



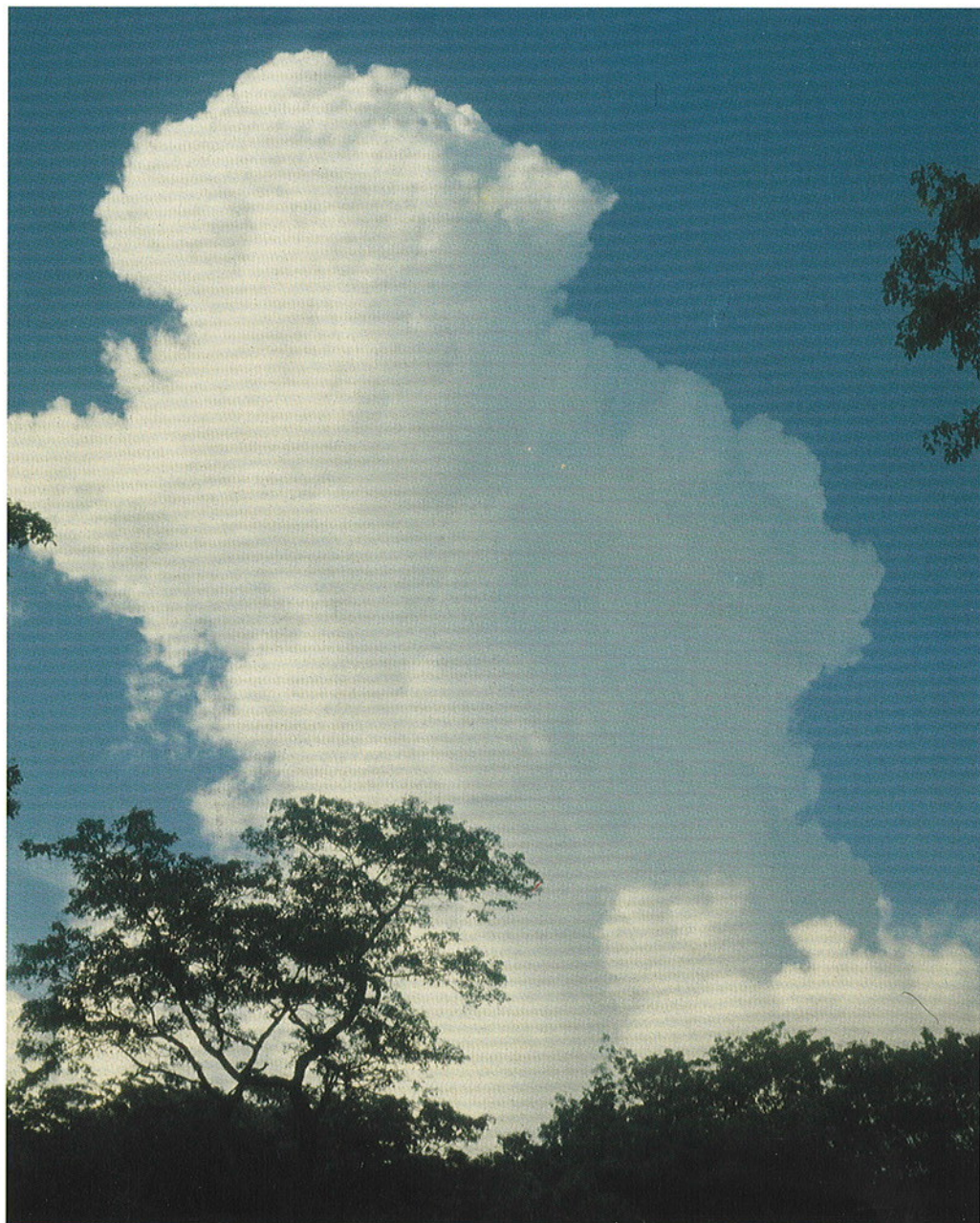
**DNMI**  
Det norske meteorologiske institutt

RAPPORT NR. 01/00

**KLIMA**

# Vindstudie av skjermingstiltak for Fagerholt borettslag

Lars Andresen og Knut Harstveit



# DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT  
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3  
TELEFON: 22 96 30 00

ISBN 0805-9918

RAPPORT NR.

