

Tittel:			
Analyse av lokale vind- og snødriftforhold rundt Skytterhusfjellet felt B2B			
Oppdragsgiver:		Klassifisering:	
Filago AS		Begrenset til kunde	
Postboks 23, Kjelsås		Utført av/ansvarlig:	
0411 Oslo		Per-Arne Sundsbø	
Oppdragsgivers ref.:		Rapportnr.:	Revisjon:
Rina Ihlen (rina@aktiv-hus.no)		129-17	0
Olav Fåsetbru Kildal (olav@stillautvikling.no)		Status:	
Solveig Steinmo (solveig@aktiv-hus.no)		Endelig	
Utgave:	Dato:	Antall sider:	
0	30.11.2017	19	
		Dato:	
		30.11.2017	

1 SAMMENDRAG OG KONKUSJON

Det er utført en analyse av vind- & snødrift rundt utbyggingsforslag for Skytterhusfjellet felt B2B i Kirkenes. Dette basert på de lokalt fremherskende vindretninger fra **N** og **S**. Vind fra sørlig sektor opptrer oftest og er fremherskende med hensyn til drivsnø og fonndannelse. Utbyggingsforslaget vil generelt være mest eksponert for vind fra sørlig sektor.

Bygningsstrukturen er i utgangspunktet utformet for renblåsning og minimum fonndannelse i sentrale inngangssoner og interne veger. I disse sonene må det derfor forventes økt vindbelastning, noe som er motsatt av det som vi vanligvis planlegger for i områder uten snø og snødrift. Uteopphold tilrettelegges i de minst vindusatte sonene eller med bruk av lokale skjermingstiltak for å bedre vindkomfortnivået.

Omliggende vegetasjon har vinddempende og snøskjermende effekter. Mest mulig av den eksisterende vegetasjonen bør derfor bevares, eventuelt forsterkes der det er hensiktsmessig. Etablering av en snøskjerm på sørsiden av B2B vil kunne redusere snødrift inn i feltet. Dette tiltaket gjøres mest effektivt etter at feltet er ferdigstilt, når det er lettere å kartlegge driftssoner og etablering av skjerm kan utføres med minimum bruk av materialer og inngrep i landskapet.

Rapporten inneholder beskrivelse av prinsipper for planlegging av bebyggelsesstruktur med hensyn til vind og snødrift, samt tiltak for tilpasning av bygningsdesign til drivsnø og omkringliggende fonndannelse. Funksjonskrav til veg, bygg og uteareal, behov for boenheter, økonomi, behov for utsikt etc. begrenser ofte friheten til å utforme de mest effektive design & planløsningene med hensyn til vind- og snødrift. Utformingen av bebyggelsesplan er derfor basert på noen kompromisser mellom å utnytte de stedlige forutsetningene og prinsipper for tilpasning til snødrift.

Det aktuelle utbyggingsforslaget vil generelt ikke føre til uheldige konsekvenser med hensyn til vind- og snødriftforhold for nabobebyggelse med tilhørende utearealer.

1	Sammendrag og konklusjon	1
2	INNLEDNING	3
3	Vindklimatiske forutsetninger	4
3.1	Fremherskende vind- og snødriftforhold	4
3.2	Fremherskende lokale vind- og snødriftforhold for det aktuelle utbyggingsområdet	5
4	Anvendt metode	6
4.1	Beregningsteknikk	6
4.2	Representasjon av arkitektur og terreng	6
4.3	3D modell av arkitektur og terreng	7
5	Prinsipper for planlegging av bebyggelsesstruktur mht vind og snødrift	8
6	Aktuelle vindeffekter rundt bygninger og strukturer	9
7	Fonndannelse rundt utvalgte bygningsdesign	10
8	Vindpåvirkning - komfort og sikkerhet	11
8.1	Mekanisk vindpåvirkning.....	11
8.2	Termisk vindpåvirkning	11
8.3	Komfortkriterier	12
8.4	Vind-sikkerhetskriterier.....	12
8.5	Relativ vindhastighet i uteoppholdssoner.....	13
8.6	Opptredende vindhastighet i uteoppholdssoner	13
9	Vindforhold i utbyggingsområdet – utbyggingsforslag b2b	14
9.1	Fremherskende vindeffekter rundt utbyggingsforslag.....	14
9.2	Vindbelastning i personhøyde	15
10	Avbøtende tiltak – lokal vindbelastning	16
11	Snødrift rundt Skytterhusfjellet felt B2B	17
11.1	Tilpasning av bygningsdesign til omkringliggende fonndannelse	18
	REFERANSER	19

2 INNLEDNING

Outdoor Environment Technology AS (OET) er engasjert av **Filago AS** for å utføre en analyse av analyse av lokale vind- og snødriftforhold rundt Skytterhusfjellet felt B2B i Kirkenes. Feltet skal spesielt tilrettelegges i forhold til lokal klimabelastning og spesielt gjelder dette fremherskende snødrift- og vindforhold.

Hovedforutsetninger for vind- og snøklimatisk tilpasning i reguleringsarbeidet:

Sikre at nybygging ikke medfører uheldige effekter som følge av vind og snødrift rundt utbyggingsprosjektet og for omliggende bebyggelse med tilgrensende uteområder.

Oppdragsbeskrivelse

- Oppbygging av 3D-simuleringsmodell med terreng & bygningsvolumer ut fra digitale data fra oppdragsgiver.
- Numeriske simuleringer av vind/snødrift rundt aktuelle bygningsvolum, som følge av lokalt fremherskende vindsektorer. Resultatene fra simuleringene angir hovedtendenser ift vind/snødrift.
- Analyse & vurdering av resultater fra simuleringer ift planlagt/tilsiktet disponering av bygninger og omkringliggende utearealer.
- Forslag til eventuelle klimaskjermende tiltak/endringer. Prinsipiell utforming & lokalisering av skjermingstiltak på bakkeplan.
- Vurdering av snødrift & fonndannelse i omkringliggende uteområder og mot/på den nærmeste bebyggelsen. Analysen angir hovedtendenser i lokalt lagringsmønster og begrenser seg til soner påvirket av aktuelt utbyggingsforslag.

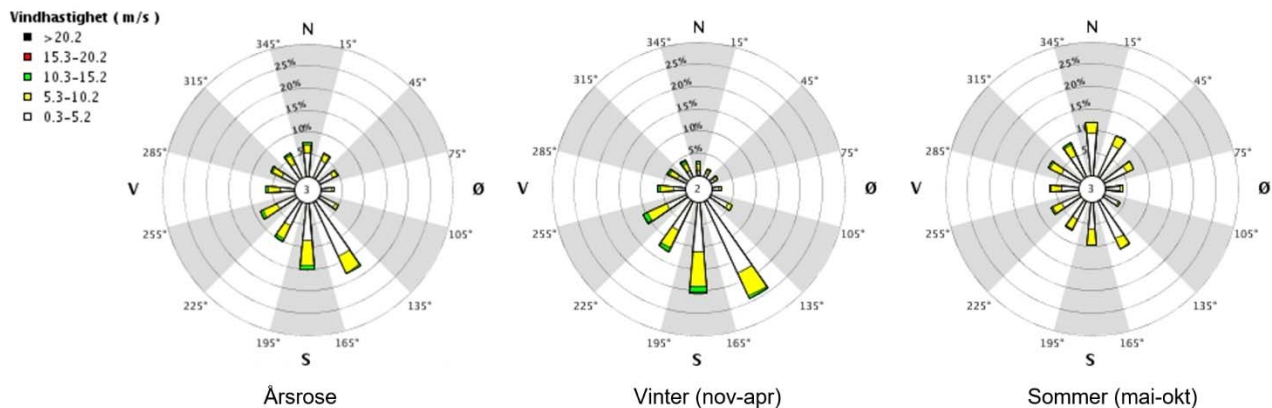
Klimaanalysen dekker ikke effekter fra bygningsdetaljer, mindre strukturer, vegetasjon, variasjoner i terrengruhet, frost, tine/smeltesykluser eller eventuelle fonner fra snørydding. Høye vindhastigheter og snødrift vil kunne oppstå fra andre retninger enn de som er angitt som fremherskende.

