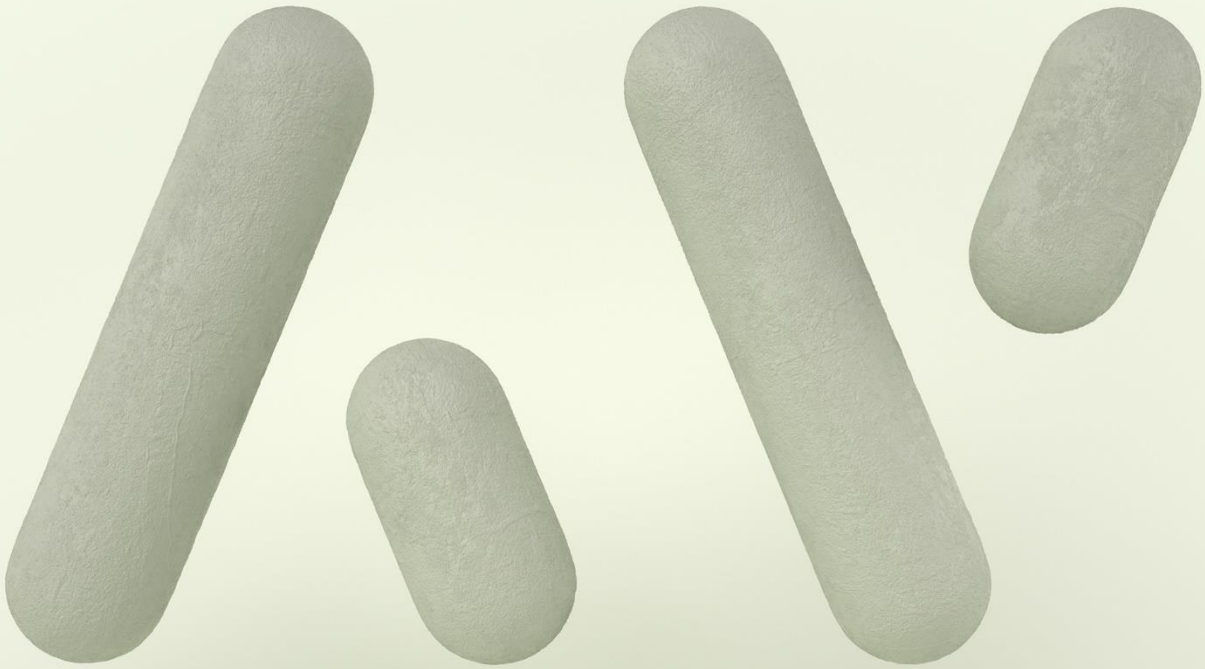
asplan
viak

Vindanalyse Pappen

Det er utført detaljerte vindberegninger for å utrede de endrete vindklimatologiske forhold som følge av to ulike planalternativer for Pappen industriområdet i Sarpsborg kommune.



Dato: 17.08.2022
Versjon: **02**

asplanviak.no

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Pappen Utvikling AS
Tittel på rapport:	Vindanalyse Pappen
Oppdragsnavn:	Områdeplan Pappen, Sarpsborg
Oppdragsnummer:	633732-01
Utarbeidet av:	Bjart Eriksen og Nina Rieck (KS)
Oppdragsleder:	Halvor Berulfsen
Tilgjengelighet:	Åpen

Kort sammendrag

Asplan Viak har på oppdrag fra Pappen Utvikling AS utført kvantitative vindberegninger i forbindelse med utarbeidelse områdeplan med konsekvensutredning for Pappen industriområdet i Sarpsborg kommune. Arbeidet er utført av Bjart Eriksen. Kontaktperson og prosjektleder for oppdragsgiver har vært Kristin Uleberg Osnes. Det er i samme prosjekt gjort en kvalitativ vurdering av luftkvalitet og vindforholdene i forkant av vindberegningen (Asplan Viak april - 22).

Hensikten er å kartlegge vindkomforten på planlagte uteareal på bakkeplan, og foreslå vindavbøtende tiltak som kan innarbeides i videre prosjektering og om nødvendig sikres i reguleringsplan. Det er utført detaljerte vindsimuleringer for to ulike planalternativer. Det er benyttet meteorologi for alle årstider de 10 siste årene i tidsrommet kl. 09-21.

Konklusjon og anbefaling: Beregninger av planforslaget viser at det generelt blir mer vind og betydelig mer skygge i planområdet og i omkringliggende områder sammenlignet med dagens situasjon. Det ventes også vindøkning i enkelte omkringliggende områder (utenfor planområdet). Det anbefales å innføre både vegetasjon og andre skjermingstiltak for å redusere vindhastighetene og for å forbedre vindkomforten

Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS
02	17.08.2022	Korreksjon illustrasjoner	NR	NR
01	6. mai. 2022	Nytt dokument	BE	NR

Innholdsfortegnelse

1. Innledning 3
1.1. Bakgrunn 3
1.2. Hensikt 4
1.3. Formål og metode 4

2. Vindmodellering og grunnlagsdata 6
2.1. Vindforhold rundt bygninger 6
2.2. Vindkomfort 9
2.3. Tiltaksbeskrivelse og alternativer som vurderes 11
2.4. Grunnlagsdata 12
2.5. Meteorologiske data 12
2.6. Beskrivelse av modelloppsett 14

3. Resultater og avbøtende tiltak 16
3.1. Metode for vurdering av resultater 16
3.2. Sikkerhetskriterier 16
3.4. Resultater for vindkomfort, kl. 09-21 for hhv. sommer og vinterhalvåret. 17
3.5. Vindkomfort i planområdet 19

4. Avbøtende tiltak 20

5. Konklusjon 22

Vedlegg: Beskrivelse av vindmodellen UrbaWind 23

Vedlegg: Middelvind 24

Vedlegg: Vindkast 25

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Asplan Viak AS har vært engasjert av Pappen Utvikling AS for å utarbeide en kvantitativ vindanalyse i forbindelse med reguleringsplan for Pappen industriområdet, i Sarpsborg kommune. Det foreslås i det nye sentrums-området å etablere nye bolig- og næringskvartaler, parker, gateløp, og oppholdsarealer.

Figur 1–1 Temakart som viser fordeling av bolig, kontor og mobilitet hus.

Figur 1-2 Utomhusplan med gateløp, parker og gårdsrom.

1.2. Hensikt

Ny bebyggelse vil kunne endre vindklimaet på gateplanet ved at vinden forsterkes eller svekkes rundt bygningen og i de nærmeste omgivelsene. Detaljerte vindberegninger vil avdekke problematiske forhold, og på bakgrunn av analysen foreslås det tiltak som bør hensyntas i prosjektering og evt. sikres i planen.

