



RAPPORT

OPPDRAGSNAVN: Mikroklimaanalyse – Roligheden Panorama AS

EMNE: Vind mikroklimaanalyse

DOKUMENTKODE: 36374-RIM-001-20230705





Vindmikroklimaanalyse

Oppdragsnavn: Mikroklimaanalyse – Roligheden Panorama AS

Oppdragsgiver: Roligheden Panorama AS

Kontaktperson: Vilde Husby

Emne: Vind mikroklimaanalyse

Dokumentkode: 36374-RIM-001-20230705

Ansvarlig enhet: Miljø

Utført av:

Sameh Elias Rbahia

Tilgjengelighet: Åpen

Dato:

05.07.2023

SAMMENDRAG:

Tomten i Marviksveien 98 i Kristiansand kommune (g.nr./b.nr.152/996) skal omreguleres. WSP Norge har gjennomført en vindmikroklimaanalyse av planforslaget for prosjektet "Roligheden Panorama" iht. kommunens vindstatistikk og inkludert omkringliggende bebyggelse. Vindbelastningen er vurdert etter Lawson LDDC vindkomfort og vindsikkerhet.

Formålet med mikroklimaanalysen er å vurdere virkningen av den nye utviklingen på mikroklimaet i prosjektområdet. Generelt sett innebærer teknikken å kombinere data om vind, sollys, temperatur og fuktighet på mikroklimanivå gjennom sesongen for å oppnå en helhetlig forståelse av termisk komfort, hvordan det mikroklimatiske preget av et sted faktisk oppleves av allmennheten. I denne rapporten fokuserer vi spesielt/kun på vindmikroklimatiske forhold.

Gode vindmikroklimatiske forhold er nødvendige for å skape fremragende offentlige områder i byen for alle. Ugunstige vindvirkninger kan redusere kvaliteten og bruken av utendørsområder og i ekstreme tilfeller føre til bekymringer for sikkerheten. Rapporten legger vekt på de viktigste faktorene som påvirker kvaliteten og konsistensen av vindmikroklima. Andre mikroklimatiske faktorer som temperatur, sollys, luftkvalitet og støy påvirker også utendørs komfort, og noen av disse faktorene kan inkluderes i en fremtidig utgave av rapporten.

Funnene fra analysen er oppsummert i denne rapporten. Det vil oppstå en moderat økning i vindbelastning på bakkenivå, men mindre enn det man typisk ser ved oppføring av høye bygg. Noen av byggets høyere fasader gjør at mer vind vil trekkes ned på bakkenivå. I sum er vindbelastningen på indre områder mellom prosjekts bygningsmasse i Lawson-kategori A til C, egnet til sittende aktiviteter, mens terrasser er noe mer utsatte, spesielt de høyereliggende og lengst vestlige og nordøstlige delene av bygningene.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	GODKJENT AV
0.0	05.07.2023	Rapport fra mikroklimaanalyse – vindmikroklimaanalyse	SER	MPE

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Bakgrunn	4
2.	Om prosjektet	4
3.	Introduksjon	6
	3.1 Termisk komfort	6
	3.2 Mikroklimatiske parametere.....	8
3.2.1	Temperatur	8
3.2.2	Solforhold.....	9
3.2.3	fuktighet.....	10
3.2.4	Vindforhold	11
4.	Metode	13
	4.1. Lokalklima og vindkomfort kriteria	14
	4.2. presentasjon av resultater	16
5.	Resultater	17
	5.1. Fotgjenger vindkomfort	17
	5.2. vindStrømningsmønstre.....	18
5.2.1.	Nordøstlig vindretning	19
5.2.2.	vestlig vindretning	21
6.	Konklusjoner	23
7.	anbefalinger.....	23

Med mindre annet er skriftlig avtalt, tilhører alle rettigheter til dette dokument **WSP Norge AS**.

Innholdet – eller deler av det – må ikke benyttes til andre formål eller av andre enn det som fremgår av avtalen. WSP Norge har intet ansvar hvis dokumentet benyttes i strid med forutsetningene. Med mindre det er avtalt at dokumentet kan kopieres, kan dokumentet ikke kopieres uten tillatelse fra WSP Norge.

1. BAKGRUNN

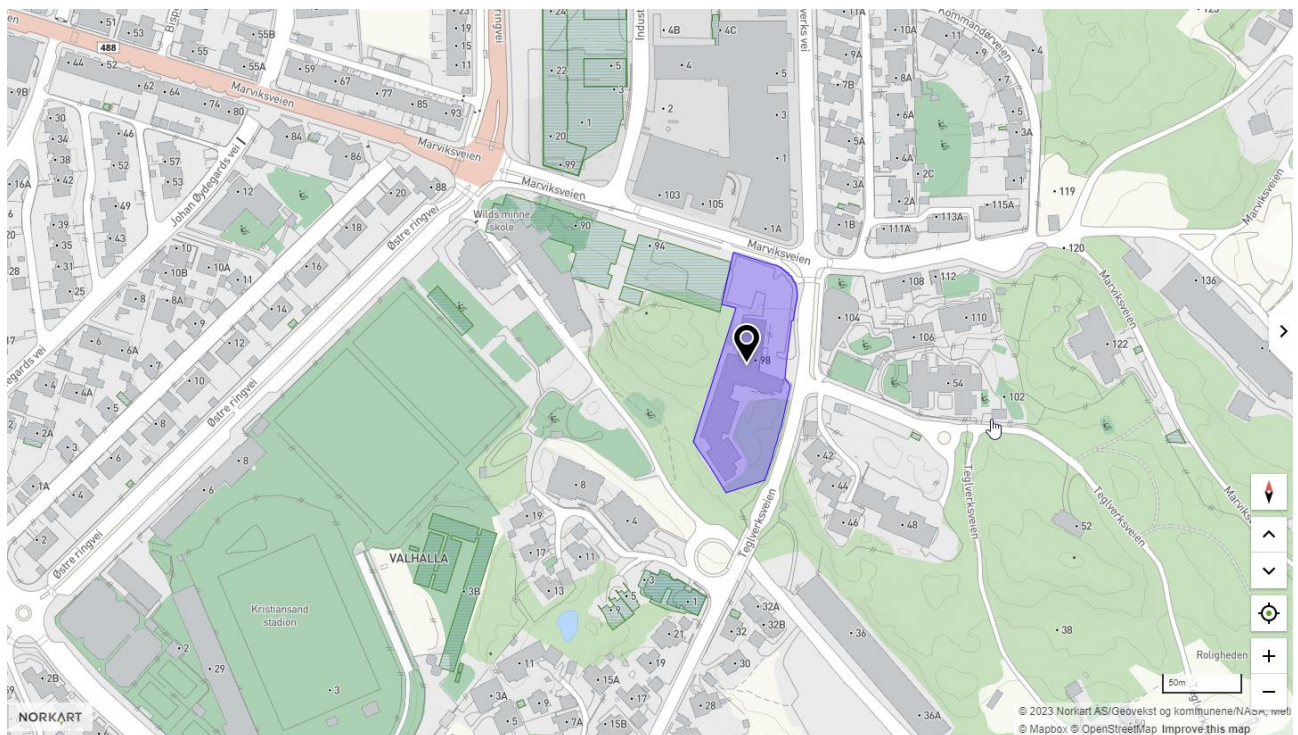
WSP Norge AS er engasjert for å gjennomføre en mikroklimateanalyse i forbindelse med planarbeid for prosjektet Roligheden Panorama i Kristiansand kommune (gnr./bnr: 152/996).

Formålet med mikroklimateanalysen er å vurdere utviklingen av mikroklimateet i prosjekt-området. Generelt sett innebærer teknikken å kombinere data om vind, sollys, temperatur og fuktighet på mikroklimatenivå gjennom sesongen for å oppnå en helhetlig forståelse av termisk komfort (*Thermal comfort*), og hvordan det mikroklimateiske preget av et sted faktisk oppleves av allmennheten. I denne rapporten fokuserer vi spesielt på vind-mikroklimateiske forhold. Gode vind-mikroklimateiske forhold bidrar til å skape gode offentlige områder i byen for alle.

Vindanalysen har som hovedmål å belyse og vurdere anvendeligheten av utendørsområdene, og avdekke potensielt vindutsatte områder, basert på Lawson LDDC-metoden. Det finnes ikke egne norske metoder for vindanalyser. Andre faktorer som temperatur, sollys og fuktighet er kun beskrevet og ikke vurdert i denne rapporten.

2. OM PROSJEKTET

Planområdet omfatter eiendommen Marviksveien 98, 152/996, som ligger i et populært og attraktivt boligområde. Beliggenheten er sentral, med kort avstand til det nye bydelscenteret på Marviksletta og friluftsområdene i Marvika og Bertesbukta.

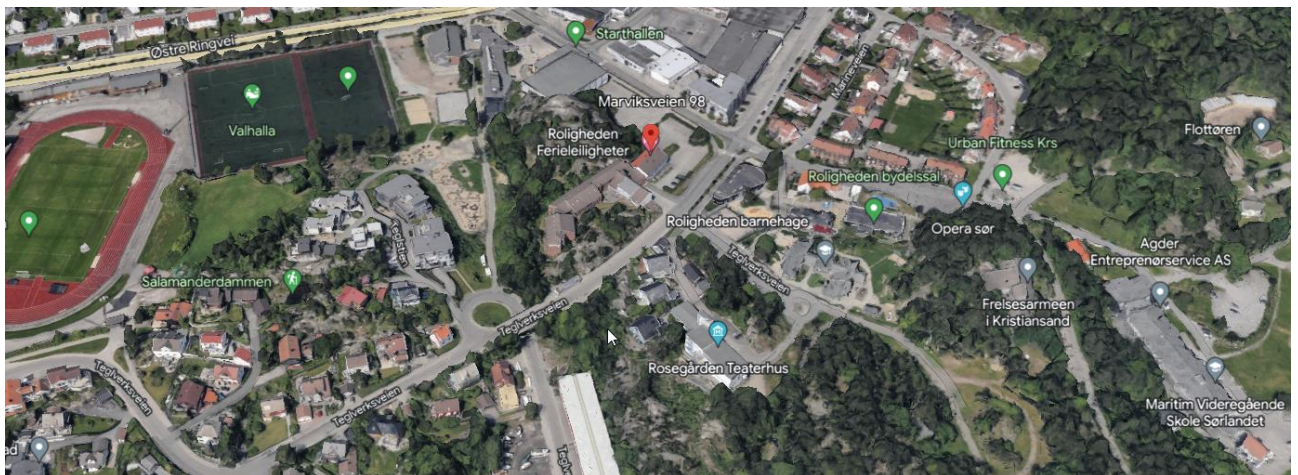


Figur 1: Oversiktskart som viser plassering av bygningsmassen som omfattes av tiltaket. Kilde:Norkart.

