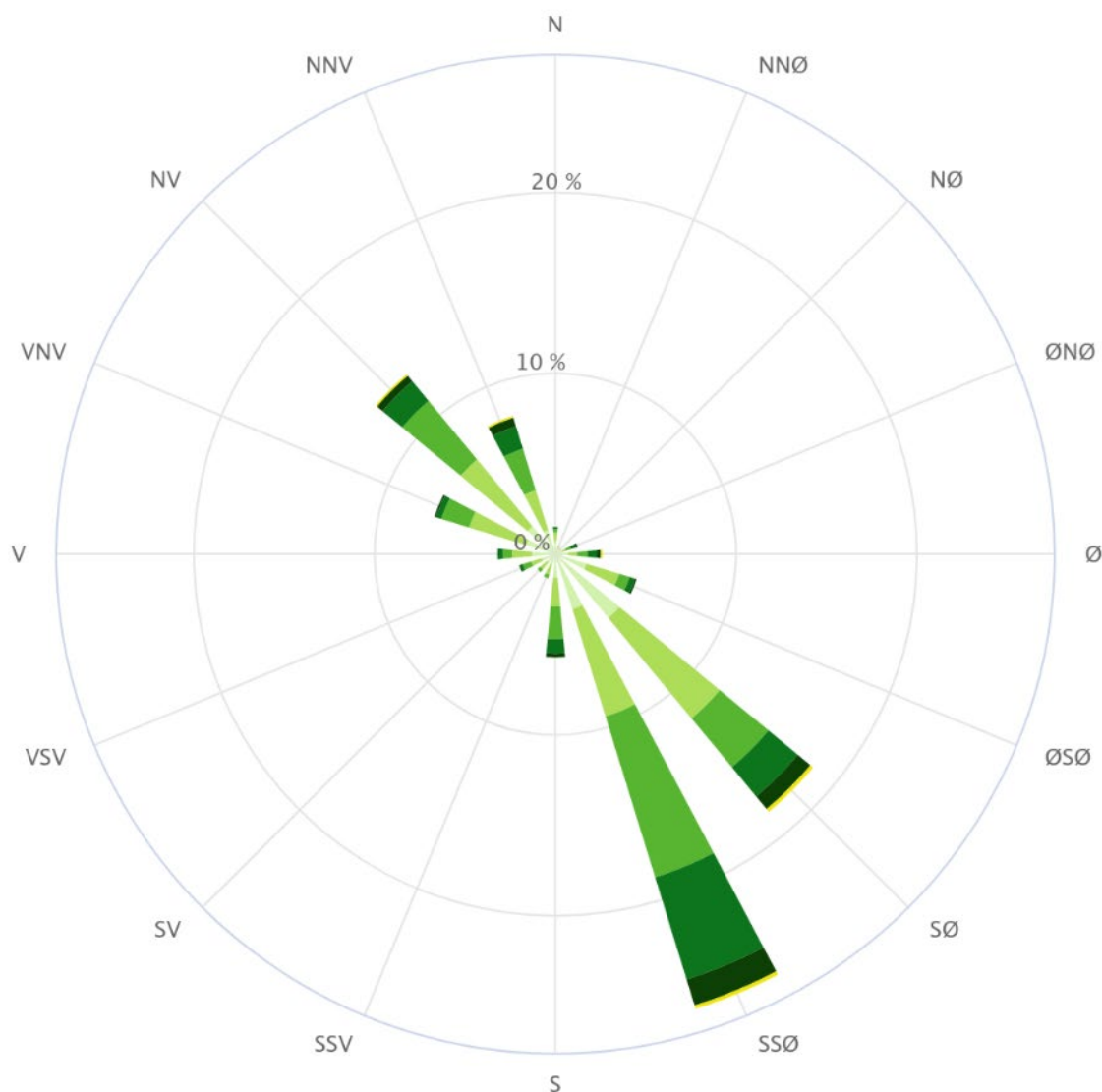


# Fagutredning C10 - Lokalklima Undersøkelse mot Dagens situasjon og Arealstrategi for Dokken

Detaljregulering, Bergenhus, gnr. 164, bnr. 3 m. fl.,  
Dokken, nybygg Havforskningsinstituttet og  
Fiskeridirektoratet - Plan ID 71350000



## Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Asplan Viak AS

Tittel på rapport: Fagutredning C10 - Lokalklima  
Undersøkelse mot Dagens situasjon og Arealstrategi for Dokken

Oppdragsnavn: Regulering Nybygg HIFI og Fiskeridir.

Oppdragsnummer: 638991-07

Utarbeidet av: Nina Rieck og Bjart Eriksen, KS Ingrid Vedeler Brekklus og Gislunn  
Halfdanardottir

Oppdragsleder: Kai Lande

Tilgjengelighet: Åpen

---

02	13.06.24	Rapport ihht planprogram	NR	IVB
01	01.10.24	Utkast til dialogmøte	NR	GH/IVB
[Velg dato]				
Vær.	Dato	Beskrivelse	Utarv. av	KS



# Innholdsfortegnelse

Innledning	5
1. Informasjon om tiltaket	6
1.1. Bakgrunnen for detaljplanen	6
1.2. Metode for konsekvensutredninger og undersøkelser	7
1.3. Dagens bruk av området	8
1.4. 0-alternativet	9
1.5. Arealstrategi for Dokken	9
1.6. Utredningsalternativer	10
2. Undersøkelse av tema Lokalklima	13
2.1. Grunnlag for tema	13
2.2. Usikkerhet	13
2.3. Relevante føringer for temaet	13
3. Innledning	15
3.1. Definisjon	15
3.2. Hensikt/formål	15
4. Beskrivelse av planområdet	16
5. Teori og metode	17
5.1. Vindforhold omkring bygninger	17
5.2. Komfortkriterier	18
5.3. Sikkerhetskriterier/personsikkerhet	20
6. Grunnlagsdata, modelloppsett og meteorologiske data	21
6.1. Grunnlagsdata	21

7.	Konsekvensvurdering av planforslaget	24
7.1.	Vindkomfort	24
7.2.	Personsikkerhet	27
7.3.	Sol/skygge	28
8.	Avbøtende tiltak	36
9.	Samlet vurdering av tema	39

# Innledning

I arbeidet med detaljreguleringsplan for Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet på Dokken i Bergen, utarbeides det 17 fagutredninger for ulike tema.

Fagutredningene er fordelt på fire kategorier A - D:

<b>A - Tema som konsekvensutredes etter KU-forskriften (0-alternativet)</b>	
1. Landskap / bylandskap	Egen utredning
2. Kulturmiljø	Egen utredning
<b>B - Tema som utredes i forhold til dagens situasjon (0-alternativet)</b>	
3. Nasjonalt og internasjonalt fastsatte miljømål	<i>Inngår i planbeskrivelsen</i>
4. Naturmangfold	Egen utredning
5. Energibehov og energiløsninger	Egen utredning
6. Teknisk infrastruktur	Egen utredning
7. Klimagassutslipp	Egen utredning
8. Bølger og stormflo	Egen utredning
9. Anleggsfasen og mulig parallell havnedrift	Egen utredning
<b>C - Tema som utredes i forhold til både dagens situasjon (0-alternativet) og Arealstrategi for Dokken (framtidig scenario)</b>	
10. Lokalklima	Egen utredning
11. Friluftsliv og byliv inkl. barn og unges interesser	Egen utredning
12. Forurensning	Egen utredning
13. Transportbehov og mobilitet	Egen utredning
14. Beredskap og ulykkesrisiko (ROS-analyse)	Egen utredning
<b>D - Tema som utredes i forhold til Arealstrategi for Dokken (framtidig scenario)</b>	
15. Arkitektur og byform	Egen utredning
16. Gang- og sykkelbru over Puddefjorden	<i>Inngår i planbeskrivelsen</i>
17. Lokalisering av Bybanen	<i>Inngår i planbeskrivelsen</i>

Dette dokumentet, utredning C-10 Lokalklima, er todelt og utreder tiltaket i forhold til både Dagens situasjon og Arealstrategien.

# 1. Informasjon om tiltaket

## 1.1. Bakgrunnen for detaljplanen

Havforskningsinstituttet (HI) og Fiskeridirektoratet (Fdir) skal samlokaliseres i et nytt bygg på Dokken. Statsbygg har fått i oppdrag å sørge for regulering, prosjektering og bygging på vegne av Nærings- og fiskeridepartementet.

Iht. arealstrategien for Dokken er eksisterende havnelager planlagt for allmenntilgjengelig formål/attraksjon og Bergen kommune ønsker at arealet utredes som del av reguleringsplan for HI/Fdir. Akvariet i Bergen ønsker nye lokaler og har søkt kommunen om å få benytte eksisterende havnelager på Dokken til et nytt Verdenshavsenter O.

Statsbygg sin reguleringsprosess for HI/Fdir. utreder også mulig fremtidig bruk av havnelageret som Verdenshavsenteret O som del av planarbeidet. De planlagte tiltakene utløser krav til konsekvensutredning, og undersøkelser av en rekke fagtema.

Planprogrammet ble fastsatt av Byrådet i Bergen i møte 30.05.2024 og kunngjort 14.06.2024.



Figur 1-1 Plangrense ved varsel om planoppstart.

Tomt for Nybygg HI Fdir. er markert med rødt, og Havnelageret med lilla. (Ill fra Planprogrammet)

## 1.2. Metode for konsekvensutredninger og undersøkelser

*Teksten i dette kapitlet er en komprimert versjon av kapittel 5.0. og 5.1. i planprogrammet. Vennligst se planprogrammet for en grundigere redegjørelse.*

I arbeidet med detaljplanen for HI og Fdir. og Verdenshavsenteret O vil det bli utredet to tema etter Miljødirektoratets *Håndbok M-1941 Konsekvensutredning av klima og miljø*, jf. KU-forskriften § 21. Jf. også kap. Innledning s. 5.

- Kulturminner og kulturmiljø
- Landskap/bylandskap

Øvrige temaer undersøkes.

I håndbok for konsekvensutredninger av klima og miljø M-1941 beskrives hva som kan brukes som nullalternativ. Her står det bl.a. at: «Det er ikke tilstrekkelig at tiltak er foreslått i en melding til Stortinget, i et forslag til kommunestyret eller er omtalt i en strategi eller handlingsplan». Med andre ord kan ikke arealstrategien benyttes som nullalternativ i vurderinger i konsekvensutredningen.

Vurderinger av de potensielle virkningene for den fremtidige byutviklingen er likevel viktig for å forstå hvordan disse byggene og funksjonene vil påvirke, og påvirkes, av den byen som er planlagt rundt dem. I håndbok V712 - Konsekvensanalyser er det beskrevet at det noen ganger kan være hensiktsmessig å etablere et scenario som «inkluderer relevante tiltak som det er realistisk å anta vil bli gjennomført uavhengig av det tiltaket en skal analysere.» Det er derfor gjennomført tematiske undersøkelser knyttet til sentrale byutviklingstema der alternativene er vurdert opp mot Arealstrategien Dokken 2050.

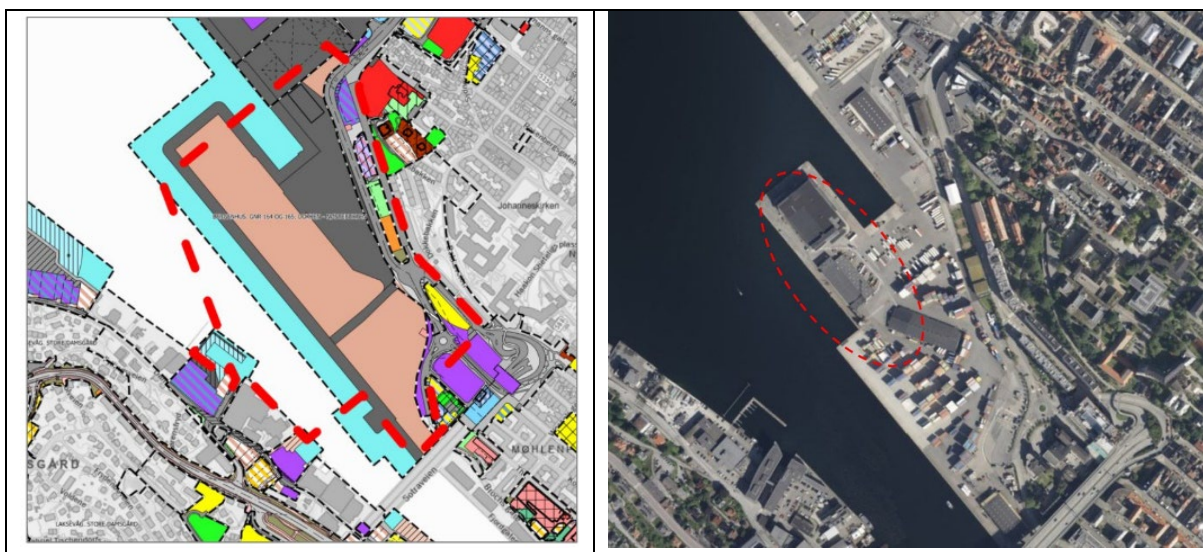
I KU-metodikk kalles referansealternativet for «0-alternativet».