Supplerende info om klimatilpasset utbygging i det aktuelle området kan finnes i «Lokalklimaanalyse for bygg og utemiljø» (Størkersen, 2016).

3 VINDKLIMATISKE FORUTSETNINGER

3.1 Fremherskende vind- og snødriftforhold

Det foreligger ingen tilgjengelig vind- eller værobservasjoner fra det utbyggingsområdet og nærmeste værobservasjoner er utført ved Kirkenes Lufthavn. Registreringene ved lufthavnen viser at det på sommeren er relativt stor spredning i vindretningen, men har en større andel vind fra nord (N) og nord-nordøst (NNØ), i tillegg til sør (S) og sørsørøst (SSØ). På vinteren er det en klar vekt på innlandsvind fra sektoren S-SSØ. Over året blåser det mest fra sektoren S-SSØ og sjelden med styrke over 15 m/s. Vinden er generelt sterkere på vinteren enn sommeren.



Figur 1. Vindroser fra meteorologisk stasjon ved Kirkenes lufthavn for perioden 1957-2014 (kilde DNMI).



Figur 2. Lokalisering av det aktuelle utbyggingsfeltet (rød ring) i Kirkenes i forhold til målestasjon ved Kirkenes lufthavn, her markert med vintervindrose (Kartkilde: Kartverket).

3.2 Fremherskende lokale vind- og snødriftsforhold for det aktuelle utbyggingsområdet

Vindforholdene rundt Kirkenes vil være påvirket av de lokale landformasjoner og forventes å avvike noe fra registreringene på lufthavnen. For å kunne utføre en nærmere bestemmelse av lokale vindforhold i det aktuelle utbyggingsfeltet, utførte Aktivhus AS vinteren-2016 supplerende lokale feltobservasjoner på Skytterhusfjellet. Feltobservasjonene var begrenset i tid og omfang, men viste sammenfallende tendenser mellom observert vindretning og samtidige måling ved lufthavnen. Det antas at omliggende terrengformasjoner vil styre vinden over det aktuelle utbyggingsområdet i aksene S (190°-180°) – N (10°).

Ut fra meteorologiske vindstatistikk, analyse av landformasjoner og erfaringer fra lokalkjente, antas følgende vindretninger for å være fremherskende for den aktuelle utbyggingen:

- **Vind fra nordlig sektor** (ca. 10°) - Nordlig vinder opptrer mest i sommerhalvåret
- **Vind fra sørlig sektor** (ca. 180°) - Opptrer sommer og vinter
- Fremherskende vintervind og mht. snødrift

Andre vindretninger vil tidvis kunne oppstå og føre til økte vind- og drivsnøeffekter i det aktuelle utbyggingsområdet, men fremherskende vindretninger antas her som viktigst.



Figur 3. Lokalisering av det aktuelle utbyggingsfeltet (rød ring) i forhold til terreng og omliggende bebyggelse. Vindroser for Kirkenes lufthavn er angitt oppe i venstre hjørne (Kartkilde: Kartverket).

4 ANVENDT METODE

4.1 Beregningsteknikk

Beregning av vindstrømninger utføres med CFD (Computational Fluid Dynamics), som er et computerbasert alternativ til vintunnelforsøk. Strømningsmodellen er basert på en tredimensjonal, endelig differanse metode som løser tidsavhengige problemer ved hjelp av bevarelseslovene for masse og impuls. Beregningsområdet er hensiktsmessig tilpasset rundt aktuelle geometriske former, der ligninger for luftens hastighet, trykk og turbulens løses i et stort antall punkter.

Bestemmelse av vindforholdene i et område CFD-modeller avhenger blant annet av; størrelsen på beregningsområdet, oppløsningen av beregningsnettet (antall punkter) og beregningsområdets randsonebetingelser. Spesielt viktig er det å oppnå en realistisk fordeling av vindhastigheter i tilstrekkelig avstand fra lokalisering som skal vurderes. Prinsipp for beregningsområde rundt geometrisk modell med randsonebetingelser er vist i figuren under. Innkommende vindfelt er basert på 10 minutters middelvindhastigheter. Vertikal hastighetsfordeling, terrengruhet, turbulensintensitet m.m. bestemmes ut fra påvirkning fra oppstrøms terreng. I denne analysen er det benyttet en RNG-turbulensmodell.



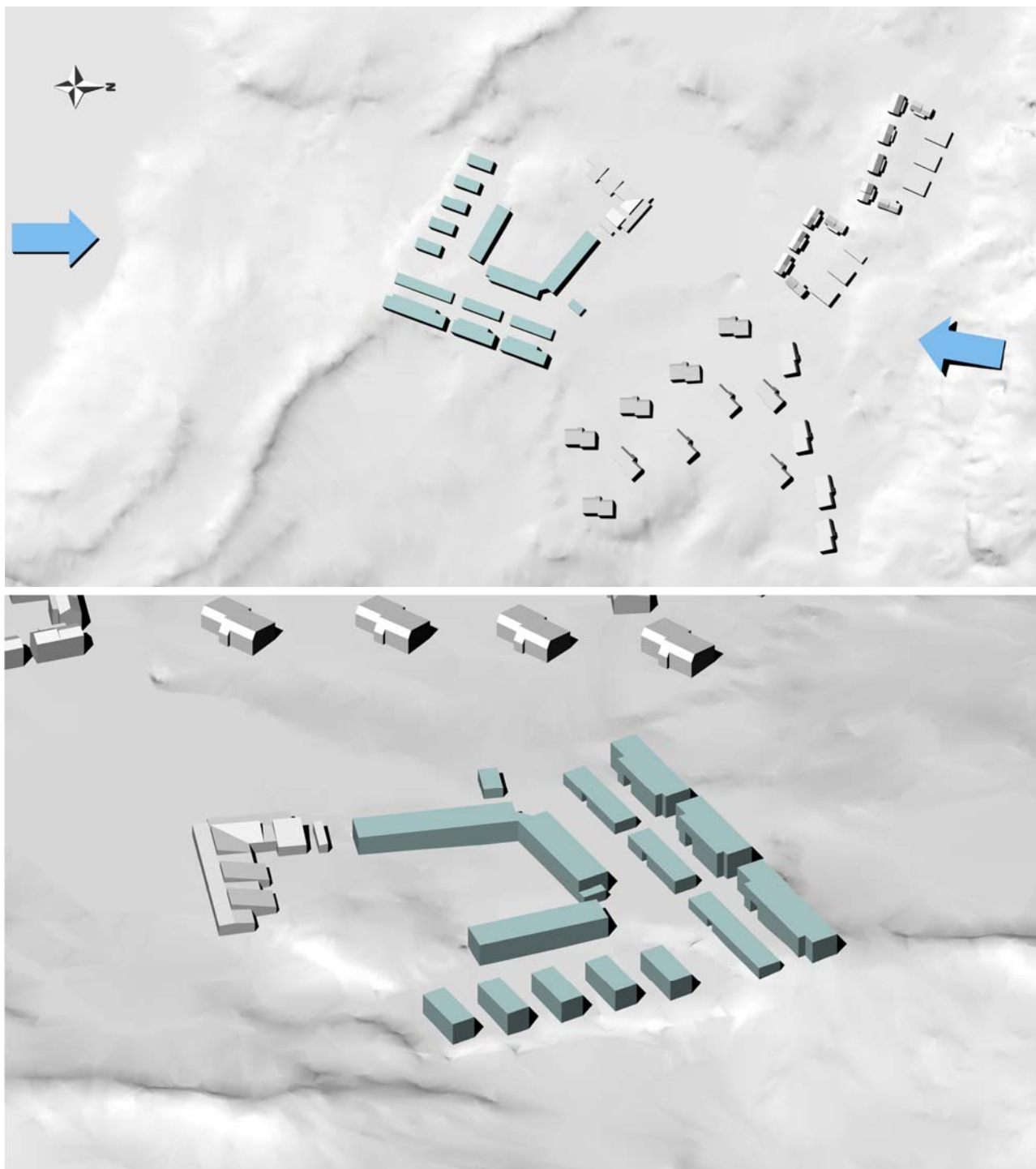
Figur 4. Prinsipp for beregningsområde rundt geometrisk modell.