For tiden brukes eiendommen som studentboliger av Studentskipnaden i Agder (SiA) og som ferieboliger i sommermånedene. Bruken vil opphøre i 2024, og eiendommen skal utvikles og detaljreguleres før den blir solgt.

Eiendommen har tilgang fra to offentlige veier og har for tiden innkjøring fra Nye Teglværksvei. Planen er å utvikle området til et boligprosjekt med leilighetsbygg, og det er høye ambisjoner når det gjelder arkitektonisk uttrykk, kvalitet, energiløsninger og miljø. Sentrale temaer i planarbeidet inkluderer helhetlig og solid planlegging, høyde, lys- og solforhold, adkomst og parkering, bevaring av terrenget, planformål langs Marviksveien og utforming av bygninger og utendørsområder.

Konkret er det foreslått et parkeringsanlegg på bakkeplan, med innkjøring fra Marviksveien. Planen inkluderer også en todelt bygningstypologi. Mot nord og øst skal det oppføres en L-formet bebyggelse bestående av fire bygninger (byhusene). Mot sør skal det plasseres to frittstående skogshus i landskapet, med ulik orientering for å maksimere sol- og utsiktsforholdene. Tegl i ulike nyanser vil være det dominerende fasadematerialet.



Figur 2: Roligheden panorama - sett fra sør. Kilde: GoogleMaps



Figur 3: Situasjonsplan. Kilde: Planinitiativdokument Apalvika.



Figur 4: 3D-modell av planforslaget. Kilde: 3D-modell.

3. INTRODUKSJON

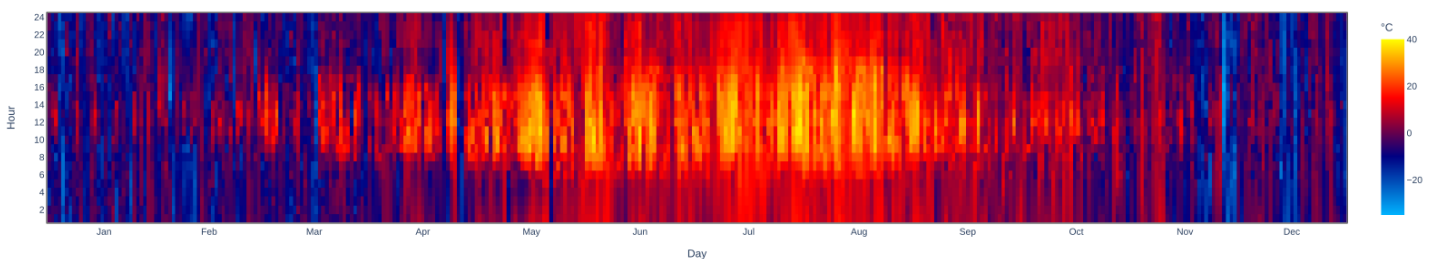
3.1 TERMISK KOMFORT

Den viktigste faktoren for kvaliteten på et offentlig område er den generelle mikroklimatiske opplevelsen av allmennheten, som består av en kombinasjon av følgende parametere:

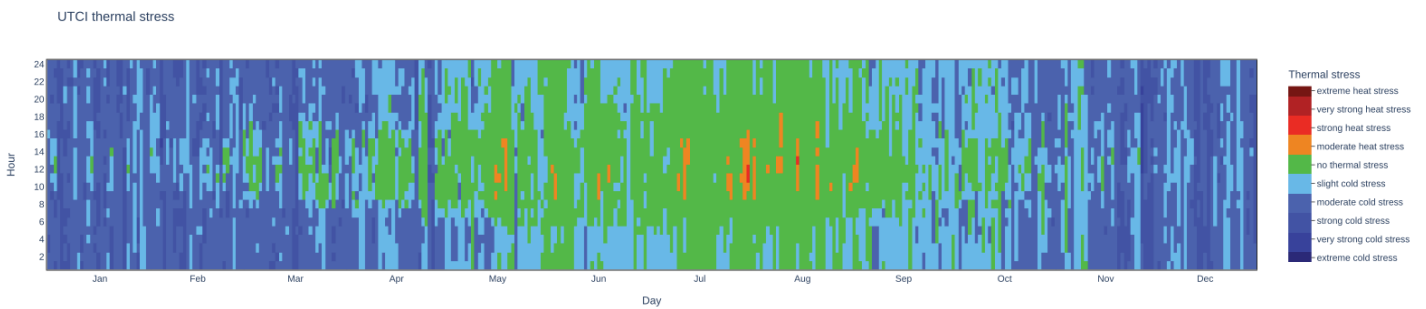
- sollys, naturlig lys og skygge,
- vind,
- temperatur og
- fuktighet.

Dette utgjør den "føles som" kvaliteten av mikroklimaet, som vi kaller "termisk komfort". For eksempel kan et solrikt åpent område i februar virke tiltalende og komfortabelt å oppholde seg i, men hvis lufttemperaturen er lav med høy luftfuktighet og det blåser en sterk nordlig vind, vil det mest sannsynlig føles betydelig kaldere og ubehagelig, selv i solen. Dette er opplevelsen av Termisk Komfort som de som bruker området opplever det som.

UTCI heatmap



Figur 5: UTCI – definer UTCI, ha eget avsnitt med definisjoner/forkortelser- oppfattet temperatur årlig varmekart i tilstanden sol og vind for Kristiansand.



Figur 6: UTCI varmebelastningsindeks varmekart i sol- og vindtilstand for Kristiansand

Det finnes flere faktorer som påvirker termisk komfort, inkludert alder og fysiske egenskaper til personene som bruker området, mengden klær de har på seg, hvor aktive de er, materialene i omgivelsene deres (landskap og bygninger) og nærheten til kunstige varmekilder som ventilasjonsgriller, eksos eller trafikk. Disse faktorene er vanskelige å kvantifisere nøyaktig tidlig i designprosessen, og er derfor ikke inkludert i denne vurderingen for øyeblikket.

UTCI (*Universal Thermal Climate Index*) er et verktøy for å vurdere utendørsområder og maksimere antall komfortable timer. Designeren kan påvirke to av de fire faktorene som påvirker utendørs komfort: strålingstemperatur (eksponering for solen) og vindhastighet (eksponering for vinden). Ved å justere disse faktorene kan termisk komfort optimaliseres og forbedre utemiljø. Tabellen for UTCI gir muligheten til å analysere utendørs termisk komfort for ulike kombinasjoner av meteorologiske forhold basert på tilstedeværelsen eller fraværet av sol og vind, se figur 5.

Verdiene blir deretter konvertert til en skala som vurderer termisk belastning, enten på grunn av kulde eller varme. Figur 7 viser den termiske belastningen gjennom året.

Fra midten av mars til midten av september er det lite negativ termisk belastning (grønn farge i figuren). Resten av året viser både moderat og sterk kuldebelastning hvor det er mulig å optimalisere termisk komfort.