Siden dagens bruk er i tråd med plan 15290000, og senere endringer av denne - 15290200 og 15290300, så er 0-alternativet i praksis lik dagens situasjon.

### 1.3. Dagens bruk av området

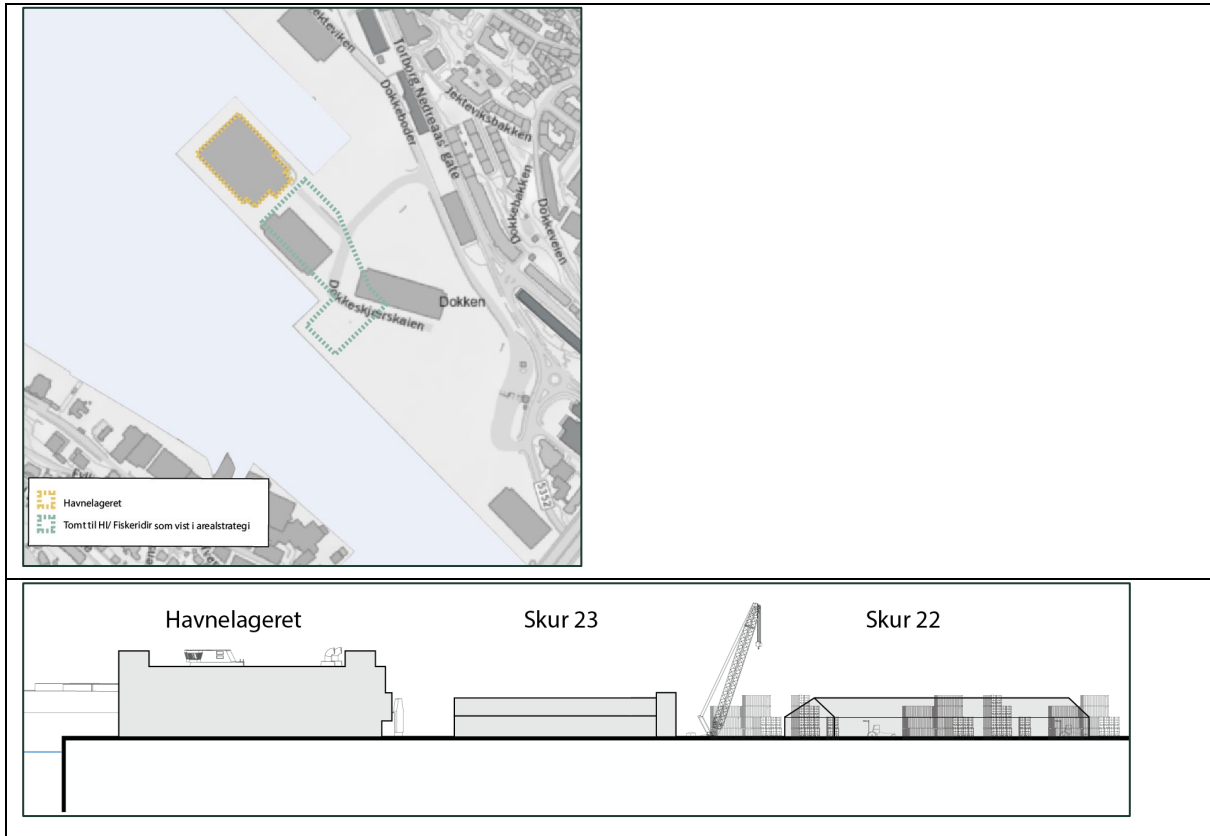
I gjeldende plan 15290000 er området regulert til lager for ulike typer gods, samt trafikk- og havneareal langs kaiene. Dagens bruk av området, med Havnelageret, havneskurene og containerhavnen er i tråd med denne planen.

Det er besluttet en gradvis utflytting av havnevirksomheten, som legger opp til at området blir frigitt innen 2027, men det foreligger ikke vedtatte planer for utflytting.



Figur 1-2 t.v. Plangrense ved varsel om planoppstart i forhold til gjeldende eldre reguleringsplan 15290000 vedtatt 28.09.1998. T.h. Dagens situasjon med tomt innringet (AV-kartet)

## 1.4. 0-alternativet



Figur 1-3 Plan- og Prinsippsnitt av 0-alternativet med Havelageret, skur 23 og 22, omgitt av skip, kraner og containere.

## 1.5. Arealstrategi for Dokken

Planområdet er i sin helhet omfattet av *Arealstrategi for Dokken*. Strategien ble vedtatt i Bystyret 22.2.23. Arealstrategien skal legges til grunn, og gir føringer for transformasjon og utvikling av området. Arealstrategien er en del av utviklingsprogrammet for Dokken, og sammen med overordnet strategi Dokken 2050, og etablering av utviklingsselskapet Dokken Utvikling AS, utgjør arealstrategien tre prioriterte prosjekt innenfor programmet.

Arealstrategien omfatter et stort kunnskapsgrunnlag med en rekke utredninger knyttet til mange fagområder, samt en byplan og en utviklingsplan. Kunnskapsgrunnlaget omfatter 27 ulike utredninger og analyser innenfor en rekke fagfelt knyttet til eksempelvis kulturminner, ulike ROS- tema, byutvikling og tekniske fag. Fagrapportene vil utgjøre et viktig kunnskapsgrunnlag for videre planarbeid. Det er satt opp 5 prinsipper for hvordan å:

- Utvikle landskap og historie

- Møte sjøen med variert bruk
- Lage byrom og natur på land og vann
- Bruke fleksibel bystruktur og skape gode nabolag
- Bygge «gåbyen» på Dokken

Utviklingsplanen foreslår utvikling med forslag til delområder, mulige utbyggingstrinn og faser, samt oppfølging av strategien.

Arealstrategien vil ha betydelig påvirkning og føringer for utvikling av Dokken og planområdet.



Figur 1-4 Utsnitt fra Arealstrategi Dokken, med tomt innringet (Ill. fra Planprogrammet)

## 1.6. Utredningsalternativer

Det er to utredningsalternativer, som begge tar utgangspunkt i:

- Det samme tomtearealet på ca. 12 000m<sup>2</sup> for nybygg HI og Fdir.
- det samme totale arealbehovet for HI og Fdir. (ca. 47 000m<sup>2</sup> BTA)
- Havnelageret bevares, men med ulik grad av påbygg/tilbygg. Eksisterende areal for Havnelageret er ca. 23.500 m<sup>2</sup> BRA

Under er prinsippene for de to alternativene illustrert for hhv Dagens situasjon (0-alt.) og for Arealstrategien.

## Alternativ 1

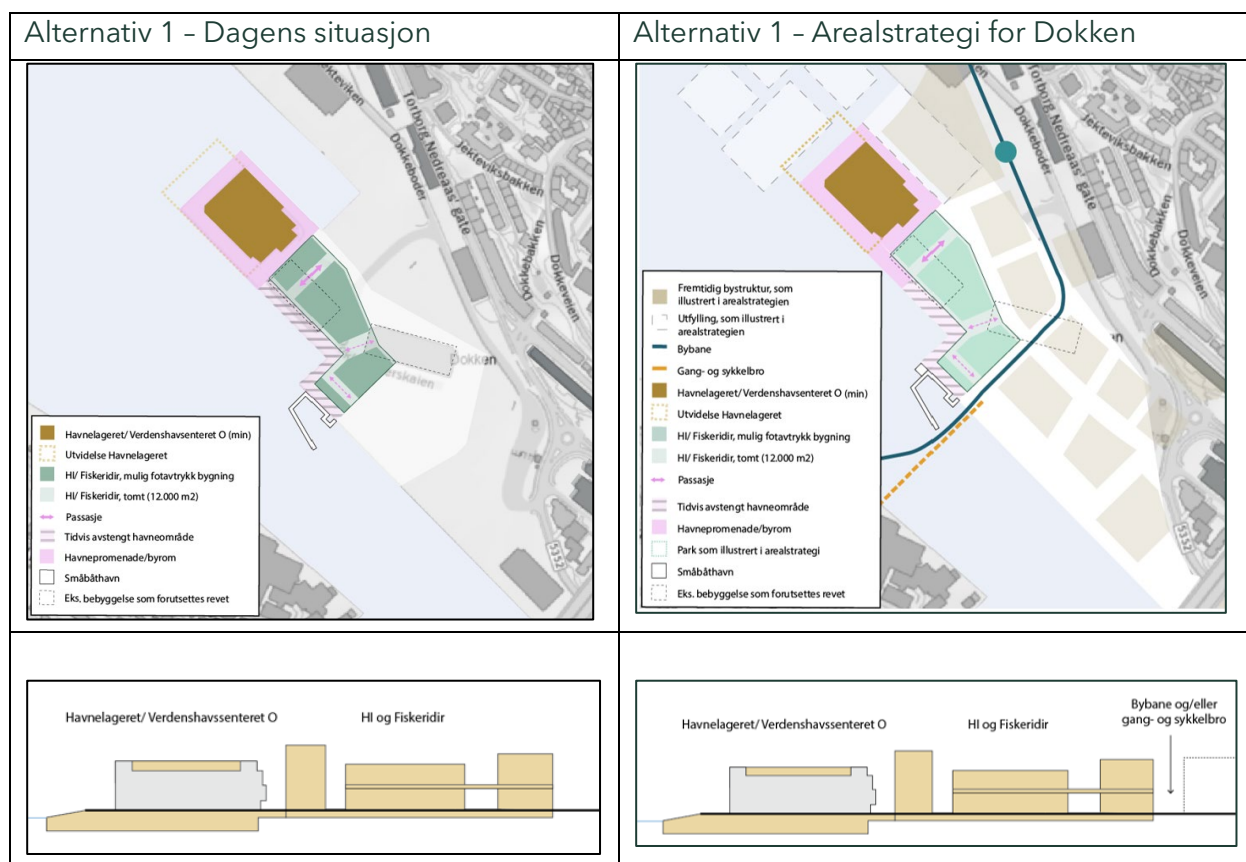
Alternativ 1 bygger på et konsept der nybygg for HI/Fdir. består av flere bygninger som forbindes over bakkeplan, og med ulik størrelse og bruk av mellomrommene mellom bygningene. Den nordligste passasjen vises her som mer åpen og allment tilgjengelig, mens de to andre er overdekkete og kun tidvis tilgjengelige.

I dette alternativet ligger tomten og bygget nær kaikanten uten areal til park/byrom, iht. arealstrategien, utover havnepromenade. Dette alternativet har en jevnere høyde på de ulike byggene og lavere totalhøyde enn alternativ 2.

Småbåthavnen er i dette alternativet plassert rett sør for nybygget.

Dette alternativet bygget på et konsept utviklet i forbindelse med programmeringsfasen.

I alternativ 1 er Havnelageret med Verdenshavsenteret vist i en variant som i hovedsak beholder eksisterende bebyggelse, med noe utvidelse på tak, under bakkeplan og ut i sjøen. Tilleggsareal utgjør ca. 25 000 m<sup>2</sup> BRA, totalt ca. 48 500 m<sup>2</sup> BRA.