4.2 Representasjon av arkitektur og terreng

Geometrisk 3D modell av aktuelle bygninger, strukturer og terreng utformes med utgangspunkt i å gi en realistisk påvirkning av vindfeltet, fra påvirkende utvendige flater. Bygninger og strukturer representeres som enkle volumer, uten unødvendige detaljer. Nødvendig detaljeringsgraden avhenger av skala/omfang, hvilke vindeffekter som skal undersøkes, tilgjengelig datakraft, m.m. Omkringliggende bebyggelse inkluderes i den grad den vil innvirke på vinden i den lokalisering som skal vurderes, og representeres med avtagende detaljeringsgrad i avstand fra denne. Omfang av omliggende terreng skal være tilstrekkelig til å gi den riktige virkning på vindfeltet.

4.3 3D modell av arkitektur og terreng

3D-modell av aktuelt utbyggingsforslag, terreng og omliggende bebyggelse er utarbeidet av OET, ut fra grunndata fremskaffet av oppdragsgiver (figur under).



Figur 5. Simuleringsmodell av utbyggingsforslag for B2B, utarbeidet fra data fremskaffet av oppdragsgiver. Lokalt fremherskende vindsektorer er markert med blå piler.

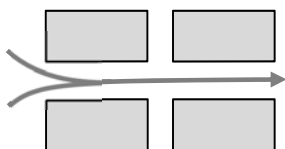
5 PRINSIPPER FOR PLANLEGGING AV BEBYGGELSESSTRUKTUR MHT VIND OG SNØDRIFT

Følgende prinsipper er benyttet for planlegging av bebyggelsesstruktur på B2B med hensyn til vind og snødrift:

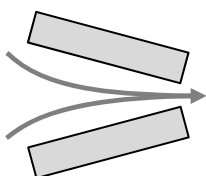
- **Bygninger og interne vegger lokaliseres mest mulig parallelt med fremherskende vindsektorer.**
- **Relativt høye bygninger øker vindbelastningen** på bakkenivå. Utform bygningsvolumene og bygningslinjen med terrenget og så lavt som mulig.
- **Vegetasjon demper vindbelastning** mot terrenget. Mest mulig av den eksisterende vegetasjon bevares.
- **Redusere snødrift inn i feltet** så mye som praktisk mulig, gjerne med terrengtiltak og terrengmurer mot sør. Vær oppmerksom på at ytre skjermingen kan forsterkes i ettertid. Eventuell oppsetting av snøskjermer gjøres mest effektivt etter at feltet er ferdigstilt. Det er da lettere å kartlegge driftssoner og skjermes kan settes opp med minimum bruk av materialer og plass.
- **Reduser uheldig fonndannelse internt i feltet.** Dette som følge av at store bygninger, bygningsgrupper, vegger og terrengformasjoner medfører større soner med fonndannelse. Utforming og lokalisering av den enkelte bygning, bør ikke medføre uheldig fonndannelse for nabobebyggelse. Indre skjerming eller tiltak kan eventuelt implementeres der det er tilstrekkelig plass.
- **Tilrettelegge den enkelte bygning med tilhørende utareal for snøbelastning**, gjennom hensiktsmessig design, plassering av vinduer, skjerming av inngangspartier og lokalisering av garasje nær veg. Inngang til bygninger og garasjer, bør om mulig, plasseres slik dominerende snødrivende vindretning blåser langs inngangsfasaden. Det er i snørike områder hensiktsmessig å tilrettelegge for lokale snølagringssoner på den enkelte tomt. Dette for at fordele snøbelastningen i feltet.
- **Tilrettelegge for effektiv snørydding** inne i, og fra feltet. Framkommelighet til og fra feltet er særdeles viktig i forhold til sikkerhet (brann/syketransport) og ressurser som kreves for rydding. Snødeponi bør legges så nært som mulig og deponert snø må ikke føre til uheldig fonndannelse på tilgrensende vegger og rundt bebyggelse. Under dette punktet gjelder også tilrettelegging og utforming av vegger i forhold til snødrift. Husk å ta hensyn til hvilke snøryddingsredskap/maskiner som skal benyttes. For eksempel, trenger hjullastere og brøytebiler minimum av snuplass og plass for rydding.
- **Unngå lave inngang- og vinduspartier.**

6 AKTUELLE VINDEFFEKTER RUNDT BYGNINGER OG STRUKTURER

Vindfeltet rundt bygninger og konstruksjoner er ofte svært komplekst med kombinasjoner av ulike vindeffekter. Illustrasjonene under viser typiske vindeffekter rundt bygninger og kan være nyttige med hensyn til analyse av simuleringresultatene, for å få en bedre forståelse for hvorfor vindforsterkning og levirkninger oppstår.



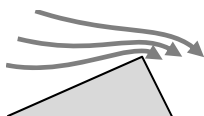
Kanalisert vindfelt i en korridor dannet av bygninger trenger nødvendigvis ikke øke vindens hastighet mellom bygningene, men i fravær av en normal blokkering av «kanalen» vil ofte medføre relativt større vindstyrker enn i omkringliggende områder. Vindhastigheten vil kunne øke dersom bygningene i korridoråpningen danner en trakt mot vinden.



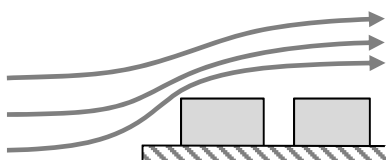
Trakteffekt mellom bygningsvolumer som er lokalisert slik de danner en traktform slik at vinden presses sammen og øker hastigheten. Trakteffekten får størst effekt for relativt høye og brede bygningsvolumer (høyde minimum 15m og lengde på åpning minst 100m).



Vindforsterkning i passasje mellom bygninger eller i åpne passasjer gjennom bygningsstrukturer, som følge av trykkforskjeller mellom lo- og leside.

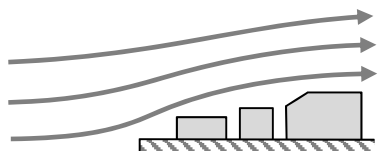


Vindforsterkning rundt hjørne i overgang mellom le og loside av bygning eller rundt hjørner som stikker ut i vindstrømmingen. Overgangen mellom store og lave vindhastigheter er ofte svært turbulent og vindhastigheten kan føles større, enn den egentlig er.



Randsoner i bebyggelse mot åpent landskap eller vann er ofte mer utsatt for vind og snødrift, fordi det her mangler gjensidig skjerming fra nabobebyggelse og ofte er høyere innkommende vindhastigheter.

Strukturer & uteområder i strandkanten kan bli utsatte for stor vindbelastning. Særlig gjelder dette i forhold til høye, rette, bygninger mot vinden. Pålandsvind er normalt sterkest ved strandkanten og blir innover land ofte løftet på grunn av friksjon fra bygninger og topografi.



Gradvis oppbygging av randsonebebyggelse reduserer vindbelastningen på den ytre bebyggelsen. En mer strømlinjeformet oppbygging vil i større grad «løfte» vindfeltet over hele strandsonebebyggelsen.



