vest.



Figur 3: Oversikt over CFD-modell for Nordland idrettspark med stadion på Thalleåkeren sett ovenfra med gatenavn. De røde stiplede linjene markerer omtrent planområdets grenser.

2 Vindforhold i området

2.1 Beliggenhet

Planområdet ligger i Bodø. Planområdet vises med rød prikk i figur 4. Nærmeste meteorologiske stasjon er ved Bodø lufthavn, og vises med blå prikk.

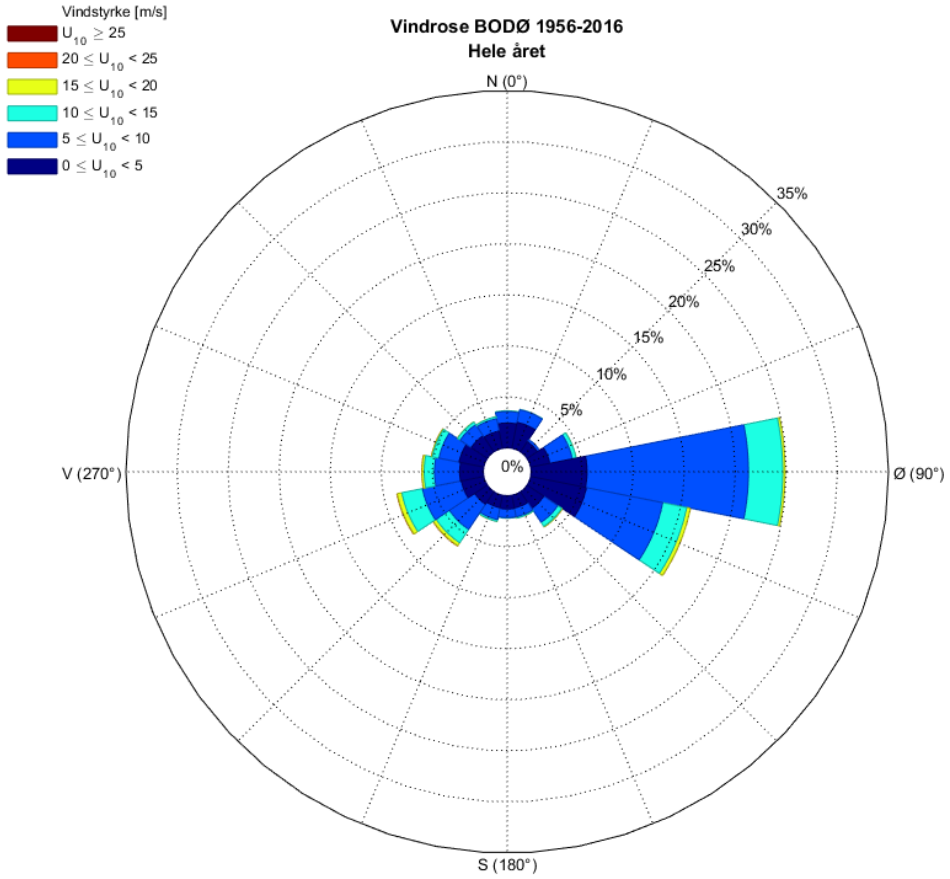


Figur 4: Planområdet vises med rød prikk. Nærmeste meteorologiske stasjon vises med blå prikk (© Kartverket).

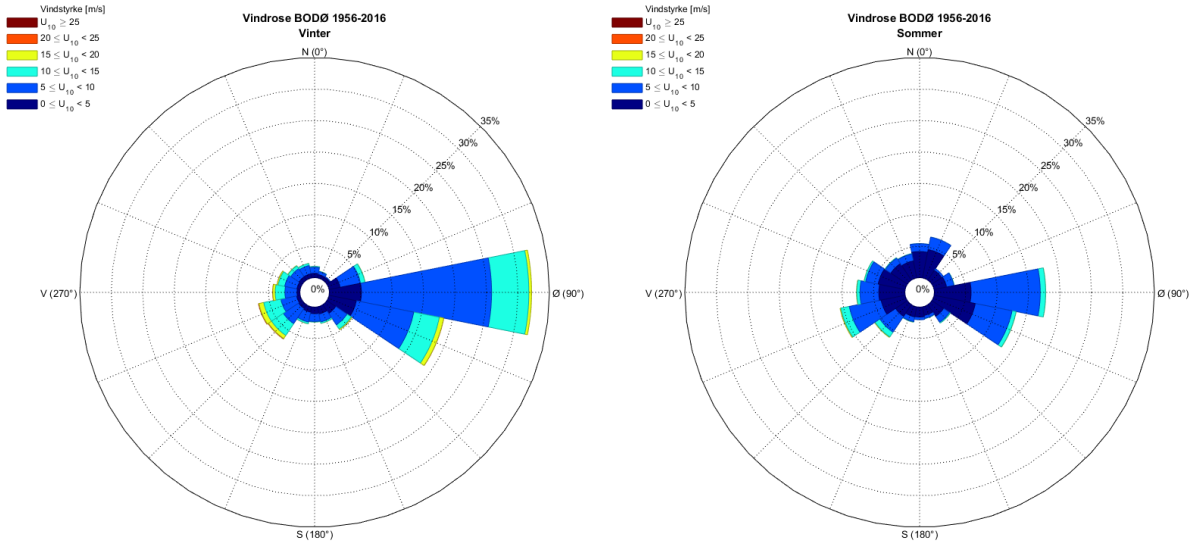
2.2 Vindstatistikk

Vindroser for området er vist i figur 5 og figur 6. Figurene viser statistisk fordeling av vindretninger som prosentvise andeler av tiden det blåser fra ulike retninger. I disse figurene er statistikken også delt etter vinter- og sommerhalvår.

Den fremherskende vindretningen i området er fra øst (Ø) til øst-sørøst (ØSØ). Både på sommeren og på vinteren er det vind fra øst som er dominant. Dette er imidlertid ikke et entydig bilde, ettersom vind fra andre retninger forekommer hele året. Foruten vind fra øst til øst-sørøst kan man se at vind fra vest-sørvest oppstår oftere enn andre retninger og at det veldig sjelden er vind fra nordlige og sørlige retninger.



Figur 5: Vindrose over året.



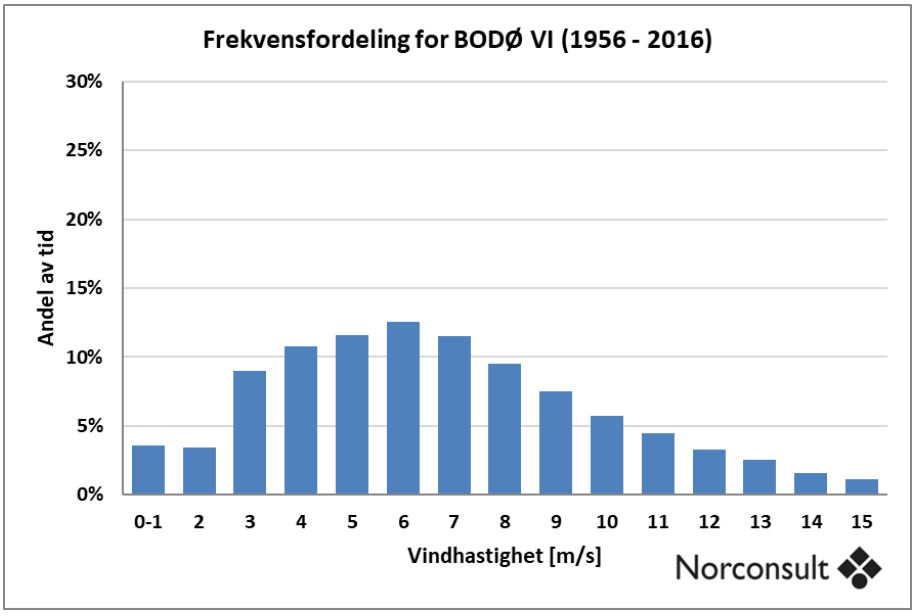
Figur 6: Vindrose, delt i hhv. vinter- og sommerhalvår.

Fordeling av vindhastighet mot andel av tid vises i figur 7. Gjennomsnittlig vindhastighet over hele året er på 6,3 m/s (tabell 1). Dette er en relativt høy middelvind, og kan f.eks. sammenlignes med 2,7 m/s for Oslo.

I inndelingen i tabell 2 ser man at det blåser hyppigst med vindhastighet mellom 6 – 10 m/s (47 % av året). Vind med hastighet mellom 1 – 5 m/s oppstår ca. 35 % av året, og det er relativt sjeldent «vindstille» (vindhastighet < 1 m/s).

De sterkeste vindhastighetene (opptil 16 – 20 m/s) inntreffer 1,9 % av året, og som regel ved vind fra vest og øst på vinterstid.

Vindhastighetene det refereres til i meteorologisk data er vind i vanlig referansehøyde, 10 meter over bakken. Vindstatistikken er basert på data for perioden 1957-2016 fra Meteorologisk institutts målestasjon ca. 2,0 km fra planområdet. Vindretning på et sted påvirkes av det lokale terrenget, og forholdene i det aktuelle området vil kunne avvike noe fra dataene fra Bodø lufthavn. Det anses derimot ikke å være noen forhold eller terreng som tyder på at det vil være store forskjeller mellom målestasjonen og planområdet. Vindstatistikken anses dermed som gjeldende for planområdet.



Figur 7: Andel av året ulike vindhastigheter forekommer.

Tabell 1:Observert middelvind over året

Meteorologisk stasjon	Observert middelvind (m/s)
Bodø lufthavn	6,3

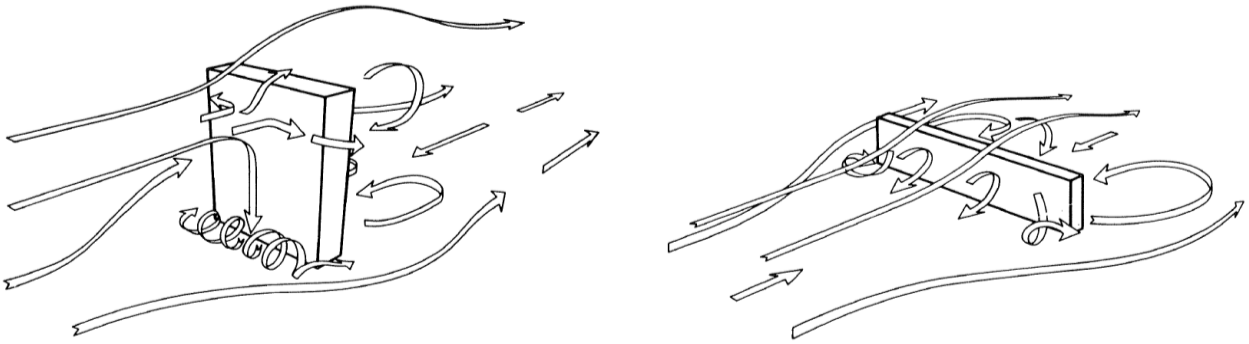
Tabell 2: Andel av året ulike vindhastigheter forekommer, inndelt.

Meteorologisk stasjon	Hastighet (m/s)	Andel av tid (%)
Bodø lufthavn	<1	3,58
	1 - 5	34,74
	6 - 10	46,74
	11 - 15	12,89
	16 - 20	1,89

3 Kort om vind

3.1 Strømningsbildet rundt bygninger

Strømningsbildet rundt et bygg avhenger av proporsjonen mellom byggets bredde og høyde, og vinkelen mellom fremherskende vindretning og dominant fasade. Vindfeltet rundt et forholdsvis lavt og et forholdsvis høyt bygg vises i figur 8 [1].



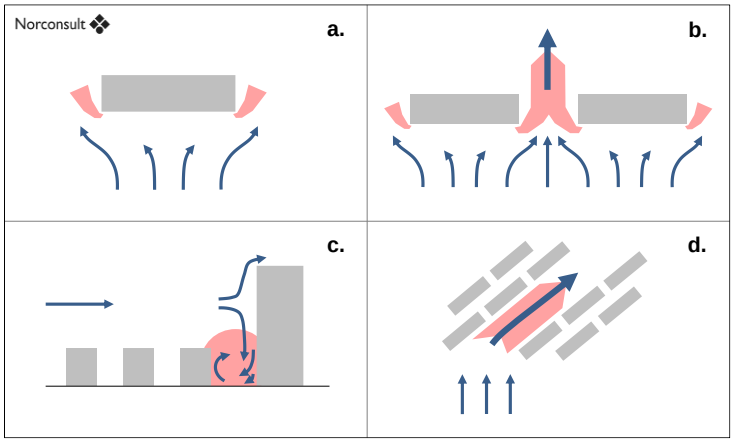
Figur 8: Typisk vindfelt rundt et forholdsvis høy og et forholdsvis lavt bygg [1].

Når luften treffer den vindeksponerte fasaden dannes det et overtrykk, og luften blir delt slik at den strømmer hhv. opp over taket, rundt sidene og ned mot baken. Luften som strømmer ned møter bakken og blir presset tilbake igjen mot den innkommende vinden. Luften rulles opp i en virvel langs byggets bredde. Strømningen her er ustabil, og preget av turbulens og vindkast. Luften blir deretter skjøvet ut mot sidene, og når den nærmer seg hjørnene blir den raskt revet med i nedstrøms retning. Denne akselerasjonen kan bli kraftig slik at hastighetene på bakken ved byggets hjørner kan være vesentlig høyere enn vindhastigheten i det fri.

Vinden som ikke strømmer nedover, men heller over taket og rundt sidene, slipper fra byggets skarpe kanter og danner en bakevje på lesiden av bygget. I denne bakevjen er lufthastigheten redusert, og strømningen er ustabil med svingninger i både retning og hastighet. Spesielt i området mellom bakevjen og den passerende vinden vil det oppstå turbulens, noe som vil oppleves som vindkast.

Et «høyt» bygg (> 5 etasjer) fanger mer av vinden en et forholdsvis «lavt» bygg (< 5 etasjer). Vindforholdene på bakken er dermed generelt sett mer ugunstige ved høye bygg sammenlignet med lave. Vindpåvirkningen kan, overordnet sett, begrenses ved å redusere det vindeksponerte arealet av bygget.

Når flere bygg står nær hverandre og vinden strømmer inn med varierende vinkel blir strømningsbildet svært komplisert. I mange tilfeller kan dette skape uforutsigbare effekter. Typiske problemstillinger med vind rundt bygg oppsummeres i figur 9.



Forklaring	
a.	Høye vindhastigheter kan oppstå på bakkeplan ved byggets hjørner.
b.	Når to eller flere bygg plasseres sammen kan akselerasjonseffekten forsterkes.
c.	Et høyt bygg som står blant lavere bygg kan dra ned vind fra høyden og skape dårlige vindforhold på bakken.
d.	Vind presses sammen mellom bygg som står samlet og kanaliseres langs bredere, åpne partier.

Figur 9: Typiske problemstillinger som følge av vind rundt bygg. Røde felt viser økte vindhastigheter.

3.2 Vindkomfort og vindrelatert sikkerhet

Vindkomfort beskriver hvordan vindens mekaniske krefter oppleves av mennesker. Komfortklasser baseres på hvorvidt, og hvor ofte, disse kreftene blir plagsomme. Beregningene tar dessuten hensyn til at stillesittende folk på f.eks. en benk opplever vind annerledes enn de som går raskt i en gate.

En persons opplevelse og bedømmelse av når vinden begynner å bli plagsom er subjektivt, og det finnes flere metoder for analyse av vindkomfort (se f.eks. [2]). Et av de mest utbredte sett med komfortkriterier brukt som industristandard for vindanalyser i dag er fra Lawson [3]. Disse kriteriene definerer seks komfortklasser basert på timemidlet vindhastighet i kroppshøyde (1,5 m). Komfortklassene definerer grenser for akseptable hastigheter for forskjellige aktiviteter og områder (tabell 3). Grensene er et resultat av omfattende forskning. Hvis det blåser over grenseverdiene på et sted mer enn 5 % av året, klassifiseres området som ukomfortabelt for den aktuelle aktivitetskategorien. I slike tilfeller bør vindskjermingstiltak vurderes.

Tabell 3: Lawsons kriterier for vindkomfort

Timemidlet vindhastighet i kroppshøyde 95 % av året	Komfort-klasse	Aktivitet	Områdebeskrivelse
< 2 m/s	**A**	Sitte – lange opphold	Veldig god komfort - steder for lange stillesittende opphold som *balkonger* eller *uteservering*.
2 – 4 m/s	**B**	Sitte	God komfort - steder for stillesittende bruk som er behagelig store deler av året. *Park, fellesområder, sittegrupper*.
4 – 6 m/s	**C**	Stå	Akseptabel komfort for stående – steder der man er i ro, men befinner seg relativt kort tid. *Inngangspartier, holdeplasser*.
6 – 8 m/s	**D**	Gå	Akseptabel komfort for gående – steder der folk skal kunne gå uten ubehag. *På fortau, ned gågater, i shoppingområder.*
8 – 10 m/s	**E**	Rask gange	Redusert komfort – steder som er vindutsatt, der man kun skal gå raskt gjennom som eksponerte *veier* og *parkeringsplasser*.
> 10 m/s	**F**	-	Ukomfortabelt – steder som er såpass vindutsatt at folk flest ikke vil ønske å ferdes eller oppholde seg der.

Lawsons kriterier gir også grenser for når vinden påvirker menneskers evne til å gå eller holde balansen. Hvis det blåser over verdiene i tabell 4 mer enn to timer i året er området ansett å ha redusert sikkerhet.

Tabell 4: Lawsons kriterier for vindsikkerhet.

Timemidlet vindhastighet i kroppshøyde 99.978 % av året	Sikkerhets-klasse	Områdebeskrivelse
< 15 m/s	**A**	God sikkerhet for generell befolkning.
15 – 20 m/s	**B**	Redusert sikkerhet for spesielt utsatte, som syklister eller eldre mennesker.
> 20 m/s	**C**	Redusert sikkerhet for generell befolkning.

Sikkerhetsklasse B og C indikerer at, på dager det blåser kraftig (typisk «stiv kuling»), vil være en redusert sikkerhet for spesielt utsatte (klasse B) eller for den generelle befolkningen (klasse C). Med spesielt utsatte menes det f.eks. syklister eller de med dårlig balanse, som eldre mennesker eller de med redusert mobilitet.