Figur 1-5 Alternativ 1

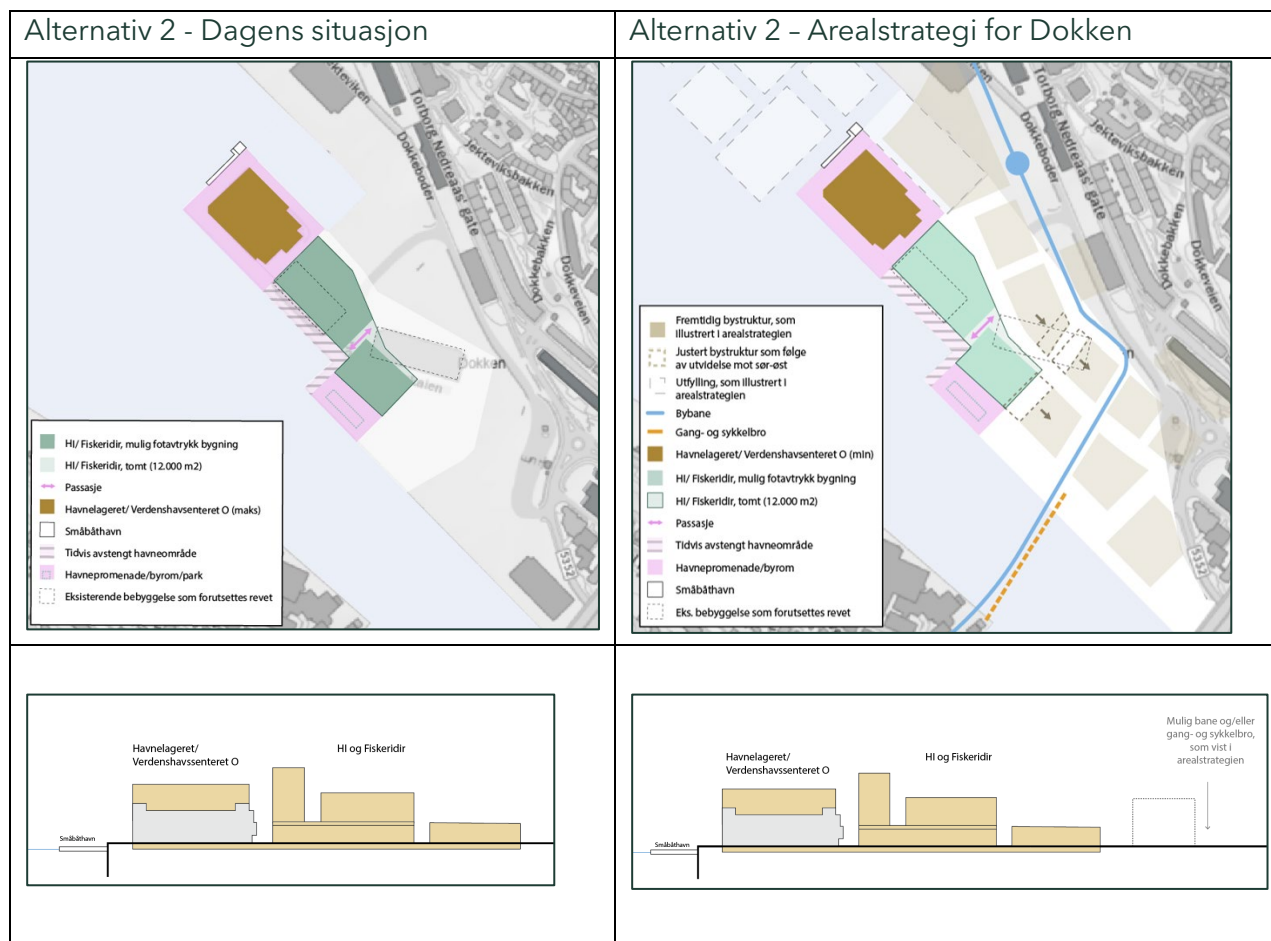
## Alternativ 2

Alternativ 2 bygger på et konsept der nybygg for HI/Frid. består av to større bygningskropper med en åpen og allment tilgjengelig passasje mellom bygningene.

Tomten og bygget utvides sørøstover, og trekkes lenger vekk fra kaikanten med plass til offentlig park/byrom mot sjøen, iht. arealstrategien. Dette alternativet har en mer variert høydeprofil og høyere totalhøyde enn alternativ 1.

Småbåthavnen er i dette alternativet plassert nordvest for Havnelageret.

I alternativ 2 er Havnelageret med Verdenshavsenteret vist i en variant som i hovedsak beholder eksisterende bebyggelse, med større utvidelse på tak enn alternativ 1, med utvidelse under bakken, men uten utvidelse i sjøen. Tilleggsareal utgjør ca. 45.000 m<sup>2</sup> BRA, totalt ca. 68 500 m<sup>2</sup> BRA.



## 2. Undersøkelse av tema Lokalklima

### 2.1. Grunnlag for tema

Hovedmålet med utredningen for fagtema lokalklima, er å beskrive sol-/skygge- og vindforholdene på Dokken og i de nærmeste omgivelsene for å gi et best mulig beslutningsgrunnlag for valg av utbyggingsalternativ.

### 2.2. Usikkerhet

Det knytter seg alltid usikkerheter til beregninger av lokal vindkomfort som skyldes numeriske avrundinger og usikkerheter i modellen. I tillegg kommer usikkerhet i bearbeidelse av lokal vindstatistikk, bygning- og terrengdata og hvordan enkeltindivider oppfatter komfort knyttet til vind.

Det er usikkerhet knyttet til disponering av utearealene og plassering av inngangspartier, uteservering, sykkelparkering osv. Egnede vindkomfort for planlagt aktivitet er derfor ikke tilstrekkelig vurdert

### 2.3. Relevante føringer for temaet

2.3.1. Planprogram vedtatt 14.06.24 skal svares ut ift. hva som skal utredes.

<b>Tema: Lokalklima og vind</b>		
<b>Undertema:</b>	<b>Hva skal utredes</b>	<b>Metode</b>
Vindkomfort	Hvordan vil vindkomfort inkl. vindkast med fare for personsikkerhet oppleves rundt bygget og i nærområdet  Situasjonen vurderes og sammenliknes for utredningsalternativene  Avbøtende tiltak foreslås for å sikre vindkomfort egnet for planlagt arealbruk og personsikkerhet.	Vindanalyse i modell- beregningsverktøyet UrbaWind eller tilsvarende  Vindmodellen må hensynta vindkast (turbulens) og anerkjent vindkomfortklassifisering.
Sol-/skygge	hvordan sol-/skygge forholdene blir i alternativene rundt bebyggelsen, sett i sammenheng med fremtidig bruk.	Sol-/skygge studier i 3D-modell

<b>Tema: Lokalklima og vind - scenario arealstrategien</b>		
<b>Undertema:</b>	<b>Hva skal utredes</b>	<b>Metode</b>
Vindkomfort	Situasjonen i byrommene mellom bygningene og opplevelse og komfort i ulike situasjoner (stillesittende, i bevegelse mv).	Se <b>Feil! Fant ikke referanse kilden.</b>
Sol-/skygge	Vurdering av sol-/skygge forhold i tiliggende byrom, gater og utbyggingskvartaler.	Sol-/skygge studier i 3D-modell

## 3. Innledning

### 3.1. Definisjon

Klimaet i et begrenset område (utstrekning fra 100 m til 20 km, Utaaker 1991) omtales som lokalklima. Lokalklimaanalysen vil se på forholdet mellom prosesser som skjer i terrengoverflaten styrt av krefter i den frie atmosfæren (værlagsvinder) og prosesser som er mer lokale og terrengbundne (lokalklima). Analysen vil avdekke naturgitte forutsetninger gitt av meteorologi (vind, temperatur, solforhold), topografi, vegetasjon, fuktighetskilder og menneskeskapte faktorer som har innvirkning på lokalklimaet. Menneskeskapte faktorer kan være plantet vegetasjon, bebyggelse, veger og andre anlegg som endrer vindforhold, danner skygge eller bidrar til å transportere bort/hindre utlufting av forurenset luft.

En by kan ha et annet lokalklima enn nærliggende dalforsenkninger, høydedrag, fjellområder og skogsområder. Bymiljøet (byklima) er ofte preget av åpne og harde flater, lite vegetasjon, bekkeløp i rør og tett bebyggelse. Forurenset luft og inversjon kan være en utfordring.

### 3.2. Hensikt/formål

Lokalklimaanalysen vil redegjøre for lokalklimatiske forhold som bør hensyntas i videre planlegging og utvikling av Dokken. Det bør tas hensyn til at:

- enkeltstående bygninger ikke gir turbulente vindforhold som påvirker tilgrensende areal planlagt for ferdsel og opphold
- utbyggingen ikke påvirker sentrale funksjoner (f.eks. skoler, boliger og offentlige byrom) utenfor planområdet med en dårligere vindkomfort
- soner for opphold og rekreasjon er lokalisert til lune og solfylte områder
- planlagt vegetasjon har en positiv virkning på vindkomforten
- funksjoner som f.eks. inngangspartier, søppelsug, sykkelparkering legges til soner med god vindkomfort

## 4. Beskrivelse av planområdet

Dokken ligger ved Puddefjorden der fjorden smalner inn fra Byfjorden og går sørøstover mot Solheimsviken. Dokken er en del av kaiområdet på vestsiden av Sydneshalvøyen, og er preget av havnevirksomhet, bygninger og skur med havneformål, containere og gods som lagres og skip som anløper. Sentralt på kaien ligger den store bygningen Havnelageret.

Dokken ligger mellom Puddefjorden og Nygårdshøyden på 30 moh. Vest for Puddefjorden stiger terrenget opp mot Damsgårdsfjellet på ca. 350 moh. Dokken og Puddefjorden ligger mao. i et daldrag i nordvest-sørøstlig retning. Landskapsformer som daldrag styrer vinden.

Puddefjorden er en viktig utluftingskanal for luftforurensning i Bergensdalen. Luften transporteres med fremherskende vinden fra sørøst som virker hele året og spesielt i vinterhalvåret.



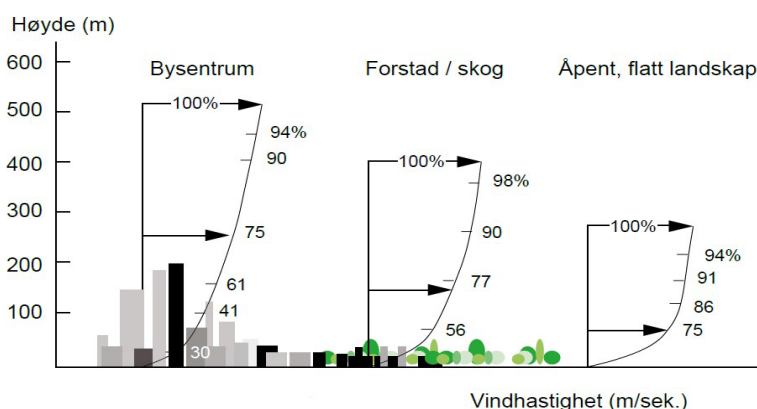
Figur 4.1 Høydelskart som viser terrenget. Dokken har høyderyggen Nygårdshøyden i øst og Puddefjorden i vest. Terrenget stiger bratt opp mot Damsgårdsfjellet øst for Puddefjorden.

## 5. Teori og metode

### 5.1. Vindforhold omkring bygninger

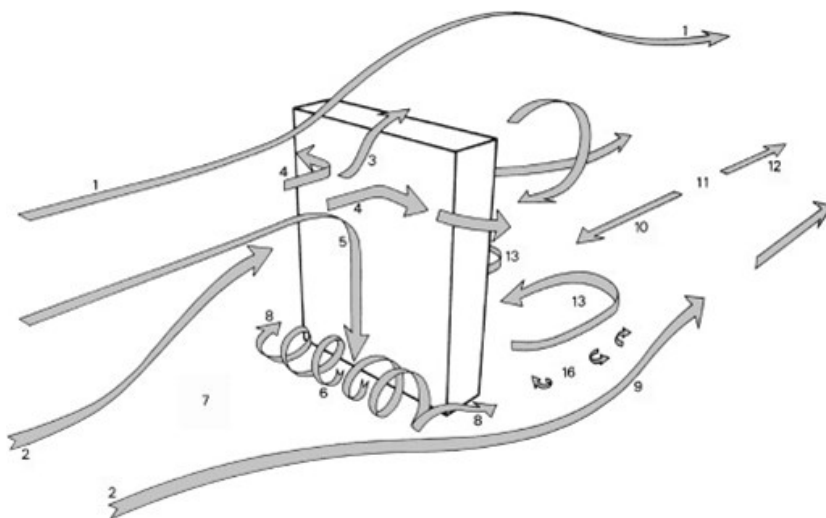
«Vind» er luft i bevegelse og er det meteorologiske uttrykket for luftstrømmer. Vind oppstår på grunn av ujevn soloppvarming på jordas overflate noe som gir opphav til trykkforskjeller og dermed flyttes luften og vind er etablert. En luftstrøm kan forårsake mange ulike effekter når den møter på hindringer, som for eksempel terreng, vegetasjon og bygninger. Luftstrømmen kan skifte retning, snu og endre hastighet. Flere hindringer og ujevn orografi (terrengforhold) vil medføre turbulens. Turbulens oppleves ofte som vindkast, men turbulens kan også være vind som hurtig skifter retning over kort tid. Hindringer vil generelt dempe vindens hastighet, men lokalt rundt hindringer vil hastigheten kunne øke. Ulike typer underlag vil ha ulik dempende effekt (ruhet) på vinden. Vann, snø og asfalt har forholdsvis lav ruhet og bremser luftstrømmen i mindre grad sammenlignet med gress, kratt og trær som har høyere ruhet.