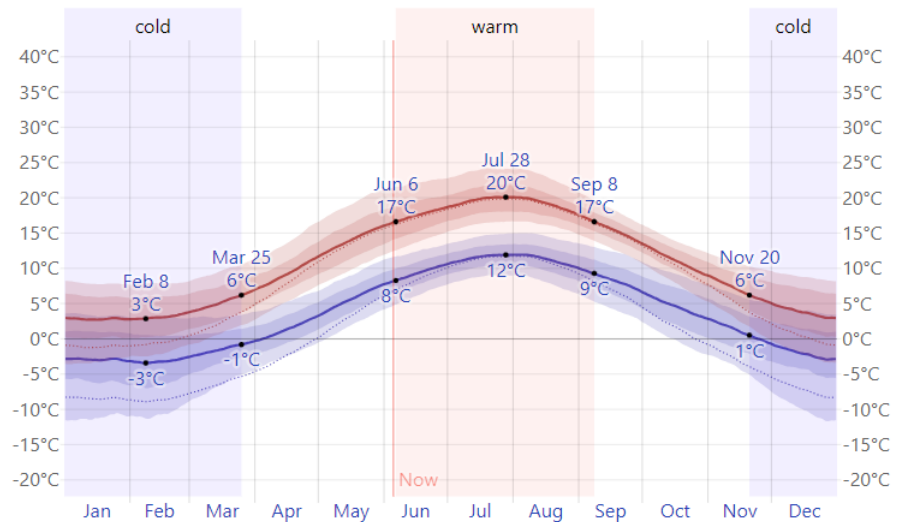


Figur 7: UTCI termisk belastning for Kristiansand

3.2 MIKROKLIMATISKE PARAMETERER

3.2.1 TEMPERATUR

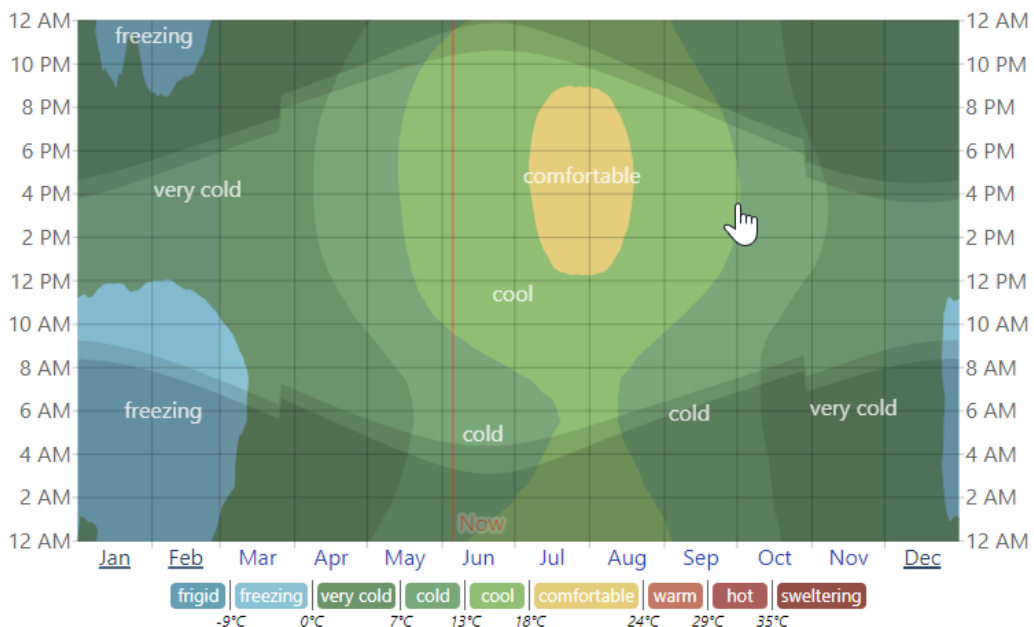
Den kalde årstiden varer i 4 måneder, fra 20. november til 25. mars, med en gjennomsnittlig daglig høy temperatur under 6°C. Den kaldeste måneden i året i



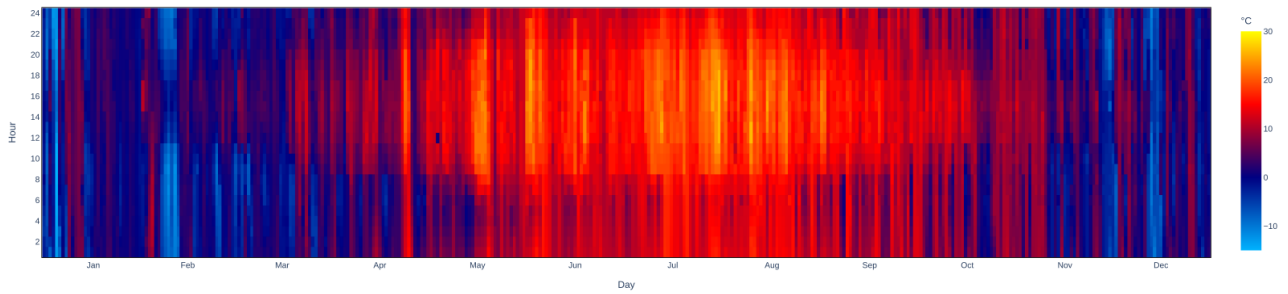
Figur 8: Gjennomsnittlig høy og lav temperatur i Kristiansand

Kristiansand er januar, med en gjennomsnittlig lav på -3°C og høy på 3°C.

Figur 9 viser en kompakt karakterisering av hele året med timemiddeltemperaturer (Average Hourly Temperature). Den horisontale akse er dagen i året, den vertikale akse er timen på dagen, og fargen er gjennomsnittstemperaturen for den timen og dagen. Mens Figur 10 viser daglig lufttemperatur som er nyttig metode for å evaluere termisk ekskursjon over et år (ved å evaluere den horisontale gradienten) eller over individuelle dager (ved å evaluere den vertikale gradienten).



Figur 9: Gjennomsnittlig timetemperatur i Kristiansand



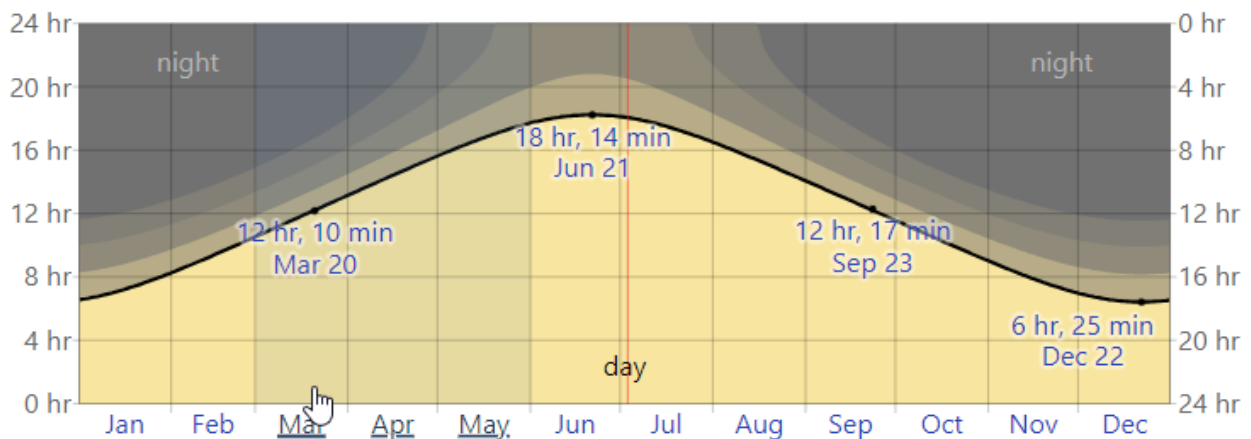
Figur 10: Daglig lufttemperatur vist i varmekart i Kristiansand

Kristiansands tempererte klima viser lite døgnvariasjon, med noe økning i sommermånedstemperaturene.

3.2.2 SOLFORHOLD

Lengden på dagen i Kristiansand varierer ekstremt i løpet av året. I 2023 er den korteste dagen 22. desember, med 6 timer, 25 minutter med dagslys; den lengste dagen er 21. juni, med 18 timer og 14 minutter dagslys.

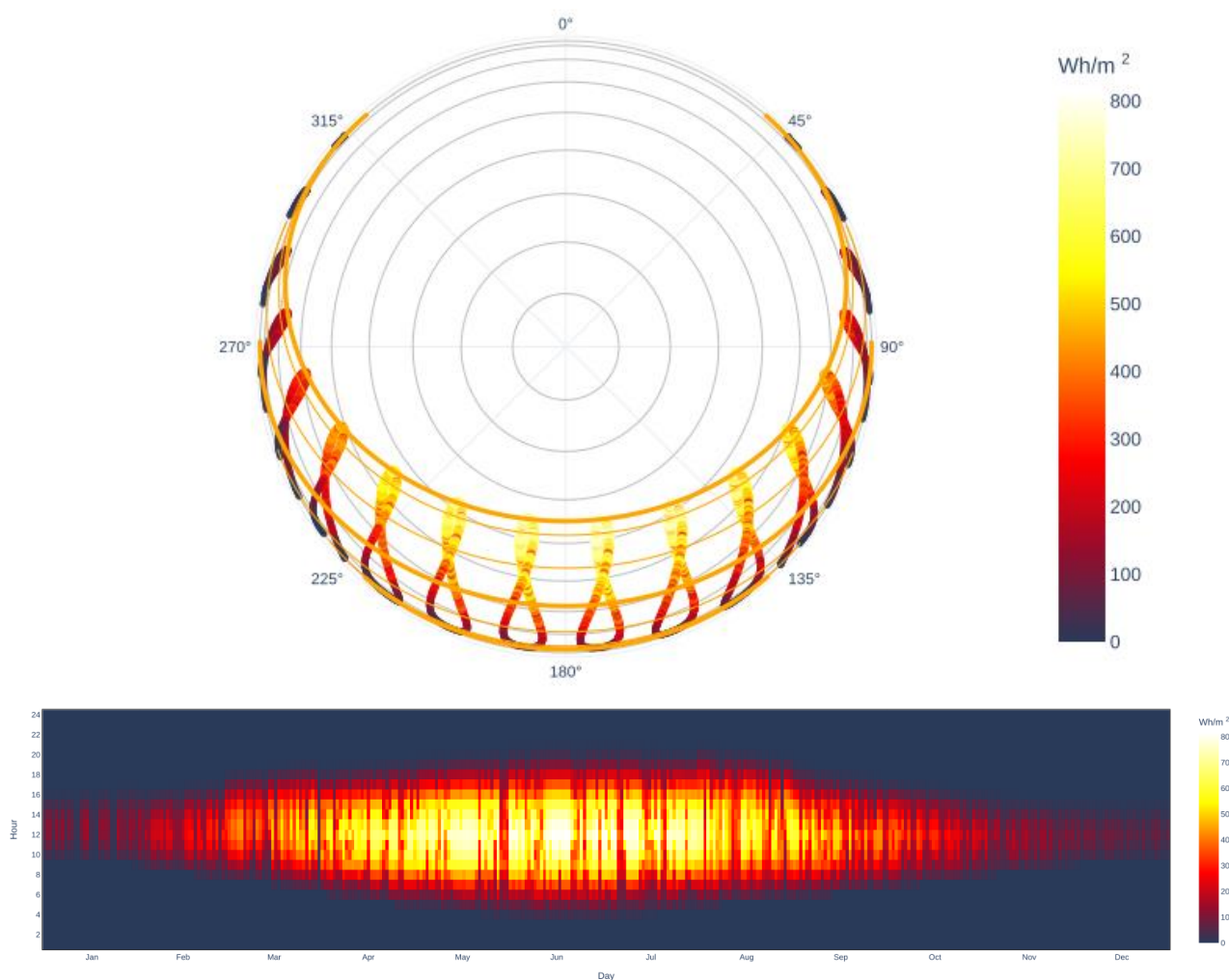
Antall timer der solen er synlig (svart linje). Fra bunnen (mest gul) til toppen (mest grå), indikerer fargebåndene fullt dagslys, skumring (sivilt, nautisk og astronomisk) og hel natt.