«Stiv kuling» på Beaufort skalaen er vindhastigheter på mellom 13,9 – 17,1 m/s, og iht. Meteorologisk institutt er kjennetegnet på en slik vindstyrke at «hele trær rører på seg; det er tungt å gå mot vinden». På dager med så sterk middelvind er det som regel også sterke vindkast, noe som ofte betyr at Meteorologisk institutt gir ut farevarsel på gult nivå for vind. Fra yr.no: «Gule farevarsler sendes ut når det forventes mindre konsekvenser. De fleste vil kunne fortsette sine daglige gjøremål, men de som f.eks. planlegger utendørsaktiviteter, bør være oppmerksomme eller eventuelt holde seg inne.»

4 Analyseresultater

I dette kapitlet presenteres resultater for vindkomfort og vindrelatert sikkerhet i planområdet. Resultatene presenteres i form av kart som viser komfort- og sikkerhetsklasser i kroppshøyde over bakken (1,5 m).

4.1 Vindkomfort

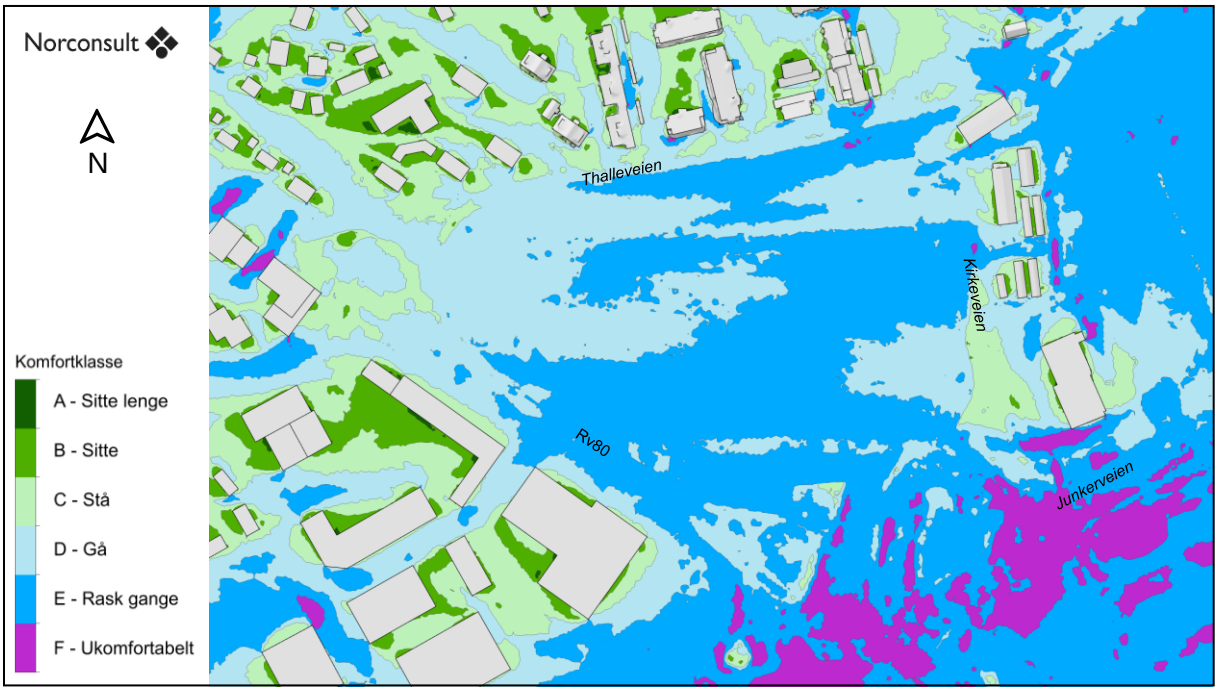
Figur 10 viser vindkomfort i kroppshøyde i planområdet og nabolag uten stadion slik det er i dag. Vindkomforten i planområdet i dag er preget av komfortklasse D og E.

Figur 11 - figur 15 viser vindkomfort i kroppshøyde i planområdet og nabolaget fra ulike perspektiver med stadion og støyskjerm. Store deler av planområdet har fortsatt komfortklasse D og E, men komforten er likevel mange steder bedre enn uten stadion. Som figurene viser forventes det noe utfordrende vindforhold på bakkeplan rundt det nye stadionet. Særlig sørsiden og østsiden av stadion langs Kirkeveien utmerker seg negativt. Ved sørvestlig hjørne har man et lite område som kan karakteriseres som «ukomfortabelt». Deler av planområdet hvor komforten er noe bedre er rett bak stadionets nordside og et område nordvest for stadion hvor man har komfortklasse C og B. Dette er områder hvor stadion skjermer for vinden, særlig ved den mest fremtredende vindretningen fra øst.

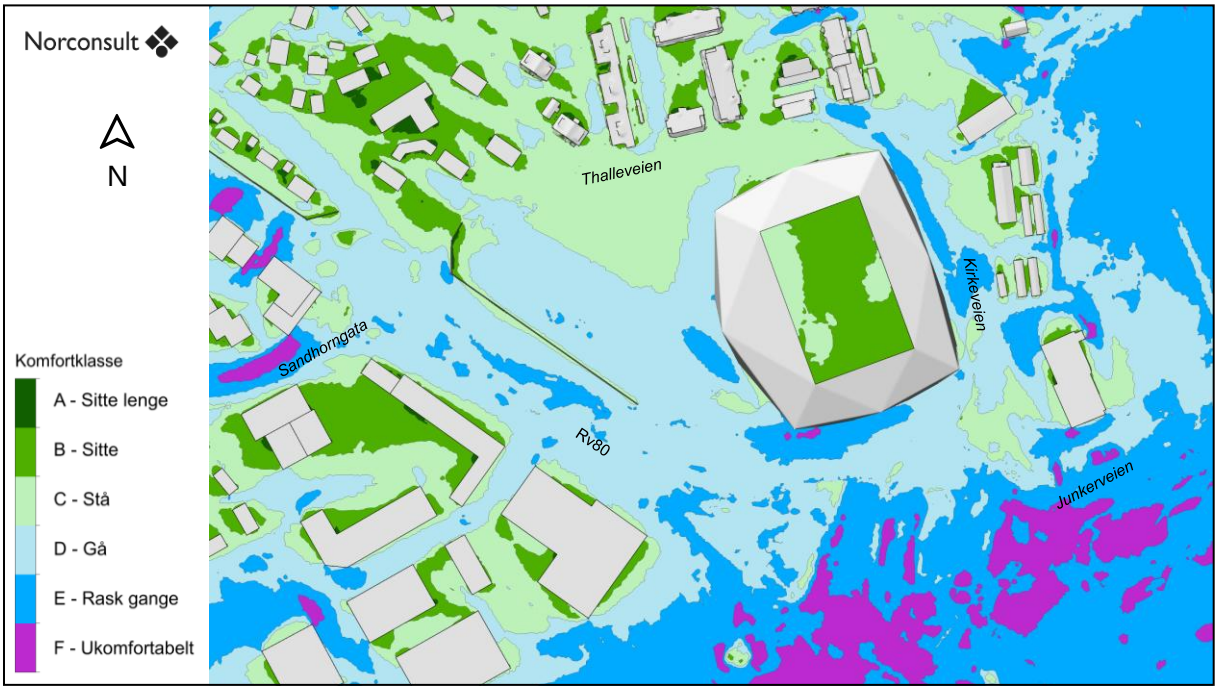
Kombinasjonen av at den fremherskende vindretningen er fra øst og at området øst for det nye stadionet er relativt åpent med flate jorder og lite bebyggelse, gjør at det er lite som bremser opp vinden og skjermer stadionet. Med andre ord får vinden som kommer fra den hyppigste vindretningen blåse relativt uhindret inn mot planområdet. Dette gjelder særlig stadionets sør- og østside.

Utenfor stadionets inngangspartier på hjørnene oppnår man stort sett ikke bedre vindkomfort enn klasse D. Særlig sørvestlig hjørne utmerker seg med dårligere vindkomfort. Som beskrevet i tabell 3 er det generelt ikke anbefalt å ha inngangspartier steder der det er komfortklasse D eller verre. Fra et vindkomfortperspektiv burde man derfor vurdere avbøtende tiltak for inngangspartiene (se kapittel 5).

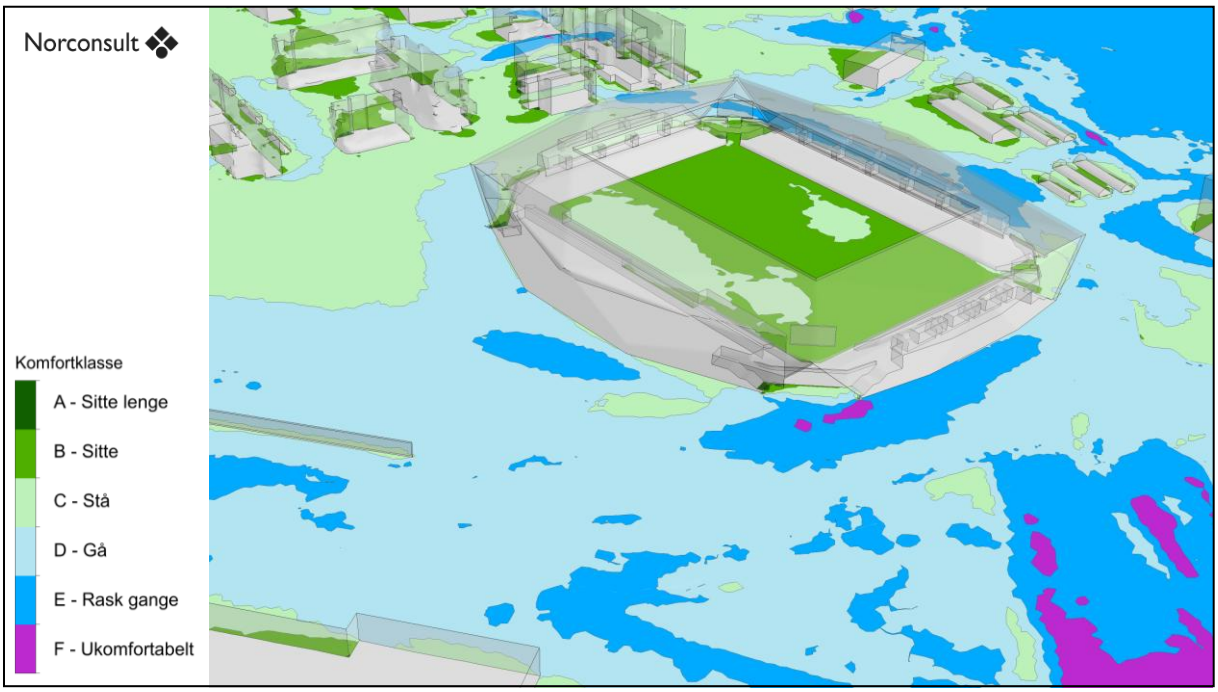
Overordnet sett vil stadionet og støyskjermen gjøre vindkomforten bedre i planområdet. Unntaket er ved sørvestlig hjørne hvor det blir ukomfortabelt. Tiltak for vindskjerming kan bidra til å bedre opplevelsen av vindforholdene rundt stadion. I planområdets omgivelser bidrar stadionet stort sett til å bedre vindkomforten. Dette gjelder særlig rundt bebyggelsen nord for Thalleveien. Sandhorngata påvirkes dog negativt og går fra komfortklasse E til klasse F «ukomfortabelt» med stadion.



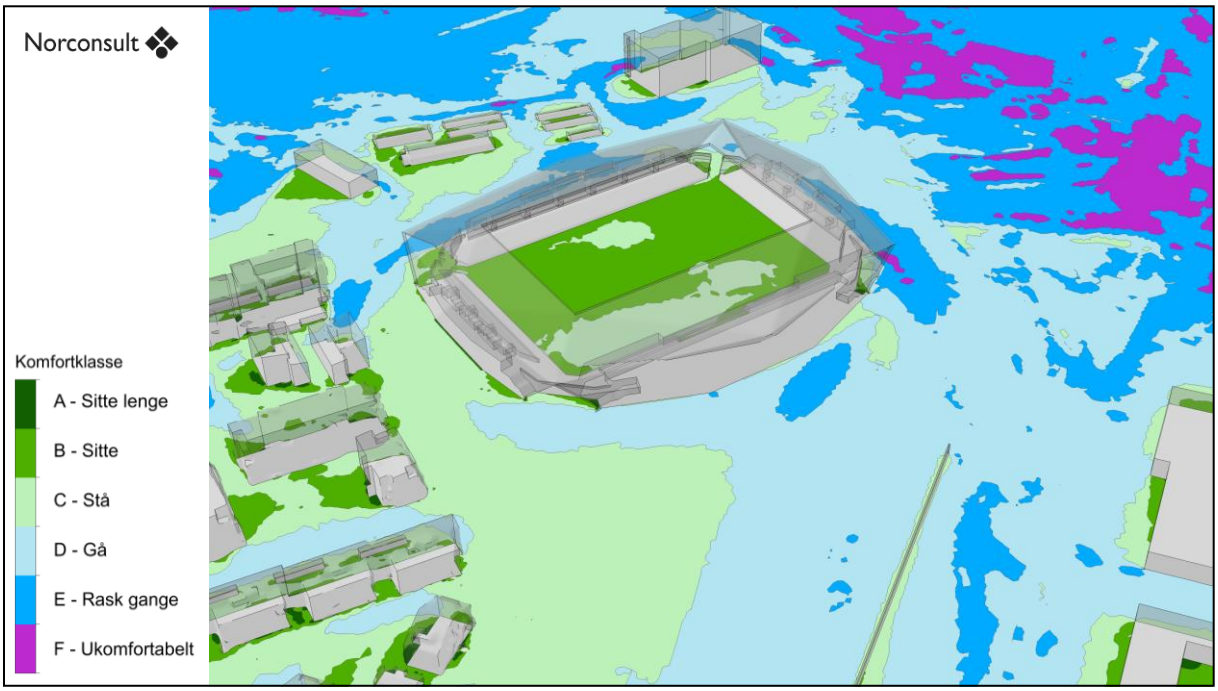
Figur 10: Vindkomfort i kroppshøyde, visualisert på bakkenivå uten stadion.



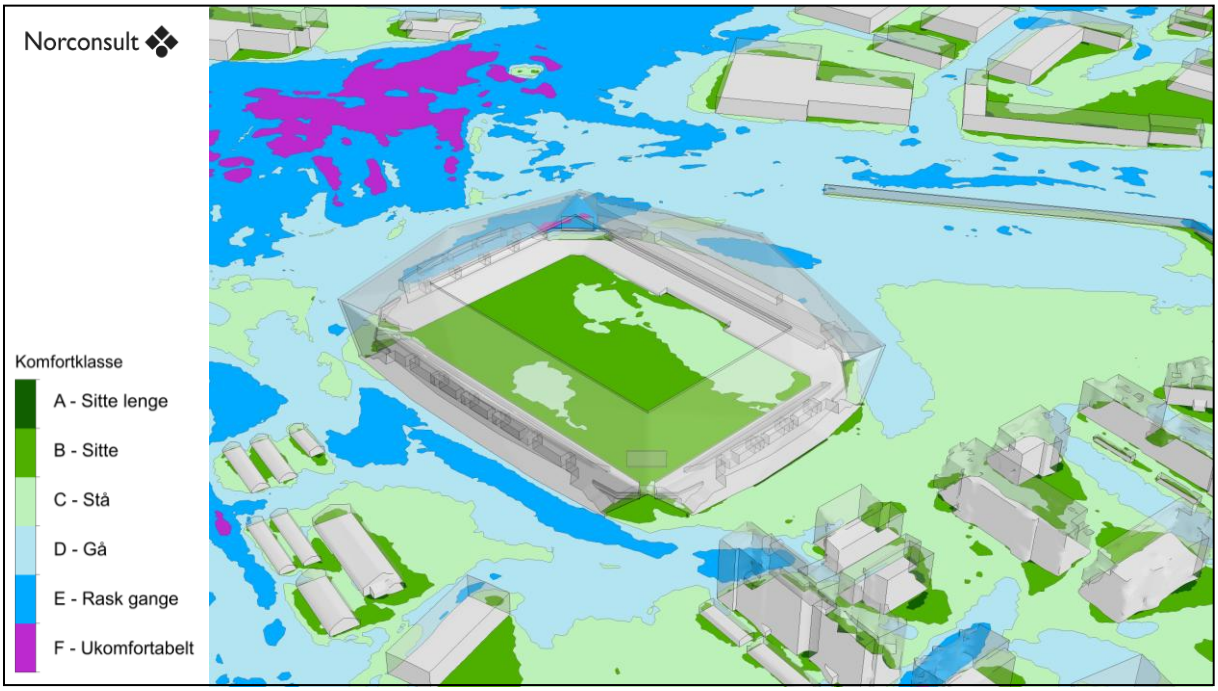
Figur 11: Vindkomfort i kroppshøyde, visualisert på bakkenivået med stadion.