**01/00 KLIMA**

DATO

07.01.00

TITTEL

## VINDSTUDIE AV SKJERMINGSTILTAK FOR FAGERHOLT BORETTSLAG

UTARBEIDET AV

**Lars Andresen og Knut Harstveit**

OPPDRAGSGIVER

**Asplan Viak AS**

OPPDRAGSNR.

SAMMENDRAG


Fagerholt borettslag, som er et av Norges største, har flere vindutsatte fellesarealer som følge av bebyggelsens orientering og utforming. Det er planlagt skjermingstiltak for å øke kvaliteten på eksisterende og planlagte oppholdsarealer. Før man kan gå videre med dette er det nødvendig med en dokumentasjon av dagens vindforhold på stedet og effekten av eventuell skjerming.

Ved bruk av en anerkjent tredimensjonal numerisk strømningsmodell er det foretatt en studie av vindforholdene for tun E i Fagerholt borettslag, før og etter bruk av forskjellige typer modellert vegetasjonsskjerming.

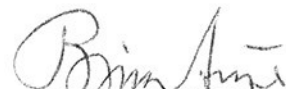
Det er lagt inn vegetasjonsskjermer langs bakken mellom høyblokken og naboblokkene og det er forsøkt lagt inn en vegetasjonsskjerm i høyden mellom høyblokken og den ene naboblokken. Det er også gjort forsøk med forskjellig detaljeringsgrad for tunet, og for terrenget på utsiden av tunet.

Vindstudien er utført for vind fra to retninger innen fremherskende vindsektor i Gorrudalen vinterstid.

UNDERSKRIFT



Lars Andresen  
SAKSBEHANDLER



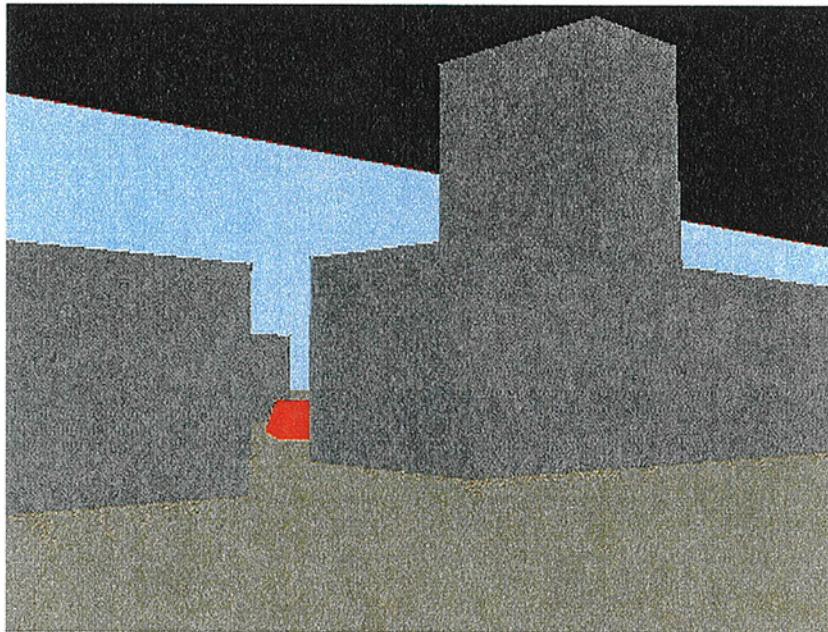
Bjørn Aune  
FAGSJEF



## Fagerholt borettslag



Bildet er tatt fra Dr. Dedichens vei mot nordnordvest. I forgrunnen ser vi blokk E3 til venstre og E2 til høyre. Høyblokken E1 ligger bak E2 og i passasjen mellom E2 og E3 skimter vi blokk E4. På grunn av terrenget ser vi ikke nedre del av blokkene på bildet. Ved helt flatt terreng ville vi sett tun E slik modellen under viser.





## SAMMENDRAG

Fagerholt borettslag, som er et av Norges største, har flere vindutsatte fellesarealer som følge av bebyggelsens orientering og utforming. Det er planlagt skjermingstiltak for å øke kvaliteten på eksisterende og planlagte oppholdsarealer. Før man kan gå videre med dette er det nødvendig med en dokumentasjon av dagens vindforhold på stedet og effekten av eventuell skjerming.

Ved bruk av en anerkjent tredimensjonal numerisk strømningsmodell er det foretatt en studie av vindforholdene for tun E i Fagerholt borettslag, før og etter bruk av forskjellige typer modellert vegetasjonsskjerming.