Figur 11: Timer med dagslys og skumring i Kristiansand (kilde: weatherspark.com)

Figur 12 viser den globale horisontale solstråling i Kristiansand. Typiske daglige grafer som viser mengden energi som blir mottatt fra solen, har mange bruksområder.

Solstrålingsanalyse kan også bidra til å vurdere mikroklimaet i utendørsområder. Ved å analysere solstrålingsmønstre kan man forstå hvordan solen påvirker temperatur, luftstrøm og termisk komfort i ulike områder. Dette kan være spesielt nyttig når man planlegger utforming av offentlige rom, parker, eller andre utendørsområder. Ved å identifisere områder med høy solinnstråling og potensiell varmeoppbygging, kan man implementere tiltak som skyggeelementer, vegetasjon eller materialer med lav varmeabsorpsjon for å skape mer behagelige og komfortable miljøer. Solstrålingsanalyse er dermed en viktig del av å skape optimale mikroklimatiske forhold i utendørsområder.

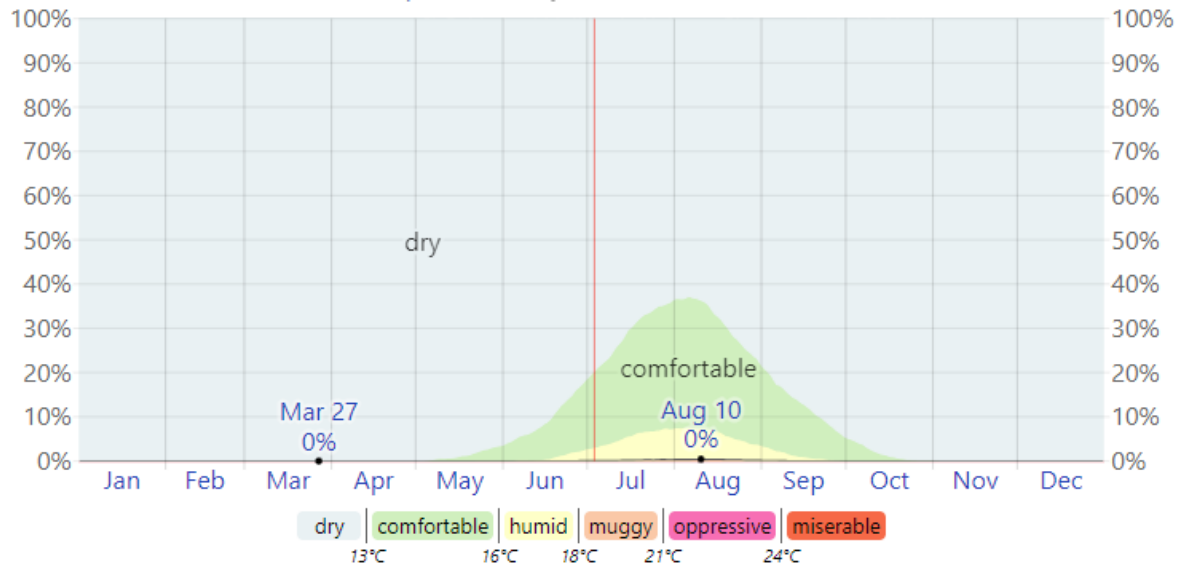


Figur 12: Global horisontal solstråling i Kristiansand

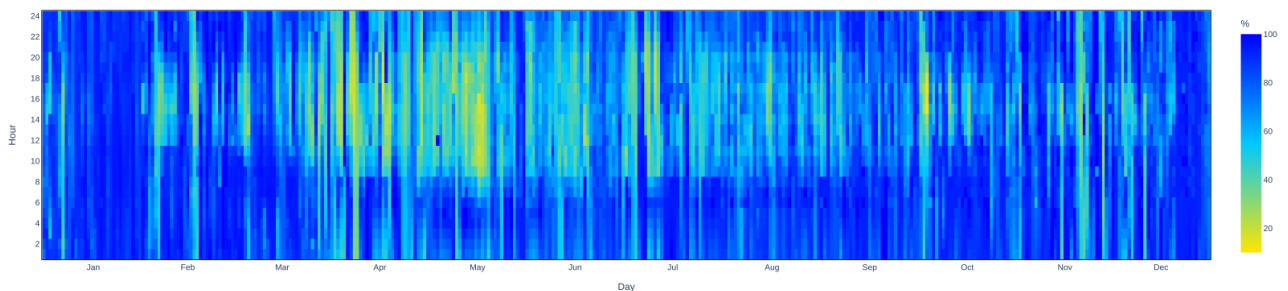
3.2.3 FUKTIGHET

Vi baserer komfortnivået for fuktighet på duggpunktet, da det bestemmer om svette vil fordampe fra huden og dermed kjøle ned kroppen. Lavere duggpunkter føles tørrere, mens høyere duggpunkter føles mer fuktig. I motsetning til temperatur, som vanligvis varierer betydelig mellom natt og dag, endrer duggpunktet seg langsommere. Så selv om temperaturen kan synke om natten, blir en fuktig dag vanligvis etterfulgt av en fuktig natt.

Det oppfattede fuktighetsnivået i Kristiansand, målt som prosentandel av tid der komfortnivået for fuktighet oppleves som klamt (oransje), trykkende (lille) eller ubehagelig (rødt), varierer ikke betydelig i løpet av året. Det forblir nesten konstant på 0% gjennom hele året.



Figur 13: Fuktighetskomfortnivåer i Kristiansand



Figur 14: Årlig relativ luftfuktighet varmekart for Kristiansand

Varmekart er en annen svært nyttig metode for å evaluere relativ fuktighetsutflukt over et år (ved å evaluere den horisontale gradienten) eller over individuelle dager (ved å evaluere den vertikale gradienten).

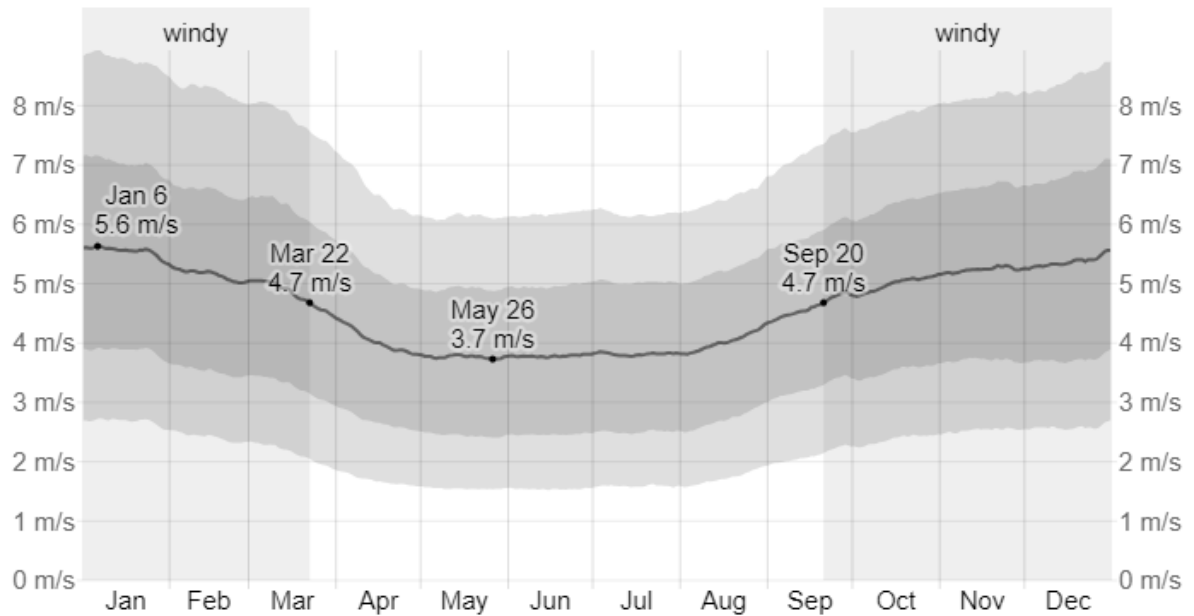
Selv om det er små forskjeller i prosentskalaen i Kristiansand, kan observasjoner gjøres om relativ fuktighetstrender, spesielt mellom dag og natt. Bortsett fra på regnværsdager vil dager med sol redusere den relative fuktigheten.

3.2.4 VINDFORHOLD

Denne delen diskuterer den gjennomsnittlige vindvektoren per time (hastighet og retning) på 10 meter over bakken. Vinden som oppleves på et gitt sted er svært avhengig av lokal topografi og andre faktorer, og øyeblikkelig vindhastighet og retning varierer mer enn timegjennomsnitt.

Gjennomsnittlig vindhastighet på timen i Kristiansand opplever betydelig sesongvariasjon i løpet av året. Vinterhalvåret er den mere vindfulle delen av året fra rundt 20. september til 22. mars, med gjennomsnittlige vindhastigheter på over 4,7 meter per sekund. Den mest vindfulle måneden i året i Kristiansand er januar, med en gjennomsnittlig vindhastighet på 5,5 meter per sekund.

Sommerhalvåret fra ca. 22. mars til 20. september er mindre vindfullt. Årets roligste måned i Kristiansand for vind er mai, med en gjennomsnittlig vindhastighet på 3,8 meter per sekund.



Figur 15: Gjennomsnittlig vindhastighet i Kristiansand

For å utføre vindanalysen ble vindmålinger fra Kristiansand lufthavn, Kjevik, brukt som grunnlag. Dette er den nærmeste målestasjonen, som ligger 6,5 km unna planområdet, og betraktes som representativ også for Kristiansand. Vindstatistikken, som vises i Figur 16 nedenfor, gir informasjon om både vindretning og vindstyrke. Det viser seg at sørvestlig og nordøstlig vindretning er dominerende gjennom året, med nordøstlig vindretning som den mest hyppige.