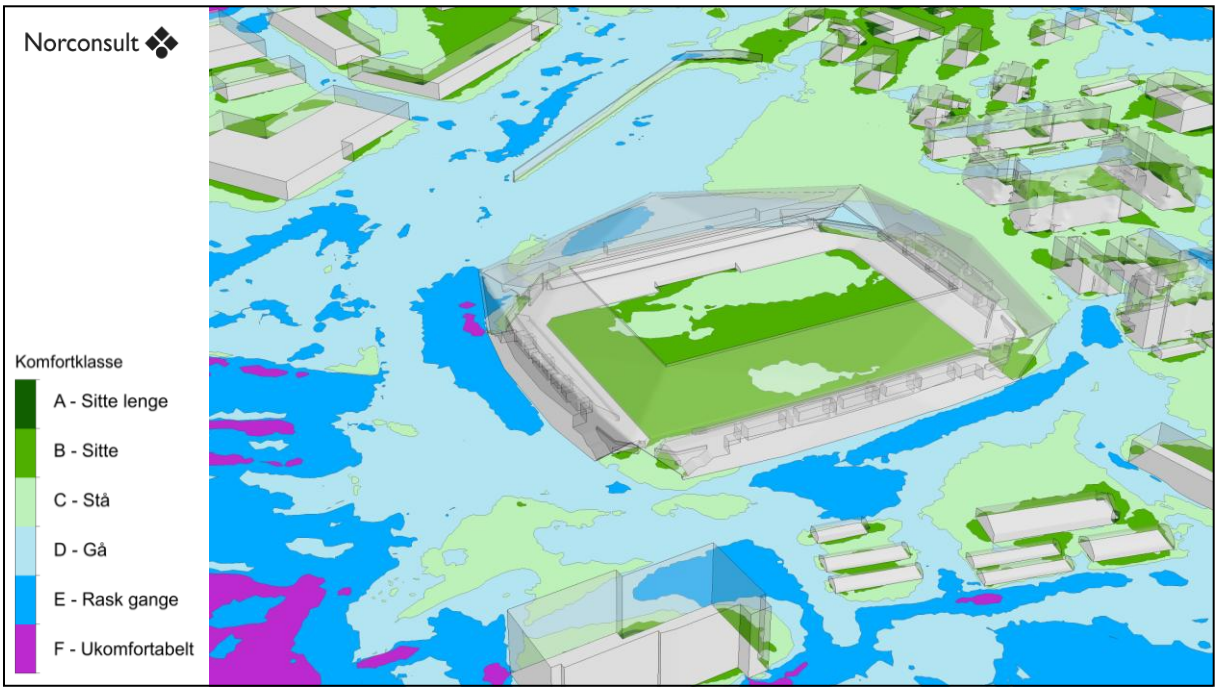
Figur 12: Vindkomfort i kroppshøyde, visualisert på bakkenivået med stadion. Sett fra sørvest.



Figur 13: Vindkomfort i kroppshøyde, visualisert på bakkenivået med stadion. Sett fra nordvest.



Figur 14: Vindkomfort i kroppshøyde, visualisert på bakkenivået med stadion. Sett fra nordøst.



Figur 15: Vindkomfort i kroppshøyde, visualisert på bakkenivået med stadion. Sett fra sørøst.

4.2 Vindsikkerhet

Figur 16 viser vindsikkerhet i kroppshøyde på bakkeplan i planområdet og nabolaget uten stadion. Vindsikkerheten i planområdet uten stadion er preget av sikkerhetsklasse B (noe redusert sikkerhet for den generelle befolkningen).

Figur 17 - figur 21 viser vindrelatert sikkerhet i kroppshøyde på bakkeplan i planområdet og nabolaget fra ulike perspektiver med stadion og støyskjerm. Sikkerhetskartene viser at man vil ha soner med sikkerhetsklasse B (noe redusert sikkerhet for den generelle befolkningen) langs stadions sørlige, østlige og nordre del av vestlige side, samt rundt sørvestlig og nordøstlig del av planområdet. Et par mindre soner på stadions østside og sørvestlige hjørne har sikkerhetsklasse C (redusert sikkerhet for den generelle befolkning). Generelt anbefales det å unngå sikkerhetsklasse C der mennesker skal ferdes og oppholde seg. Området på nordsiden av stadion og et større område lenger vest for stadion mot støygjerdet i planområdet vil ha god vindsikkerhet (sikkerhetsklasse A).

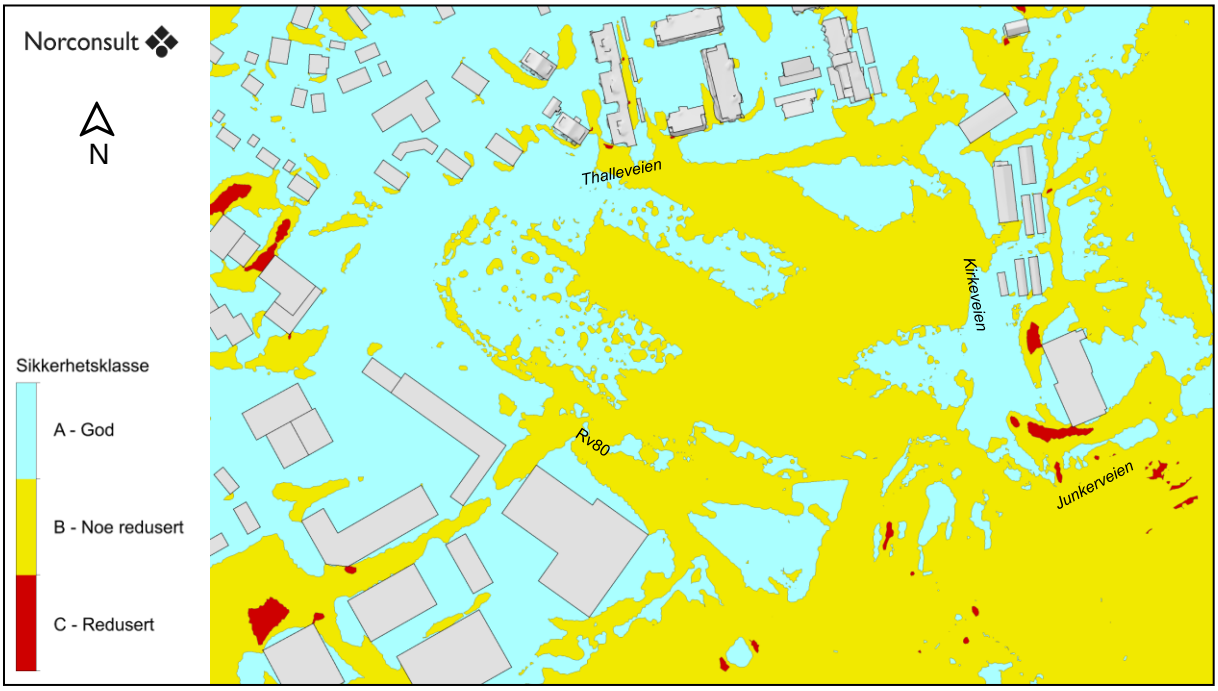
Sikkerhetsklasse B gir en indikasjon på at det vil være redusert sikkerhet på det gjeldende området for spesielt utsatte personer på dager det blåser kraftig (typisk «stiv kuling» eller høyere). Med spesielt utsatte personer menes det syklister eller de med dårlig balanse (f.eks. eldre mennesker eller de med redusert mobilitet). «Stiv kuling» på Beaufort skala er gjennomsnittlig vindhastighet over en periode på ti minutter på mellom 13,9 – 17,1 m/s, og iht. Meteorologisk institutt er kjennetegnet på denne vindstyrken at «hele trær rører på seg; det er tungt å gå mot vinden».

I Bodø blåser det som regel med vindstyrker tilsvarende stiv kuling ca. 4,6 % av året. På dager med så sterk middelvind er det som regel også sterke vindkast, noe som ofte betyr at Meteorologisk institutt gir ut farevarsel på gult nivå for vind. Fra yr.no: «Gule farevarsler sendes ut når det forventes mindre konsekvenser. De fleste vil kunne fortsette sine daglige gjøremål, men de som f.eks. planlegger utendørsaktiviteter, bør være oppmerksomme eller eventuelt holde seg inne.»

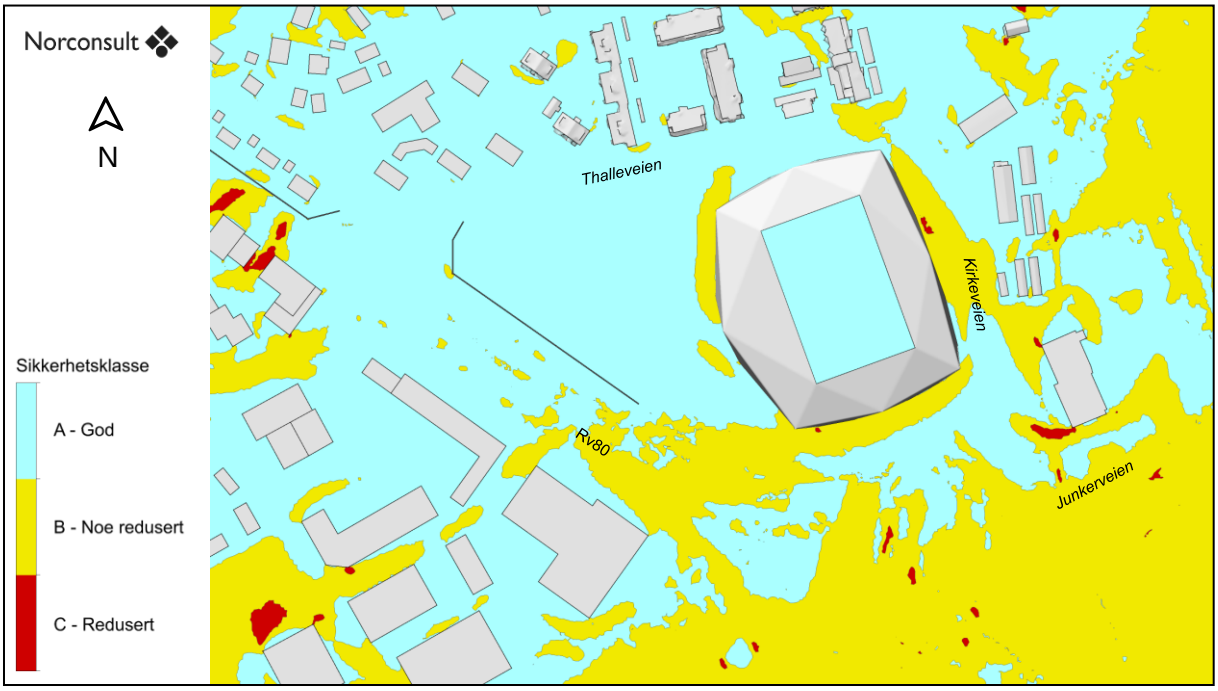
Langs stadionets sider og utenfor alle de fire hjørnene som fungerer som inngangspartier for publikum har man soner med sikkerhetsklasse B. Siden dette kan gi utfordringer for mennesker med redusert mobilitet burde man iverksette avbøtende tiltak (se kapittel 5) for å forbedre vindsikkerheten.

Selv om man har soner rundt stadion i planområdet med noe redusert sikkerhet skiller ikke vindsikkerheten seg nevneverdig fra ellers i området. Det åpne landskapet øst og sør for stadion gjør

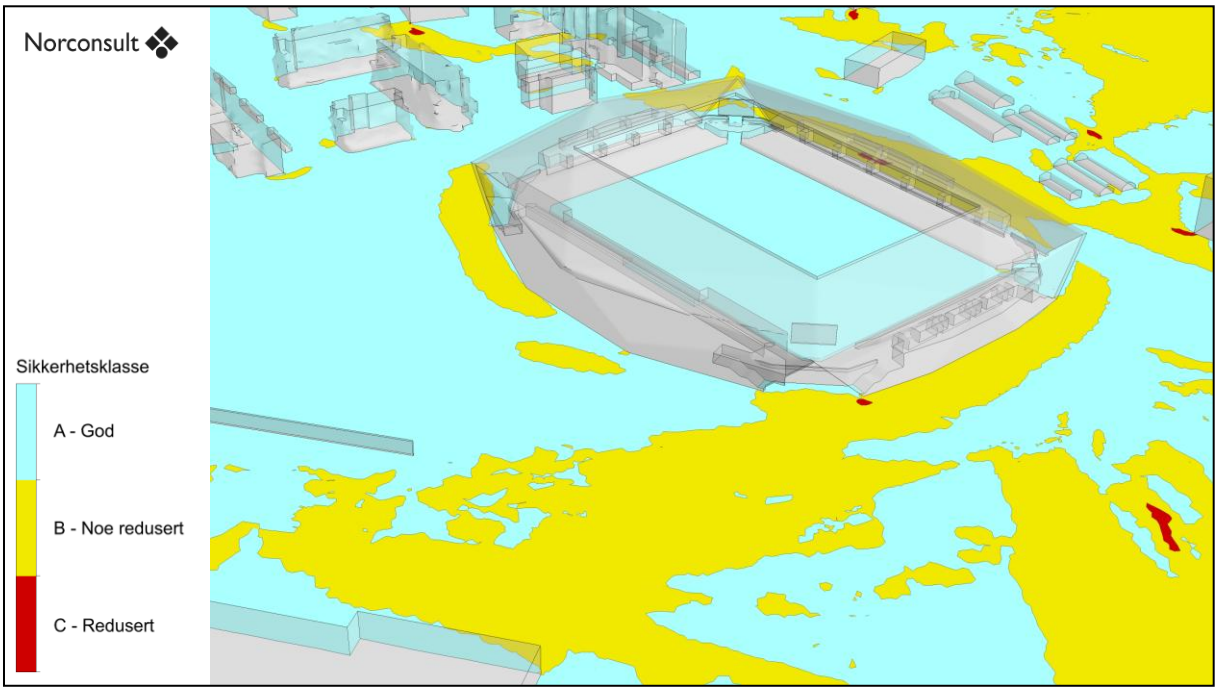
området særlig eksponert for vind. Som man kan se i sikkerhetskartene har særlig områdene sør og øst for planområdet komfortklasse B og til dels komfortklasse C. Sammenligner man resultatene med og uten stadion ser man at stadionet og støyskjermens påvirkning på vindsikkerheten stort sett er positiv. De har skjermende effekt og forbedrer vindsikkerheten i vestlig del av planområdet slik at det går fra klasse B til A. Området nord for planområdet opplever også forbedring av vindsikkerheten.



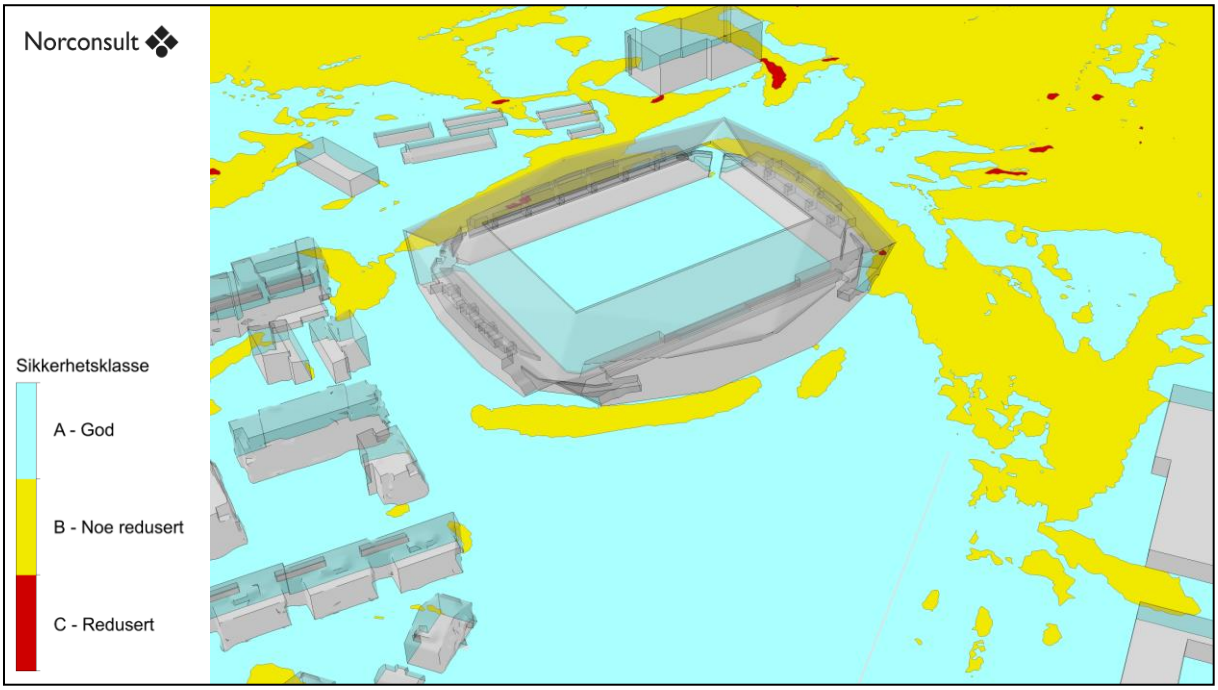
Figur 16: Sikkerhetskart som viser sikkerhetsklassene i kroppshøyde, visualisert på bakkenivået uten stadion.



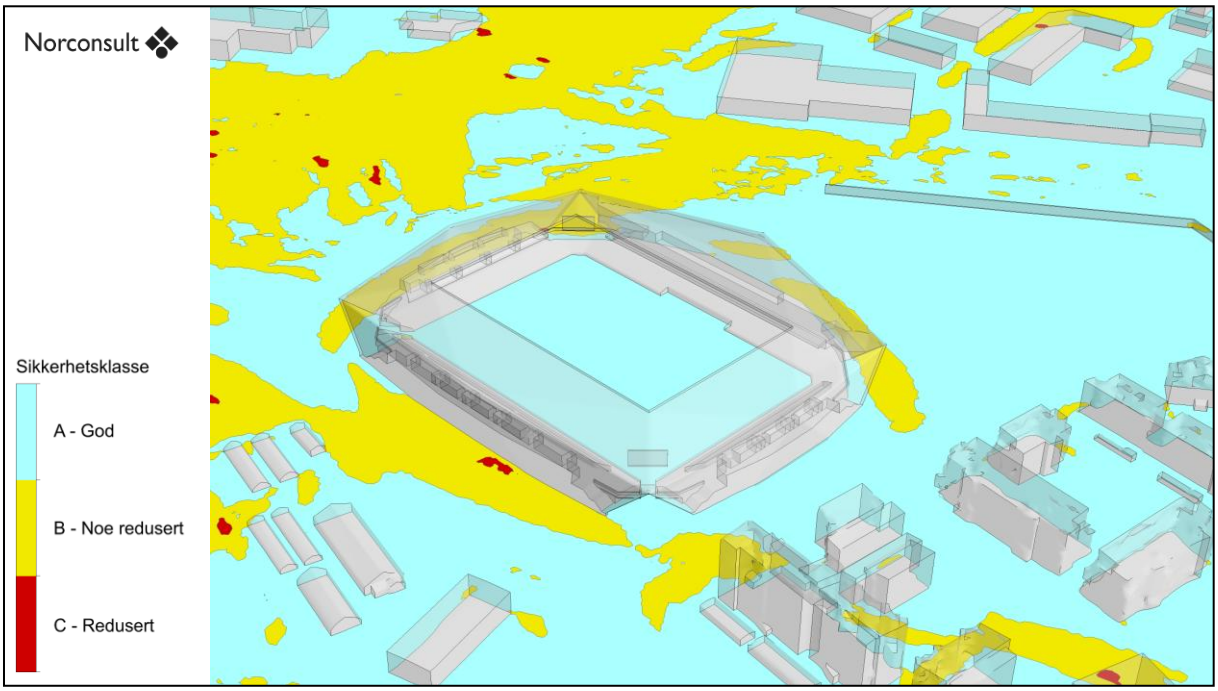
Figur 17: Sikkerhetskart som viser sikkerhetsklassene i kroppshøyde, visualisert på bakkenivået med stadion.