Bygninger, terreng og vegetasjon vil generelt ha en dempende effekt på vinden. Bebyggelse vil lokalt kunne styre vinden og gi vindforsterkning. Jo større bygningene er dess større effekt vil de kunne ha på vinden nær bakken. Vindhastigheten øker med høyden over bakken (som vist i vindprofilen i Figur 5-1). Når vinden strømmer mot en bygning vil retningen på luftstrømmen endres, og vinden vil akselerere over toppen eller rundt hjørnene på huset. Vind vinkelrett mot en fasade vil presses ned mot bakken fra ca. 2/3 høyde og nedenfor. Vind som treffer over denne høyden på bygningen, vil akselerere over hustaket (Figur 5-2). Vind som trekker ned langs en fasade vil ha høyere hastighet enn vinden ved bakken siden vindhastigheten øker med høyden.



Figur 5.1 Generelt blir vindhastigheter redusert over byer og tettbygde strøk (Aicher, basert på Davenport, 1965).

Vindforsterkningen rundt hushjørner ved bakken kan typisk være på 30-50 % i forhold til vindhastigheten lengre ut fra bygget. På lesiden av bygninger vil vindhastighetene bli lavere, men turbulens med vindkast kan forekomme. Arealer mellom bygninger eller langs rekker av bygninger som er orientert i samme retning som vindretningen, vil også gi vindforsterkninger. Hus og husrekker på tvers av vinden vil derimot kunne skape lunere uteoppholdsrom. Åpninger og passasjer gjennom bygninger kan gi opphav til vind-tunneler. Vegetasjon virker bremsende på vind, og er også viktig for å skape god vindkomfort. Plassering og orientering av bygninger, rekker av bygninger og vegetasjon er derfor av stor betydning for hvordan vindkomforten vil bli innenfor et område.



Figur 5.2 Typisk vindfelt rundt en forholdsvis høy bygning, vind rettet inn mot fasaden (Beranek, 1982).

## 5.2. Komfortkriterier

Hvordan vi opplever opphold utendørs er subjektivt, og påvirkes av mange parametere som vind, temperatur, fuktighet, bekledding, solstråling, eksponeringstid, metabolisme og personlig erfaring/preferanser. Noen forhold, deriblant vind, kan vi påvirke gjennom design, og beregnes gjennom simuleringverktøy.

Vind står for det mekaniske bidraget til komfort og personsikkerhet, og er ofte den viktigste lokalklimatiske parameteren. Vindbelastningen kan variere fra følelsen av svak vind på hud til å bli blåst overende av liten storm. For å undersøke og kvantifisere arealers

egnet for ulike aktiviteter basert på lokale vindforhold, benytter vi vindkomfort<sup>1</sup> som indikator.

Når vindkomfort skal vurderes, er det viktig å ta hensyn til at den vil oppleves forskjellig avhengig av aktivitet. Eksempelvis vil en vindhastighet kunne oppfattes som uakseptabel når man sitter ute og spiser, mens samme vindhastighet oppfattes som akseptabel når man beveger seg mellom og til/fra bygninger. Det er utarbeidet ulike klassifiseringer av komfort knyttet til vindhastighet. Felles for vindkomfortklassifiseringer er at de gir grenser for hvilke vindhastigheter som anbefales for ulike typer uteaktiviteter. I kombinasjon med detaljerte vindberegninger og lokal vindstatistikk kan lokal vindkomfort kvantifiseres.

Vi benytter CSTB<sup>2</sup> vindkomfortklassifisering som angir hvor stor andel av tiden vindhastigheten er høyere enn 3.6 m/s, en grense som skiller stasjonær tilstand og bevegelse fra hverandre.

Tabell 5.1 Kategoriene som er benyttet på kartene i figur 7.1-7.5. Tabellen angir grad av aktivitetsnivå og oppholdsrom basert på andel tid hvor vindhastigheten er større enn 3.6 m/s. Jo større andel av tiden som er over denne terskelverdien, jo mer vind og desto dårligere vindkomfort er det.

	Stasjonær aktivitet		Lett aktivitet	Moderat aktivitet	Ukomfortabelt
%-andel av tiden	Inntil 2 % > 3,6 m/s	Inntil 5 % > 3,6 m/s	Inntil 10 % > 3,6 m/s	Inntil 20 % > 3,6 m/s	> 20 % > 3,6 m/s
Aktivitet	Sittegrupper, stillestående	Sittegrupper, stillestående	Rusling med kortere stopp	Normal gange	Hurtig gange/jogging
Eksempler	Restaurant med uteservering	Cafeer, parker	Cafeer, parker	Vindustitting i gågater, lekeplasser	Akseptabel for hurtig-gange til/fra jobb/P-plass
Eksempler illustrert					

Vindkomfortkriteriene kombineres med resultater fra 3-D vindberegninger. Grunnlaget for vindberegningene er terrengdata, 3-D modeller av bygninger og meteorologiske data. Disse dataene kombineres i en vindmodell med høy tetthet av beregningspunkter rundt

<sup>1</sup> Komforten (aktiviteten & oppholdsrom) som angis sier noe om områdets vindforhold over tid (i gjennomsnitt/middel) og vil i perioder være bedre & verre.

<sup>2</sup> CSTB er forkortelse for Scientific and Technical Center for Building som er et fransk forsknings- og teknologisk senter som har som formål å sikre sikkerheten og kvaliteten til bygninger og omgivelsene.

bygninger og nær bakken. En nærmere beskrivelse av datagrunnlaget for vindmodellen er gitt i neste kapittel.

Vær oppmerksom på at vindkomfort utarbeidet slik som skissert over må sees på som veiledende. Dersom simuleringen viser oransje farge for et område, betyr det at området i gjennomsnitt er best egnet for fotgjengere, men vindkomforten vil variere ettersom vinden varierer dag for dag og time for time.

Det knytter seg alltid usikkerheter til beregninger av lokal vindkomfort som skyldes numeriske avrundinger og usikkerheter i modellen. I tillegg kommer usikkerhet i bearbeidelse av lokal vindstatistikk, bygning- og terrengdata og hvordan enkeltindivider oppfatter komfort knyttet til vind.

### 5.3. Sikkerhetskriterier/personsikkerhet

Det vurderes om det oppstår vindhastigheter som vil utgjør fare for personsikkerhet for den generelle befolkningen og for utsatte grupper (barn, eldre, mennesker med nedsatt funksjonsevne og syklister). Siden CSTB ikke klassifiserer sikkerhet, benytter vi sikkerhetskriteriet fra Bottema (1993, 2000). Vindhastigheter over 15 m/s (for utsatte grupper) og 20 m/s (for den generelle befolkningen) for mer enn 1% av tiden, utgjør en sikkerhetsrisiko. Dette tilsvarer mer enn ca. 88 timer per år. På bakgrunn av vindberegningene genereres det egne farekart som angir soner som ligger over terskelverdien for sikkerhetskriteriene.

Soner med vindforhold som utgjør fare for personsikkerhet, bør inngå i risiko- og sårbarhetsanalysen med forslag til avbøtende tiltak.

## 6. Grunnlagsdata, modelloppsett og meteorologiske data

### 6.1. Grunnlagsdata

Vindberegninger er gjort av Dr.techn. Olav Olsen AS.

Grunnlagsdata består av terreng-, vegetasjons og bygningsdata. Eksisterende bebyggelse og vegetasjon er hentet fra Geodata.no, mens terrengdata er punktdata (lasermåling) og er hentet i fra høydedata.no. Bebyggelse for arealstrategien er levert av Bergen kommune og bygningsvolumer for HI/Fdir og Havnelageret tilsvarer volumer i planprogrammet.

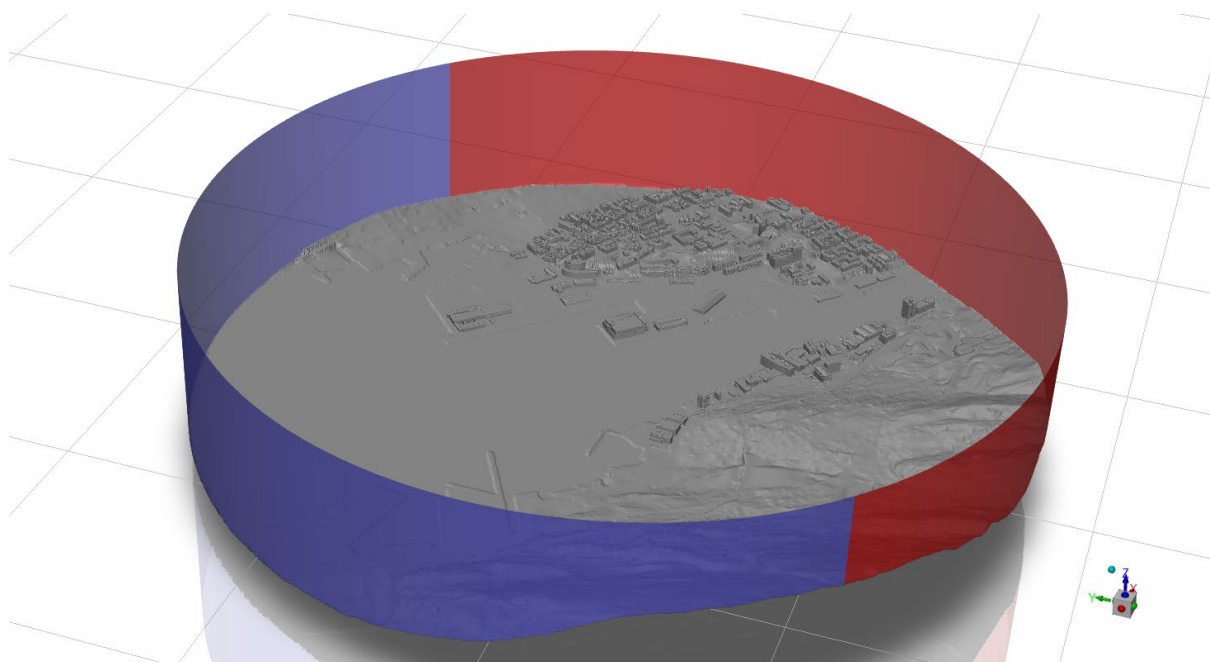
Asplan Viak AS har testet terreng og bygningsdata i vindmodellen, og utført mindre justeringer av bygningene, terreng og vegetasjon der dette har vært nødvendig.

Utbyggingsalternativene vurderes opp mot et 0-alternativ og mot Arealstrategien. 0-alternativet består av dagens situasjon, inkludert vegetasjon i nærområdet. Arealstrategien viser et scenario med by-kvartaler på et større areal på Dokken. Konsekvensene dokumenteres både innenfor planområdet og i tilgrensende boligområder (influensområdet) som kan bli påvirket av tiltaket/planforslaget.

#### 6.1.1. Modelloppsett

Beregningene er utført med høy oppløsning for å kunne beskrive de lokale vindforholdene mest mulig i detalj. Modellens beregningsområde strekker seg ut i en sirkel med diameter på 1930 m hvor man hensyntar terreng og bebyggelse (se Figur 6.1). Den horisontale oppløsningen i modellen er mellom 1 x 1 m på og i umiddelbar nærhet av bygg og terreng med en gradvis økning i gridstørrelse mot ytterkantene av domenet. Modellen utfører vindberegninger for de tre dominerende retningene gitt i vindstatistikken, og antar at de resterende prosentene er fordelt på disse.

Beregningene er gjort i den kommersielle programvaren for numeriske strømningsberegninger ANSYS Fluent.



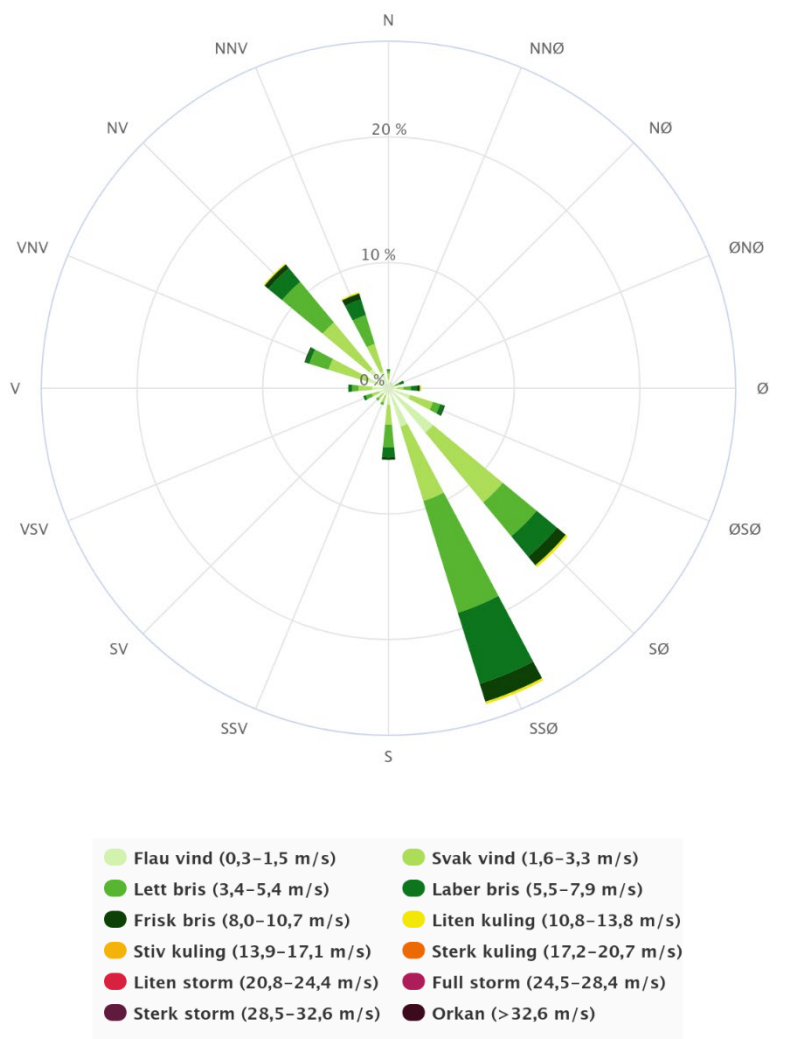
Figur 6.1 viser beregningsområdet (lyseblå boks) der blå flater er innløpsgrense og røde flater er utløpsgrense (retning NV). Terreng og bygninger blir hensyntatt i simuleringen. Høyest oppløsning er på og rundt bygg og terreng. Resultatet (vindkomfort) beregnes for hele området.