1.3. Formål og metode

Formålet med dette notatet er å dokumentere konsekvenser for vindklimaet i planområdet og i tilgrensende områder for planalternativene.

I utredningen er det benyttet 3-D vindberegninger for å studere luftens strømningsmønster gjennom gaterom, rundt hushjørner, og over åpne plasser/parker. Simuleringen av vind er gjort ved hjelp av vind-modellen UrbaWind. Modellen er egnet til å beregne vind og turbulens innenfor en

kompleks arkitektur. Observerte vinddata fra den meteorologiske stasjonen Sarpsborg som driftes av Meteorologisk Institutt, er benyttet.

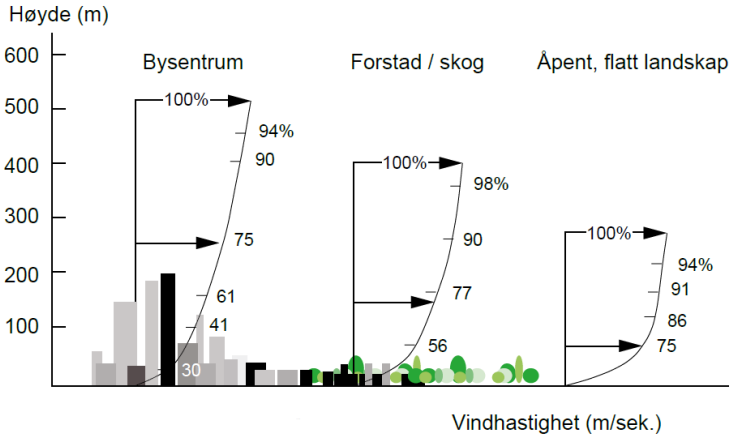
På bakgrunn av resultatene fra vindberegningene er det foreslått tiltak for å oppnå god vindkomfort.

2. Vindmodellering og grunnlagsdata

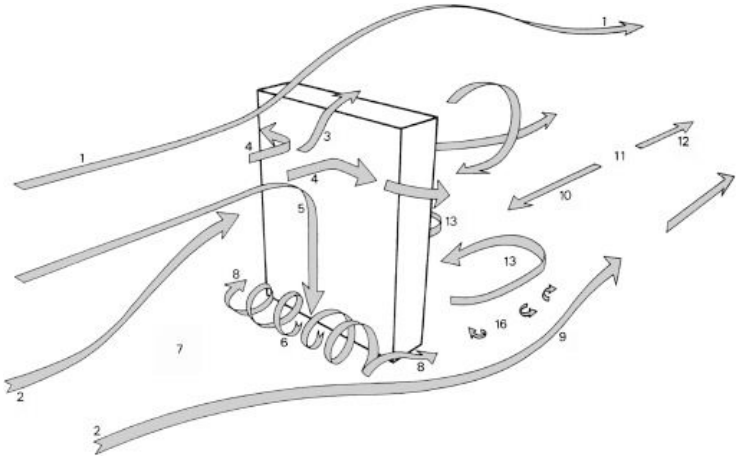
2.1. Vindforhold rundt bygninger

«Vind» er luft i bevegelse og er det meteorologiske utrykket for luftstrømmer. Vind oppstår på grunn av ujevn soloppvarming på jordas overflate som gir opphav til trykkforskjeller og dermed flyttes lufta og vind er etablert. En luftstrøm kan forårsake mange ulike effekter når den møter på hindringer, som for eksempel fjell/dalbunn 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 har ulik dempende effekt (ruhet) på vinden. Vann, snø og asfalt har forholdvis 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. Samtidig vil de 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 vindprofilet i Figur 2–1). Når luften møter en bygningsfasade dannes det et overtrykk. Retningen på luftstrømmen endres slik at den vil trekkes rundt sidene/hjørnene, over taket og ned mot bakken samtidig som luften akselererer og vindhastigheten øker. Luftstrømmen som treffer fasaden fra ca. 2/3 av bygningens høyde og oppover vil trekke over taket, mens den øvrige luftstrømmen trekker rundt bygningen eller nedover mot bakken.



Figur 2–1 Generelt blir vindhastigheter redusert over byer og tettbygde strøk (Aicher, basert på Davenport, 1965).

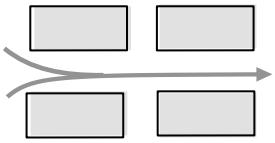


Figur 2–2 Typisk vindfelt rundt en forholdsvis høy bygning, vind rettet inn mot fasaden (Beranek, 1982).

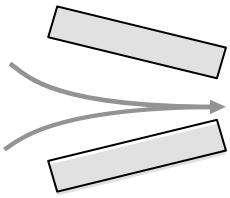
Vinden som trekker nedover fasaden vil ha høyere hastighet enn vinden ved bakken siden vindhastigheten øker med høyden. Når luftstrømmen møter bakken, splitter den seg og en del møter innkommende vind mot bygningen og det dannes virvler og turbulens. Den andre delen av luftstrømmen trekker bortover langs fasaden og akselererer rundt hjørnene der vindhastigheten gjerne øker med 30-50 %.

Bak bygningen danner det seg et område med lavt og trykk og forholdsvis lave vindhastigheter siden dette område ligger i lé av vinden. Område kalles for seperasjonssektoren. Mellom separasjonssektoren og luftstrømmen som går rundt bygningen, dannes det et lite sjikt med turbulens som ofte vil kunne oppleves som vindkast. Turbulensens styrke og utbredelse i dette sjiktet varierer siden luftstrømmen som treffer bygningen varierer litt i styrke og retning.

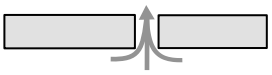
Andre vindeffekter rundt bygninger og strukturer



Kanalisert vindfelt (Korridoreffekt) oppstår i en korridor dannet av bygninger. Vindfeltet trenger nødvendigvis ikke øke vindens hastighet mellom bygningene, men i fravær av en normal blokkering av «kanalen» vil det ofte medføre relativt større vindhastigheter enn i omkringliggende områder.

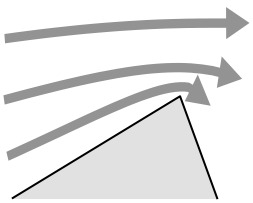


Trakteffekt mellom bygningsvolumer som er lokalisert slik at de danner en traktform slik at vinden presses sammen og øker hastigheten. Trakteeffekten får størst effekt for relativt høye og brede bygningsvolumer (høyde minimum 15m og lengde på åpning minst 100m).

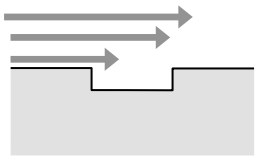


Vindforsterkning i passasje mellom bygninger eller i åpne passasjer mellom bygninger som følge av trykkforskjeller mellom lo- og leside eller kanalisering.