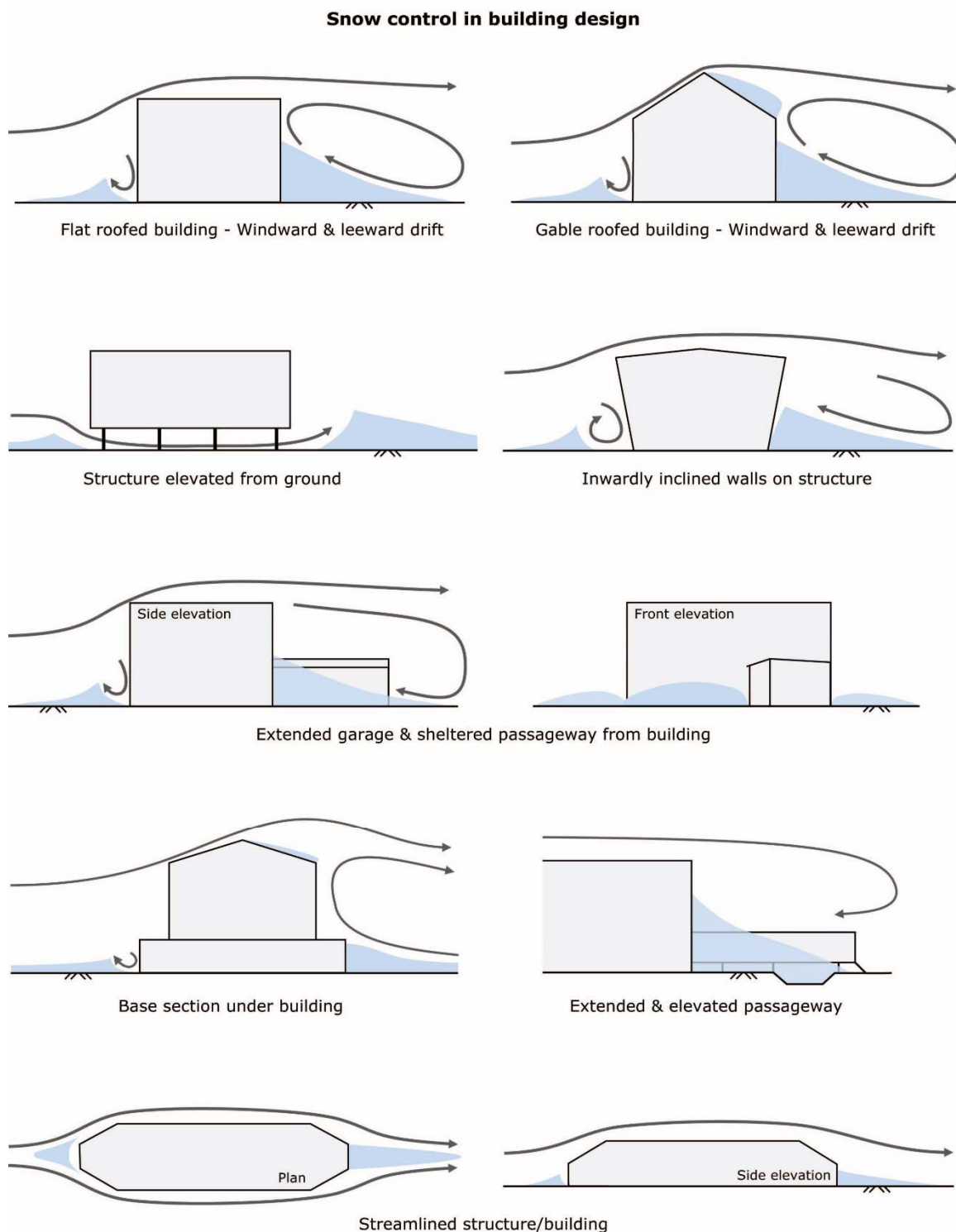
Strømlinjeformet og fortettet bebyggelse gir kollektiv vindskjerming.



Bebyggelse utformet **strømlinjeformet med terreng** kan selv på en bakketopp, virke kollektivt vindskjermende.

7 FONNDANNELSE RUNDT UTVALGTE BYGNINGSDESIGN

Illustrasjonen viser prinsipiell fonndannelse som følge av drivsnø rundt enkle bygningsvolumer på flat mark og effekt av utvalgte designkonsept (Sundsbo, 2015). Snødrivende vindretning er her angitt fra høyre. Ved svakere vind og vind fra ulike retninger, kan dette mønsteret endre seg.



Figur 6. Prinsipiell fonndannelse rundt utvalgte bygningsdesign lokalisert i flatt terreng (Sundsbo, 2015).

8 VINDPÅVIRKNING - KOMFORT OG SIKKERHET

Vind påvirker komfort og personsikkerhet ved uteopphold og er ofte den viktigste lokalklimatiske parameter. Det skiller her mellom mekanisk og termisk vindpåvirkning.

8.1 Mekanisk vindpåvirkning

Mekanisk vindbelastning varierer fra følelsen av svak vind på hud til å bli blåst overende av liten storm, se tabellen under. Vind varierer i styrke, tid og rom. Det kan være spesielt ubehagelig for fotgjengere å komme fra et skjermet område og rett inn i et sterkt vindfelt. Dette oppstår gjerne rundt inngangspartier og rundt bygningshjørner, i overgang mellom vindutsatt sone og lesone på baksiden/forsiden av bygningen. I soner med turbulens opptrer vinden i sporadiske støt og vindkast, som gjerne oppfattes som sterkere enn vindhastigheten skulle tilsi. Ved en vindstyrke på ca. 5,5 m/s i personhøyde kan vindkrefter føles på kroppen. Dette tilsvarer i laber- til frisk bris over relativt flatt terreng.

Beaufort	Betegnelse	Vindhastighet 1.75m (m/s)	Virkning på mennesker
0	Stille	0.0–0.1	
1	Flau vind	0.2–1.0	Vinden knapt merkbar
2	Svak vind	1.1–2.3	Vinden føles i ansiktet
3	Lett bris	2.4–3.8	Hår og klær flagrer, vanskelig å lese en avis.
4	Laber bris	3.9–5.5	Støv og papir virvles opp
5	Frisk bris	5.6–7.5	Vindkrefter kan føles på kroppen, fare for å snuble ved inngang til vindsoner
6	Liten kuling	7.6–9.7	Vanskelig å benytte en paraply, håret blåses rett, vanskelig å gå stødig, side-vindkrefter nærmer seg gå-kraft forover, ubehagelig vindsus i ørene.
7	Stiv kuling	9.8–12.0	Føles besværlig å gå mot vinden
8	Sterk kuling	12.1–14.5	Generelt redusert ferdsel, vanskelig å holde balanse i vindkastene
9	Liten storm	14.6–17.1	Personer blåses overende (lette strukturelle skader kan oppstå).

Tabell 1. Utvidet Beaufort skala som viser vindens virkning på mennesker. Vindhastigheter er gitt ut fra gjennomsnittlig vindhastighet målt i personhøyde ($z = 1,75\text{m}$) over åpent terreng med ruhetslengde, $z_0 = 0,03\text{m}$. Vindefektene over kan forårsakes av både stasjonære vindforhold og vindkast/turbulens (Lawson & Penwarden, 1975).

8.2 Termisk vindpåvirkning

Termisk vindpåvirkning på mennesker inkluderer samlede effekter av, svært mange innvirkende parametere: gjennomsnittlig vindhastighet, hastighet og varighet av vindkast, lufttemperatur, luftfuktighet, sol/strålingsutveksling, metabolisme, eksponeringstid, isolasjonsegenskaper, fuktinnhold og lufttetthet i bekledding. Lave utetemperaturer kan medføre at det føles ubehagelig å være ute ved relativt lave vindstyrker.