### 6.1.2. Meteorologiske data

For å kunne starte vindmodellen trengs det inngangsdata for vind (bakgrunnsvind). Vi har benyttet vinddata over en tidsperiode på 30 år fra den meteorologiske stasjonen Bergen-Florida (SN50540<sup>3</sup>), som både er den nærmeste og mest representative stasjonen for planområdet.

---

<sup>3</sup> SN er Meteorologisk Institutt sin betegnelse for stasjonsnummer



Highcharts.com

Figur 6.2 viser uthentet vindstatistikk for planområdet fra Florida målestasjon (SN50540) med tilhørende frekvensfordeling av vindhastigheter og vindrose (omni) midlet over de siste 30 årene.

## 7. Konsekvensvurdering av planforslaget

### 7.1. Vindkomfort

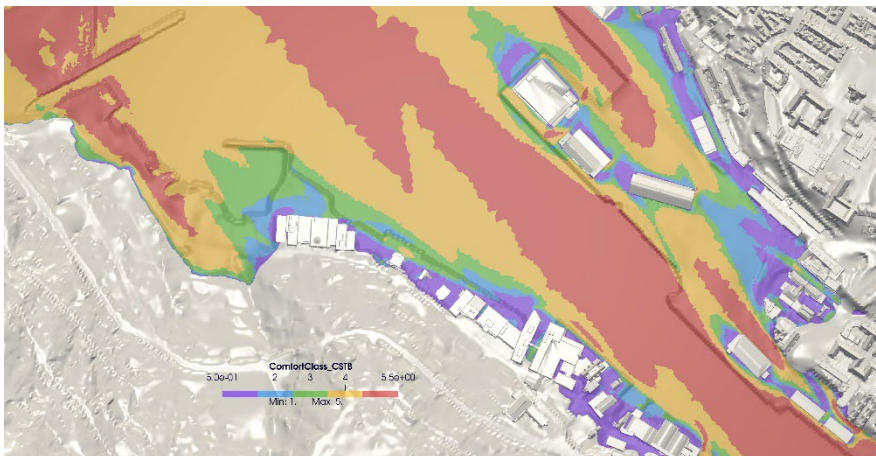
Alternativene presenteres og kommenteres for hele året mellom kl. 08.00-23.00. Tidsintervallet er valgt på grunn av at bruken av Dokken vil strekke seg over store deler av døgnet. I figurene 7.1-7.6 presenteres resultatene fra vindberegningene utført av Dr. Techn. Olav Olsen AS.

Vindsimuleringene viser et årsgjennomsnitt for vindkomfort. Det kan forventes noe sterkere vindhastigheter i vinterhalvåret enn i sommerhalvåret, men mønsteret vil være det samme. Vindretningene i sommerhalvåret er fra både nordvest og sørøst, mens det i vinterhalvåret er fremherskende vind fra sørøst.

Vindforsterkingen rundt hushjørner ved bakken kan være på 30-50 % i forhold til vindhastigheten lengre ut fra bygget. I sonen for ukomfortabel vindkomfort er det ikke egnet for stasjonære aktiviteter som f.eks. uteservering, tilrettelagte sittegrupper, inngangspartier mm.

Det er vindfullt på Dokken hele året.

#### 7.1.1. 0-alternativet (dagens situasjon)



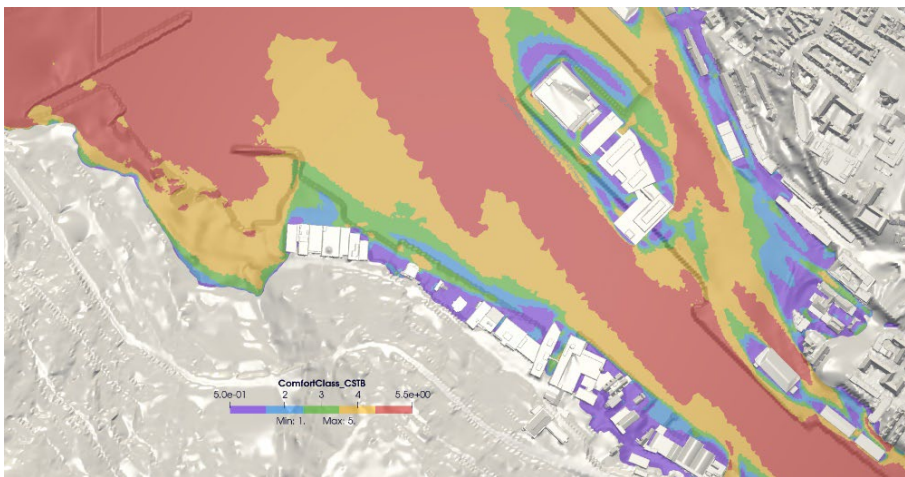
Figur 7.1 Dagens situasjon. (Olav Olsen AS). Kaikanten vises med en kraftig markering under fargene.

I 0-alternativet (figur 7.1) er det ukomfortabel vindkomfort på store deler av arealet mellom Havnelageret og Torborg Nedreaas gate, på O.J. Borchsgate under Puddefjordsbroen, i Puddefjorden, på kaikanten langs skur 23 og på de søndre hushjørnene av Havnelageret.

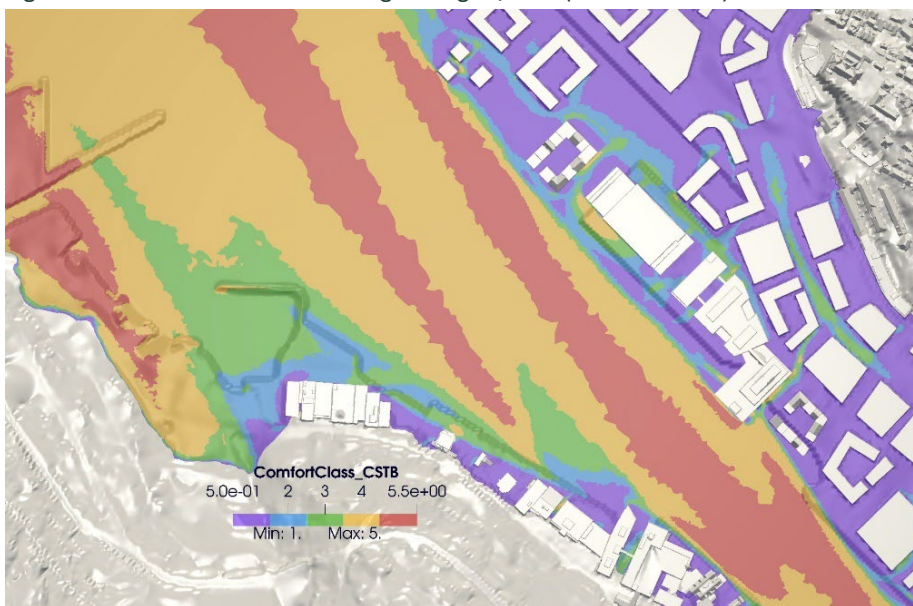
På store deler av de åpne arealene på Dokken (utenfor sonene med ukomfortabel vindkomfort), er vindkomforten i kategorien for moderat aktivitet.

Arealer for stasjonær aktivitet finnes mellom skurene og Havnelageret og på nordvestsiden av Havnelageret. Det er også større areal for stasjonær aktivitet mellom boligblokkene i Torborg Nedreaas gate og i Breidalsmarken opp mot Puddefjordsbroen.

### 7.1.2. Alternativ 1



Figur 7.2 Alternativ 1 med Havnelageret og HI/Fdir. (Olav Olsen AS)



Figur 7.3 Alternativ 1 med Havnelageret og HI/Fdir og Arealstrategiens forslag til nye kvartaler. (Olav Olsen AS)

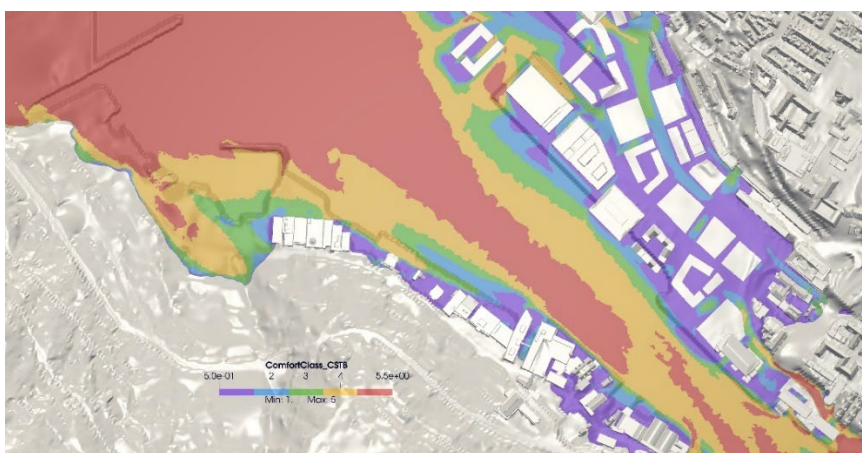
Alternativ 1 (Havnelageret og HIFI-bygningene) (figur 7.2). En sammenstilling mellom 0-alternativet og alternativ 1 viser noe bedre vindkomfort på deler av kaiarealet ved Havnelageret og HI/Fdir i alternativ 1 enn i 0-alternativet, i situasjonen uten Arealstrategiens omkringliggende bygninger.

I alternativ 1 med bebyggelsen som i arealstrategien blir situasjonen vesentlig forbedret (figur 7.3) på grunn av at det er mange bygninger som demper vinden og styrer den til åpne gateløp. I de åpne gateløpene er vindkomforten dårligere enn i tilgrensende kvartaler (lett og stasjonær aktivitet). Vindkomforten er stort sett god langs kaifronten og mellom Havnelageret og HI/Fdir. Det er til dels sterkere vind enkelte steder rundt Havnelageret og på kaien utenfor HI/Fdir i sør i kategorien ukomfortabel.

### 7.1.3. Alternativ 2



Figur 7.4 Alternativ 2 med Havnelageret og HI/Fdir. (Olav Olsen AS)



Figur 7.5 Alternativ 2 med Havnelageret og HI/Fdir og Arealstrategiens forslag til nye kvartaler. (Olav Olsen AS)

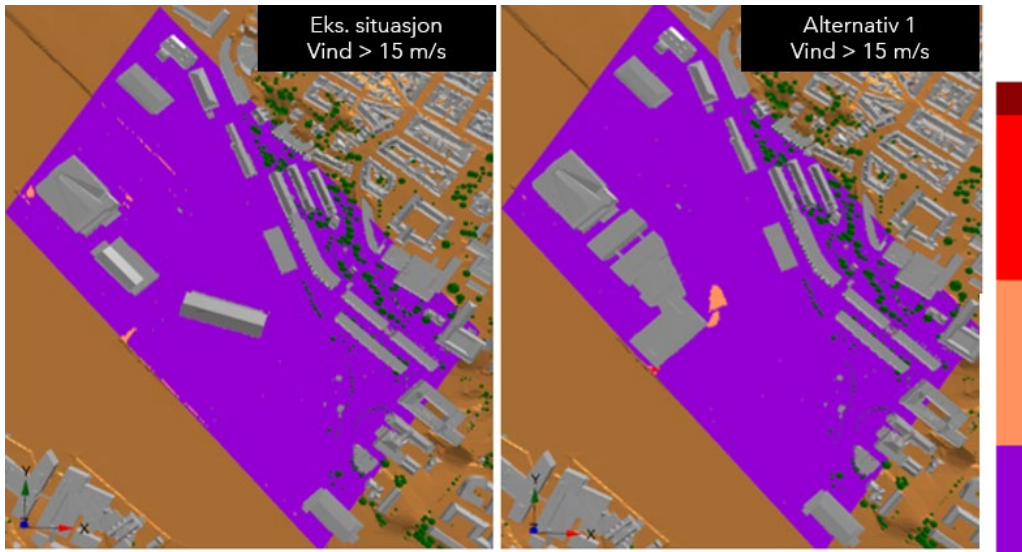
Alternativ 2 uten bygningene fra arealstrategien viser en forverring av vindkomforten på kai-arealene langs Havnelageret (figur 7.4) fra moderat aktivitet i alternativ 0 og 1 til ukomfortabelt i alternativ 2. Det er også ukomfortabel vindkomfort i Jekteviken og på et større åpent areal øst for HI/Fdir-bygningene i kategoriene for ukomfortabel og moderat aktivitet, en liten forverring ift. 0-alternativet. I gaten mellom Havnelageret og HI/Fdir er vindkomforten noe dårligere, men innenfor kategoriene stasjonær og lett aktivitet.