Det er lagt inn vegetasjonsskjermer langs bakken mellom høyblokken og naboblokkene og det er forsøkt lagt inn en vegetasjonsskjerm i høyden mellom høyblokken og den ene naboblokken. Det er også gjort forsøk med forskjellig detaljeringsgrad for tun og terreng på utsiden av tunet.

Vindstudien er utført for vind fra to retninger innen fremherskende vindsektor i Groruddalen vinterstid (040° og 060°).

Høyblokken betegnes E1 og lavblokkene omkring tunet betegnes E2-E4 med urviseren.

### Modellens beskrivelse av vindforholdene ved vind fra 040°

Ved bruk av et tredimensjonalt strømningsprogram får vi som resultat at ved vind fra nordøstlig kant (040°) er vindforholdene for tun E bestemt av blokkbebyggelsen rundt tunet og de åpne passasjene inn mot tunet. Det blåser i dag en sterk luftstrøm gjennom den brede passasjen mellom blokkene E4 og E1, slik at det i den nordvestlige siden av tunet er relativt mye vind langt innover. I den sørøstlige siden av tunet er det relativt lite vind, men det blåser ganske kraftig gjennom passasjen mellom E1 og E2, og der er vindkastene sterke. Det ser også ut til å være noe vind langs E3 og i den aller sørligste delen av E2.

Hvorvidt strømningsprogrammet beskriver vindforholdene riktig i alle detaljer kan vi ikke vite uten å foreta målinger innenfor tunet. Den kartleggingen som Asplan Viak selv har foretatt viser at det er særlig vindfullt i passasjen E4/E1 og langs E4, men det er også markert for sterk vind gjennom passasjen E1/E2 og E3/E4. I den sistnevnte passasjen gir også strømningsmodellen en liten lokal forsterkning, men vindhastigheten blir ikke så sterk som i de andre passasjene. Stort sett er det altså godt samsvar mellom det vi kan forvente av vindforhold for tunet og den beskrivelsen modellen gir.

### Skjerming i nærheten av passasjen E1/E2

Av hensyn til virkningen av eventuell vindskjermende beplantning er det ikke avgjørende om alle detaljer i vindbeskrivelsen er på plass. Det viktige blir å studere hvordan modellen beskriver forholdene før og etter.

Denne utredningen viser at beplantning langs bakken inn mot passasjen E1/E2 reduserer vindhastigheten i 2 m nivå med 25-50% i forlengelsen av passasjen 12-14 m innover i tunet. Klatreplanter i høyden gir en betydelig reduksjon (40-60%) av vindhastigheten fra høydenivå 4 m og høyere, langs E2, inntil 8-12 m fra passasjen. Langs høyblokken E1 har beplantningen liten eller ingen skjermende effekt, verken langs bakken eller i høyden.



I nærheten av passasjen E1/E2 bidrar altså beplantningen langs bakken alene til nesten hele forbedringen av vindforholdene i 2 m-nivå. Oppover i høyden er det klatreplantene som bidrar mest. Noe forenklet kan vi si at beplantningen i høyden har betydning for vindforholdene de nærmeste meterne langs blokken E2, men omtrent ingen betydning langs blokken E1.

#### Skjerming av tunet som helhet

Beplantning langs bakken inn mot passasjen E1/E2 har kun liten effekt for tunet som helhet, utenom hjørnet ved E1/E2. Det bli heller ingen bedring ved å benytte klatreplanter i høyden, helhetlig sett er det faktisk en tendens til noe mindre forbedring. Dette skyldes at det presses noe mer luft gjennom den smale passasjen E1/E2 når det legges en skjerm av klatreplanter over.

Beplantning langs bakken i passasjen E4/E1 derimot, fører til at luftstrømmen inn i tunet bremses kraftig. Vindhastigheten langs E4 i 2 m nivå reduseres med 40-60%, men har mindre betydning for vindforholdene på den andre siden av tunet. For tunet for øvrig kan vi si at der hvor vinden i utgangspunktet var svak, kan det ha blitt litt mer vind, fordi hele sirkulasjonsmønsteret er litt endret. Selv om vinden generelt er svekket, vil det fortsatt være en ujevn vind i gangveien langs E4, opp mot tunet, og det blir dermed minst forbedring ved det nærmeste inngangspartiet til E4.