Vindøkning langs fasader der vind presser inn mot bygningssiden og transporteres langs fasaden.



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



Stor vindgradient og turbulens skjer i overgang mellom høye og lave vindhastigheter. Det kan være ukomfortabelt for gående å komme fra et skjermet område og rett inn i et sterkt vindfelt. Dette oppstår gjerne rundt inngangspartier, bygningshjørner og i overgang mellom vindutsatt sone og le-sone på baksiden/forsiden av bygningen.

Bygningens volum og høyde har stor påvirkning på vindforholdene, og med flere bygninger vil vindforholdene kunne bli ytterligere forstyrret og endret, og gi mange uventede strømninger og effekter. Derfor er det i mange tilfeller viktig og nødvendig å gjennomføre CFD-beregninger for å kartlegge vindforholdene.

2.2. Vindkomfort

Hvordan vi opplever opphold utendørs er subjektivt, og påvirkes av mange parametere som vind, temperatur, fuktighet, bekledning, solstråling, eksponeringstid, metabolisme og personlig erfaring/preferanser. Noen av disse parameterne (deriblant vind) kan påvirkes gjennom utforming av omgivelsene, undersøkes og kvantifiseres i simuleringsverktøy.

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 egnethet for ulike aktiviteter basert på lokale vindforhold, benytter vi vindkomfort som indikator.

Det er utarbeidet ulike klassifiseringer for komfort knyttet til vindhastighet (se Janssen m. fl. 2013 for en sammenligning av ulike vindkomfort-klassifiseringer). Felles for vindkomfortklassifiseringer er at de gir grenser for hvilke vindhastigheter som anbefales for ulike typer uteaktiviteter. I kombinasjon med detaljerte vindberegninger (evt. vindtunnelstudier) og lokal vindstatistikk kan lokal vindkomfort kvantifiseres.

Vi benytter CSTB1 vindkomfortklassifisering som angir hvor stor andel av tiden vindhastigheten er høyere enn 3.6 m/s. 3.6 m/s representerer en terskelverdi for vindkomfort. Ved høyere vindhastigheter vil stillestående personer kunne oppleve redusert komfort, mens personer i bevegelse fremdeles vil oppleve god komfort. Enkelt forklart er det slik at jo oftere tiden er over denne kritiske grensen, desto mer anstrengende eller ubehagelig blir det å utføre enkelte aktiviteter. I denne klassifiseringen tas det også hensyn til varierende vindforhold (vindkast/turbulensintensitet) i grenselaget som følge terrengvariasjoner og bygningstetthet.

$$U=\bar{U} + \alpha\sigma,\ \sigma= \bar{U} * I$$

[1] Scientific and Technical Center for Building (CSTB) er et fransk forsknings- og teknologisk senter som har som formål å sikre sikkerheten og kvaliteten til bygninger og omgivelsene.

I tillegg benytter vi Lawson2 klassifisering for å vurdere om det oppstår vindhastigheter som utgjør fare for sikkerhet. Lawson, i motsetning til CSTB, har ulike terskelverdier for når vindhastighet utgjør en fare for sikkerhet for befolkningen:

Stasjonær aktivitet	**Lett aktivitet**	**Høy aktivitet**	**Ukomfortabelt**
Inntil 5 % > 3,6 m/s	Inntil 10 % > 3,6 m/s	Inntil 20 % > 3,6 m/s	Større 20 % > 3,6 m/s
Sittegrupper, stående	Lekeapparater, rusling med korte stopp, yoga og andre former for rolig aktivitet	Gående, fra A-B	Jogging og annen hard fysisk aktivitet

Tabell 1 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, dess mer vind og desto dårligere vindkomfort er det.

Vindhastighet i kroppshøyde for minst 0.023 % av året	Sikkerhets-klasse	Beskrivelse
< 15 m/s	A	God sikkerhet for generell befolkning
15 – 20 m/s	B	Redusert sikkerhet for de eldre og syklister
> 20 m/s	C	Redusert sikkerhet for generell befolkning

Tabell 2 Tabellen gir sikkerhetskategorier til Lawson. (Lawson, 1990)

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

[2] Lawson har også komfortkriterier, men vi bruker CSTB da den også inkluderer vindkast. CSTB mangler vurderingsterskel for sikkerhet, og av den grunn benyttes Lawson (internasjonalt anerkjent klassifisering) for dette formålet.

Merk at vindkomfort utarbeidet slik som skissert ovenfor må sees på som veiledende. Dersom simuleringen viser gul farge (se Tabell 1) for et område i resultatene, betyr det at området i gjennomsnitt (som oftest) er best egnet for fotgjengere, men vind-komforten vil variere.

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.

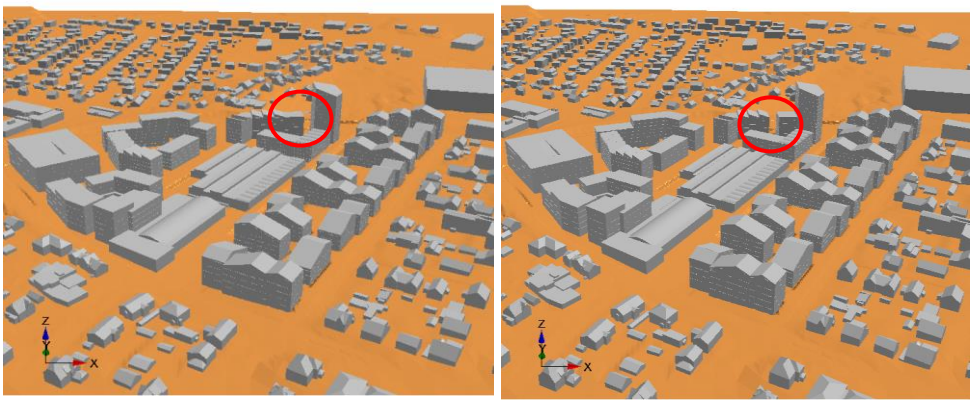
2.3. Tiltaksbeskrivelse og alternativer som vurderes

Planalternativene viser etablering av nye kvartaler i industriområdet med flere bygårder, parker og gateløp. Alternativene som vurderes er:

Planalternativ 1: fremtidig bebyggelse, nytt terreng og eksisterende bebyggelse og terreng utenfor planområdet.

Planalternativ 2: fremtidig bebyggelse, nytt terreng og eksisterende bebyggelse og terreng utenfor planområdet.

Forskjellene mellom planalternativ 1 og 2 er gjengitt med sirkler i Figur 2–3, hvor det er en korridor mellom Høyblokka og boligbebyggelse i Alternativ 1, mens korridoren i Alternativ 2 ligger mellom boligbebyggelsen.