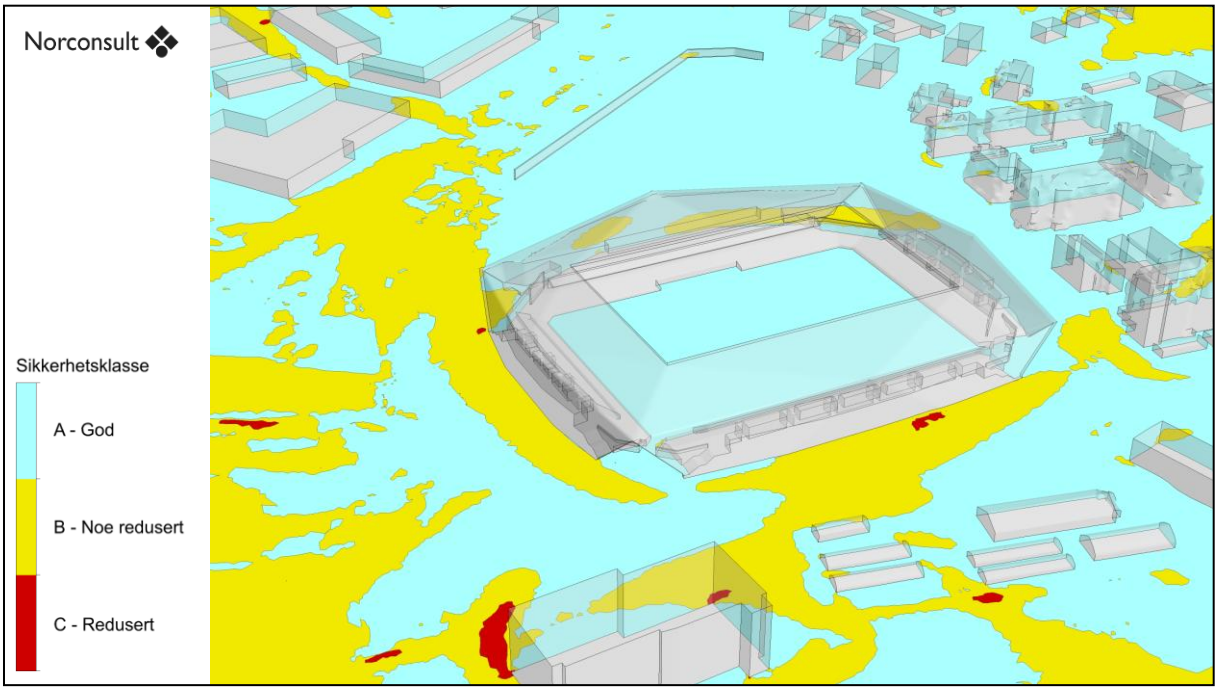
Figur 18: Sikkerhetskart som viser sikkerhetsklassene i kroppshøyde, visualisert på bakkenivået med stadion. Sett fra sørvest.



Figur 19: Sikkerhetskart som viser sikkerhetsklassene i kroppshøyde, visualisert på bakkenivået med stadion. Sett fra nordvest.



Figur 20: Sikkerhetskart som viser sikkerhetsklassene i kroppshøyde, visualisert på bakkenivået med stadion. Sett fra nordøst.



Figur 21: Sikkerhetskart som viser sikkerhetsklassene i kroppshøyde, visualisert på bakkenivået med stadion. Sett fra sørøst.

5 Avbøtende tiltak

I områder der komfort- eller sikkerhetsklassene ikke egner seg til planlagt arealbruk, kan avbøtende tiltak vurderes. Dette kan være i form av:

i. lokal vindskjerming av utvalgte områder (som f.eks. balkonger, inngangspartier og sittegrupper)
ii. en mer overordnet strategisk fortetning av vindpassasjene gjennom planområdet

Både lokal vindskjerming og en strategisk fortetning kan være basert på ulike løsninger som innglassing (hel eller delvis), perforerte levegger, tettere helårsgrønne hekker, bed med kombinasjon vindskjerm og klatreplante osv. Forskjellen mellom lokal skjerming og fortetning vil være tiltakets plassering og utstrekning.

Med unntak av noen former for lokal skjerming som ved balkonger eller sittegrupper, anbefales det at slike skjermingstiltak ikke gjøres helt tette, men delvis åpne/perforerte. Dette for at de skal kunne bremse vinden på mest mulig effektiv måte.

Høyde og utstrekning på skjermingstiltak må tilpasses det aktuelle tilfelle. For områder der beboere vil gå eller oppholde seg stående, er typisk anbefalt høyde på vindskjerming 2,5 m, mens for områder ment for sittende opphold kan høyden reduseres.



Figur 22: Eksempler av ulike løsninger for vindskjerming og fortetning (fra diverse kilder og/eller leverandører).

6 Konklusjon

I forbindelse med detaljreguleringsplan for Nordlands idrettspark på Thalleåkeren i Bodø hvor Bodø/Glimts nye stadion er planlagt, er det utført kvantitative vindanalyser. Analysene er utført med fokus på vindkomfort og vindrelatert sikkerhet på bakkeplan i og rundt planområdet. For å undersøke hvordan stadionet påvirker vindforholdene, er det gjennomført analyser både med og uten tiltak på tomten.

Resultatene er basert på 3D CFD-simuleringer av området, med en beregning av vindforsterkning for ulike vindretninger og en statistisk behandling av resultatene ved bruk av lokale meteorologisk data. Sluttproduktet av analysen er en kartlegging av vindkomfort og vindrelatert sikkerhet i og rundt planområdet, iht. internasjonal standard, komfortklasser og sikkerhetsklasser. Analysene er basert på simuleringer både med og uten den planlagte stadion, samt eksisterende nabobygg i området.

Bodø er generelt sett en vindutsatt by med en høy årlig middelvind. Hvorvidt beboere og andre folk i området vil la seg «forstyrre» av vinden er subjektivt. Eksponerte områder som ligger langs kysten, vil nødvendigvis måtte akseptere et generelt redusert vindkomfortnivå sammenlignet med områder lengre innenlands. Folk flest i kommunen vil være vant til at det kan blåse kraftig, men det bør allikevel tilrettelegges for god vindkomfort og vindsikkerhet så store deler av året som mulig.

Kombinasjonen av at fremherskende vindretning er fra øst og at området øst for planområdet er relativt åpent med flate jorder og lite bebyggelse, gjør at vinden som kommer fra den hyppigste vindretningen får blåse relativt uhindret inn mot planområdet. Dette gjør tomten som stadionet planlegges på til et utfordrende område med hensyn til vind.

Resultatene fra vindanalysene viser at stadionet stort sett har positiv effekt på vindkomforten og vindsikkerheten i og rundt planområdet. Stadionet har en skjermende effekt i vestlig del av planområdet og i området nord for planområdet. Få områder påvirkes negativt av stadionet.

Resultatene fra analysen med stadionet viser at man langs østlige, vestlige og sørlige side, samt stadions hjørner får noe dårligere vindkomfort enn ellers på planområdet, samt soner med redusert vindsikkerhet. Særlig stadions sørvestlige hjørne er vindutsatt og har soner som fra et vindkomfortperspektiv kan karakteriseres som ukomfortabelt. Siden mange mennesker skal oppholde seg i disse utsatte områdene og hjørnene skal brukes som inngangspartier, burde man vurdere avbøtende tiltak for å forbedre vindrelatert komfort og sikkerhet.

Generelt kan lokale avbøtende tiltak for å redusere vindeksponeringen, som beplantning, levegger, gjerder eller lignende, bidra til å bedre vindkomforten og den vindrelaterte sikkerheten der den anses som uakseptabel.

7 Referanser

[1] Beranek, W.J. and Van Koten, H. (1979). Beperken van windhinder om gebouwen, deel 1, tichting Bouwresearch no. 65, Kluwer Technische Boeken BV, Deventer (in Dutch).

[2] Blocken, B. and Carmeliet, J., 2004. Pedestrian wind environment around buildings: Literature review and practical examples. Journal of Thermal Envelope and Building Science 28(2): 107-159.

[3] Lawson, T.V., 1990. The Determination of the wind environment of a building complex before construction, Department of Aerospace Engineering, University of Bristol, Report Number TVL 9025.

[4] Counihan, J., 1975. Adiabatic atmospheric boundary layers: A review and analysis of data from the period 1880-1972, Atmospheric Environment, Vol.79, pp. 871-905

[5] Jacobsen, Mark Z., Fundamentals of Atmospheric Modeling, 2nd Edition, Stanford University, California, ISBN:9780521548656, 2005

8 Vedlegg A – metode

Beregningene i denne rapporten er utført ved CFD-simuleringer. CFD er en forkortelse for det engelske uttrykket «Computational Fluid Dynamics». Denne typen analyse innebærer at de fundamentale likningene for fluiders bevegelse («Navier-Stokes' likninger») løses ved numerisk iterasjon. Norconsult benytter programvarepakken ANSYS CFX (http://www.ansys.com) for slike analyser, og har lang erfaring med CFD-analyser for lokalklima.

Ved CFD-simuleringer er turbulensmodellering og konstruksjon av beregningsnettet (engelsk «mesh» eller «grid») svært viktig for løsningens kvalitet. I dette arbeidet er det benyttet RANS[1]-modellering med en SST[2] turbulensmodell. Dette er å anse som å være innenfor kategorien «industristandard» metodikk for slik modellering.

CFD er brukt i dette tilfelle for å beregne vindfeltet rundt byggene for relevante vindretninger og hastigheter. Lokal vindstatistikk er deretter brukt for å beregne vindkomfort og vindrelatert sikkerhet.

8.1 Beregningsmodell

Beregningsmodellen ble konstruert ut fra CAD-modell av planområdet, samt digital terrengdata. Den endelige modellen er vist i figur 23.

Det er i første rekke proporsjonene til byggene, dvs. høyde i forhold til bredde, bredde på passasjer mellom bygg i forhold til høyder på fasader osv., som er avgjørende for hvordan vinden påvirkes. Overflatedetaljer har derimot relativt liten virkning.

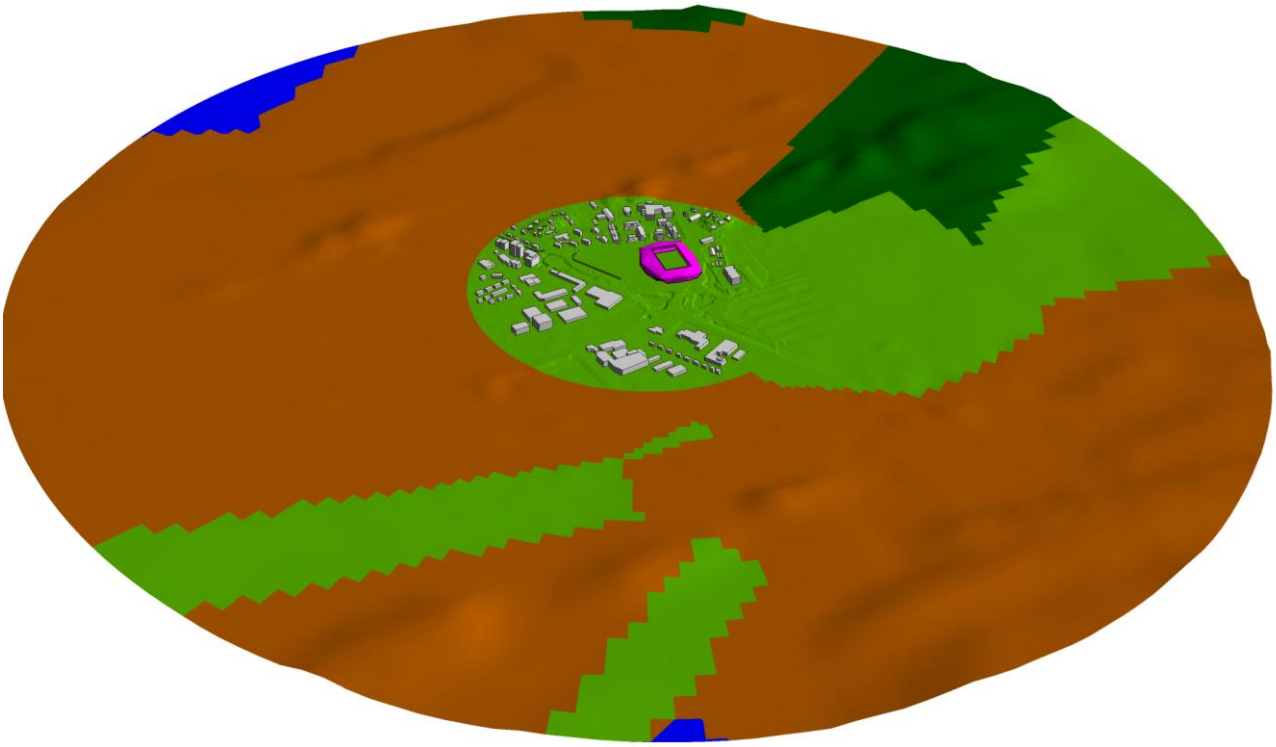
Nabobygg i en radius på ca. 500 m rundt planområdet er inkludert i modellen. Bygninger lengre vekke enn dette ble modellert som en økt effektiv terrengruhet.

Total utstrekning av en slik modell blir valgt ut fra erfaring, slik at avstanden til yttergrensene er stor nok til at strømningen i simuleringen kan finne sin naturlige vei forbi geometrien (dvs. slik at modellområdets utstrekning ikke har innvirkning på løsningen). I dette tilfellet var total diameter på simulert område 3,1 km.

Det er ikke tatt med beplantning i modellen. Storskala beplantning (størrelsesorden «skog») er implisitt inkludert via terrengruhet (se tabell 5), men lokal beplantning (hekker, bed, individuelle trær plantet langs gater osv.) er ikke inkludert. Dette er vanlig praksis i vindmodellering fordi det er mange usikkerheter rundt beplantnings vindpåvirkning. Usikkerheter som type trær, størrelse/høyde på trekrone, bladtetthet, hvorvidt trærne utvikler seg over tid, sesongvariasjoner osv. er vanskelig å fastslå, spesielt før et byggeprosjekt er ferdigstilt.

Strategisk beplantning som f.eks. nærstående trær kombinert med hekk for å tette under trekrone kan derimot ha positiv innvirkning på opplevd vindkomfort, og kan vurderes som tiltak der nødvendig.

[1] Reynolds-averaged Navier-Stokes, dvs. Reynoldsmidlet Navier-Stokes.
[2] Shear Stress Transport, en kombinasjon av k-epsilon-modell i fristrøm og k-omega-modell langs vegger.



Figur 23: Oversikt over CFD-modellen, sett fra sør-vest. Fargene på terrengflaten angir hvor de ulike ruhetene, som presentert i tabell 5, er brukt. Brunt er bebygd område, mørkegrønt er skog og lysegrønt er flat mark/eng/åker. Det blå indikerer sjø, men dette er ikke simulert.

8.2 Modelloppsett og grensebetingelser

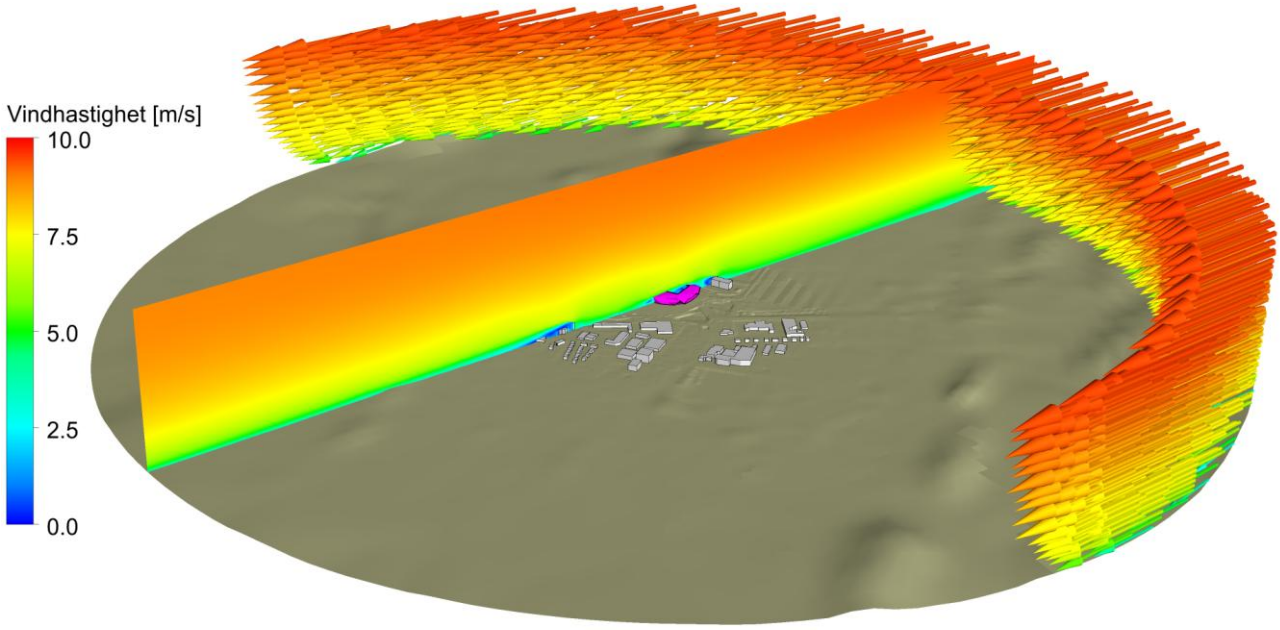
For alle innløp, utløp og overflater i modellen må et antall fysiske forhold spesifiseres. I dette tilfellet ble vindhastighet, vindretning og turbulensvariabler (k og ε) spesifisert for den siden vinden kommer fra. For utløpet på nedstrøms side, samt toppen av volumet, ble det definert trykkbetingelser slik at vinden var fri til å komme inn og ut av disse flatene avhengig av hvordan strømningen finner veien gjennom volumet.