Det må bemerkes at den modellerte vegetasjonsskjermingen forutsettes å være relativt tett. Dersom det benyttes løvtrær som mister løvet vinterstid, vil skjermingens effekt være mindre i vinterhalvåret enn i sommerhalvåret.

#### Endring av vindretning

Når vindretningen endres fra 040° til 060° endres vindforholdene for tunet, slik at området utenfor blokk E3 blir mindre vindutsatt, mens området nær passasjen E1/E2 blir mer utsatt, og relativt sterk vind trenger lenger inn i tunet. Nærområdet til passasjen E1/E2 blir nå faktisk mer utsatt enn passasjen E4/E1. Det blir også andre mindre endringer pga. endringer i sirkulasjonsmønsteret.

Beplantning langs bakken inn mot passasjen E1/E2 og i passasjen E4/E1 fører til at vinden blir kraftig redusert i nærheten av vegetasjonsskjermene, dvs. i den nordøstre delen av tunet, mens det blir mindre endringer i den sørvestlige delen. Virkningen av bakkebeplantning blir altså omtrent den samme som ved vind fra 040°.



## INNHOLDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG.....	1
INNHOLDSFORTEGNELSE .....	3
<b>1. Innledning.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Forutsetninger .....</b>	<b>6</b>
2.1. Verktøy .....	6
2.2. Modell av Fagerholt borettslag – tun E.....	6
2.3. Innledende forsøk .....	6
2.4. Oppbygging av strømningskanal .....	7
<b>3. Forsøk med vindskjerming .....</b>	<b>7</b>
<b>4. Modellering av terreng .....</b>	<b>8</b>
<b>5. Modellkjøringer med vind fra 040° (nordøst).....</b>	<b>9</b>
5.1. Forenklet tun og modell med helt flatt terreng. ....	9
5.2. Skjerming i nærområdet til passasjen E1/E2, i modell med helt flatt terreng .....	11
5.3. Forenklet tun og modellterreng.....	15
5.4. Detaljert tun og modell med helt flatt terreng.....	16
5.5. Detaljert tun og optimal skjerming. ....	18
<b>6. Modellkjøringer med vind fra 060° (østnordøst) .....</b>	<b>20</b>
<b>7. Referanser.....</b>	<b>23</b>
APPENDIKS .....	25
Appendiks A. Søknad om "bomiljøtilskudd" for skjermingstiltak.....	27
Appendiks B. Fagerholt borettslag – tun E. ....	29
Appendiks C. Vind- og turbulensprofil.....	31
Appendiks D. Strømningskanalen. ....	33
Appendiks E. Resultater av modellkjøringer for region 3,2. ....	36
Appendiks F. Strømningsforhold på lesiden av vindskjerm.....	37
Appendiks G. Befaring i Groruddalen .....	39
Appendiks H. Vindstatistikk for Oslo-Blindern, Valle Hovin og Furuset .....	41
Appendiks I. Tabeller for vindverdier ved flatt terreng og enkelt tun. Nærområdet til passasje E1/E2 ved vind fra 040°. ....	45
Appendiks J. Tabeller for vindverdier ved modellterreng og enkelt tun. Nærområdet til passasje E1/E2 ved vind fra 040°. ....	53
Appendiks K. Tabeller for vindverdier ved forskjellig terreng og detaljeringsgrad. Hele tun E ved vind fra 040°. ....	61
Appendiks L. Tabeller for vindverdier ved flatt terreng og detaljert tun. Hele tun E ved vind fra 040°. ....	65
Appendiks M. Tabeller for vindverdier ved flatt terreng og detaljert tun. Hele tun E ved vind fra 060°. ....	69