Figur 2–3 Bygningsmodell av hhv. Planalternativ 1 (til venstre) og Planalternativ 2 (til høyre). Forskjellene i bygningsstruktur er angitt med røde sirkler.

2.4. Grunnlagsdata

Grunnlagsdata består av terreng- og bygningsdata. Eksisterende bebyggelse og terrengdata er hentet fra hoydedata.no. Ny bebyggelse og nytt terreng er levert av JAJA Architects ApS og Dronninga Landskap hvor kontaktperson har vært Stephen Dietz-Hodgson ved JAJA Architects.

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

2.5. Meteorologiske data

Bakgrunnsvinddata brukes for å kvantifisere modellresultatene, rettere sagt vindforholdene. UrbaWind kalkulerer vinden best ovenfra og ned til ønsket resultathøyde. Vi har valgt å benytte vinddata fra den meteorologiske stasjonen i Sarpsborg (ved Brannstasjonen). Vi har transformert vinddataene til fra 10 m til 135 m høyde for å få et mest uforstyrret vindbilde. Vinddataserien strekker seg over et tidsspenn på de 10 år siste årene, perioden 2012-2021, og er levert av Meteorologisk Institutt via senorge.no.

Figur 2–4 Høydelagskart over Pappen. Planområdet er (markert med hvit sirkel. Kilde på bakgrunnskart: kartverket.no.

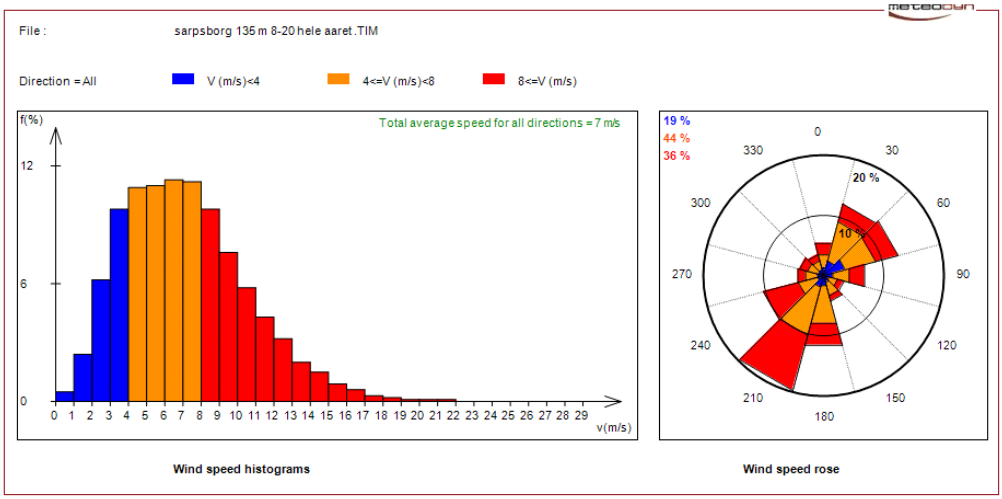
2.5.1. Vindstatistikk

Retningsfordelingen til bakgrunns vinden er vist i vindrosene i Figur 2–5. Hastighetsfordelingen er også vist for hver retning ved hjelp av fargeskalaen. De dominerende vindretningene over planområdet er hhv. fra sørvestlig (SV) (42 %) og nordøstlig (NØ) (25 %) kant, hvor SSV-vind er den aller mest frekvente vindretningen (20 %). De aller høyeste vindhastighetene inntreffer også når vindretningen er mellom S og VSV. Vind fra øvrige vindretninger inntreffer betydelige sjeldnere, men kan til dels være kraftige.

Vinddataene fra Figur 2–5 er kombinert med beregningene fra vindmodellen for ulike vindretninger. Ut fra dette kan vindhastighet og hyppighet av vind over komfortgrensene beregnes. Resultatene fra beregningene er gitt i neste kapittel.

2.5.2. Tidsrom og årstider som er benyttet

For å vurdere vindforholdene er det benyttet vinddata for i tidsrommet kl. 09-21 for perioden 2012 til 2021 for alle årstider. Det ventes høy aktivitet til mange tider på døgnet, og på bakgrunn av dette er det i beregningene benyttet meteorologi for sommer- og vinterhalvåret og for tidsrommet kl. 09-21.