Vurdering av termisk komfort ved uteopphold er avhengig av en rekke parametere som aktivitetsnivå, sol, vind, nedbør, temperatur ol. Her er effektiv temperatur en sentral parameter og vindavkjøling kan oppfattes svært så forskjellig fra en person til en annen. Avklimatisering til lokale klimaforhold, er en ikke så uvesentlig faktor for oppfattelsen av utekomfort. Avhengig av type uteaktivitet, er det grunn til å anta at lokalbefolkningen ofte kan ha en noe høyere terskel i forhold til «skittvær» og har andre forventninger til været, enn vanlig er i varmere og mindre vindutsatte deler av landet. Utekomfort i vind er generelt knyttet til temperatur og vindavkjøling. Kald vind kan ødelegge en ellers solrik sommerdag, spesielt i Nord-Norge. For stillesittende uteopphold kan selv eksponering for svak vind/trekk være tilstrekkelig til å skape ubehag og slike soner bør skjermes spesielt.

8.3 Komfortkriterier

I Norge er det relativt store geografiske klimatiske forskjeller og det vil lokalt over året, være ganske så store variasjoner både i temperatur og vindforhold. En detaljert beregning av lokale komfortforhold ut fra tilgjengelige værobservasjoner, krever et svært omfattende meteorologiske datagrunnlag, med samtidige observasjoner av vindretning, vindhastighet, temperatur, nedbør, solforhold m.m., fordelt ned på timesbasis og målt over en representativ periode. Datagrunnlaget bør helst inkludere på «on-site» observasjoner, da det oftest ligger betydelige usikkerheter i normalårskorrigerings, dvs. «overføring» av værdata fra de nærmeste meteorologiske målestasjoner til det aktuelle utbyggingsområdet. Et slikt datagrunnlag er sjeldent tilgjengelig og dette setter begrensninger til hvor stor sikkerhet vi kan vektlegge simulerte klimaforhold.

Begrensninger i tilgang til samtidige observasjoner av vind og temperatur, samt kompleksitet i analyseteknikk, medfører at de fleste utekomfortanalyser i dag er basert på mekanisk vindpåvirkning.

Mer om komfortvurderinger i uteoppholdssoner kan finnes i *Analyse av vind & snødrift rundt Prostneset havneterminal* (Sundsbo, 2015).

8.4 Vind-sikkerhetskriterier

Store vindhastigheter og vindstøt kan direkte utgjøre en fare ved at personer mister balansen og blir blåst overende. Sterk kuling kan medføre generelt redusert ferdsel og gjøre det vanskelig å holde balanse i vindkastene. Ved liten storm kan personer blåses overende og lette strukturelle skader kan oppstå. Løse gjenstander kan bli ført med vinden og forårsake personskade. Liten storm utgjør i åpent lende en middelvind på ca. 14,6–17,1 m/s i personhøyde og vindhastigheter større enn ca. 15 m/s regnes for å kunne utgjøre en sikkerhetsrisiko med hensyn uteopphold (Lawson & Penwarden, 1975). Vindefektene over kan forårsakes både av stasjonære vindforhold og vindkast/turbulens. Det gjøres oppmerksom på at vindøkninger lokalt rundt bygningsdetaljer og lignende, kan være høyere uten at det trenger å påvirke soner der personer ferdes eller befinner seg.

Områdetype	Uakseptabelt-fare
Uteområder barn & eldre	0,1 % > 15 m/s + 3 σ_u
Uteområder gjennomsnittlig	0,1 % > 20 m/s + 3 σ_u

Tabell 2. Eksempel på vind-sikkerhetskriterier ved uteopphold, der σ_u er standardavviket (Hunt, Poulton & Mumford, 1976). Angitte summer av hastigheter og turbulens skal her opptre maksimal 0,1 % av året.

Sikkerhetskriteriene over angir at en overskridelse av 15 og 20 m/s med 0,1 % av tiden er uakseptabelt med hensyn til fare for henholdsvis, barn & eldre og gjennomsnittlig personer. Grensen på 0,1 % utgjør her 8,5 timer sterk og farlig vind i løpet av året. Dette kravet er kanskje for «svakt» for sterkt trafikkerte soner med krav til høy regularitet.

8.5 Relativ vindhastighet i uteoppholdssoner

Relativ vindhastighet er i denne analysen definert som forholdet mellom lokal hastighet i personhøyde (1.75m) og hastigheten i tilsvarende høyde, i det innkommende og uforstyrrede vindfeltet:

$$\text{Relativ vindhastighet} = \frac{U_{sim}(1.75)}{U_{ref}(1.75)}$$

Relativ vindhastighet angir dermed endring i hastighet, som følge av lokale bygninger, strukturer og topografi. Relativ vindhastighet større enn 1.0, gir økning av vindhastighet i forhold til uforstyrret vind, mens verdier mindre enn 1.0 gir reduksjon. Stor relativ vindhastighet, betyr nødvendigvis ikke at vinden er sterk i aktuell sone, men at vindhastigheten øker tilsvarende i forhold til innkommende vind på terrengnivå. Styrken på den lokalt innkommende vinden er her avgjørende. I vindutsatte områder representerer relative vindhastigheter større enn 1.5 oftest store lokale vindhastigheter.

De største vindhastighetene oppstår som regel rundt spisse hjørner og kanter av bygninger og tak, og der bygningsvolumene danner innsnevring eller passasjer, som presser vinden sammen. Identifisering av maksimal vindforsterkning avhenger mye av analysens detaljeringsgrad. For vindsimuleringer med høy detaljeringsgrad, er det rundt vindeksponert bygningsdetaljer ikke uvanlig med relative vindhastigheter mot 2.0. Det vil si en fordobling av referanse-vindhastigheten.

Relativ hastighet benyttes for å analysere det lokale vindfeltet, for å få en bedre forståelse for hvor vindforsterkning og levirkninger oppstår, og hvilke bygninger og strukturer som gir forsterkning av vind eller le. Dette danner grunnlag for vurdering av designendringer og tiltak.

8.6 Opptredende vindhastighet i uteoppholdssoner

I noen tilfeller kan det være hensiktsmessige å utføre lokale vind-vurderinger med hensyn til opptrendene middelvind eller typiske opptredende vindstyrke, som for eksempel frisk bris. Det er også enklere å forholde seg til opptrendene vindstyrker som følge av, og representert i form av, m/s eller Beaufort skala. Det foreligger ofte noe usikkerhet med hensyn til lokalt opptredende vind og da vil vurderingsmetoden kunne være tilstrekkelig for å kunne vurdere eventuelle behov for avbøtende tiltak. **Som for relativ hastighet, benyttes absolutt vindhastighet først og fremst for å studere strømningsmønsteret, for å få en bedre forståelse for hvor vindforsterkning og levirkninger oppstår, og hvilke bygninger og strukturer som gir forsterkning av vind eller le.**

Typisk ligger kriterier for vindkomfort for normal ferdsel på 5 til 6 m/s og hensyn til vindsikkerhet gjør seg gjeldende fra ca. 15 m/s.