Alternativ 2 omkranset av bygningene som i arealstrategien viser store forbedringer i vindkomforten (figur 7.5) sammenlignet med alternativene 0, 1 og 2 uten arealstrategien. I dette alternativet ligger nesten hele Dokken i kategorien for stasjonær aktivitet. Det er nord og øst for Havnelageret mer vind i kategoriene ukomfortabelt og moderat aktivitet. På kaien er det langs Havnelageret bedre vindkomfort enn i alternativ 1 mens det langs HI/Fdir er noe dårligere vindkomfort. Ytterst på kaien ved den østligste bygningen i HI/Fdir, er vindkomforten igjen bedre. I gaten mellom Havnelageret og HI/Fdir er vindkomforten noe dårligere enn i alternativ 1, men fortsatt i kategorien stasjonær aktivitet.

## 7.2. Personsikkerhet

Fare for personsikkerhet inntreffer med ulik vindhastighet for forskjellige grupper av befolkningene. For utsatte grupper (barn, eldre, mennesker med nedsatt funksjonsevne og syklister), er grensen satt til en vindhastighet på over 15 m/s. Terskelverdien gir utslag på Dokken (figur 7.6). For den øvrige delen av befolkningen er terskelverdien ved vindhastigheter over 20 m/s, som ikke gir utslag på Dokken. Dersom disse vindhastighetene inntreffer for mer enn 88 timer i løpet av året (1 % av tiden i løpet av ett år), er det fare for personsikkerheten. Jo større andel av tiden disse vindhastighetene overskrides, desto høyere er sannsynligheten for at det påvirker personsikkerheten.

Beregningene som er gjort for alternativ 1 av Asplan Viak viser at det er overskridelser for utsatte grupper både i eksisterende situasjon og i alternativet når kun HI/Fdir er realisert uten Arealstrategien. Det forventes at det i det samme området kan være fare for personsikkerheten også for alternativ 2. Det er ingen overskridelser for den øvrige delen av befolkningen.

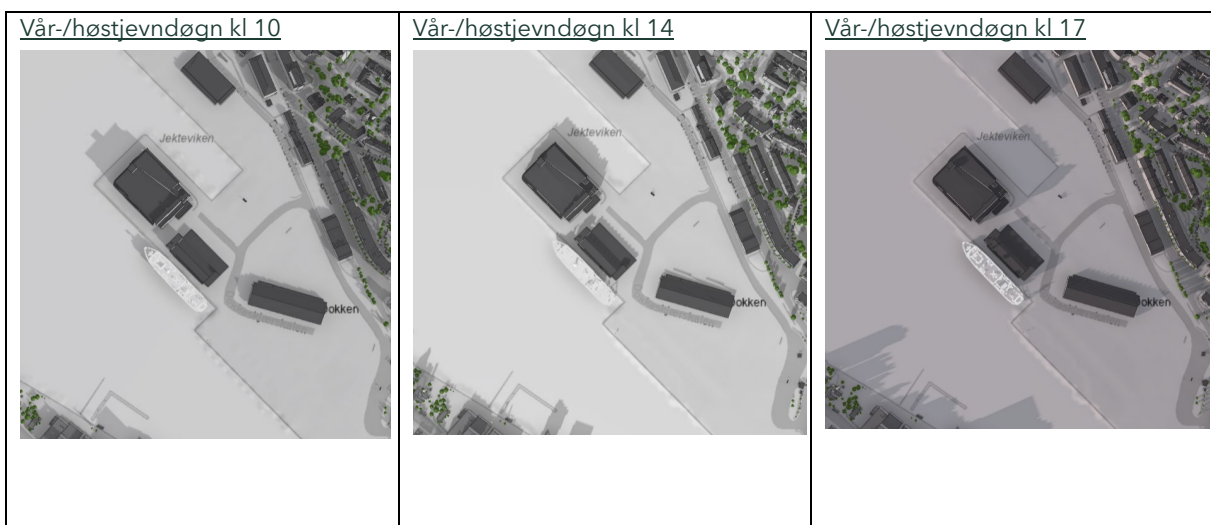


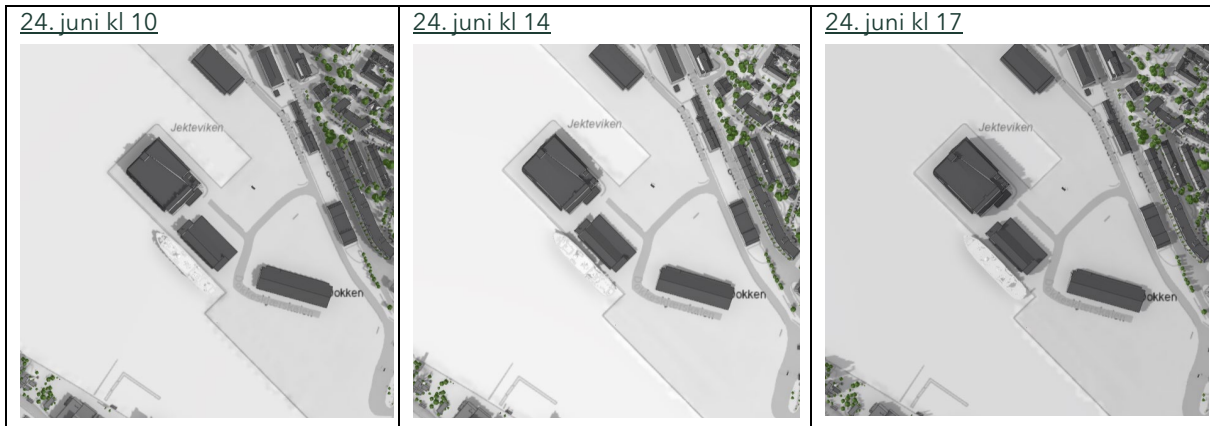
Figur 7.6 viser sannsynligheten for at vindforholdene vil påvirke personsikkerheten ift. ubalanse og fall for utsatte grupper. Terskelverdien er på 1 %, hvilket betyr at f.o.m oransje farge indikeres utslag på personsikkerheten. I alternativ 1 er det vist utslag på personsikkerheten på søndre hushjørner HI/Fdir. (Asplan Viak).

### 7.3. Sol/skygge

Studier av sol/skygge er vist for vår- og høstjevndøgn og 24.juni på klokkeslettene 10.00, 14.00 og 17.00. for alternativene 1 og 2 HI/Fdir og de samme alternativene med Arealstrategiene. Det gjelder for alle alternativ at store skip som anløper HI/Fdir kan skyggelegge deler av kaien.

#### 7.3.1. 0-alternativet (dagens situasjon)





I 0-alternativet er det gode solforhold på Dokken. Ved vår- og høstjevndøgn skygger Havnelageret for kai i nord-vest kl. 10 og i nord og nordøst kl. 14 og 17.

24.juni faller en liten slagskygge på kaien nordvest for Havnelageret kl. 10, og mot nord og nordøst klokken 14 og 17.

### 7.3.2. Alternativ 1 og 2 HI/Fdir uten Arealstrategien

Alternativ 1	Alternativ 2
<p><u>Vår-/høstjevndøgn kl 10</u></p>	<p><u>Vår-/høstjevndøgn kl 10</u></p>
<p>Klokken 10.00 er det skygge på kaien nordvest for Havnelageret og mellom bygningene. Både alternativene 1 og 2 har solfylt areal på store deler av kaien langs bygningene. I alternativ 2 kaster Havnelageret en lenger skygge ut på kaie og fjorden mot nordvest. Parken ligger i sol.</p>	

Vår-/høstjevndøgn kl 14



Vår-/høstjevndøgn kl 14



Klokken 14.00 er det for begge alternativene sol på nesten hele kaien ut mot Puddefjorden, men skygge mot Jekteviken. Det er noe sol i mellomrommet mellom bygningene. Alternativ 2 kaster noe lengre skygger mot Jekteviken og på arealene nord for bygningene enn alternativ 1. Parken i alternativ 2 ligger i sol.

Vår-/høstjevndøgn kl 17



Vår-/høstjevndøgn kl 17



Klokken 17.00 er del svak sol på det meste av kaien, parken i alternativ 2 og delvis mellom bygningene. I Jekteviken og på arealene mot øst faller det lange skygger, lengst skygger for alternativ 2.

24. juni kl 10



24. juni kl 10



Alternativ 1 og 2 har praktisk talt like solforhold. Klokken 10.00 er det skygge på kaien nord-vest for Havnelageret og mellom bygningene. Det er gode solforhold på kaien langs HI/Fdir og i parken i alternativ 2.

24. juni kl 14



24. juni kl 14



Alternativ 1 og 2 har praktisk talt like solforhold, men alternativ 2 har noe lengre slagskygger. Klokken 14.00 er det sol på hele kaien langs HI/Fdir, i mellomrommet mellom bygningene og i parken i alternativ 2. Det faller slagskygger på Jekteviken og arealene i øst.

24. juni kl 17

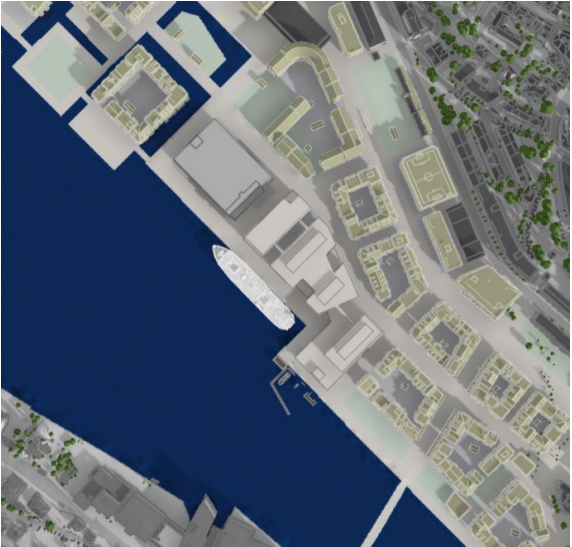
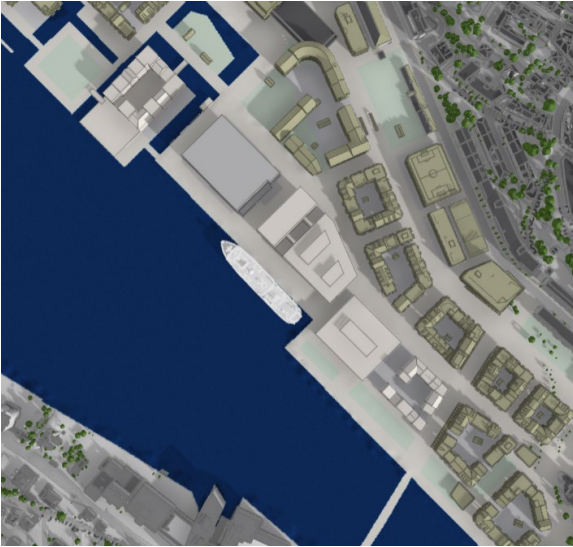
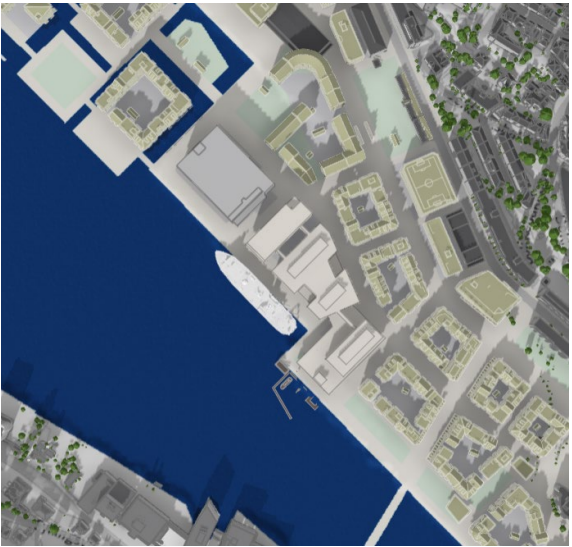
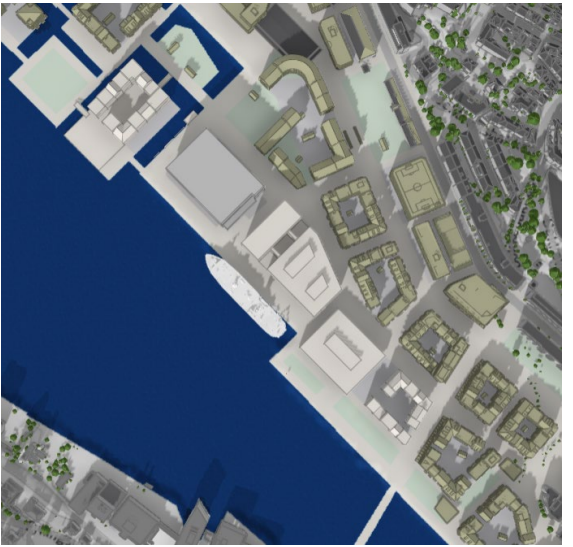


24. juni kl 17



Alternativ 1 og 2 har praktisk talt like solforhold, men alternativ 2 har noe lengre slagskygger. Klokken 17.00 er del sol på det meste av kaien langs HI/Fdir, delvis mellom bygningene og i parken i alternativ 2. I Jekteviken og på arealene i øst faller det langs slagskygger.