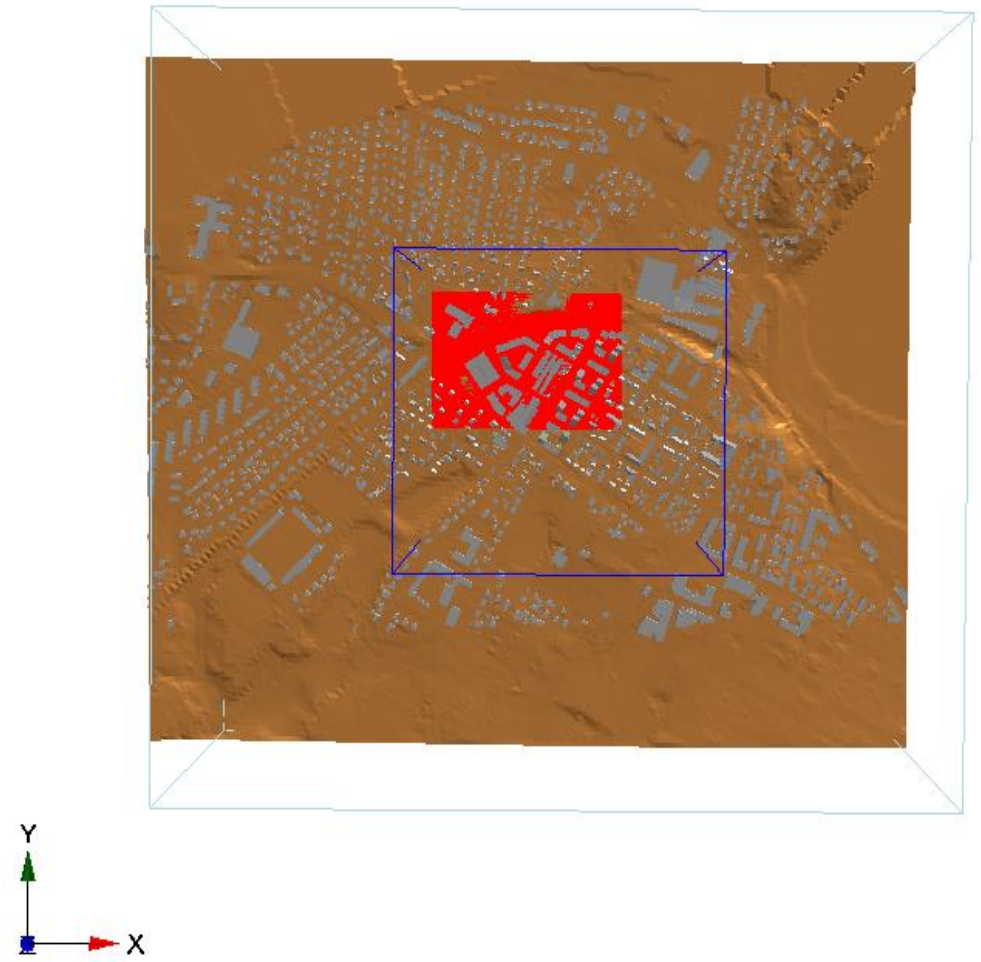


Figur 2–5 Bakgrunns vindstatistikk (årsmiddel) i 135 m høyde for Pappen vist som vindrose og histogram med hastighetsfordeling for 12 retninger i tidsrommet kl. 09-21 Forklaring til

tallene ved vindrose: I 19 % av tiden (blå) er det vind under 4 m/s, i 44 % av tiden (oransje) er det vind mellom 4-8 m/s, og i 19 % av tiden (rødt) er det vind over 8 m/s.
Gjennomsnittshastigheten for samtlige vindretning i 135 m høyde sett under ett er på 7 m/s.

2.6. Beskrivelse av modelloppsett

Beregningene er utført med høy oppløsning for å kunne beskrive de lokale vindforholdene i mest mulig detalj. Beregningsområdet er vist nedenfor i Figur 2–6 (markert av den ytterste lyseblå rammen), er på 1330x1330 m. Innenfor den blå rammen (område på 270 m x 270 m) er modellen kjørt med en oppløsning på 1 m, og resultatene som gjengis er hentet fra det røde området. Mellom den ytterste lyseblå rammen og innerste blå rammen blir vinden initialisert og kalibrert basert på ruhetslengder, terreng og bygninger. Ruhetslengdene varierer mellom 0.1 til 0.8 m, lavest i øst.



Figur 2–6 Modelloppsettet. Beregninger med høy oppløsning (1 m) er utført innenfor de blå rammene. Resultater er hentet ut fra rødt området. X- og Y-aksen peker mot henholdsvis øst og nord.

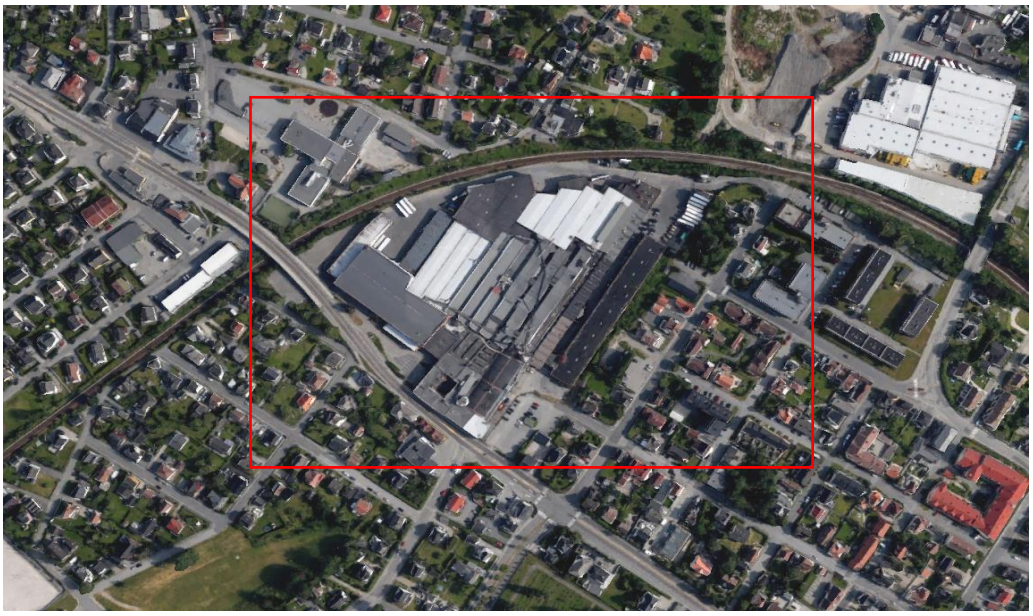
Vindberegningene er utført for 12 vindretninger (N, NNØ, ØNØ osv. dvs. 30 grader mellom hver vindretning), og det er anvendt ca. 3 millioner beregningspunkter. En kort beskrivelse av vindmodellen UrbaWind, som er benyttet i beregningene, er gitt i Vedlegg 1.

Vegetasjonen vil kunne bremse og lede vinden, og kan derfor bidra til å redusere vindhastigheter og i de fleste tilfellene forbedre vindkomforten. For dette prosjektet er eksisterende trær ekskludert i vindberegningene og den vil gi et noe konservativt resultat (mer vind).

3. Resultater og avbøtende tiltak

3.1. Metode for vurdering av resultater

I dette kapittelet presenteres beregninger av de 2 alternativene. Vindkomfort er vurdert på bakgrunn av kriteriene gitt i Tabell 1. Vi har fokusert på resultater basert på vindklimatologien for tidsrommet kl. 09-21 for alle årstider, slik at vi dekker perioder som er typisk viktig for serviceformål så vel som boliger. Resultatene er hentet ut i 1.5 meters høyde over bakkeplan.



Figur 3-1 Oversiktskart med planområdet markert innenfor rød ramme. Resultatflate fra vindberegningene med rød heltrukken linje.