Figur 16: Års-vindrose i Kristiansand

Til venstre vindrose som viser alle hastighetsområder, mens til høyre viser kun retning og frekvens for vindhastigheter over 10,7m/s

4. METODE

Luftstrømmer rundt bygninger og over terreng på prosjekts område ble analysert fra flere forskjellige vindretninger. Ved å bruke en vindrose for å vurdere sannsynligheten for gitte vindforhold, blir disse resultatene også aggregert for å vurdere komfortnivået for fotgjengere.

CFD-analyser + vindstatistikk = komfort med tanke på vind for fotgjengere



Figur 17: Vindroser brukt i analysen. Figurene markert med rødt viser de mest dominerende vindstrømmingene.

Analysen av vind er gjennomført med numerisk væskedynamikk (*computational fluid dynamics* -CFD-) og simulering fra 8 kardinale vindretninger for å anslå de lokale vindhastighetene på bakkenivå. Som beskrevet

i kapittel 3, er frekvensen av ulike vindstyrker og retninger fordelt som vist i vindrosen i Figur 16. Vindanalysen blir utført ved hjelp av simuleringverktøyet Autodesk Forma. Forma vindanalyse bruker en automatisk gitt vindrose for å undersøke om bygningsmodellen tillater luftstrøm gjennom prosjektstedet. Vindrosen var basert på data fra Global Wind Atlas versjon 03¹.

Retningen vises i forhold til kompassets orientering (nord, øst, sør, vest). Hyppigheten av forekomst for en gitt retning identifiseres ved størrelsen på det tilsvarende segmentet. I tillegg vises %-sannsynligheten for den valgte retningen i midten av vindrosen, se Figur 17. Ved å bare observere vindrosen kan man besvare generelle spørsmål som hvilke vindretninger bygningen bør skjerme utendørsområdene mot, og om gatene er justert etter dominerende vindretninger, som både kan være en fordel (ventilasjon) og en svakhet (høye vindhastigheter på grunn av kanalisering).

Vindrosen gjør det mulig å navigere mellom de ulike mulige situasjonene (kombinasjoner av vindretning og -hastighet) på vårt område og forstå hvor ofte hver situasjon oppstår. Etter at vi har valgt en vindretning, vises sannsynlighetsfordelingen for hastigheter fra den retningen under vindrosen, og den kan brukes til å velge hvilken innkommende vindhastighet vi ønsker å undersøke. I vår studie ønsker vi å undersøke de verste scenarioene, som er retning vindretning fra vest (270 ° W) med en hastighetsfordeling på 21 %, og fra nordøst (45° NE) med en vindhastighet på 23 %, se rødt merkede vindroser i Figur 17.

Det benyttes en 3D-modell av all nærliggende bebyggelse, spesielt de som ligger i strømningsretningen av de dominerende vindretningene. 3D-modellen av den omkringliggende bebyggelsen og terrenget er hentet fra tilgjengelige Nasjonal Detaljert Høydemodell (NDH) og Høydedata². Bygningsmodellen for Roligheden Panorama er hentet fra MAD arkitekter sin 3D-modell i DXF, og bearbeidet på nytt på for å sikre riktig detaljnivå og at de ytre flatene er lukket, se Figur 4.

4.1. LOKALKLIMA OG VINDKOMFORT KRITERIA

Retningslinjene i London for lokale vindanalyser ved bruk av CFD er tatt i bruk³. Denne skalaen anbefales for mikroklimaevaluering i byen London. Imidlertid kan denne skalaen kanskje ikke være passende for en vindfull by langs Norges kyst, eller i varmere klima. Men ettersom Kristiansand har samme klimasone, nemlig temperert klima, og gjennomsnittlig vindhastigheten, har vi valgt å bruke dens vindkomfortskala, se Figur 19.

Etter å ha bestilt en vindanalyse, vil vi få to typer tilbakemeldinger:

- Vindstrømningsmønstre for kombinasjoner av retninger og hastigheter i vindrosen.
- En analyse av fotgjengers komfort i vinden.

Fotgjenger vindkomfort

Analysen av fotgjengerkomfort kombinerer vindstrømsmønstrene med sannsynlighetene som er definert i vindrosen for å forutsi hvor det vil være områder med ubehagelige vindhastigheter over tid.

Komfortskalaen som brukes er Lawson LDDC-skalaen, som anbefales av de tidligere nevnte retningslinjene. Fotgjengers vindkomfort sier noe om vindforholdene på bakkenivå, og hvordan det påvirker folk. Kort fortalt bruker vindanalysen avansert væskemekanikk for å finne vindtunneler, virvler og nedspyling (*wind tunnels*,

¹ <https://globalwindatlas.info/en>

² <https://www.kartverket.no/geodataarbeid/nasjonal-detaljert-hoydemodell>

³ <https://www.cityoflondon.gov.uk/assets/Services-Environment/wind-microclimate-guidelines.pdf>

vortices, and down-wash) forårsaket av bygninger og terreng, og komfortanalysen bruker disse resultatene til å vurdere hvor behagelige gatene er for folk.

Spacemaker	Sitting	Standing	Strolling	Walking	Uncomfortable
Lawson	Sitting	Standing	Strolling	Walking fast	Uncomfortable
Lawson 2001	Sitting	Standing	Strolling	Business walking	Uncomfortable
Lawson LDDC	Frequent sitting	Occasional sitting	Standing	Walking	Uncomfortable
Davenport	Sitting long	Sitting short	Walking leisurely	Walking fast	Uncomfortable
NEN 8100	Sitting long	Sitting short	Walking leisurely	Walking fast	Uncomfortable
CSTB	Sitting	Sitting	Strolling	Walking	Uncomfortable

Tabell 1: Lawson LDDC vindkomfortkriterier (kilde?)

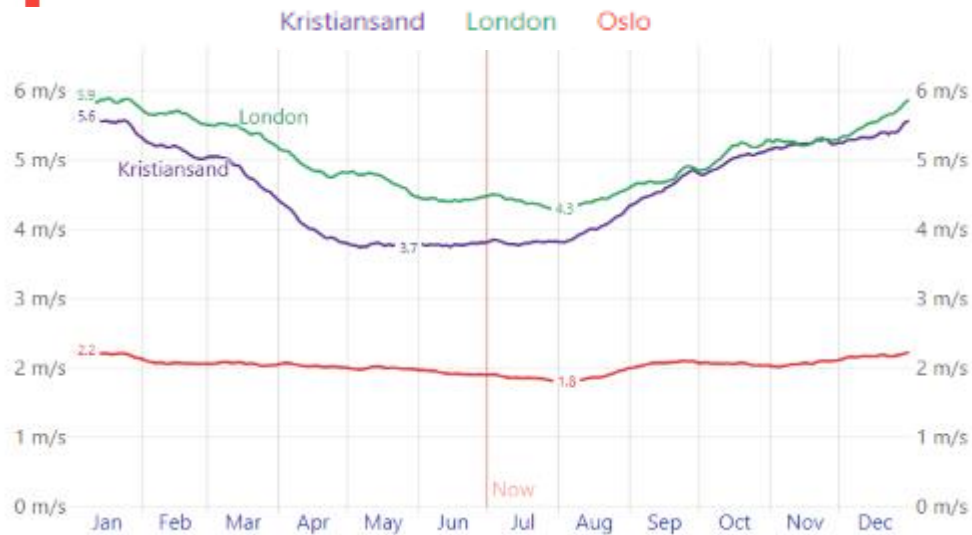
I vår analyse har vi samlet flere forskjellige komfortskalaer i brukerkategoriene Sitte, Stå, Spasere, Gå og Ubehagelig (**Sitting, Standing, Strolling, Walking and Uncomfortable**), dvs. de situasjonene som personer som oppholder seg utendørs vil være i. De ulike betegnelseene er ganske lik de som er spesifisert i de faktiske komfortskalaene, som illustrert i Tabell 2.

Tabellen nedenfor viser øvre grenser for hver aktivitetskategori basert på gjennomsnittlig vindhastighet og sannsynligheten for forekomst. For eksempel sier Lawson LDDC-skalaen at det er ubehagelig å stå hvis gjennomsnittlig vindhastighet er over 4 m/s i mer enn 5% av tiden. Når det gjelder å gå, tolererer mennesker høyere gjennomsnittlige vinder, og akseptabel gjennomsnittlig vindhastighet heves til 8 m/s i 5% av tiden.

	Sitting	Standing	Strolling	Walking
Lawson	1.8 m/s, 2%	3.6 m/s, 2%	5.3 m/s, 2%	7.6 m/s, 2%
Lawson 2001	4.0 m/s, 5%	6.0 m/s, 5%	8.0 m/s, 5%	10 m/s, 5%
Lawson LDDC	2.5 m/s, 5%	4.0 m/s, 5%	6.0 m/s, 5%	8.0 m/s, 5%
Davenport	3.6 m/s, 1.5%	5.3 m/s, 1.5%	7.6 m/s, 1.5%	9.8 m/s, 1.5%
NEN 8100	5 m/s, 2.5%	5 m/s, 5.0%	5 m/s, 10%	5 m/s, 15%
CSTB	3.6 m/s, 5%	3.6 m/s, 5%	3.6 m/s, 10%	3.6 m/s, 20%

Tabell 2: Lawson LDDC vindkomfortkriterier i Autodesk Forma.

Når vindstyrken er >8m/s vil det anses som ubehagelig (*uncomfortable*) for vanlig fotgjengertilgang.



Figur 18: Gjennomsnittlig vindhastighet i London, Oslo og Kristiansand på 10 meter over bakken

4.2. PRESENTASJON AV RESULTATER

Resultatene vises ihht. Fargekoding i Tabell 3. Vindsikkerhetsresultater kan legges oppå komfortresultatene, slik at eventuelle røde soner indikerer uakseptable eller usikre forhold.

Vindkomfort er en klassifisering av vindhastigheter og den maksimale tillatte hyppigheten for overskridelse (her <5%) for ulike utendørsaktiviteter, delt inn i kategoriene A-E.