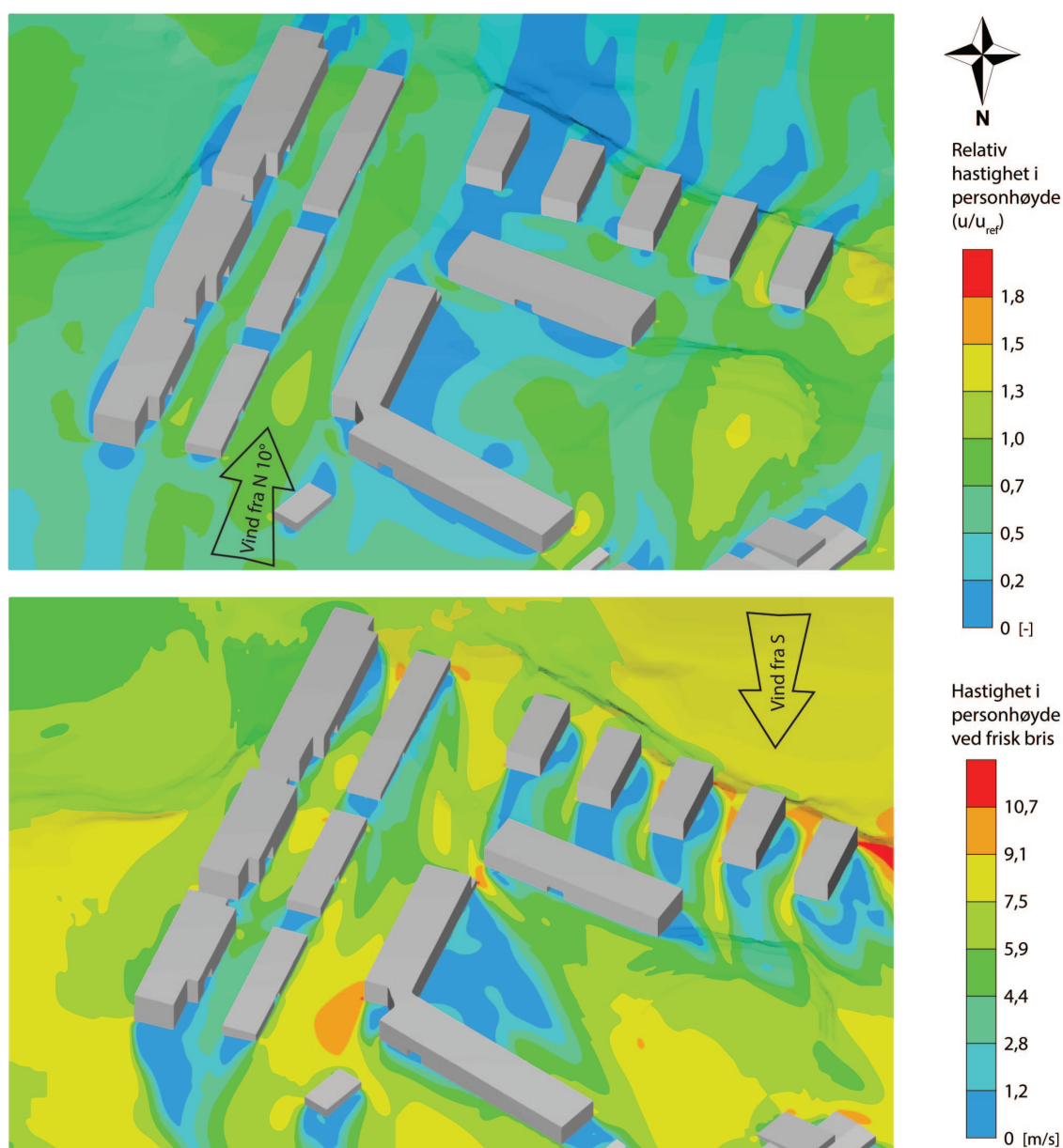
9 VINDFORHOLD I UTBYGGINGSOMRÅDET – UTBYGGINGSFORSLAG B2B

Det er utført numeriske simuleringer av vind rundt aktuelt utbyggingsforslag for B2B, basert på de lokalt fremherskende vindretningene fra **Nord** og **Sør**. Presentasjon og analyse av resultater er gjort med vekt på vindeffekter i uteareal, planforslagets virkning på lokale vindforhold og implementering av vinddempende tiltak/løsninger.

9.1 Fremherskende vindeffekter rundt utbyggingsforslag

Figuren under viser vindhastigheter i utbyggingsforslagets utearealer, som følge av frisk bris (8 m/s) fra aktuelle vindsektorer. Eneboligene mot sør, garasjeanlegg og den østlige bebyggelsesstruktur er i stor grad orientert parallelt med fremherskende vindsektorer. Dette reduserer nedslagsvind i utearealene mellom bygningene. Imidlertid vil det oppstå noe kanalisert vindfelt i korridorer mellom bygningsvolumene.

Utbyggingsforslaget vil generelt være mest eksponert for vind fra sørlig sektor.



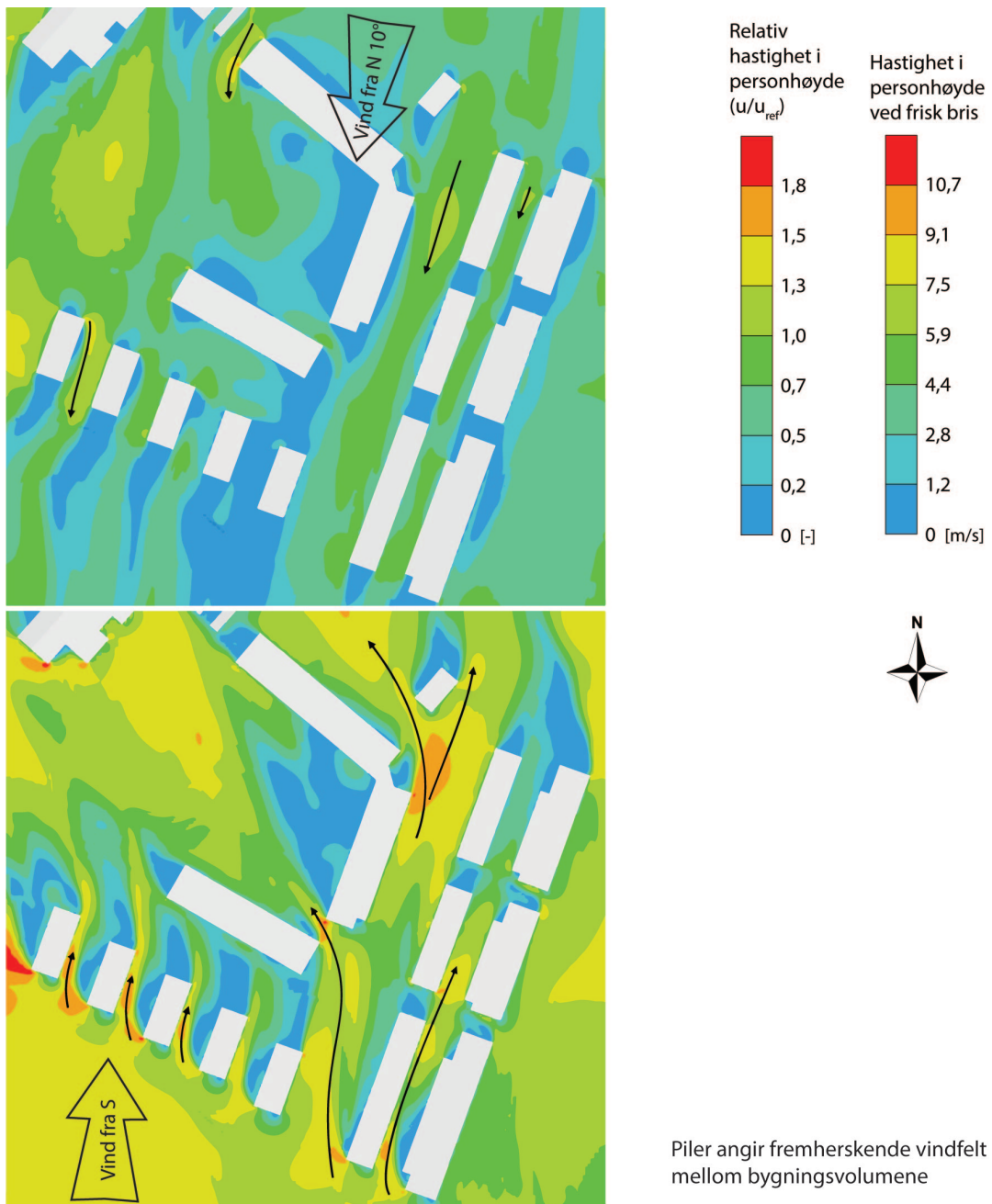
Figur 7. Vindhastigheter i personhøyde rundt aktuelt utbyggingsforslag ved vind fra N (10°) og S (180°).