3.2. Sikkerhetskriterier

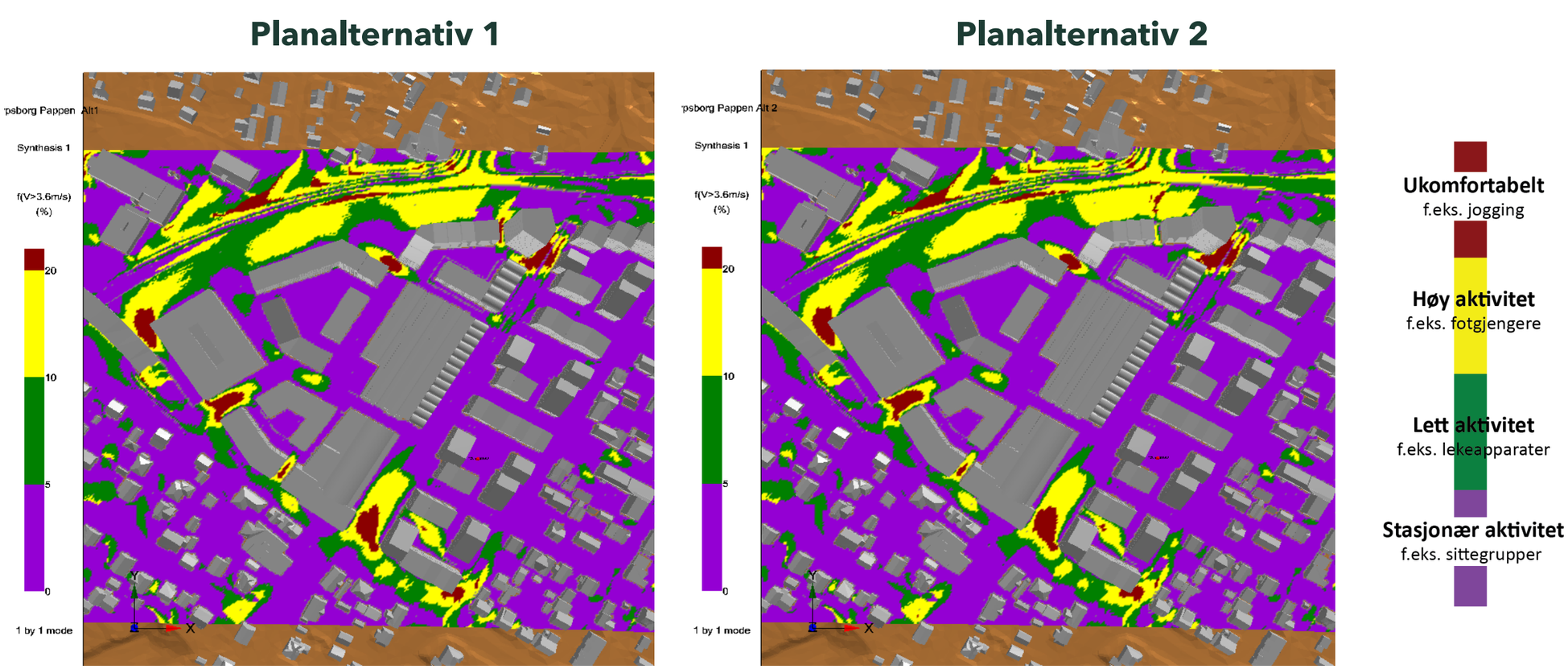
Det er utført beregning som viser at det ikke forekommer overskridelse av denne grenseverdien i eller omkring planområdet.

3.4. Resultater for vindkomfort, kl. 09-21 for hhv. sommer og vinterhalvåret.

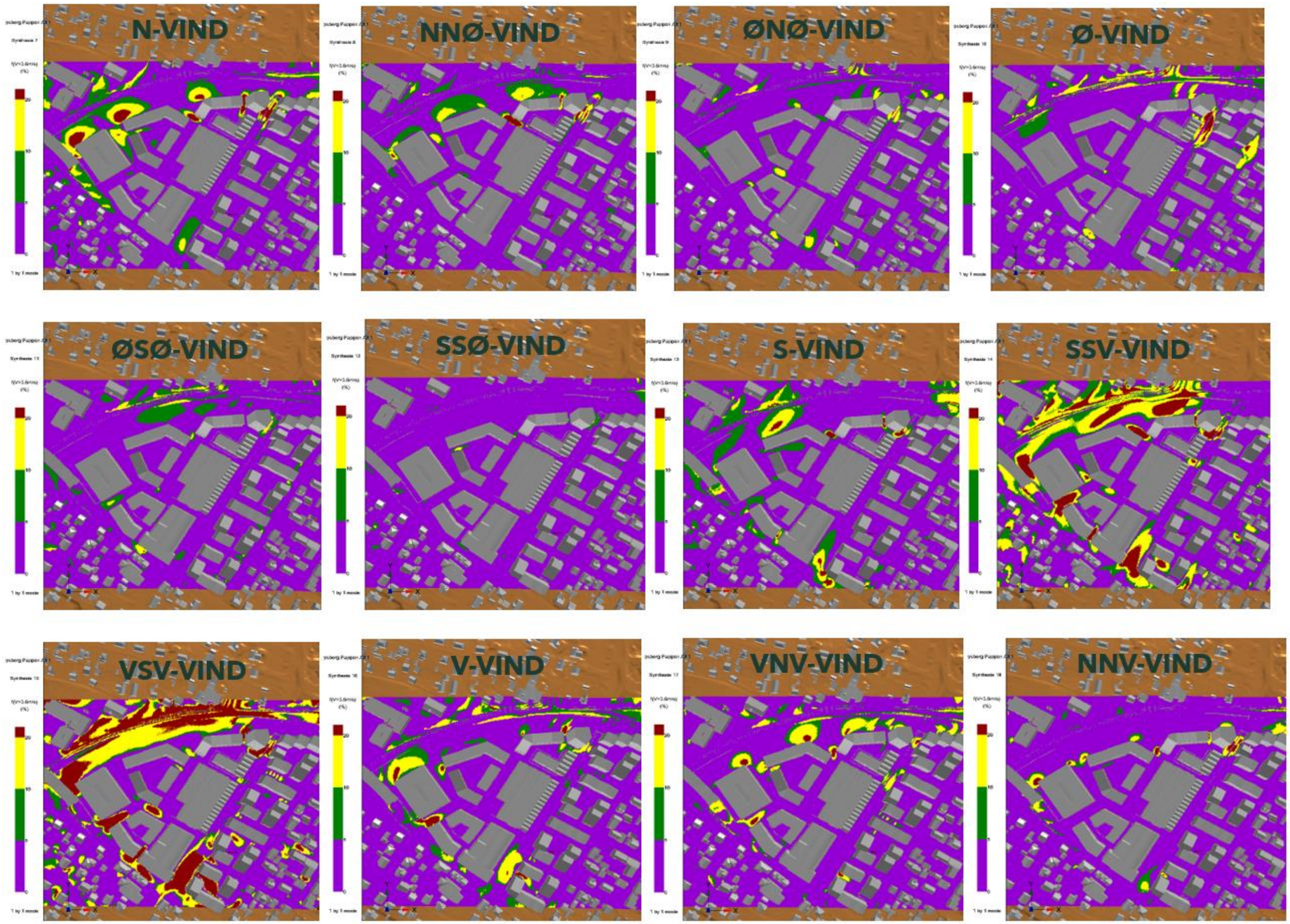
-

Hele året

Kl. 09 - 21



Figur 3-2 Vindkomfort (sett alle vindretninger under ett) i 1.5 m høyde over bakken, gitt som andel av tiden i % der vindhastigheten er større enn 3.6 m/s mellom kl. 11-21. Se tabell 1 for nærmere forklaring av fargekodene.