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

Tabell 3: Lawson LDDC vindkomfortkriterier brukt på presentasjon av resultater

Vindresultatene presentert med Lawson-skalaen er en samlet vurdering av vindbelastningen for alle vindretninger og -hastigheter. I resultatdelen av kapittel 5 vises disse resultatene for Roligheden Panorama. En fordel med denne presentasjonsmetoden er at den kan identifisere områder som er utsatt for vind fra ulike retninger. Imidlertid vil det være vanskeligere å nøyaktig identifisere hvilken vindretning som er mest problematisk og foreslå spesifikke tiltak - dette krever en grundig gjennomgang av resultatene for de ulike vindretningene.

5. RESULTATER

5.1. FOTGJENGER VINDKOMFORT

Resultatet av en komfortanalyse vises nedenfor. Komfortskalaen er vist på høyre side og indikerer hvor det er mest sannsynlig behagelig for ulike aktivitetsnivåer over lengre tidsperioder.



Figur 19: Vindkomfortanalysens resultater.

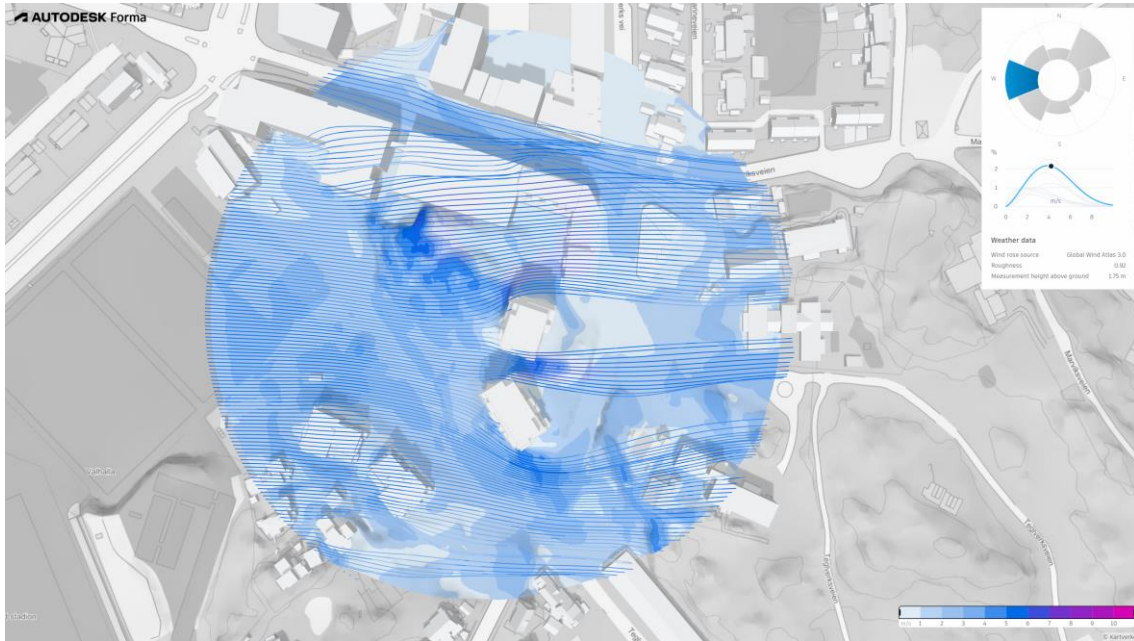
De markerte områdene er:

- 1: Rolig område beskyttet av en vinklet bygning
- 2: Utsatt? område med potensielt høy vind på grunn av kanaliseringseffekten (Venturi-effekt)
- 3: Utsatt? område med potensielt høy vind som kan forårsake mer ubehag for nærliggende bygninger
- 4: Utsatt? område med potensielt høy vind på grunn av hjørneeffekt

Lawson-plott inneholder altså vindbelastning vektet etter vindretningshyppighet, og gjenspeiler dermed de faktiske vindforhold. Resultatene viser at det i umiddelbar nærhet til Roligheden Panorama vil være en noe økt vind, her ser vi at Lawson-kategori C og D blir mest vanlig, mens A og B er mest vanlig i andre deler. Dette er som forventet, men samtidig regnet som en moderat økning. Den nordlige blokka på Roligheden er fordelaktig, og gjør at generelt lite vind trekkes ned på bakken slik man typisk ser på høye bygninger med sammenhengende slette fasader, og er egnet til sittende aktiviteter.

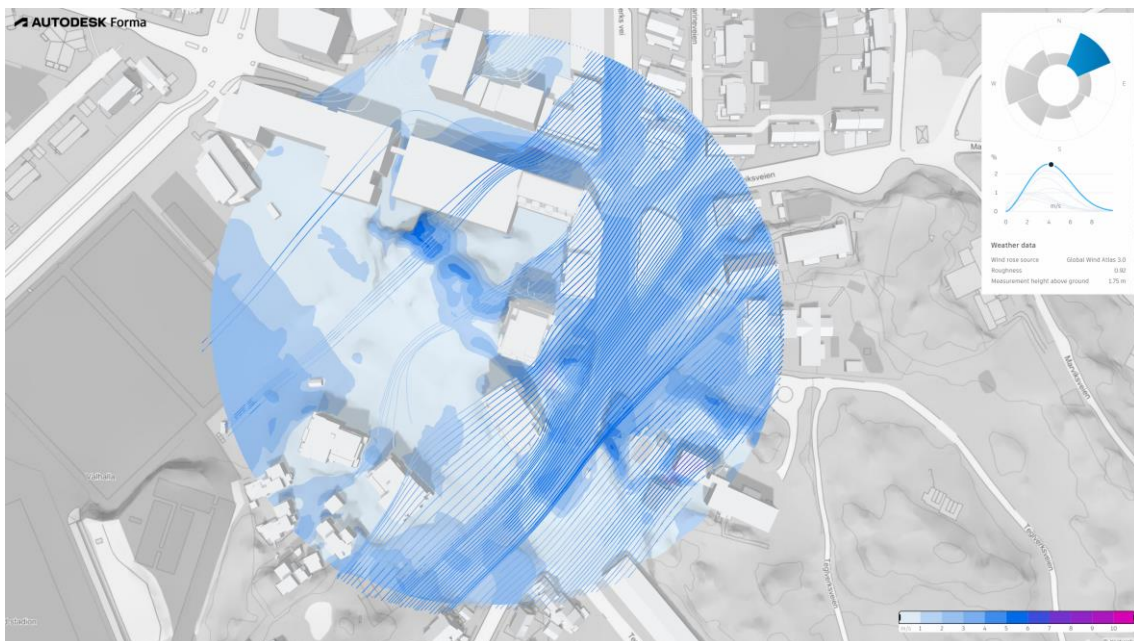
5.2. VINDSTRØMNINGSMØNSTRE

Vindstrømningsmønsteret gir viktige ledetråder om hvilken retning som forårsaker ubehag for fotgjengere. Noen steder på området kan være mer utsatt for vind fra en bestemt retning, noe som ikke alltid er lett å tolke utelukkende ut fra resultatene av komfortanalysen.



Figur 20: Vindstrømming fra vest.

Hvis vi ser nærmere på både vestlige og nordlige deler av området som ble brukt ovenfor, kan vi konkludere med at det er vestlige og nordøstlige vinder som forårsaker ubehag i gaten på grunn av den lokale økningen i hastighet, som vi ser i strømningsmønsteret, se Figur 20 og Figur 21.

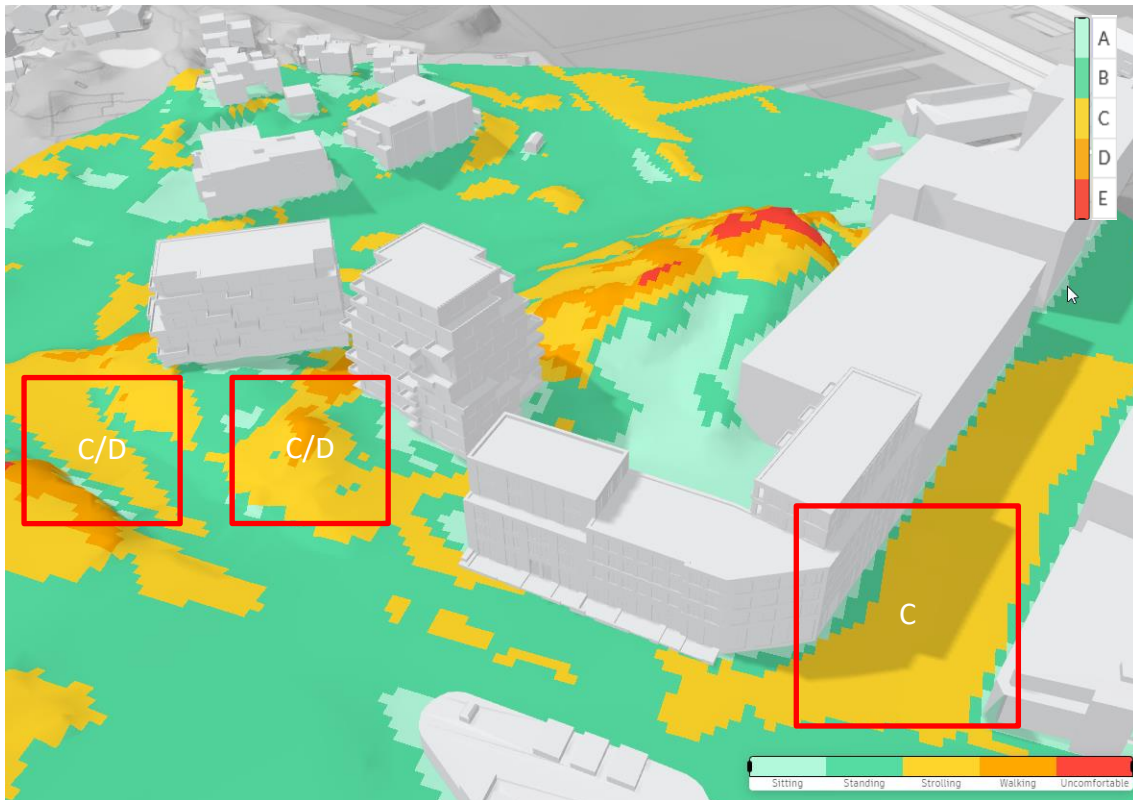


Figur 21: Vindstrømming fra nordøst

Fotgjengeres ubehag bør her reduseres i nordvest der vindeffekten kan være sterk.