9.2 Vindbelastning i personhøyde

Av de undersøkte vindretningene, gir fremherskende vind fra **N** den minste vindbelastningen på bakkeplan. Vind fra **S** gir større vindhastigheter og mer fremtredende vindfelt mellom bygningsvolumene. Bygningsstrukturen er i utgangspunktet utformet for renblåsning og minimum fonndannelse i sentrale inngangssoner og interne veger. I disse sonene må det derfor forventes økt vindbelastninger, noe som er motsatt av det som vi vanligvis planlegger for i områder uten snø og snødrift.

Vindsimuleringene er utført uten skjermende effekter fra beplantning og vegetasjon, slik at simulerte vindhastigheter vil noe steder kunne være større enn de opptredende etter utbygging.

Det vil oppstå svært lite nedfallsvind rundt bygningene.



Figur 8. Vindhastigheter i personhøyde rundt aktuelt utbyggingsforslag ved vind fra **N (10°)** og **S (180°)**.

10 AVBØTENDE TILTAK – LOKAL VINDBELASTNING

Plan og bygningsloven (PBL) krever at det i planleggingen av et foretak generelt skal tas hensyn til lokale klimaforhold. Ved utbygging skal utendørs oppholds- og aktivitetsareal utformes slik at fare for personer unngås og uteoppholdsareal skal etter sin funksjon være egnet for rekreasjon, lek og aktiviteter for ulike aldersgrupper (§8-4-1&3 Byggteknisk forskrift TEK 10). Imidlertid henvises det ikke til noen spesifikke komfortkriterier.

Utbyggingsforslaget er utformet med tanke på å redusere uheldig fonndannelse i veg og i sentrale inngangssoner. Uteopphold forbeholdes ut fra vindretning og lokalisering, soner med lite til moderat vindbelastning. Ytterligere tilrettelegging av skjermede soner kan gjøres ved hjelp av vindskjermende elementer og vegetasjon.

Etablering av vinddempende elementer/skjerming

Implementering av vinddempende elementer rundt og i, uteområdene er ofte tilstrekkelig til å oppnå tilfredsstillende lokal vinddempning. Skjermingstiltak må ikke redusere funksjon i uteområder og må derfor utformes med utgangspunkt i minimum omfang og inngrep i arkitektonisk design. Riktig valg, utforming og lokalisering av tiltak, er her en forutsetning. Ofte gir kombinasjoner av vinddempende Prosjekterte skjermingstiltak bør analyseres for å dokumentere virkning av disse.

Gjennomtrengelige strukturer, som delvis åpne skjermer eller vegetasjon, er oftest mer effektive for vindskjerming enn ikke-gjennomtrengelige strukturer. Gjennomtrengelige strukturer fungerer her ved at de delvis slipper vinden gjennom, med reduserte hastigheter nedstrøms som resultat. Rundt tette, frittstående skjermer oppstår det ofte vindnedslag og rotordannelse, fordi vinden slår over skjermen og skaper en nedstrøms virveldannelse. Særlig gjelder dette ved store vindstyrker. Frittstående skjermer med en åpningsgrad på 30-50% og åpninger i størrelsesorden 10-15cm, gir ofte den beste vinddempende effekt.

Med riktig valg av vekster, kan vegetasjon være svært effektiv for lokal dempning av vind i uteområdene. Rekker med trær, såkalte «shelterbelts» har lenge vært benyttet for vindskjerming av åpent åkerland, med en skjermingseffekt tilsvarende gjennomtrengelige skjermstrukturer.

Designkrav til eventuell etablering av vinddempende strukturer & beplantning

Funksjonskrav til uteareal og bygninger setter begrensning i forhold til valg, lokalisering og omfang av skjermingstiltak. Design og lokalisering av vinddempende tiltak skal ikke:

- forringe uterom på terrenget og balkonger (PBL)
- redusere utsyn fra leiligheter (PBL)
- hindre aksess/gangbarhet (PBL)
- forringe arkitektonisk design (PBL)

Funksjonskrav til eventuell vindskjerming

Generelt skal det sikres at nybygging ikke medfører uheldige vindeffekter rundt utbyggingsprosjektet og for omliggende bebyggelse med tilgrensende uteområder.

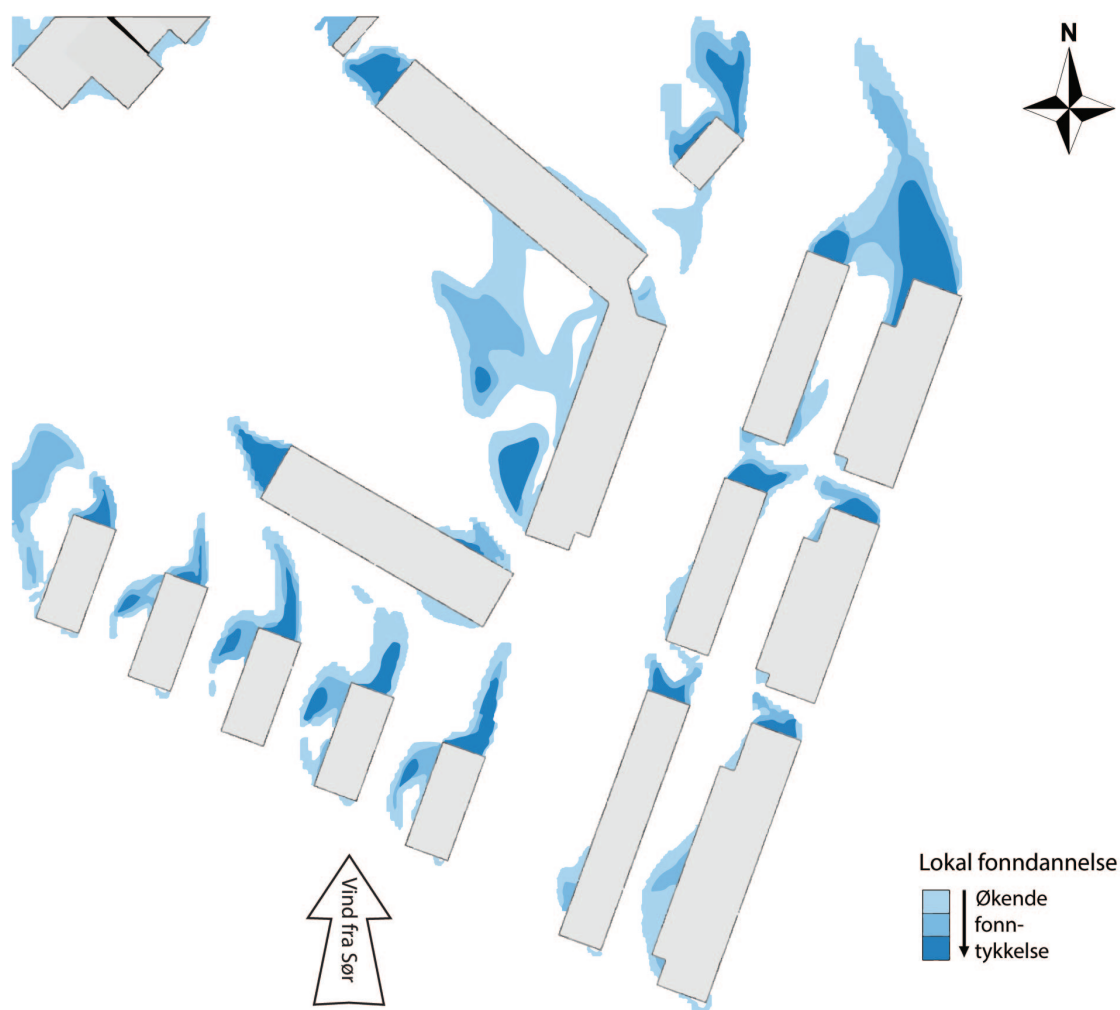
Fotgjengerområder for stående og inngangspartier, bør erfaringsmessig skjermes for relative vindhastigheter fra og med 1.3-1.5. Forholdet til snødrift, gjør imidlertid at vi rundt inngangspartier tillater større vindbelastning. Relative vindhastigheter over 1,5 er i utgangspunktet ugunstig også for fotgjengere i bevegelse. Generelt bør all uteaktivitet skjermes for relative vindhastigheter over 1.8.