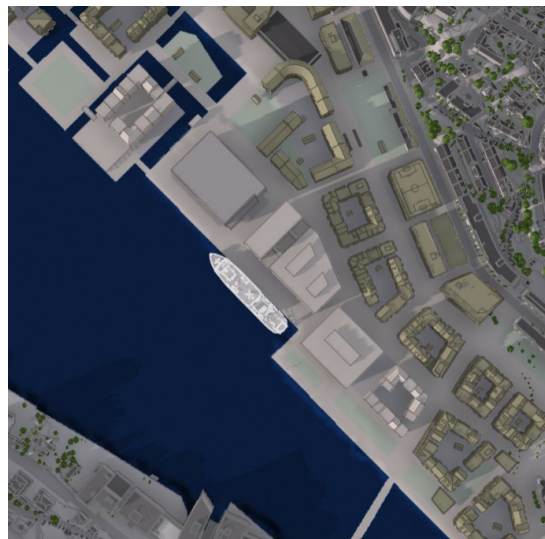
### 7.3.3. Alternativ 1 og 2 Scenario (Arealstrategien)

Alternativ 1	Alternativ 2
<p><u>Vår-/høstjevndøgn kl 10</u></p> 	<p><u>Vår-/høstjevndøgn kl 10</u></p> 
<p>Alternativ 1 og 2 har praktisk talt like sol/skyggeforhold, men alternativ 2 har noe lengre slagskygger. Klokken 10.00 er det skygge på kaien og kvartalet nord-øst for Havnelageret og mellom bygningene i HI/Fdir. Det er gode solforhold på kaien langs HI/Fdir, best i alternativ 2 som også omfatter parken. Skoletomten ligger delvis i skygge fra kvartalet i øst.</p>	
<p><u>Vår-/høstjevndøgn kl 14</u></p> 	<p><u>Vår-/høstjevndøgn kl 14</u></p> 
<p>Alternativ 1 og 2 har praktisk talt like sol/skyggeforhold, men alternativ 2 har noe lengre slagskygger. Klokken 14.00 er det sol på hele kaien langs HI/Fdir og i parken. Skygge faller mellom bygningene, på skoletomten nordøst for Havnelageret og på kvartalene nordøst for HI/Fdir. Kvartalsbebyggelsen kaster også skygger.</p>	

Vår-/høstjevndøgn kl 17

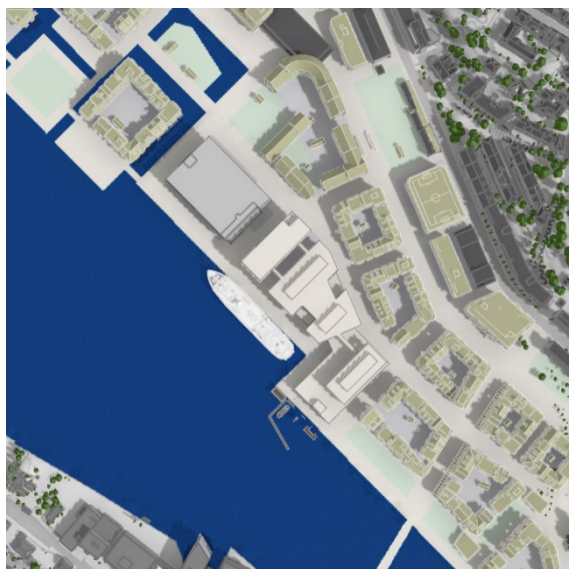


Vår-/høstjevndøgn kl 17

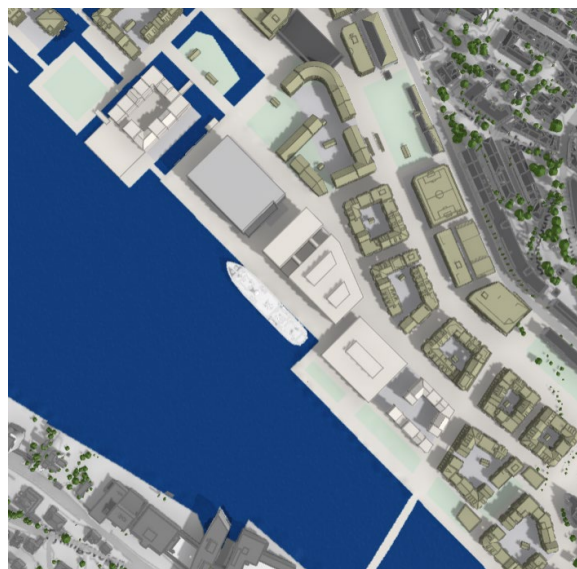


Alternativ 1 og 2 har praktisk talt like sol/skyggeforhold, men alternativ 2 har noe lengre slagskygger. Klokken 17.00 er det svak sol på det meste av kaien, parken og mellom bygningene. HI/Fdir kaster lange skygger over deler av skoletomten og kvartalene mot øst. Kvartalsbebyggelsen kaster også skygge helt frem til Torborg Nedreaas gate.

24. juni kl 10

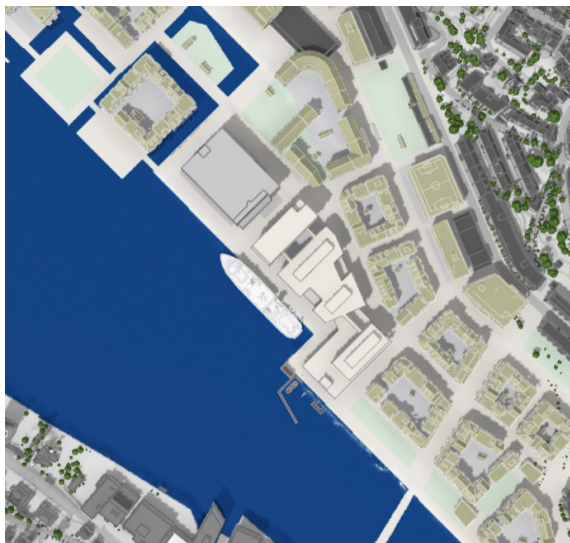


24. juni kl 10

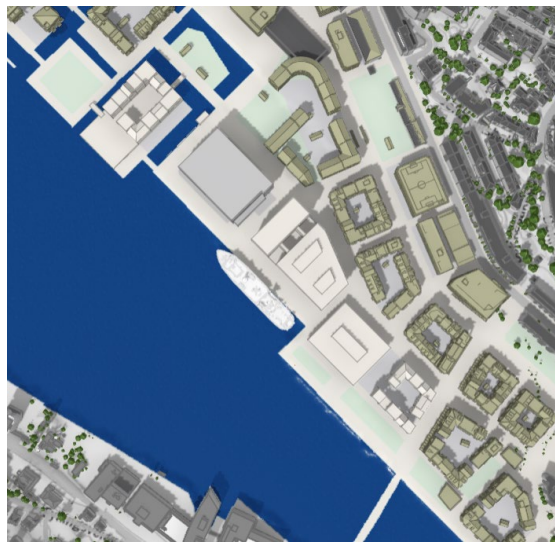


Alternativ 1 og 2 har praktisk talt like sol/skyggeforhold. Klokken 10.00 er det sol på kaien langs HI/Fdir, i parken og på skoletomten. Det er skygge på kvartalet nordvest for Havelageret og mellom bygningene i HI/Fdir. Det kastes ikke skygge mot kvartalene i nordøst.

24. juni kl 14

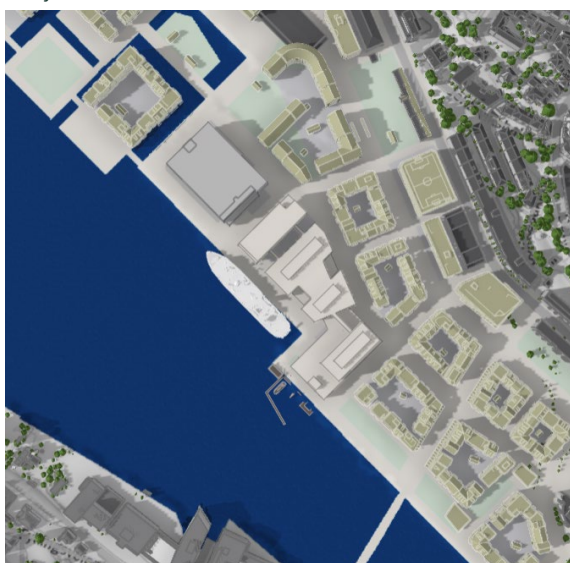


24. juni kl 14

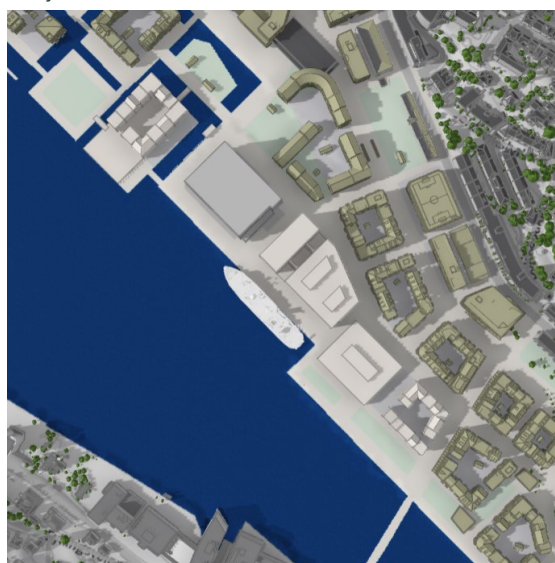


Alternativ 1 og 2 har praktisk talt like sol/skyggeforhold, men alternativ 2 har noe lengre slagskygger. Klokken 14.00 er det sol på hele kaien langs HI/Fdir, i parken, på kaien nordvest for Havnelageret og mellom bygningene. Det faller korte slagskygger på skoletomten nord for HI/Fdir og mot kvartalene i nordøst.

24. juni kl 17



24. juni kl 17



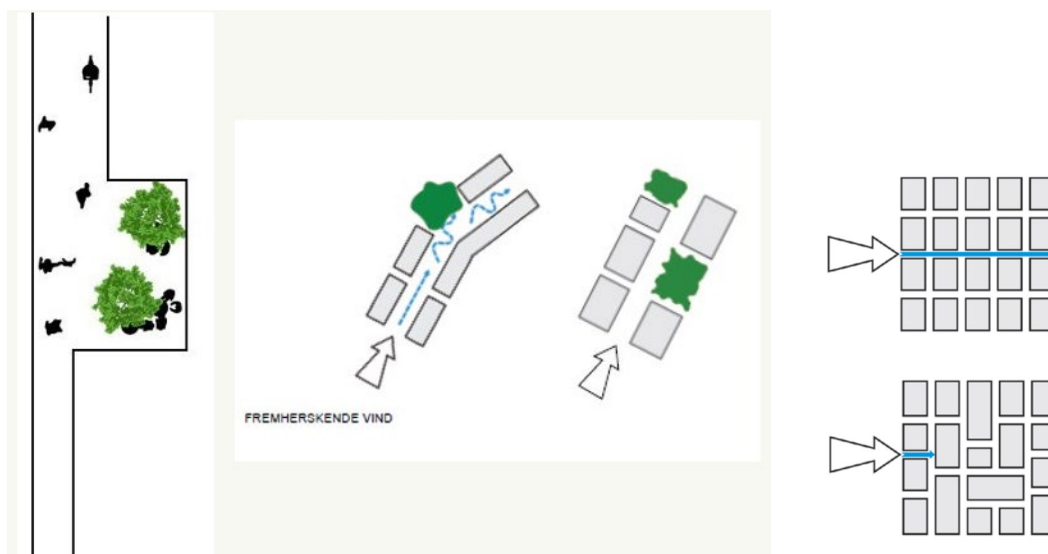
Alternativ 1 og 2 har praktisk talt like sol/skyggeforhold, men alternativ 2 har noe lengre slagskygger. Klokken 17.00 er del sol på hele kaien langs HI/Fdir, på kaien nordvest for Havnelageret og delvis sol mellom bygningene og på skoletomten. HI/Fdir kaster lange slagskygger mot kvartalene i nordøst, og kvartalsbebyggelsen kaster også skygger helt opp mot Torborg Nedreaas gate.