Figur 3-2 illustrerer vindkomforten fra hver enkelt vindretning.

.

3.5. Vindkomfort i planområdet

Alternativ 1 og 2:
Det er lite vind og god vindkomfort i sentrale deler av planområdet samt i de fleste gårdsrommene. Derimot er det høyere vindhastigheter og redusert vindkomfort (stedvis ukomfortable vindforhold) i endene av de fleste gateløp som strekker seg i nord-sør-retning, vesentlig i sør, blant annet ved skateparken og på Pappenplassen. De aller høyeste vindhastighetene inntreffer omkring delområde/kvartal 2A, inkludert Tors- og Fabrikkparken, og spesielt omkring Høyblokka. De forhøyde vindhastighetene skyldes primært korridoreffekten, men til stedvis også nedslagsvinder fra fasadene.

Alternativ 1 og 2 er tilnærmet like og ved første øyekast er det vanskelig å lokalisere forskjeller i vindhastighetene. Forskjellene er størst igjennom korridoren i kvartal/delområde 2a, hvor man i Alternativ 1 har mer vind i denne korridoren enn i Alternativ 2.

Vind fra nordlig retning gir vindforsterkning i inngangen til gateløp i nord, og sørlig og sørvestlig vind gir forsterkning ved inngang til gateløp i sør. De sørvestlige vindene medfører også forhøyede vindhastigheter omkring Høyblokka i nord ved at den høye bygningen drar ned luft til gateplan.

4. Avbøtende tiltak

Figur 4–1 Temakart med forslag til avbøtende tiltak. Trær- og buskerekker markert med grønne linjer og baldakin i røde linjer.

Det anbefales å vegetere på tvers av gatene ved inngangene til gateløpene i nord og i sør for å forminske korridoreffekten. I tillegg, anbefaler vi flere steder å *implementere* baldakiner på flere fasader hvor nedadgående vinder er sterke for å redusere nedslagsvinder.

Vegetasjon bør være en kombinasjon ved busker og trær, hvor buskene står under lavstammede trær for å gjøre vegetasjonen tettest mulig. Trær bør minst være 3 m høye.

Baldakiner som anbefales oppført, illustrert i Figur 4–1, bør dimensjoneres og plasseres etter følgende kriterier:

Antall etasjer på bygningsfasade	Antall baldakiner	Høyde (m.o.b.) på øverste baldakin	Høyde (m.o.b.) på nederste baldakin
4 til 5	1	-	3 m, mellom 1. og 2.etg. Dybde 2.5 – 3 m
6	1	6 m, mellom 2. og 3.etg. Dybde 2.5 m – 3 m	-
7	2	9 m, mellom 3. og 4.etg. Dybde 2.5 m	3 m, mellom 1. og 2.etg. Dybde 3 m
Høyblokka	2	15 m, mellom 5. og 6.etg. Dybde 3 m	6 m, mellom 2. og 3. etg. Dybde 3.5 m

5. Konklusjon

Det er utført detaljerte vindsimuleringer av to alternativer (1-alternativet og 2-alternativet. Det er benyttet meteorologi for alle årstider i perioden 2012-2021 for tidsrommet kl. 09-21.

Konklusjon og anbefaling: Beregninger av planalternativene viser at det generelt blir god vindkomfort i sentrale deler av planområdet og i de fleste gårdsrommene, men det er ugunstig vindforhold ved inngangene til gateløpene i nord og i sør. Særlig ved Høyblokken i nord vil nedslagsvinder og kanaleffekter ofte medføre vindforsterkning og ugunstige vindforhold. Planalternativ 1 og 2 gir tilnærmet identiske vindforhold med unntak av ett gateløp lengst i nord hvor det er litt bedre vindkomfort i Planalternativ 2.

Det anbefales å implementere baldakiner langs flere fasader samt å vegetere i enkelte gateløp for å redusere vindhastigheten og dermed øke vindkomforten.

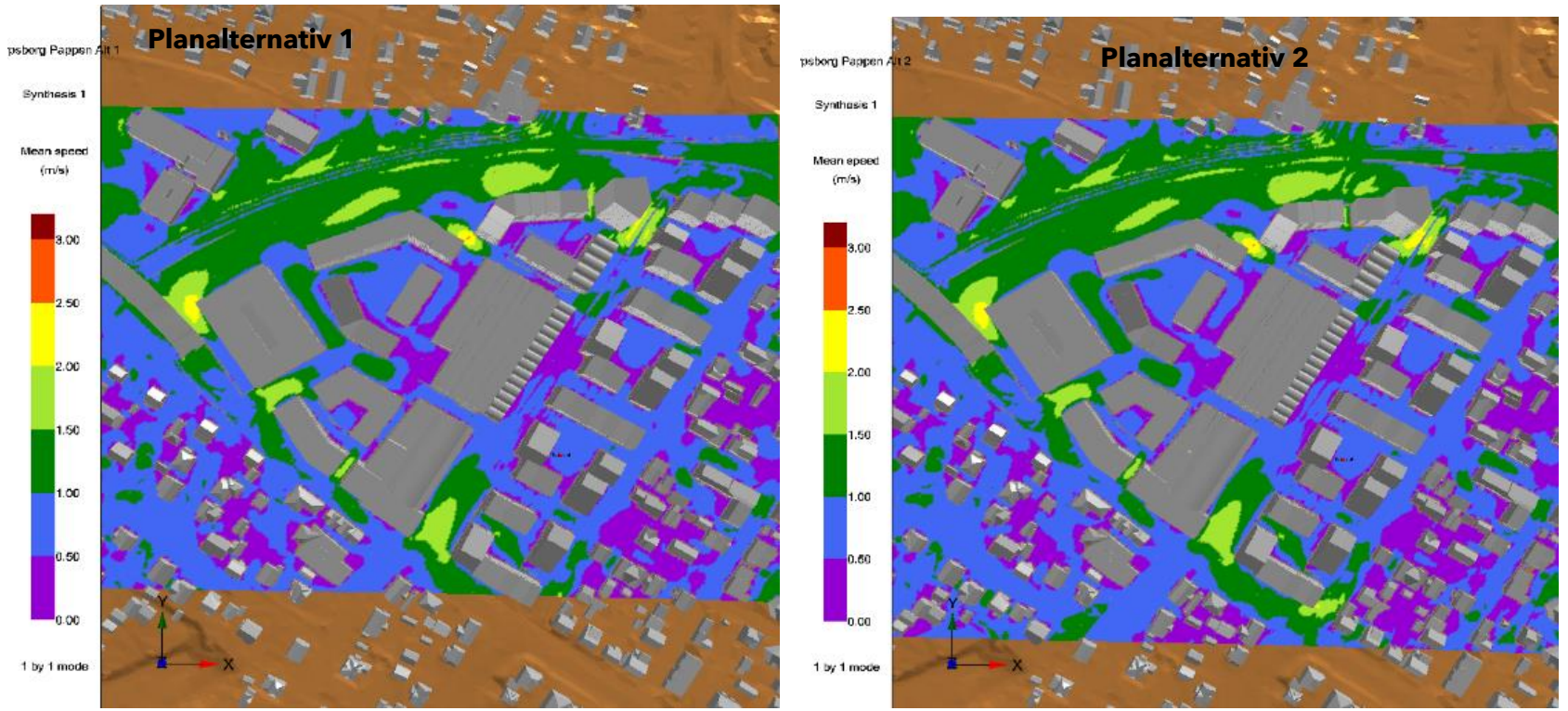
Vedlegg: Beskrivelse av vindmodellen UrbaWind