Modellvolumet er vist i figur 24 ved vind fra øst. Vindhastighet og turbulens på innløpet er låst til profiler som tilsvarer innkommende vind over sjø og/eller terreng, som vist i figur 25. Profilet er satt opp for å svare til karakteristiske forhold i den aktuelle typen terreng og bakken er representert med en aerodynamisk ruhet som stemmer godt overens med dette profilet og fullskaladata [Counihan, 1975 og Fundamentals of Atmospheric Modeling, 2005]

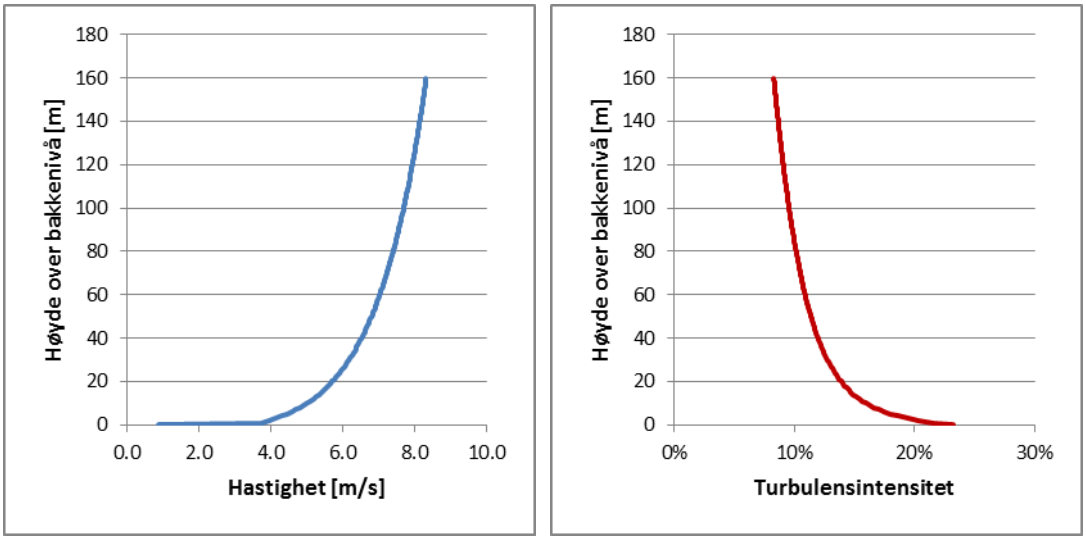
Tabell 5: Grensebetingelser brukt i CFD-beregningene.

Grensebetingelse	Verdi
Innløp	Atmosfærisk hastighets- og turbulensprofil (se Figur 25)
Utløp og toppen av domenet	Trykkbetingelse (0 Pa relativt trykk)
Vindhastighet ved 10 m høyde (referansevindhastighet for simulering)	5 m/s
Vindretninger	0° - 330°, med 30° intervaller
Ruhet på bakken[3] (z_0)	0,3 m for bebygd område 0,3 m for skog 0,01 m for flat mark/eng/åker

[3] Fundamentals of Atmospheric Modeling. 2nd Edition, Mark Z. Jacobson, Stanford University, California, ISBN:9780521548656, 2005



Figur 24: Modellvolum med illustrasjon av grensebetingelser (her med vind fra øst).



Figur 25: Grensebetingelser for hastighet og turbulens, her vist for en ruhet langs bakken som tilsvarer en implisitt modellering av nabobebyggelse.

8.3 Nøyaktighet av CFD-simuleringer

En CFD-simulering er en datamodell som prøver å tilnærme fysikken i et komplisert strømningsbilde, som ellers ikke er mulig å løse analytisk. Som med andre numeriske modeller finnes det kilder til potensiell usikkerhet som kan påvirke svaret. Disse usikkerhetene kan deles i to grupper: feil i sammensetningen av simuleringsmodellen og feil i den numeriske beregningen.

Mulige kilder til usikkerhet i sammensetningen av simuleringsmodellen kan inkludere:

- Geometriforenklinger og valg av representative geometridetaljer
- Valg av modell for f.eks. viskositet, turbulens, kjemi, termodynamikk osv.
- Forutsetninger for grense- og startbetingelser (dvs. inngangsdata)

Mulig kilder til usikkerhet i numerisk beregning kan inkludere:

- Diskretiseringsfeil, som oppstår når en deler fluiddomenet i et nett / rutenett av celleelementer, og tilnærmer løsningen av differensiallikningene for disse elementene
- Feil ved avrunding av datamaskinen
- Programmeringsfeil

For å maksimere nøyaktigheten til en CFD-analyse er det viktig å minimere disse usikkerhetene. De to enkleste måtene å gjøre dette på er: (i) å sikre at ingeniøren som utfører analysen har en passende ekspertbakgrunn innen både numerisk modellering og fluiddynamikk (som minimerer potensialet for usikkerhet i sammensetningen av simuleringsmodellen), og (ii) ved bruk av validert og kvalitetssikret CFD-programvare (som minimerer potensialet for feil i den numeriske beregningen).

Basert på vår erfaring er ofte den største usikkerhetskilden inngangsdataene. Spørsmål som f.eks. vil utstyret faktisk produsere den spesifiserte varmemengden eller vil viften klare å opprettholde den spesifiserte volumstrømmen når den er i drift.

På grunn av den generelle kompleksiteten i simuleringen er det ikke praktisk mulig å presentere resultatene med passende usikkerhetsgrenser (± x.xx %), uten en form for fysiske forsøk som simuleringen kan kalibreres opp mot. Den nåværende analysen er utført av CFD-eksperter, og generelle «best practice»-metoder er brukt. De presenterte resultatene er så nøyaktige som de praktisk talt kan bli med hensyn til omfang og tidsbruk i arbeidet, samt tilgjengelig inputdata. Generelt sett er CFD-simulering den mest nøyaktige og tilgjengelige metoden for å analysere strømningstekniske systemer i en konseptuell designfase.

9 Vedlegg B – Vindforsterkning

9.1 Vindforsterkning

Vindforsterkningen er et relativt mål på hvor høy vindhastigheten er i kroppshøyde (1,5 m) i forhold til uforstyrret vind i 10 meters høyde (altså den vanlige referansehøyden til vindmålinger):

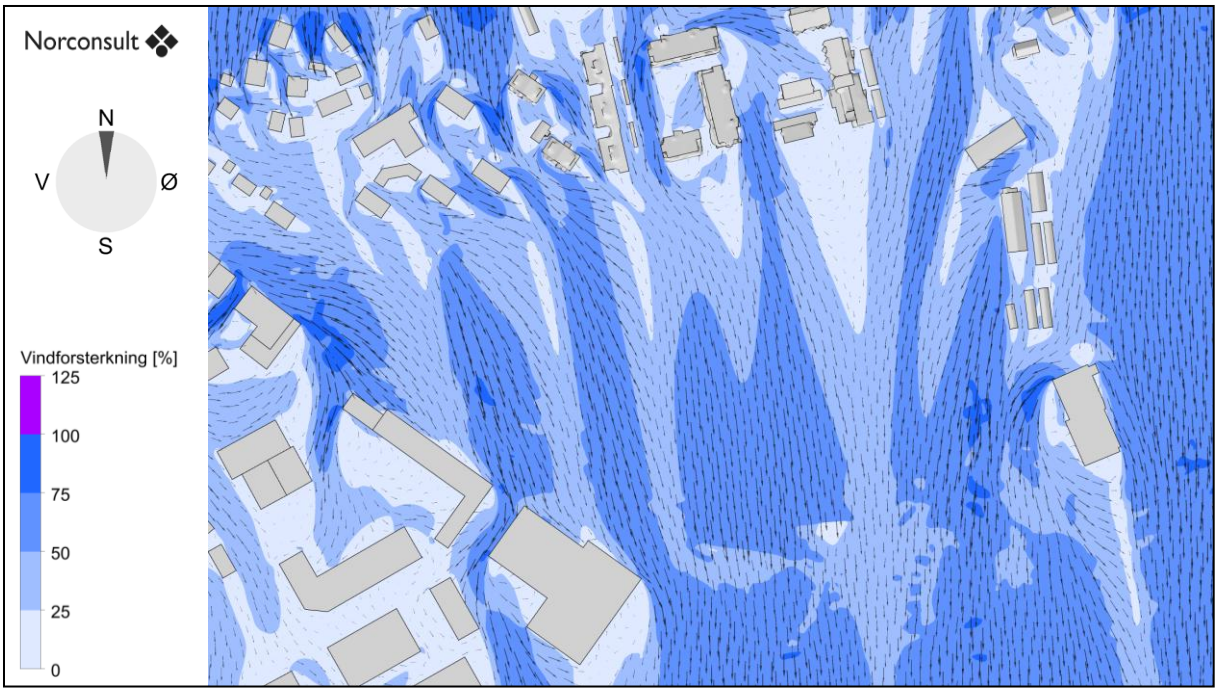
$$Vindforsterkning = \frac{lokal\ vindstyrke\ i\ kroppshøyde}{referansevind\ i\ 10\ meters\ høyde} \cdot 100\ \%$$

Resultatet viser dermed hvorvidt luften i kroppshøyde blir bremset (verdier < 100 %) eller akselerert (verdier > 100 %) av byggene sammenlignet med den innkommende vinden.

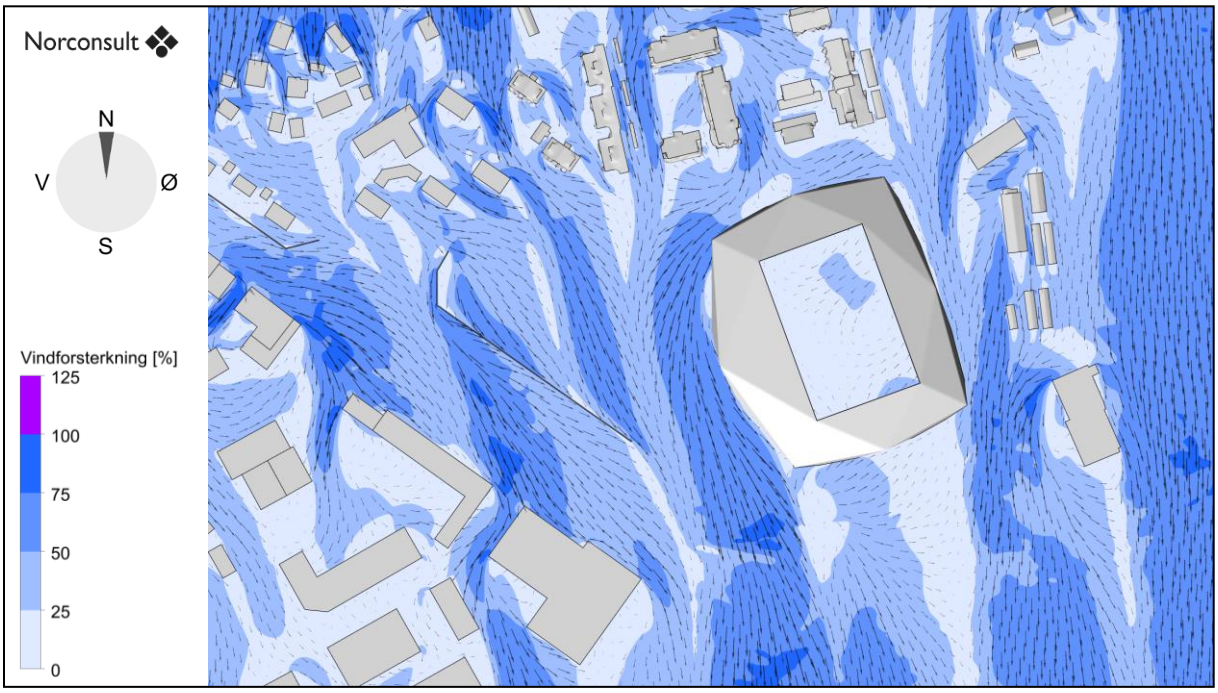
Vindforsterkning i seg selv sier ikke noe om hvorvidt vindkomforten er god eller dårlig, men vindforsterkning inngår i beregningen av komfortklassene. En vindforsterkningsverdi på 50 % kan anses som en grenseverdi på et «bra skjermet» sted i et byområde.

Det er kjørt simuleringer for 12 vindretninger. Vindforsterkning er kalkulert for hver vindretning. Resultatene er ikke kommentert ytterligere i denne rapporten, men de inngår i utregningen av vindkomfort- og sikkerhetsklasser.

9.2 Vind fra 0°

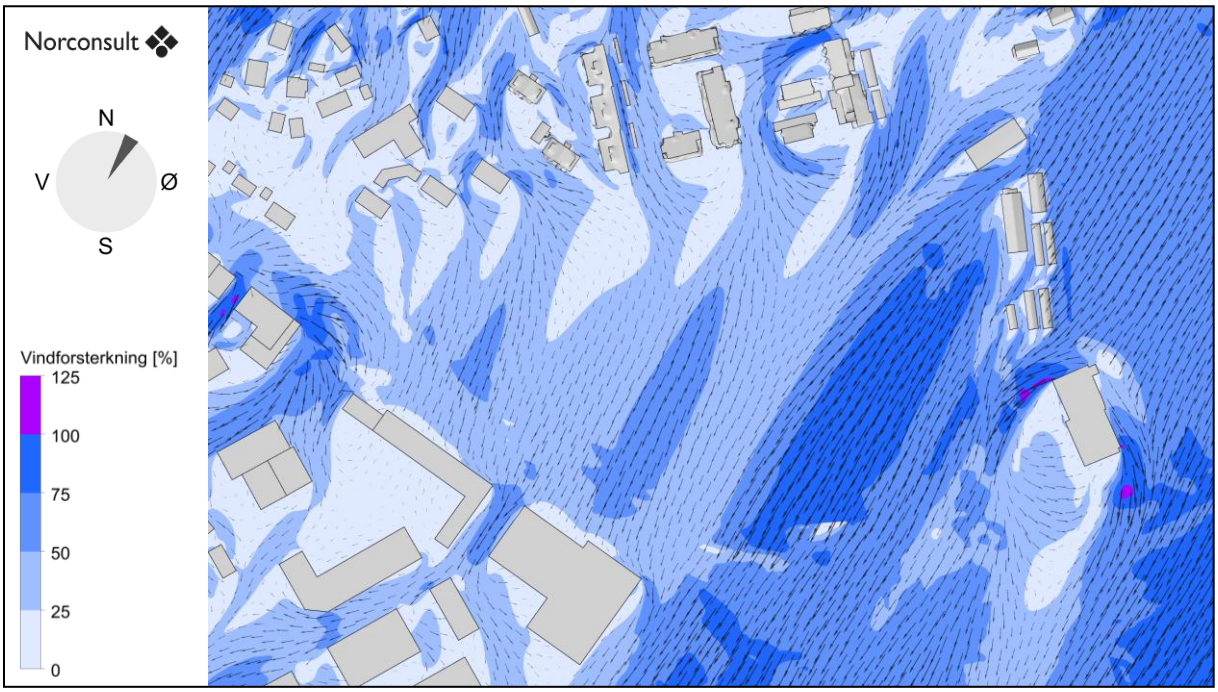


Figur 26: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 0° uten stadion.

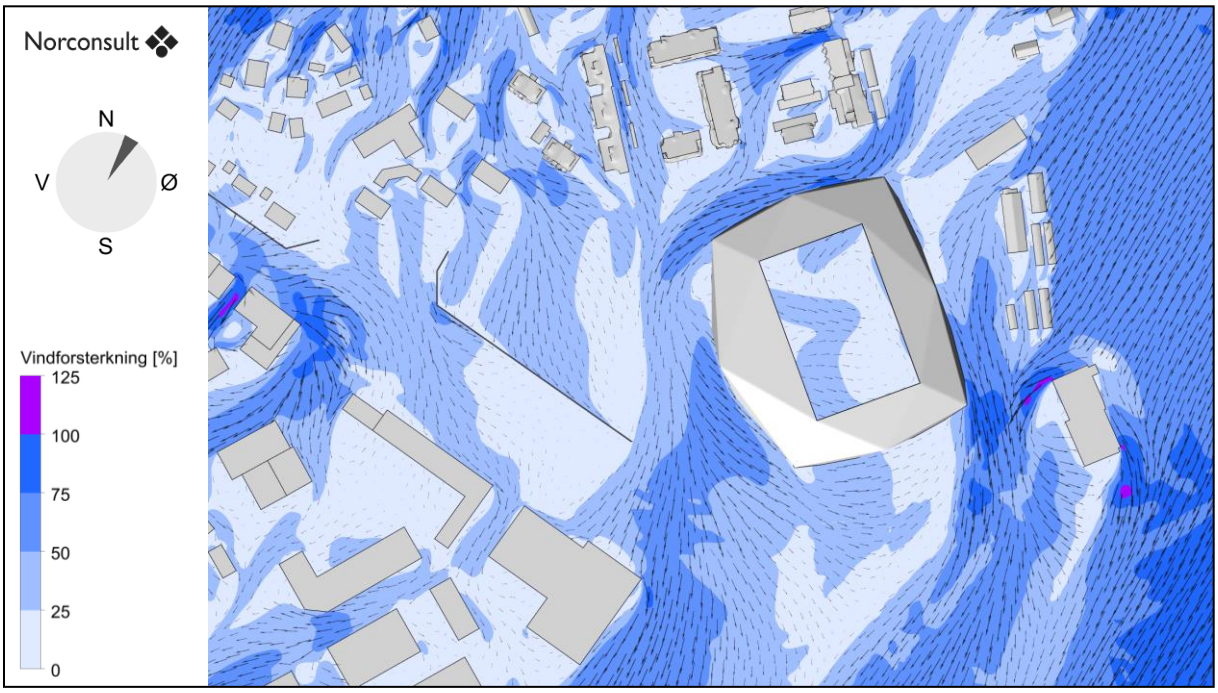


Figur 27: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 0° med stadion.