## 8. Avbøtende tiltak

Avbøtende tiltak vil kunne redusere ugunstige vindforhold både mht. vindkomfort og personsikkerhet. Tiltak kan være på selve bygningene ved plassering av balkonger, baldakiner og materialbruk og i uteoppholdsarealene med f.eks. etablering av vegetasjon og møblering. Plassering av leke- og rekreasjonsarealer, inngangspartier, søppelnedfall og sykkelparkering bør legges til soner med god vindkomfort. Endring av vindkomfort kan også oppnås ved større endringer i planen f.eks. ved endring av retning på gateløp, at bygninger får en annen plassering eller orientering og at bygningshøyder justeres. Flere av disse tiltakene kan være aktuelle på et senere stadium når arkitekturen og utearealene detaljeres ut slik at hensyn til vindforholdene ivaretas. Dette bør også sikres i arbeidet/ utforming av områdeplanen.

Kaien er en vindutsatt sone der det vil være behov for vindskjerming. Dette kan skje med baldakiner på utvalgte bygninger der det er planlagt aktiviteter i 1.etasje som fordrer tilfredsstillende vindkomfort, f.eks. uteservering. Det kan også skjermes med levegger, plantekasser osv. Lange og rette fasader kan brytes opp ved å forskyve deler av fasaden ift. hverandre slik at det oppstår lune inntrukne plasser (innhukk).

Gateløp som følger fremherskende vindretning kan medføre at vinden øker i hastighet gjennom gaten (korridoreffekt). En endring eller knekking av gateløpet kan være et tiltak for å bryte vindstrømmen.



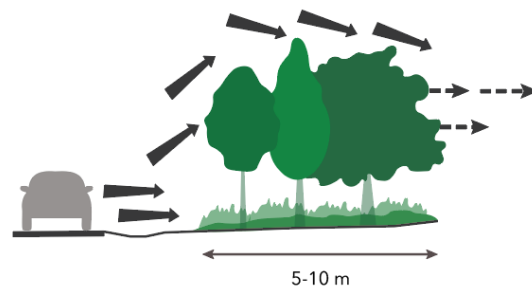
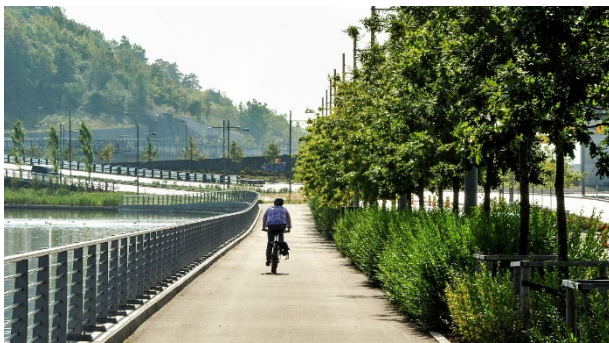
Figur 8.1 viser prinsipper for forskyvning/ variasjon i gateløp og på fasader. Gater som skifter retning, forskyvningen og «innhukk» demper vind og kan gi lokale lune oppholdssoner.

Bygningshøyder. Jevnhøye bygninger motvirker at vinder hentes ned til bakkeplan (slår tilbake fra en fasade og mot den motstående og videre ned til bakkeplan). Vinden ledes over husgruppen.



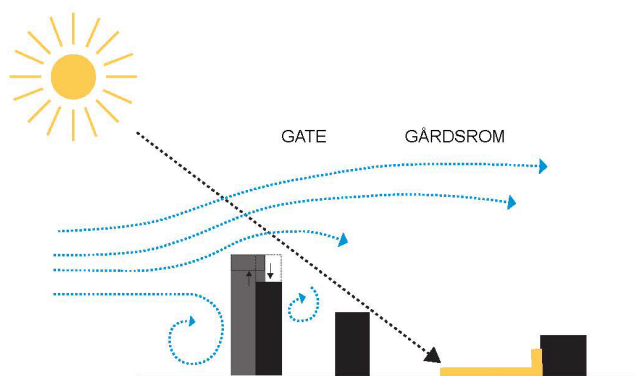
Figur 8.2 viser prinsipper for gruppering av bygninger.

Vegetasjon har en vinddempende og luftrensende effekt. Vegetasjonsbeltene bør ha en viss bredde og sammensetning for å gi best mulig effekt. Sammensetning i flere sjikt og med både løvfellende og vintergrønne arter er viktig. Vegetasjonsbeltene bør plasseres på tvers av fremherskende vindretning, gjerne med jevne mellomrom.



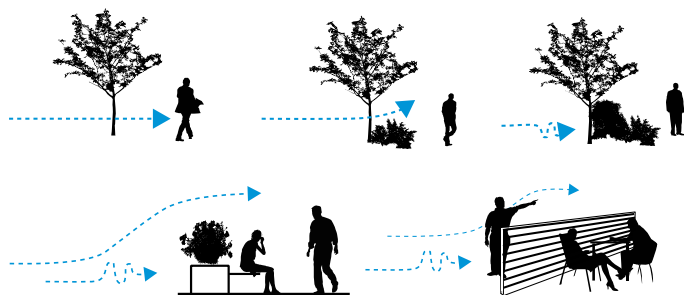
Figur 8.3 eksempelet t.v. viser en høystammet treplanting i kombinasjon med et tett busksjikt som vil ha en positiv effekt på både vindforholdene og luftkvaliteten. (Foto Knut Opeide Statens vegvesen). Figuren t.h. viser minimumsbredde for å oppnå god vindskjerming ift. vegtrafikk.

Solinnstråling er viktig på våre breddegrader, og bygningshøydene kan påvirke hvor mye sol som treffer bakken. Avstanden mellom bygningene og vegetasjon er også avgjørende.

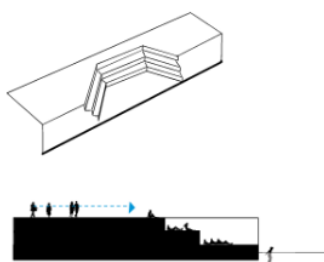


Figur 8.4 viser prinsippet for bygningshøyder og solinnstråling.

Lokale skjermingstiltak. I vindutsatte områder er løsningen å skjerme lokalt der det er planlagt for opphold og lek.



Figur 8.5 viser eksempler på lokale skjermingstiltak med vegetasjon og levegger



Figur 8.6 viser en nedtrapping (amfi) av en bryggekant ned mot vannet for sittende. Vinden tar mest på kaikanten og i trinnene er det lunere.

## 9. Samlet vurdering av tema

Utbyggingsalternativene påvirker i svært liten grad tilgrensende arealer utenfor planområdet.

### Vind:

Begge alternativene med Havnelageret og nybygg for HI/Fdir vil endre vindforholdene på Dokken ift. dagens situasjon (0-alternativet), men endringene er ikke betydelige. I alternativ 1 vil vindkomforten på kaien langs Puddefjorden forbedres, mens den i alternativ 2 vil forverres og være i kategorien ukomfortabel. I alternativ 2 er også vindkomforten ukomfortabel i Jekteviken, mens den samme sted er god i alternativ 1. Omkring og mellom bygningene er vindkomforten i kategorien for stasjonær aktivitet som tilsier f.eks. uteservering, tilrettelagte sittegrupper, inngangspartier mm. Dette gjelder for utbyggingsalternativ 1 og 2 for Havnelageret og HI/Fdir, uten Arealstrategien.

For begge alternativene med Havnelageret, nybygg for HI/Fdir. og Scenario (arealstrategi) er vindkomforten betydelig bedre ift. dagens situasjon på grunn av at det er mange bygninger som demper vinden og styrer den til åpne gateløp og plasser. I de åpne gateløpene er vindkomforten dårligere enn i tilgrensende kvartaler. Vindkomforten er stort sett god langs kaifronten og mellom Havnelageret og nybygg for HI/Fdir. Arealet med dårligst vindkomfort ligger ytterst på kaien nord for Havnelageret og på kaien utenfor HI/Fdir i sør.

Fretidig byutvikling forventes å ville få stor innvirkning på vindkomforten omkring Havnelageret og HI/Fdir.

For personsikkerhet (vindhastighet på over 15 m/s i 1% av tiden gjennom året for utsatte grupper) viser beregningene at det er overskridelser både i eksisterende situasjon og i utbyggingsalternativ 1. I alternativet er det vist utslag på personsikkerheten på søndre hushjørner HI/Fdir-bygningene. Det forventes at det i det samme området kan være fare for personsikkerheten også for alternativ 2. Det er ingen overskridelser for den øvrige delen av befolkningen.

Avbøtende tiltak vil kunne redusere ugunstige vindforhold både mht. vindkomfort og personsikkerhet. Tiltak kan være vegetasjon, léskjermer, endret retning av gateløp, bygningshøyder, detaljer på fasader og materialbruk.

Fagtema «Bølger og stormflo», Asplan Viak 2024, er beslektet med meteorologiske forhold som vind. Vinden påvirker bølger og dønninger. Bølgepåvirkningen er størst fra nord. Stormflonivå for Bergen i sikkerhetsklasse F2 er beregnet til 2,32 m. (Asplan Viak 2024).

#### Sol/skygge:

Når det gjelder sol-/skyggeforhold er det, som i dag, svært gode solforhold på kaien ut mot Puddefjorden. Alternativ 2 viser en park på kai i sør, som er solfylt. I alternativ 1 er bygningsmassen trukket nærmere kaien i sør, som også skaper noe mer skygge på kaien i morgentimene. Mellomrommet mellom Havneleret og HI/Fdir, samt rommene mellom bygningsvolumene for HI/Fdir har noe sol på ettermiddagen, men er skyggelagt morgen, formiddag og kveld. Begge alternativene forårsaker vesentlig skyggevirksomhet på gaterommet/ byrom, skoletomten og delvis nabobebyggelse i nordøst. Alternativ 2 har høyere bygg og kaster derfor lengre skygger enn alternativ 1, men har også lavere bygg i sør enn alt.1 som gir bedre solforhold i byrom i sørøst.

Mot 0-situasjonen, dvs. med dagens situasjon, endres sol/skygge forholdene, og det blir mer skygge pga. de nye og store bygninger. I en situasjon uten ny bebyggelse omkring HI/Fdir gir skyggevirksomhetene mindre konsekvenser enn ved realisering av Arealstrategien der deler av planlagt arealbruk i perioder vil bli skyggelagt.

## Kilder

- Bechmann, A., Sørensen, N.N, Berg, J., Mann, J., Réthoré, P-E. (2011).
- Beranek, W.J., Van Koten, H. (1979). Beperken van windhinder om gebouwen, deel 1, Stichting Bouwresearch no. 65
- Davenport, A.G. (1965). The relationship of wind structure to wind loading. Proc. Conf. on Wind Effects on buildings & Structures, HMSO, London.
- Janssen, W.D., Blocken, B., Hooff, T. 2013. Pedestrian wind comfort around buildings: Comparison of wind comfort criteria based on whole-flow field data for a complex case study. Build and Environment, Vol 59, 2013
- S. Aguinaga M. Dufresne De Virel, J. Guilhot, C Guillaume and S.S ANQUER (2019, Design of the citadel of Bonifacio urban area through experimental and numerical assessment of pedestrian comfort.
- B. Blocken, T. Stathopoulos, J.P.A.J. van Beeck. (2016) Pedestrian-level wind conditions around buildings: Review of wind-tunnel and CFD techniques and their accuracy for wind comfort assessment
- B. Blocken, J.Carmeliet, (2004). Pedestrian Wind Environment around Buildings: Literature Review and Practical Examples.
- Guillaume, C., Wang, L. and Dupont, G. (2010). Validations and applications of a CFD tool dedicated to wind assessment in urban areas. UrbaWind Report.



asplan viak