UrbaWind løser de midlere ligninger for bevarelse av masse og momentum i atmosfære, også kalt Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) ligninger, og modellen er en såkalt RANS-modell (se https://meteodyn.com/wp-content/uploads/2012/06/ICAE2010_Computational-Fluid-Dynamics-tool-to-predict-wind-resource-.pdf for flere detaljer om modellen). I modellen antas det at de turbulente fluksene er proporsjonale med middelgradientene i modellstørrelsene. Den turbulente viskositeten er antatt proporsjonal med en hastighetsskala og en lengdeskala. Modellen karakteriseres som en «en-lignings» RANS-modell.

Den turbulente kinetiske energien, k, løses ved hjelp av en transportligning for k, der sluk- og kildeledd til k er inkludert. Innløpet av middelvinden på rendene følger et logaritmisk profil i Prandtl-laget og et Ekman-profil over Prandtl-laget. Den turbulente kinetiske energien på rendene har en konstant verdi i Prandtl-laget, mens den avtar med høyden over Prandtl-laget. Modellen anvender et kartesisk ustrukturert grid, med forfining av modellgitteret nær bakken, bygninger, vegetasjon osv. Ligningene løses ved hjelp av MIGAL-UNS løser.

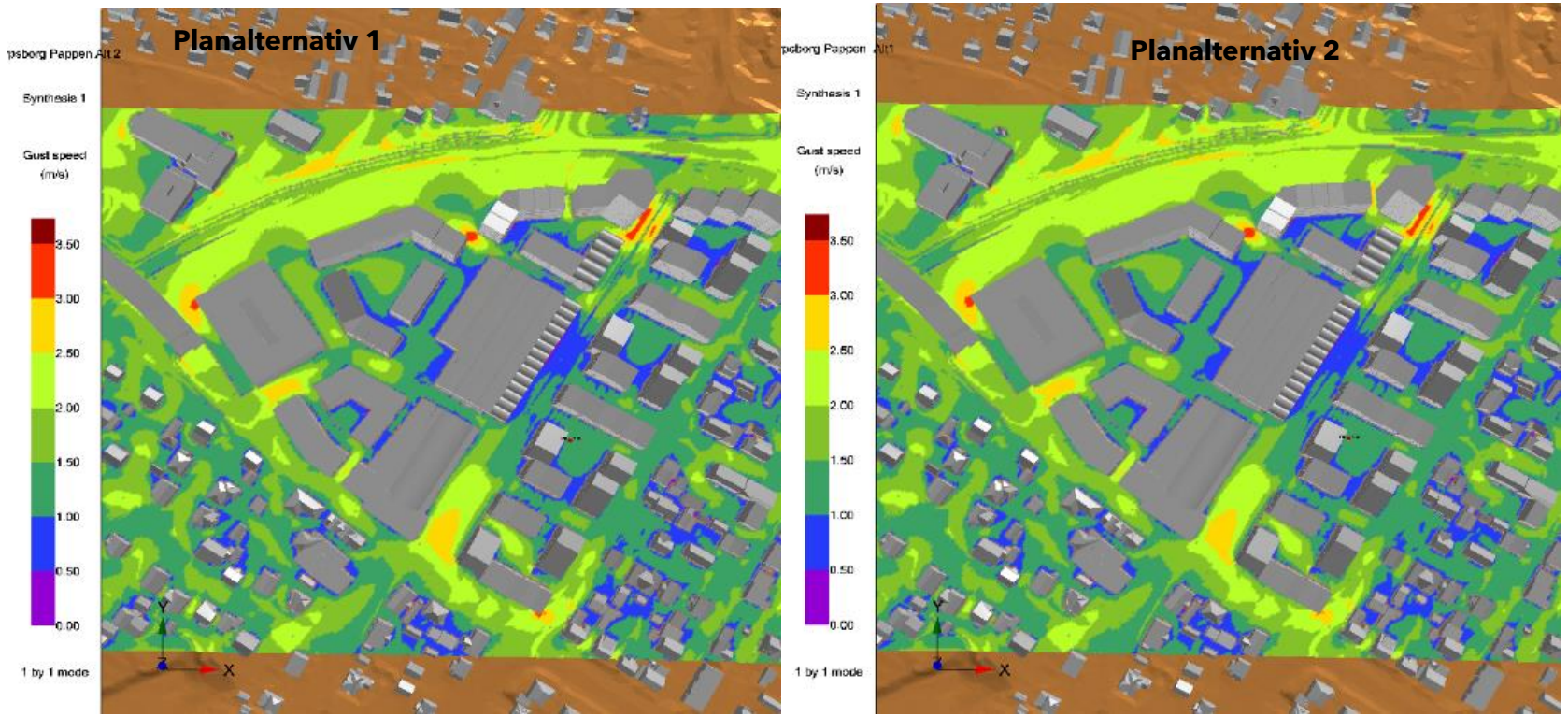
Modellens evne til å beregne vind og turbulens innenfor en kompleks arkitektur og i komplekst terreng er vurdert utfra sammenligninger med målinger i Guillaume m.fl. (2011) og Bechmann, m. fl., 2011.

Vedlegg: Middelvind



Figur V-1 viser middelvind for Alternativ 1 og 2 i tidsrommet kl. 09-21. Vindhastighet angitt i m/s.

Vedlegg: Vindkast



Figur V-2 viser vindkast for Alternativ 1 og 2 i tidsrommet kl. 09-21. Vindhastighet angitt i m/s.

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.
- Gandemer J. (1978). Aerodynamic studies of built-up areas made by CSTB at Nantes, France. J. Ind. Aerodyn. 3:227-240.
- Guillaume, C., Wang, L. and Dupont, G. (2010). Validations and applications of a CFD tool dedicated to wind assessment in urban areas. UrbaWind Report.
- 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.

asplan viak