5.2.1. NORDØSTLIG VINDRETNING

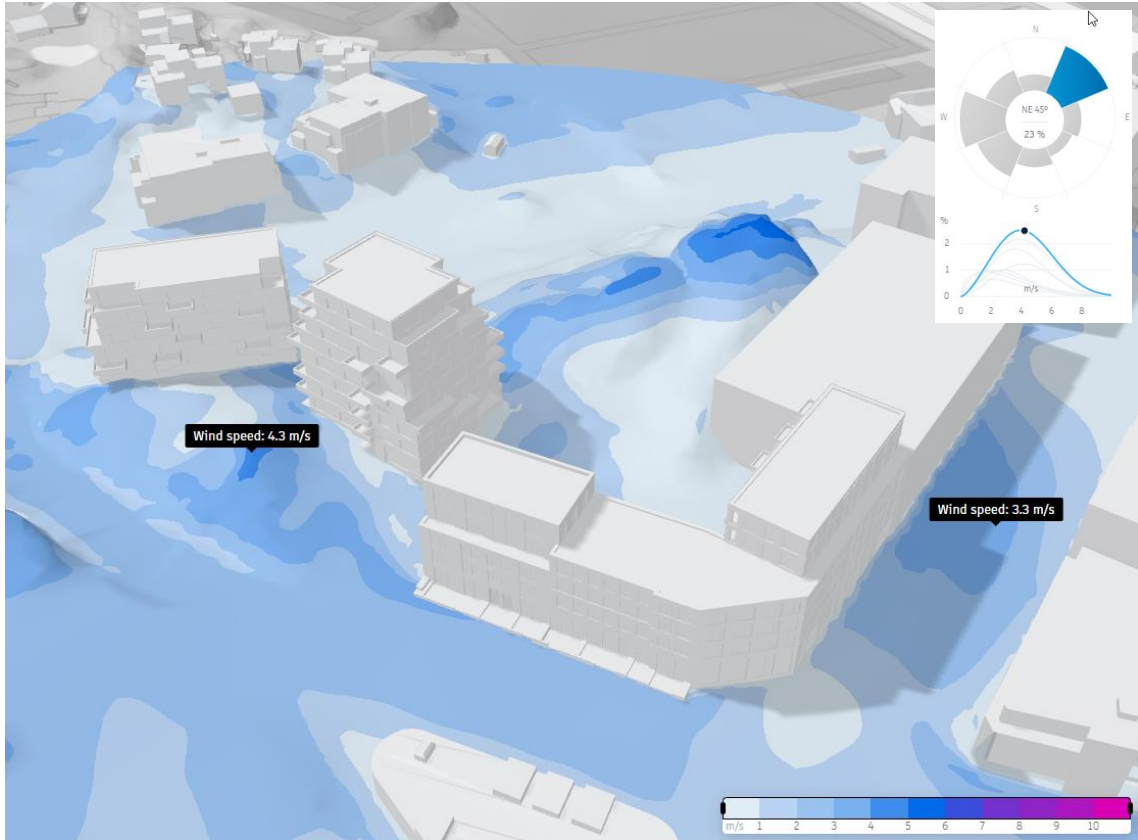
Dette er den vindretningen som påvirker mest de bakkenære områdene ved Roligheden Panorama-prosjektet med sannsynlighet på 23% av tiden over året. Vinden treffer altså baksiden av bygget (mot nord), men lar seg også påvirker fotgjengers nivået, og mot de indre områdene. Dette illustreres også i Figur 24, hvor man ser strømlinjer som går ut på nordsiden, og siden strømmer sørover mot det indre området mellom bygningen og omkrigs områdene.



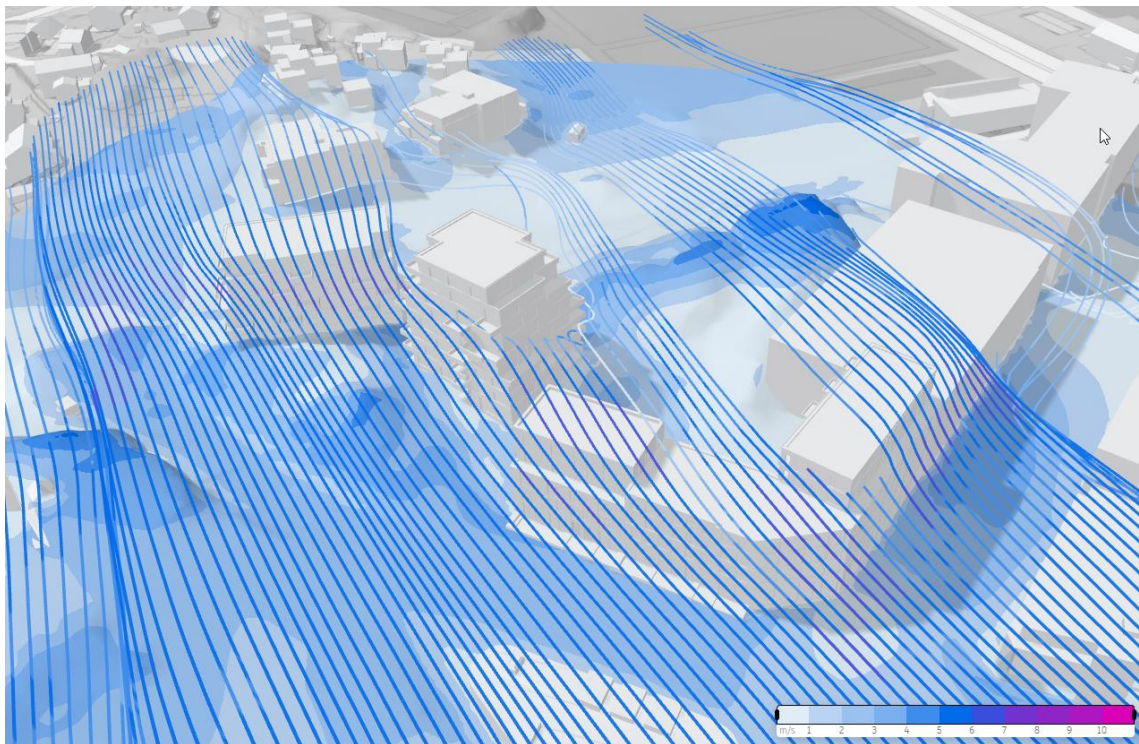
Figur 22: Lawson LDDC-plott for bygningsmassen mot nordøst

Vi ser altså at vinden på sørsiden av bygget gir høy vindbelastning (kategori D).

På det indre området mellom de tre bygningsmassene kan det vurderes ytterligere tiltak for vindskjerming basert på simuleringen er kun på omtrent 30% for visse områder. Det anbefales å se eventuelle avbøtende tiltak (*wind mitigation*) i sammenheng med faktisk vindretning, og bruke permeable flater fremfor tette vegger, da disse er mer effektive skjermingsmidler.



Figur 23: sporing av vind på bakkeplan

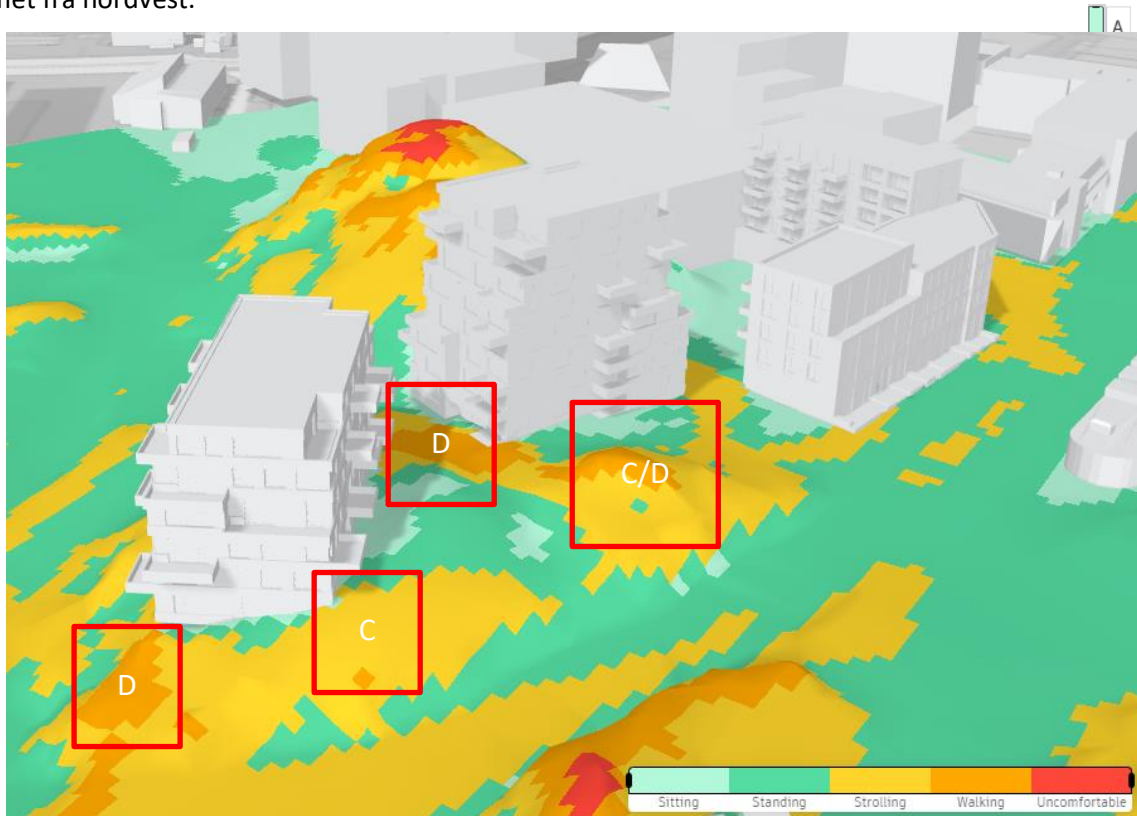


Figur 24: sporing av vind fra nordøst

5.2.2. VESTLIG VINDRETNING

Fra vestlig retning er vindbelastningen på området generelt mindre med sannsynlighet på 21% av tiden over året. Vinden treffer i hovedsak de tre bygningsmassene på området, og går i liten grad utover vindkomfort på bakkeplan. Dette gjelder spesielt området mellom bygningsmassene.