11 SNØDRIFT RUNDT SKYTTERHUSFJELLET FELT B2B

Kirkenes er et område med relativt store snøfall og i vindeksponerte områder kan det bli betydelig med drivsnø og fonndannelse. Lokaliseringen av aktuelt utbyggingsområde medfører at den fremherskende snødrivende vindretningen i perioder vil kunne blåse snø inn i utbyggingsområdet fra den åpne sonen mot sør. Mengden av innkommende drivsnø avhenger imidlertid av hvor mye snø som blir «fanget» av omliggende vegetasjon og mest mulig av den eksisterende vegetasjonen bør bevares. Fonndannelse omkring bygningene er også et resultat av omdistribuering av snø inne mellom bygningsvolumene og drivsnø fra takflatene. I ekstremperioder med store snøfall og mye vind kan slik omdistribueringen av snø være av stor betydning.

Figuren under viser hovedtendenser i fonndannelse fra simulering av snødrift rundt den aktuelle bygningsgruppen ved vind fra S. Den mørkeste fargen angir de relativt tykkeste snøfonnene. Størst fonndannelse oppstår hovedsakelig på lesiden av bygningsvolumene, der det ikke er planlegges sentrale inngangsparti. Ved denne vindstyrken, vil relativt nyfalt snø blåse av de flate takene.

Det aktuelle utbyggingsområdet er for stort til at state of the art modelleringsteknikker skal kunne simulere fonntykkelser med detaljer i klebeeffekten mot bygninger osv. Uten lokale målinger og observasjoner, vil det også være vanskelig å estimere riktige snømengder og snøkonsistens. Snødriftanalysen dekker ikke effekter fra mindre strukturer, vegetasjon, variasjoner i terrengruhet, frost, tine/smeltesykluser eller eventuelle fonner fra snørydding.



Figur 9. Simulert fonndannelse rundt utbyggingsforslag for B2B, som følge av frisk bris fra S.

11.1 Tilpasning av bygningsdesign til omkringliggende fonndannelse

Takform i vindutsatte og snørike områder

Sammenhengende flate tak på eneboliger og enkle bygninger samler i utgangspunktet mindre snø enn saltak og pulttak. Dette såfremt at takflatene er uten snøsamlede installasjoner, har minimum høyde fra terreng og tilstrekkelig vindeksponert til at snø ikke akkumuleres på takflaten. Relativt flate tak er å foretrekke for den aktuelle utbyggingen. Salttak vil kunne medføre skjevbelastning og ras fra tak, men ellers er det ingenting i veien med å velge saltak for de aktuelle boligene.

Simuleringene i denne analysen er utført med flate tak og maksimal gesimshøyde for gjeldende områderegulering (ca. 7m). Dersom det alternativt velges å benytte saltak, vil det ikke være nødvendig med ytterligere simuleringer, da dette vil medføre mindre endringer i omkringliggende vind- og snødriftforhold.

Flate tak med flere nivåer bør unngås, fordi det vil kunne samle seg snø i lesone. Dette kan medføre økt fuktbelastning og vannansamling i innvendige takhjørner, der taktekkingen ofte er mest sårbart.

Plassering av vinduer

En bør en generelt unngå lave vinduspartier mot terreng, balkonger- og takflater, fordi det her oppstår hyppigst og størst snøansamling. Mest utsatt er lave vinduspartier i lesoner, der fonndannelse kan dekke store deler, eller hele vinduet. Snøoppbygging mot vindu gir økt slitasje og fuktbelastning på ramme og tettesjikt. Lave vinduspartier vil i tillegg være mer eksponert for fuktbelastning som følge av sprut fra terrenget i regnvær.

Snøansamling fører sjeldent til brudd i vinduskonstruksjonen, men kan hindre rømning der vinduet skal kunne benyttes som rømningsveg. Lavtliggende vinduer vil relativt raskt kunne bli dekket av snø og gi følelsen av å være innesnødd.

Avstanden fra underkanten av kledningen til terrenget

Fonndannelse mot vegg kan føre til slitasje og råtedannelse i ytre kledning og er et vanlig fenomen i områder med mye snødrift og lange vintre. Den største tilliggende fonndannelsen oppstår vanligvis mot levegger, men sidefonnene kan også ligge relativt høyt inntil veggene. Endeved og de nederste delene av kledningen er mest utsatt for råteskader og risiko for skader øker med tiden snøen dekker kledningen.

For steder der det kan oppstå store slagregns påkjenninger, anbefaler Byggforsk en minimumsavstand fra underkanten av kledning til terrenget på 30 cm. Dette for å unngå råteskader på kledning. I snørike områder bør minimum høyde over terreng økes ytterligere, spesielt der lefonner kan legge seg mot vegg.

Veggekledning mot fonndannelse

Tradisjonell byggeskikk i snørike områder benytter oftest relativt høye sokkelmurer eller andre tiltak, for å redusere risiko for skader og behovet for vedlikehold. Moderne design tar ofte ikke like godt hensyn til lokale klimaforhold og nå er det svært populært å trekke underkant vindu og trekledning nærmest mulig terrengnivå. **Veggsoner der det kan forventes tilliggende fonndannelse, bør utformes uten vinduer og med fukt- og slitasjebestandige kledningsmaterialer.**

Ventilasjonsåpninger

I lesoner kan fonndannelsen strekke seg relativt høyt opp på veggen og her bør luftinntak lokaliseres relativt høyt oppe. Dette for å unngå snøinndrev eller tildekking av luftinntaket.

Luftuttak er i utgangspunktet ikke utsatt for snøinndrev, men bør ikke tildekkes.

Carport versus lukket garasje

I områder med mye vind og store snøfall vil drivsnø kunne drive inn under en eventuell carport og tette seg rundt og under bilen. Det samme gjelder for åpne parkeringsplasser. I soner med mye vind og drivsnø anbefales det i størst mulig grad å benytte mest mulig lukkede garaseløsninger. Garasjer bør helst integreres i større bygningsvolumer. Dersom det her eventuelt velges å benytte carport, må denne utformes delvis lukket for å unngå snøinndrev.

REFERANSER

Beyers, J.H.M., Sundsbø, P.A. and Harms, T.M., 2004, Numerical simulation of three-dimensional, transient snow drifting around a cube, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Volume 92, 725-747.

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

Hunt, J.C.R., Poulton, E.C. and Mumford, J.C., 1976, The Effects of Wind on People: New Criteria Based Upon Wind Tunnel Experiments, *Building and Environment*, 11, pp. 15–28.

Størkersen, E. G., 2016, Lokalklimaanalyse for bygg og utemiljø, Mastergradsoppgave ved Institutt for Bygg, energi og materialteknologi, UiT Norges arktiske universitet.

Sundsbø, Per-Arne., 2015, Winterization of onshore facilities and outdoor work areas. I: *International Arctic Petroleum Cooperation: Barents Sea Scenarios*, Routledge, ISBN 978-1-13-878326-3, 251-273.

Sundsbø, P.A., 2015, Analyse av vind & snødrift rundt Prostneset havneterminal, OET rapport 125-15, Oppdragsgiver Bjørn Bygg AS.

Sundsbø, P.A., 1997, Numerical modelling and simulation of snow drift – Application to snow engineering, Doctoral Thesis, ISBN 82-471-0047-9, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.