9.3 Vind fra 30°

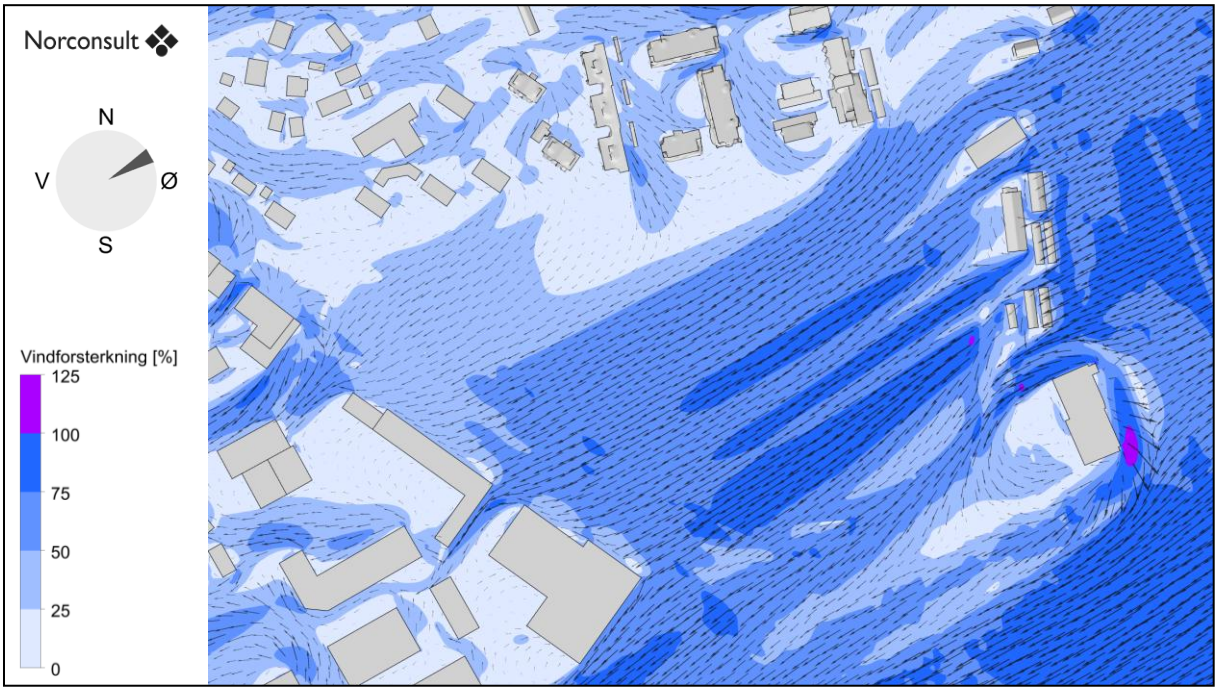


Figur 28: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 30° uten stadion.

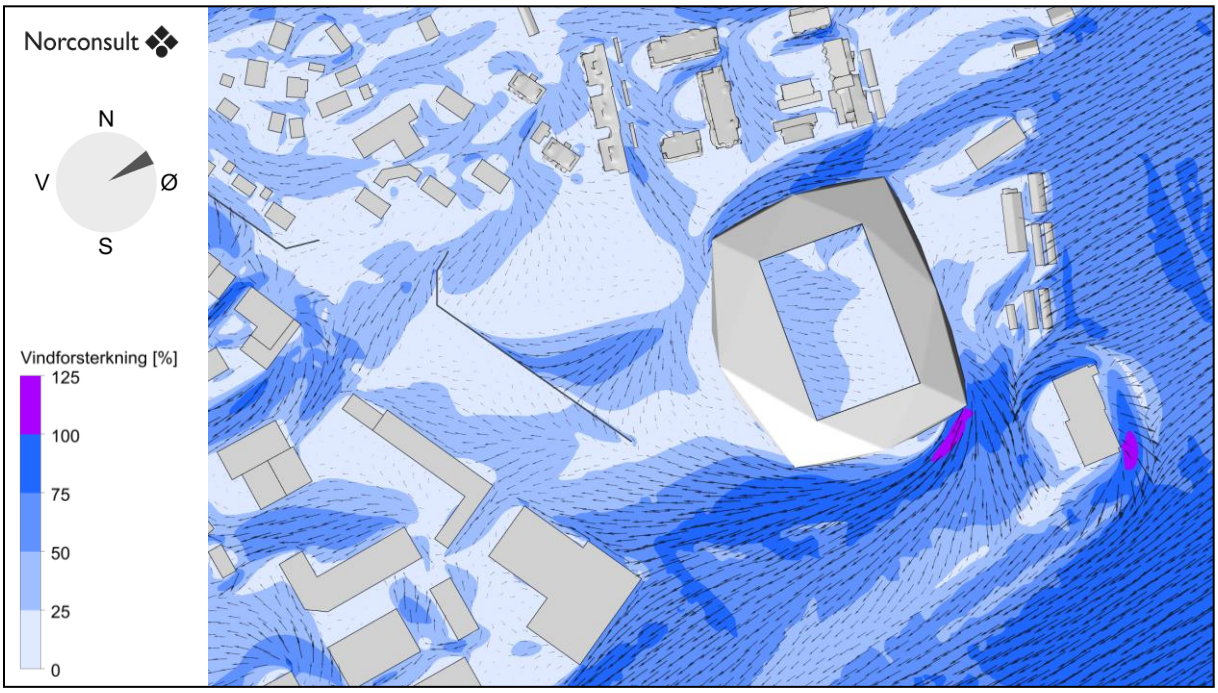


Figur 29: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 30° med stadion.

9.4 Vind fra 60°

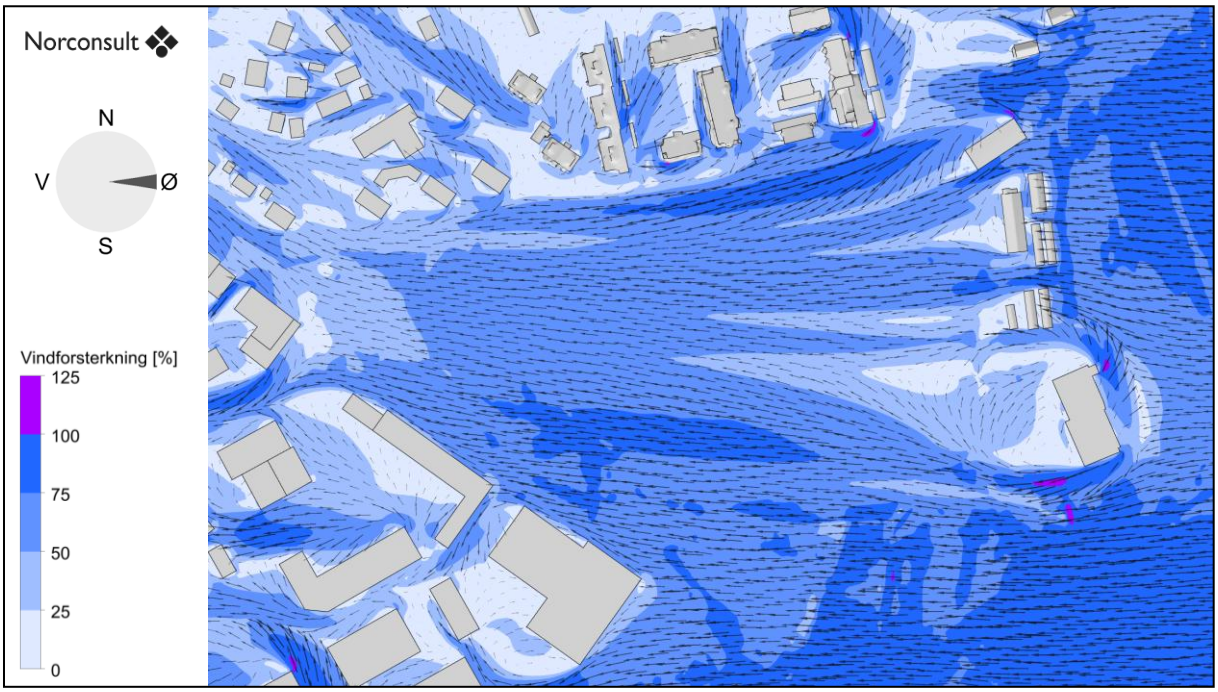


Figur 30: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 60° uten stadion

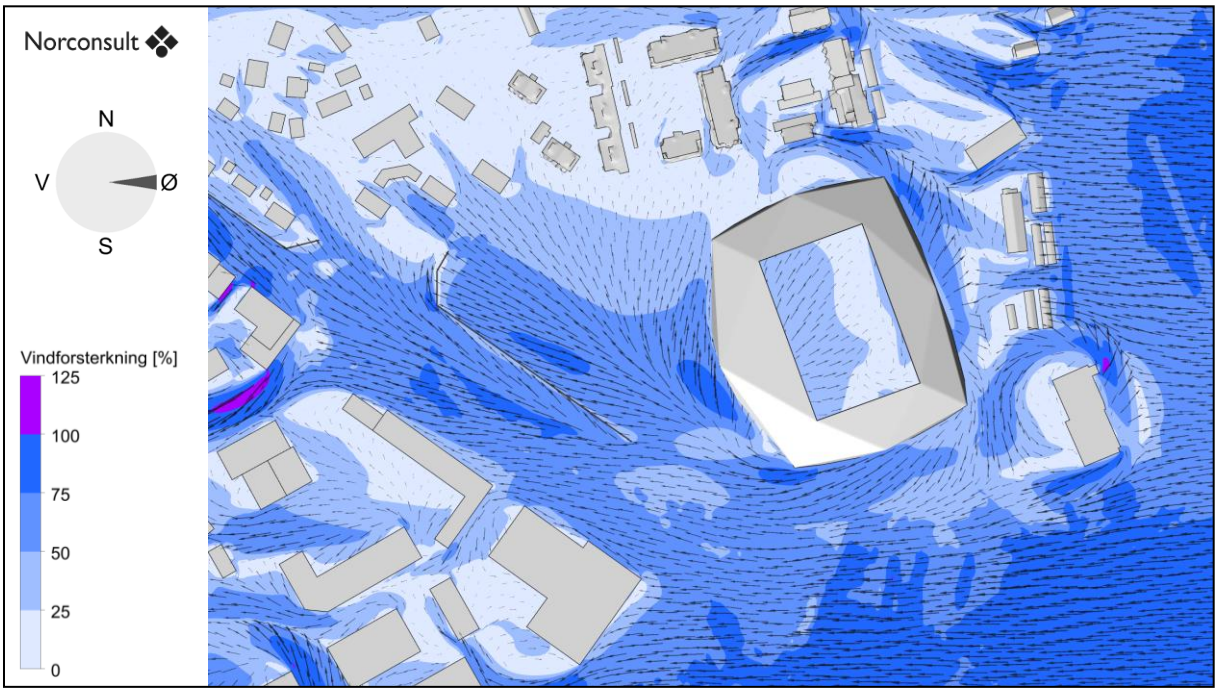


Figur 31: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 60° med stadion.

9.5 Vind fra 90°

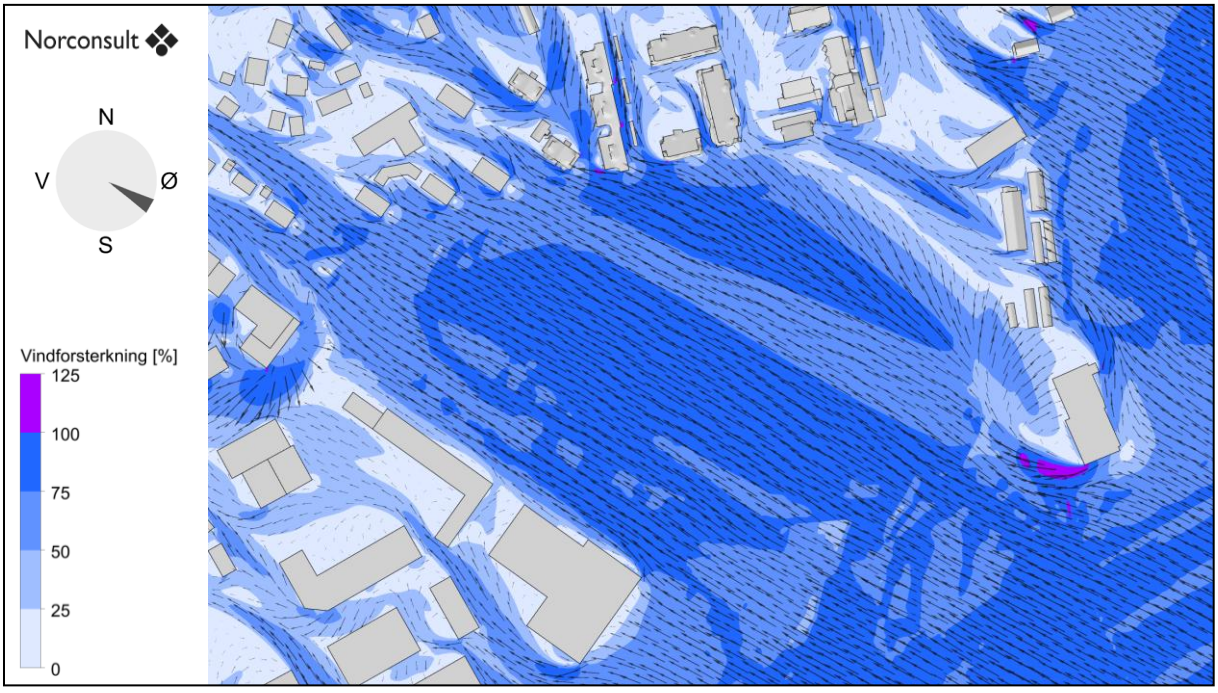


Figur 32: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 90° uten stadion.

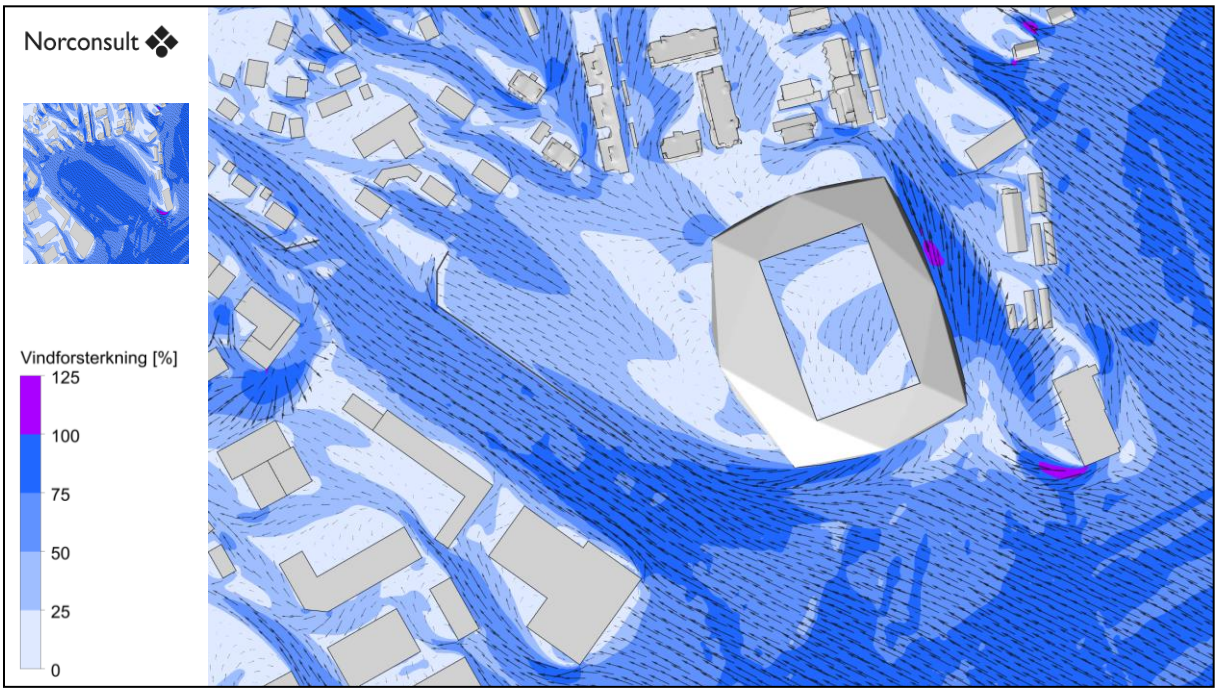


Figur 33: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 90° med stadion.