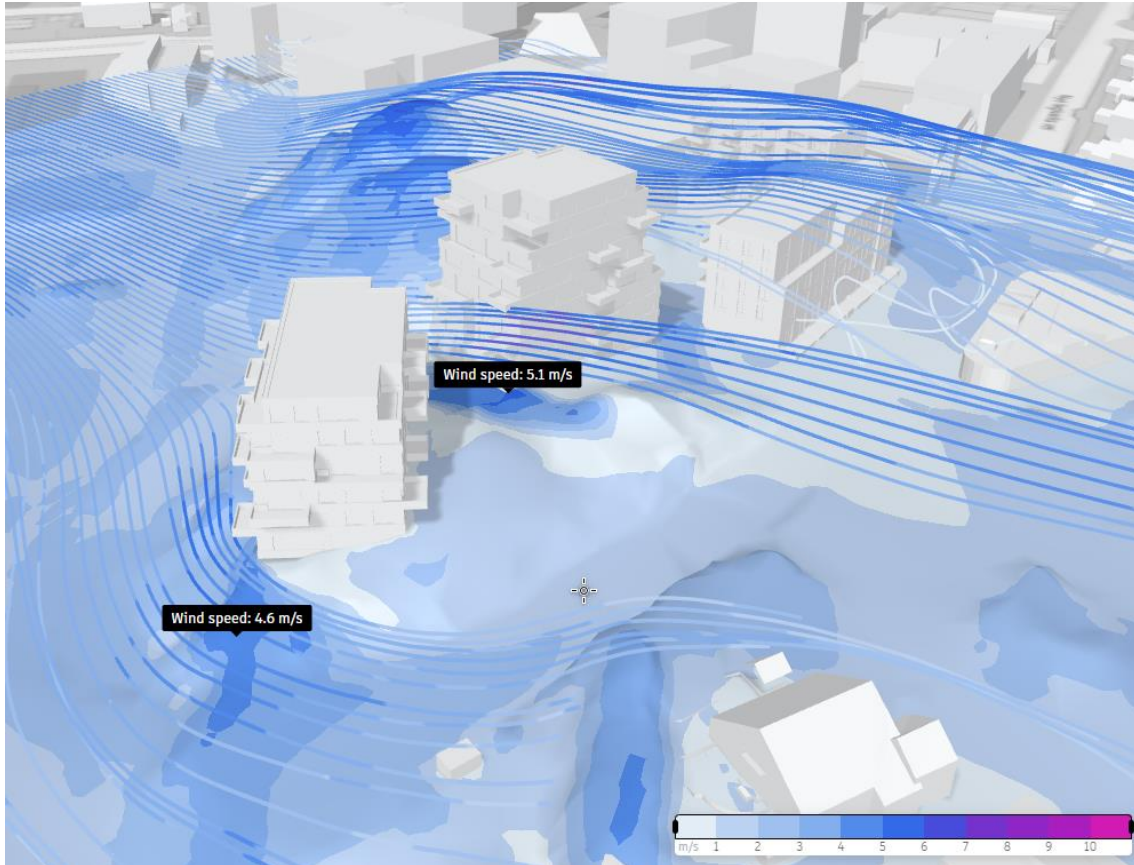
I Figur 25 vises vindbelastning på de øverste terrassene i bygningene, noe som ikke synes å være et videre stort problem. Fra denne vindretningen går vinden over eller langssetter fasaden. Terrassen er godt skjermet fra nordvest.



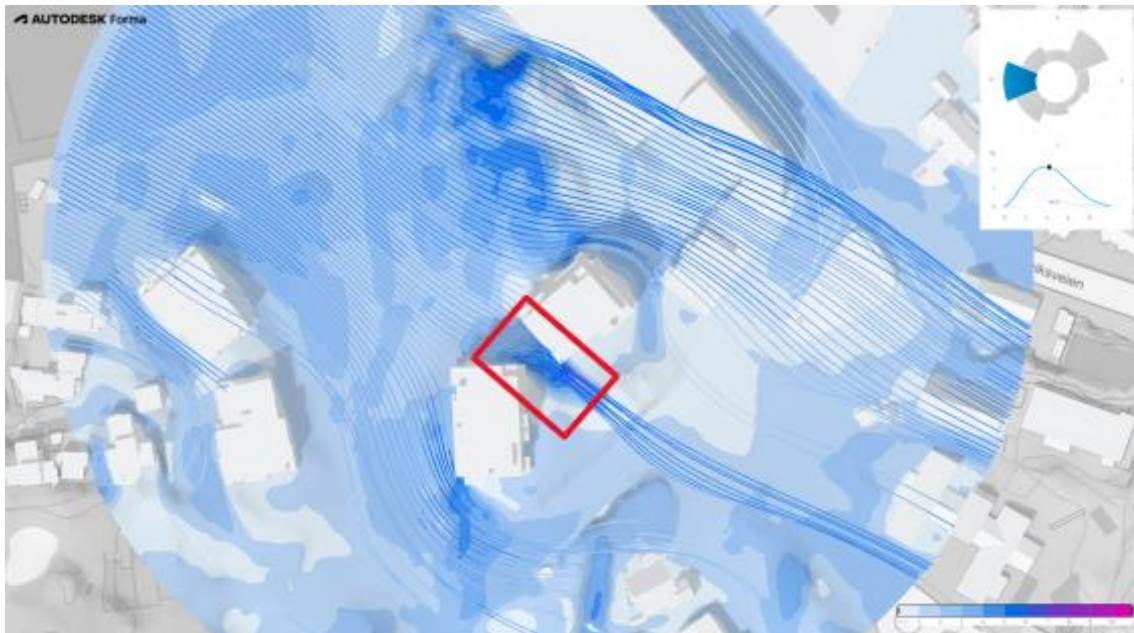
Figur 25: Lawson LDDC-plott for bygningsmassen mot øst som viser ubehagelige områder

Når luft tvinges gjennom et smalere område, vil hastigheten øke for å tillate all luft å passere gjennom. Dette kalles Venturi-effekten og er en vanlig årsak til ubehag. Legg merke til hvordan strømlinjene smalner inn på illustrasjonen nedenfor, og forårsaker økt hastighet som indikeres av en mørkere blå farge på bakken, Figur 27.

Dette er spesielt dominerende i komfortberegningen når vindretningen er mest hyppige i dette området i henhold til vindrosen. Hvis vindretningen hadde vært mindre sannsynlig, ville ubehagsproblemet oppstått sjeldnere.



Figur 26: sporing av vind fra vest



Figur 27: Venturi-effekt (kanaliserings-effekt)

6. KONKLUSJONER

De er utført en vind-mikroklimaanalyse av planforslaget for prosjektet "Roligheden Panorama" på Marviksveien 98 i Kristiansand kommune.

Vind-mikroklimaanalysen viser at det er en moderat økning i vindbelastningen på bakkenivå, men den er mindre enn det man vanligvis ser ved oppføring av høye bygninger. Vindbelastningen på indre områder mellom bygningene er klassifisert i Lawson-kategori A til C, som er egnet for sittende aktiviteter. Terrassene er noe mer utsatte, spesielt de som ligger høyere og lengst vestlige og nordøstlige deler av bygningene. Dette indikerer at det kan være behov for tiltak for å skjerme mot vind og forbedre utendørs komfort i disse områdene. Ved å bruke effektive vindskjermingstiltak som vegetasjon eller permeable flater istedenfor tette vegger, kan man bidra til å redusere vindbelastningen og skape bedre utendørs oppholds forhold for fremtidige brukere av området.

Det er viktig å merke seg at analysen kun fokuserer på vind-mikroklimatiske forhold, og andre mikroklimatiske faktorer som temperatur og sollys ikke er inkludert i denne rapporten. For en helhetlig vurdering av utendørs komfort bør disse faktorene også tas med i betraktningen i en fremtidig utgave av rapporten. Videreutvikling av prosjektet bør derfor ta hensyn til både vindretningene og andre mikroklimatiske forhold for å sikre trivelige og trygge utendørsområder i prosjektområdet.

7. ANBEFALINGER

Det kan være utfordrende å gjennomføre designendringer for å forbedre vindforholdene, men visse retningslinjer kan være til stor hjelp. De to hovedproblemene som kan adresseres er:

- Kanalisering/Venturi-effekter (økning i hastigheten på grunn av at luften presses gjennom en åpning)
- Nedstryking (vind som treffer fortauskanten etter å ha blitt presset ned av høye bygninger)

For å redusere uønskede effekter knyttet til Venturi-effekten, kan vi for eksempel:

- Rotere bygningene slik at kanalåpningen vender i en annen retning
- Redusere mengden luft som passerer gjennom åpningen ved å bremse ned strømmen. Dette kan oppnås ved å introdusere blokkerende elementer, som for eksempel høye trær eller annen vegetasjon, som kan skjerme for vinden og forbedre fotgjengerkomforten.



05.07.2023

X Sameh Elias Rbahia

Utarbeidet av
Signert av: Rbahia, Sameh Elias (NOSR131080)

X

Godkjent av