9.6 Vind fra 120°

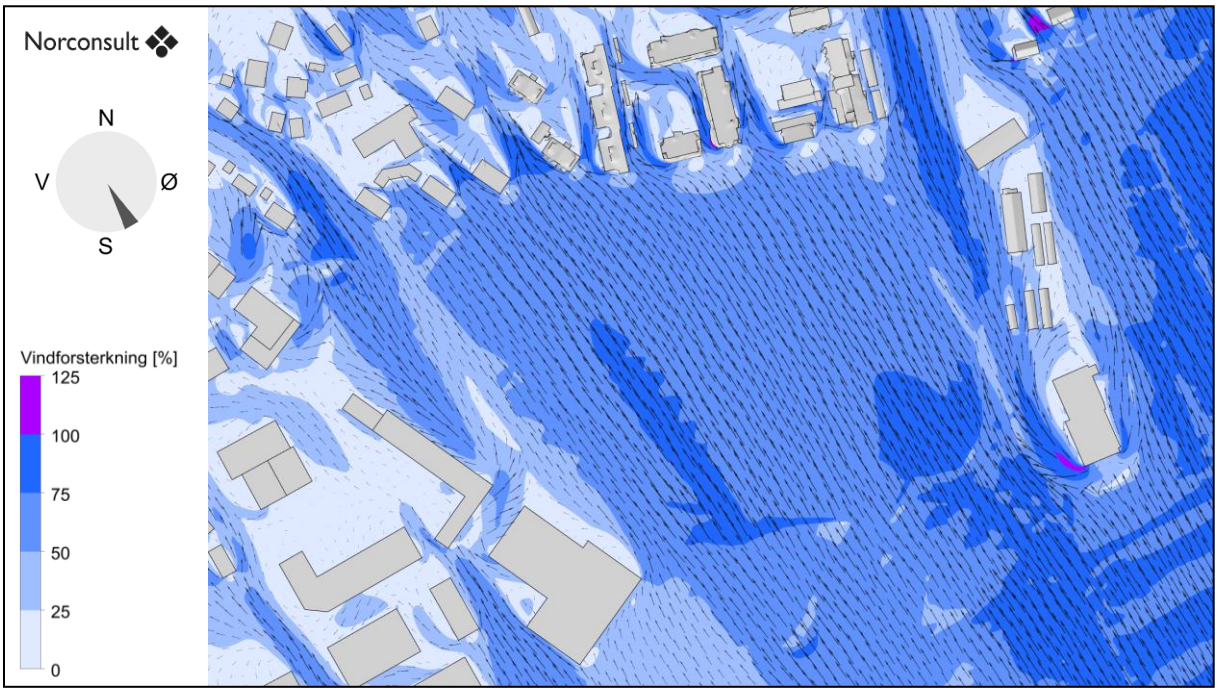


Figur 34: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 120° uten stadion

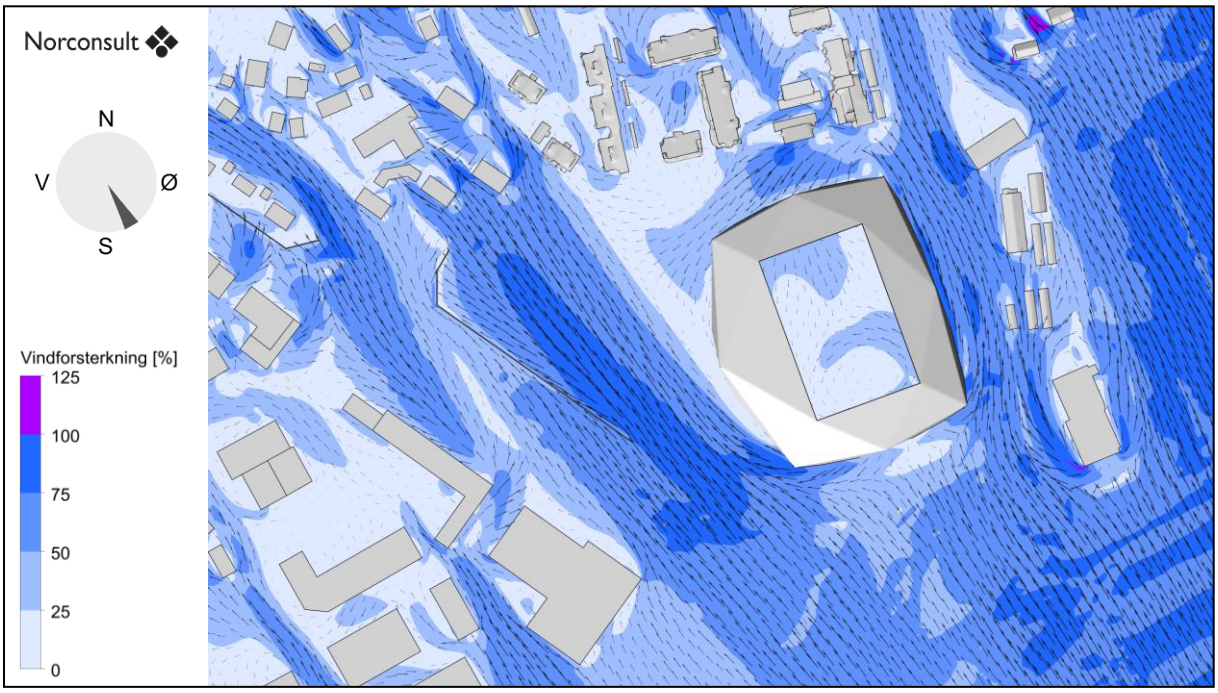


Figur 35: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 120° med stadion.

9.7 Vind fra 150°

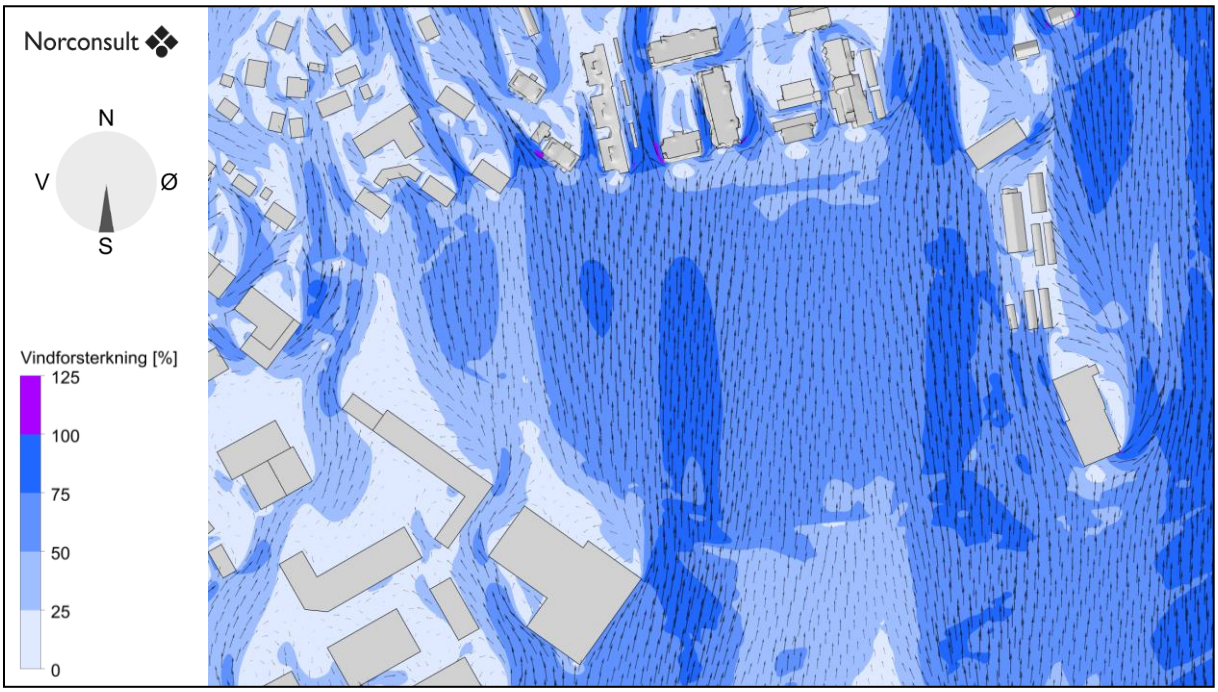


Figur 36: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 150° uten stadion

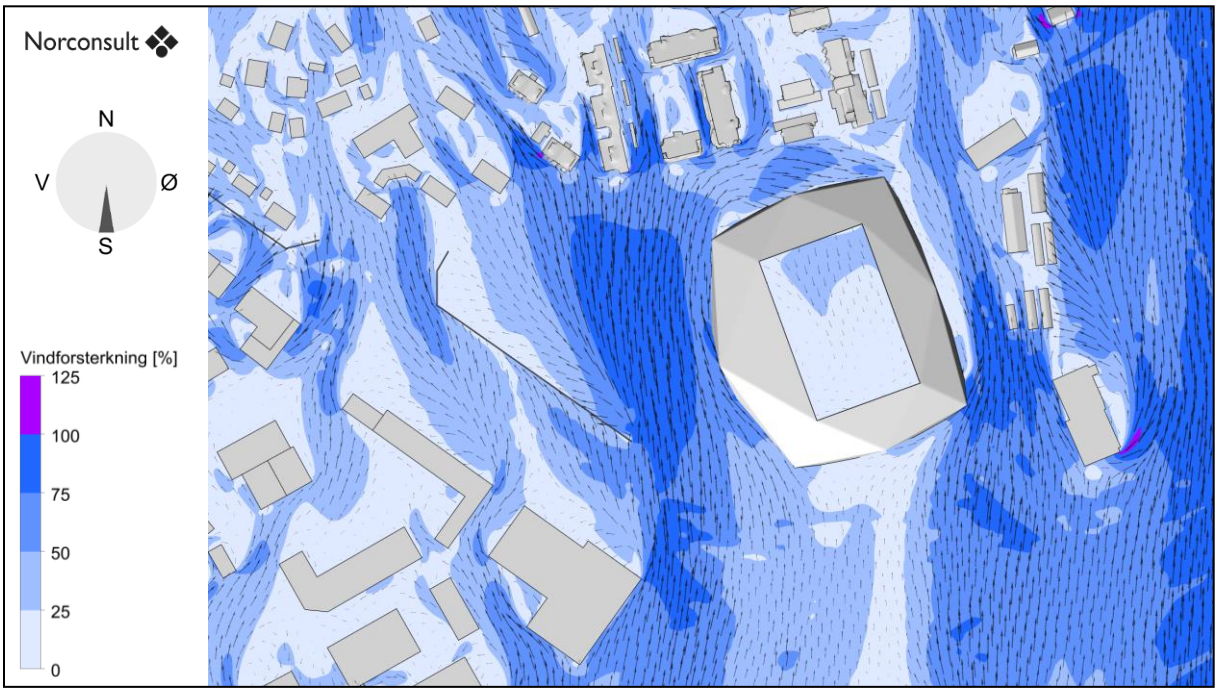


Figur 37: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 150° med stadion.

9.8 Vind fra 180°

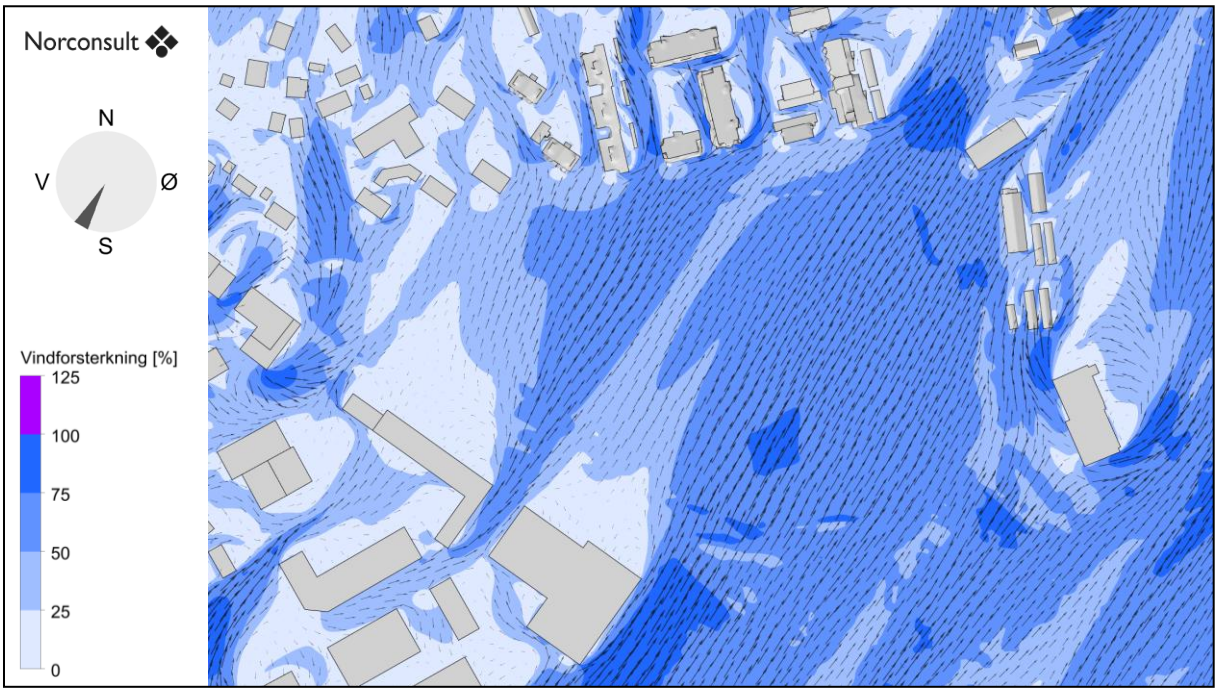


Figur 38: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 180° uten stadion.

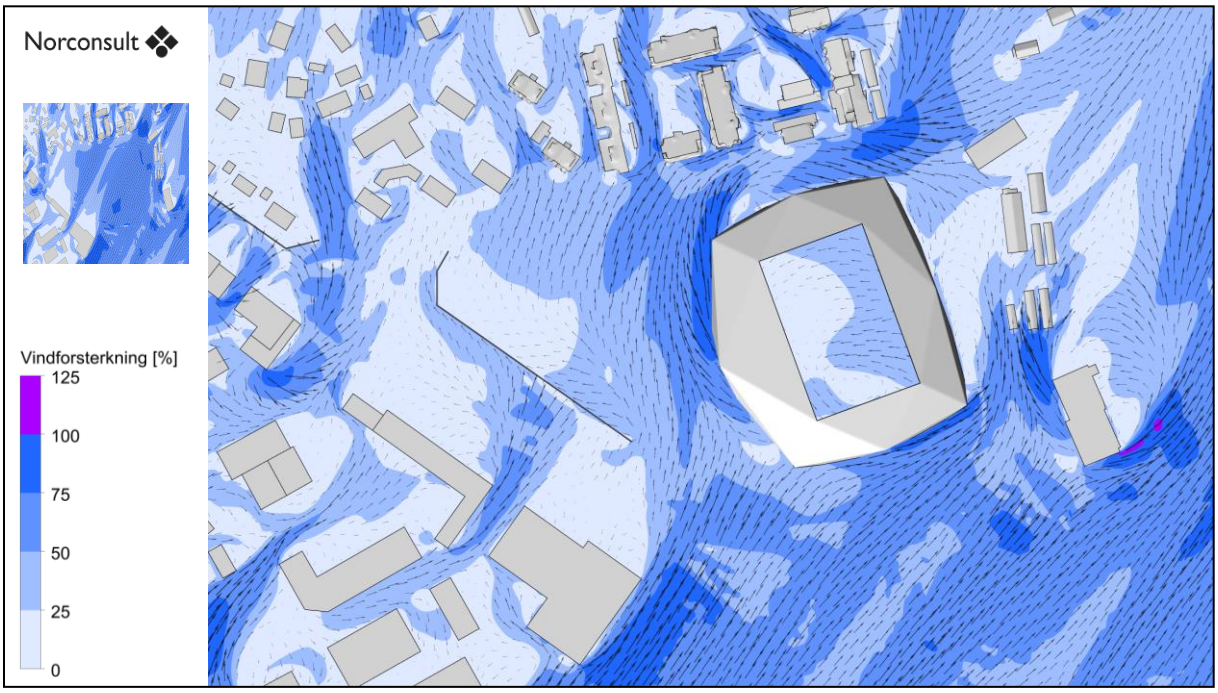


Figur 39: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 180° med stadion.

9.9 Vind fra 210°

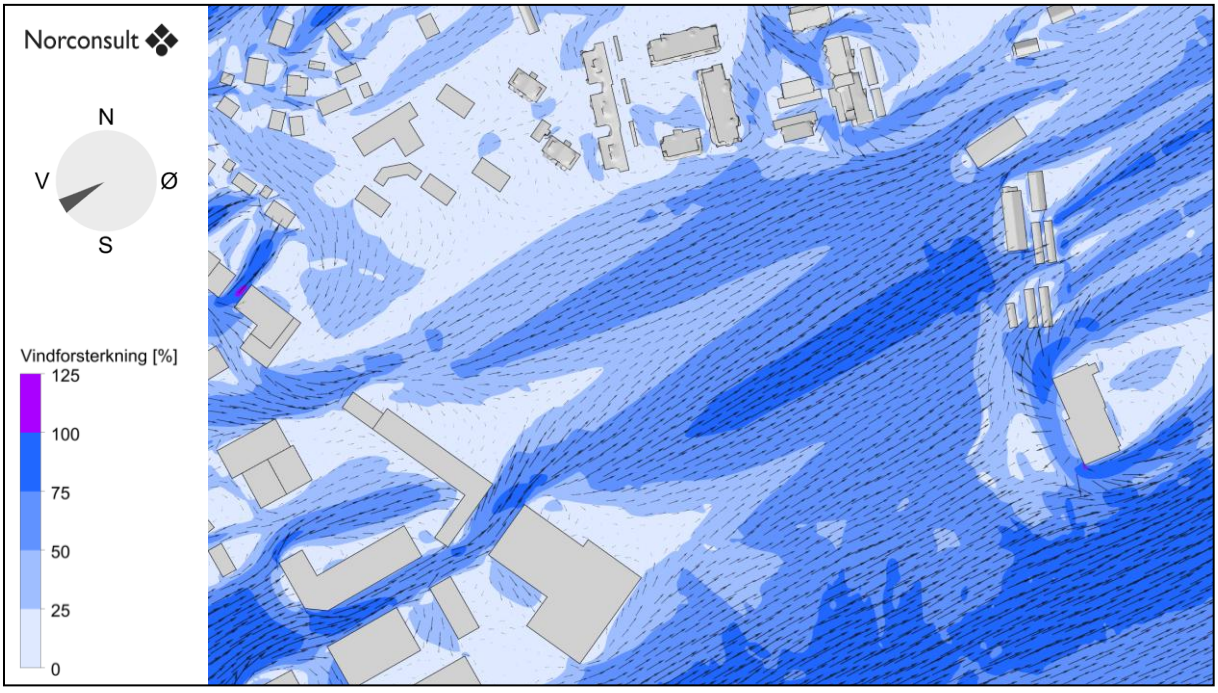


Figur 40: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 210° uten stadion.

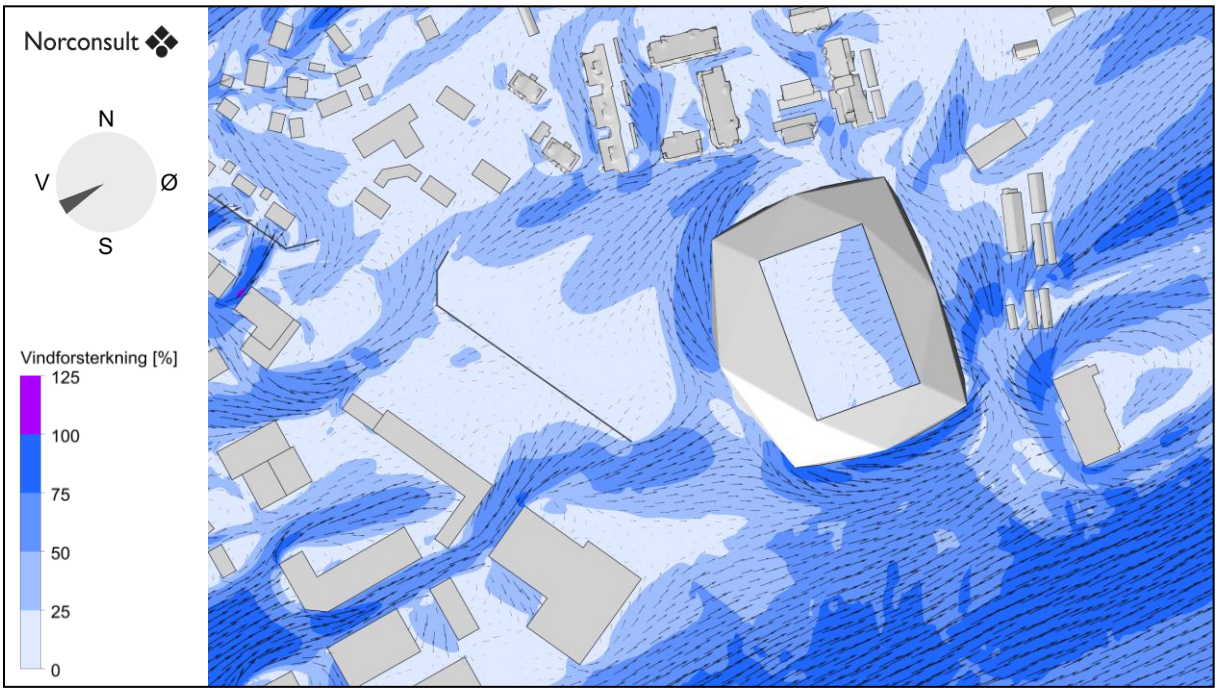


Figur 41: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 210° med stadion.

9.10 Vind fra 240°

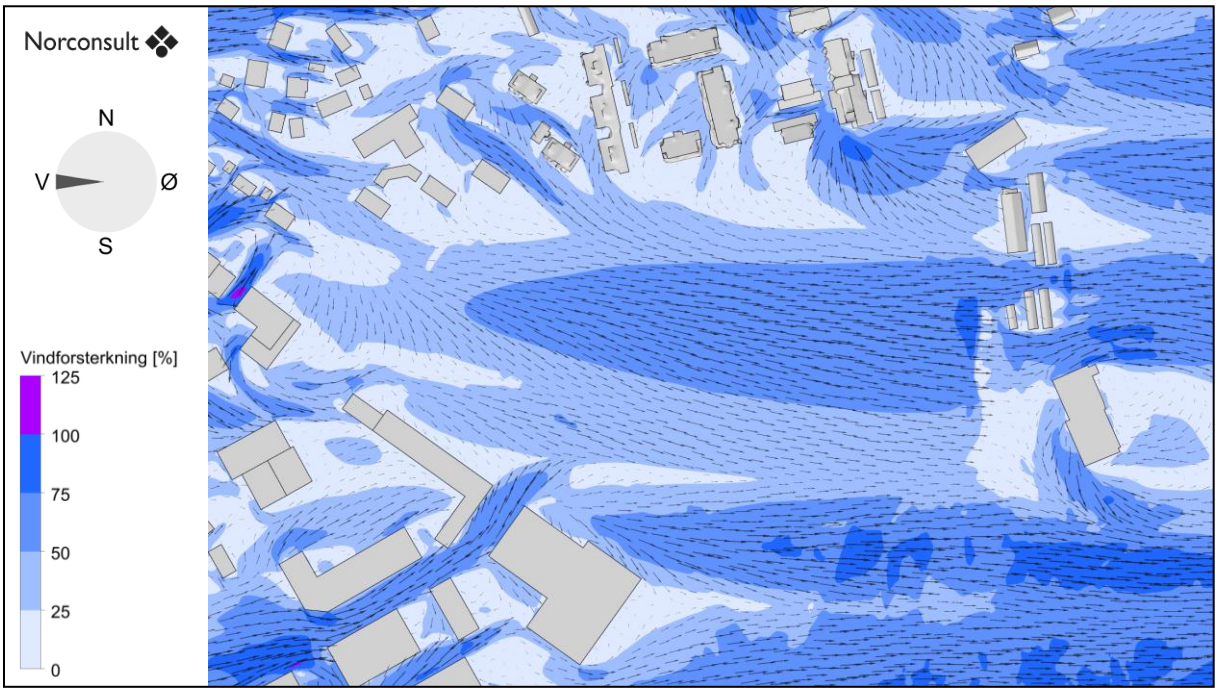


Figur 42: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 240° uten stadion.

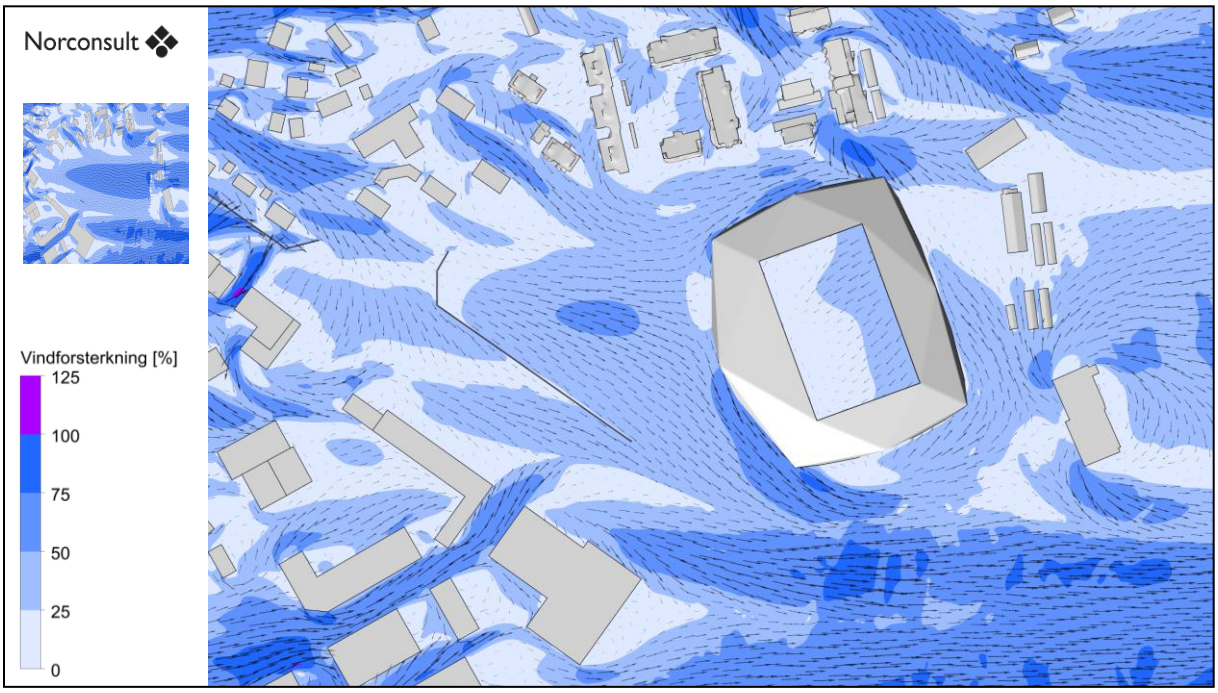


Figur 43: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 240° med stadion.

9.11 Vind fra 270°

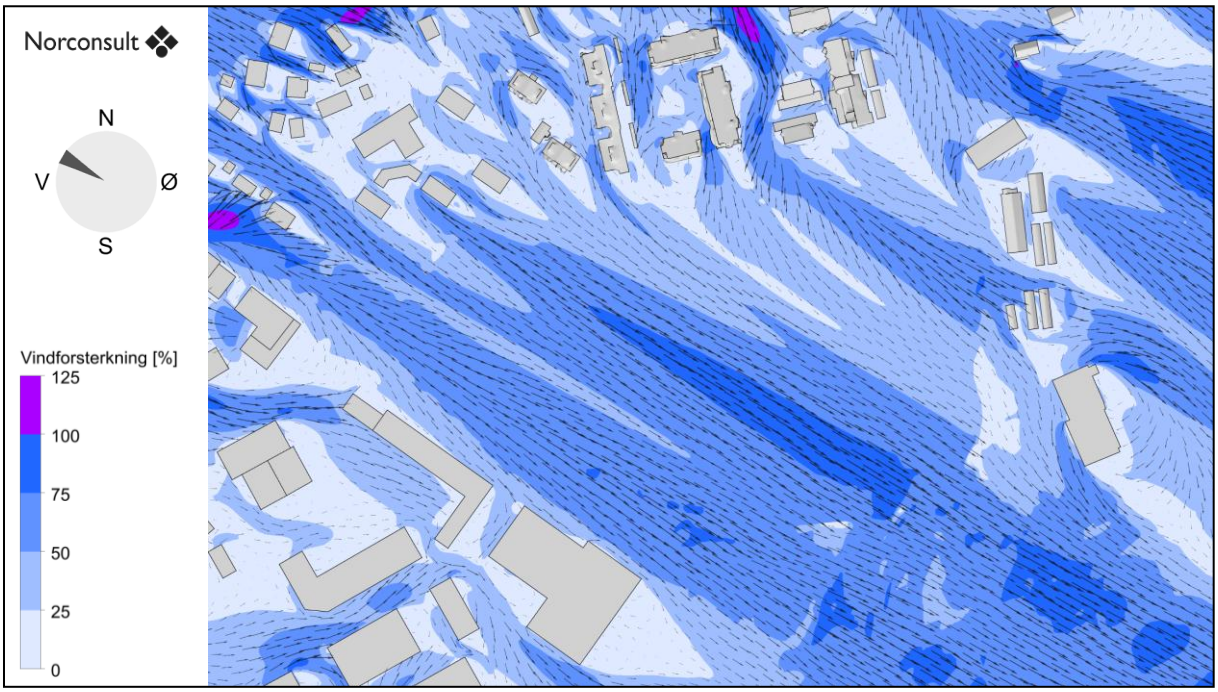


Figur 44: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 270° uten stadion.

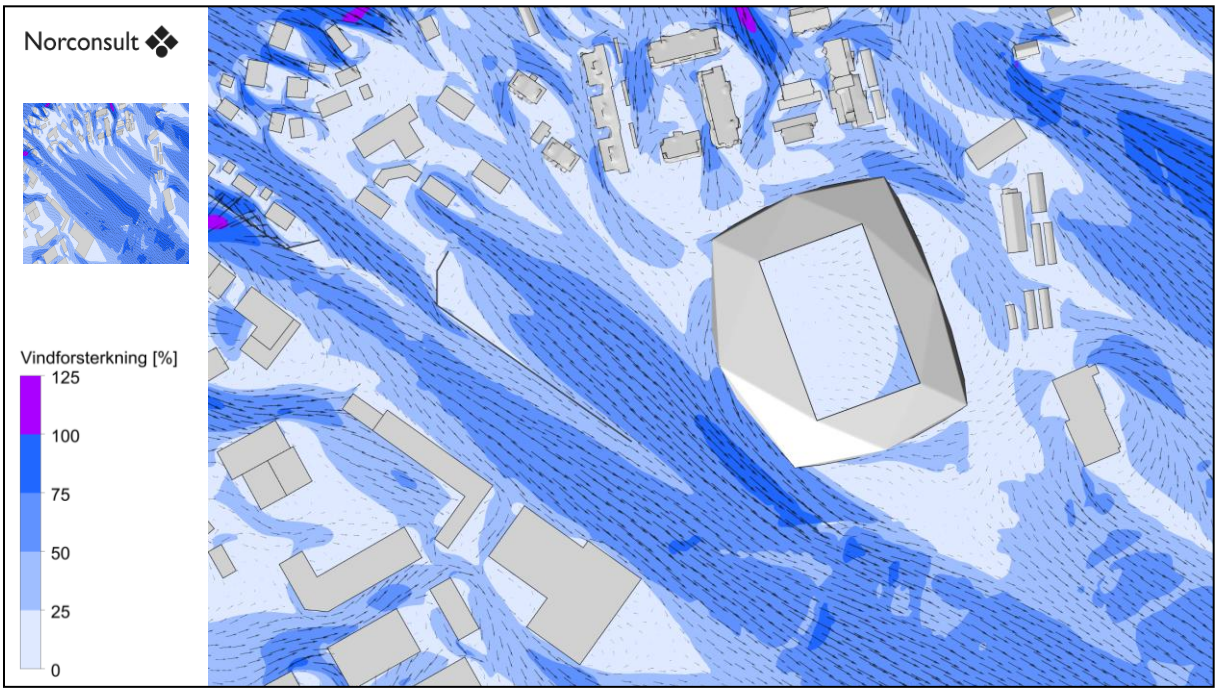


Figur 45: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 270° med stadion.

9.12 Vind fra 300°

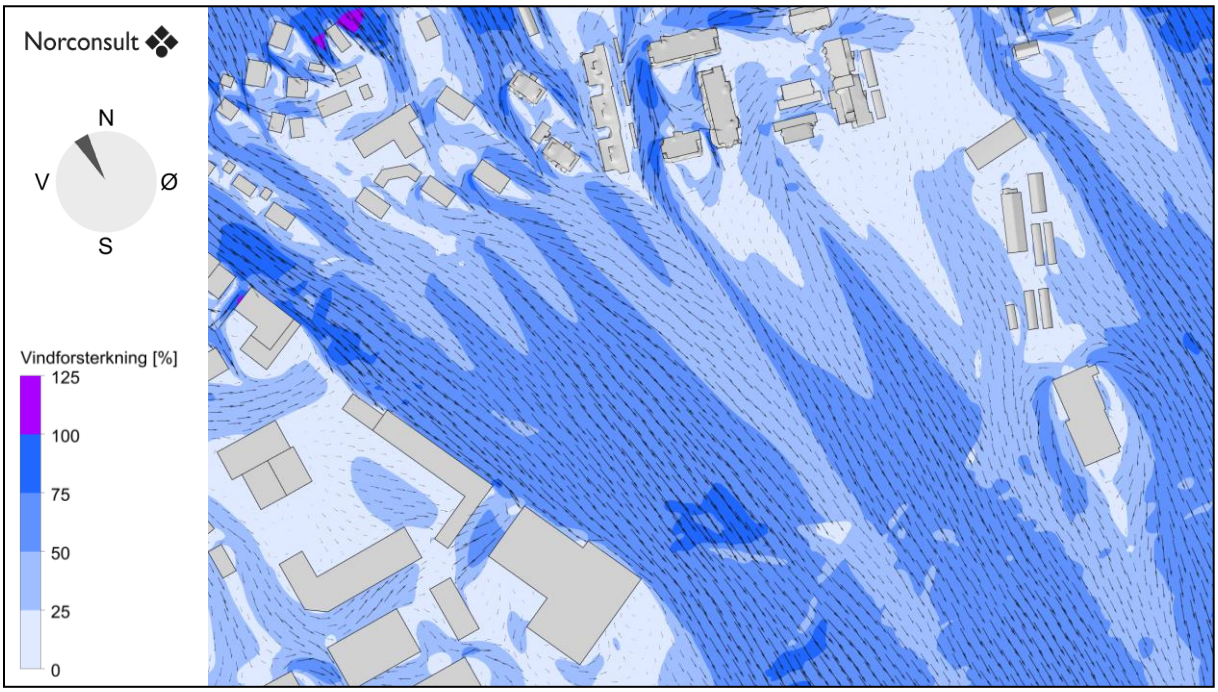


Figur 46: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 300° uten stadion.

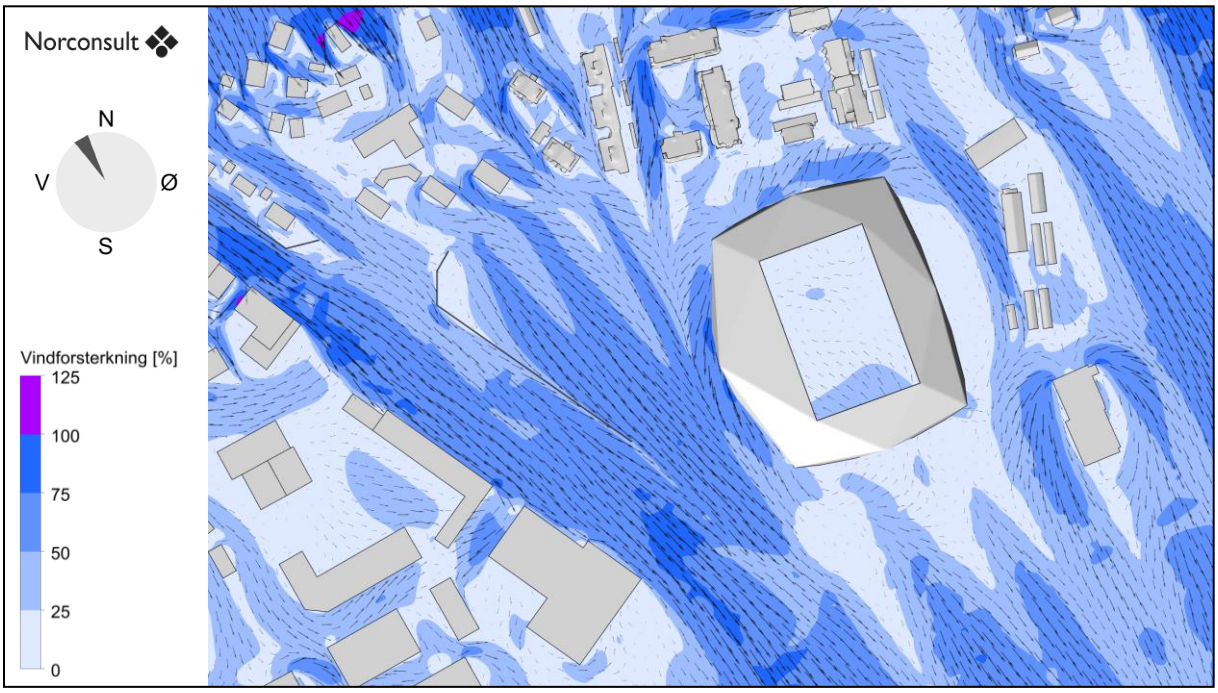


Figur 47: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 300° med stadion.

9.13 Vind fra 330°



Figur 48: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 330° uten stadion.



Figur 49: Vindforsterkning og strømningspiler i en høyde på 1,5 m ved vind fra 330° med stadion.