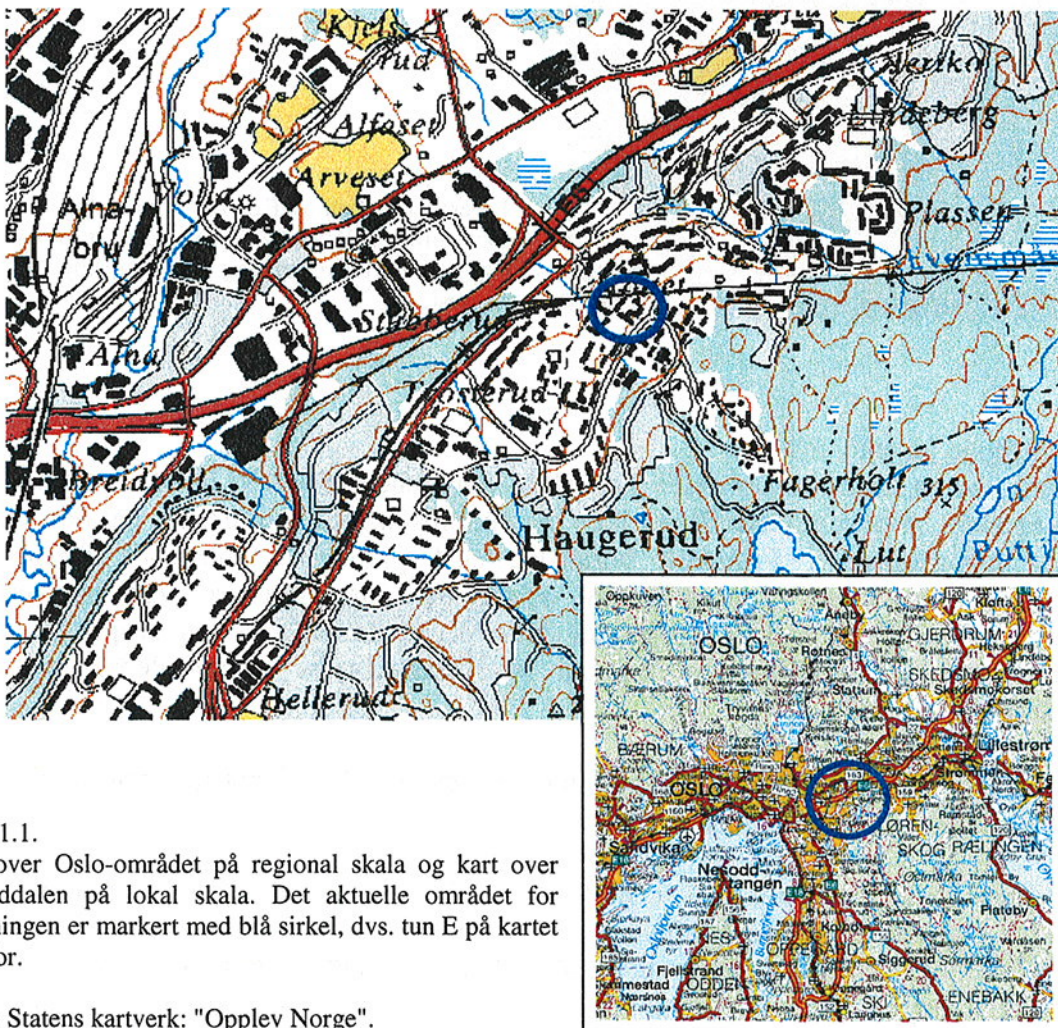


## 1. Innledning

Bolig- og eiendomsetaten i Oslo kommune har gitt økonomisk støtte til et prøveprosjekt om vindskjerming i Fagerholt borettslag i Oslo. Prosjektet betegnes som et pilotprosjekt siden det er foreslått bruk av klatreplanter på et wireanlegg spent mellom bygninger. I prosjektet inngår en studie av vindforholdene ved bruk av en tredimensjonal numerisk strømningsmodell. Se "Søknad om "bomiljøtilskudd" for skjermingstiltak i Fagerholtborettslag" i Appendiks A. DNMI, ved Klimaavdelingen, har i dette arbeidet bidratt med en betydelig egeninnsats for å utvikle sin kompetanse på bruk av slike verktøy.

Fagerholt borettslag ligger på Trosterud, dvs. på østsiden av Groruddalen, se figur 1.1. Borettslaget består av flere tun med blokker rundt. På grunn av den relativt høye og frie beliggenheten og blokkbebyggelsens orientering og utforming, er flere fellesarealer vindutsatt. Det nordligste tunet, E, ligger høyest i terrenget og er særlig vindutsatt ved vind fra nordøst.

Det er interesse for å klarlegge hvilken virkning foreslåtte skjermingstiltak vil få på vindforholdene for tun E, i 2 m-nivå. Hovedvekten legges på skjermingstiltak mellom blokkene E1 og E2 (se Appendiks B), men også passasjen E4/E1 er behandlet. Formålet med undersøkelsen er altså først og fremst å kartlegge eventuelle endringer i vindforholdene pga. vegetasjonsskjerming, ikke nåværende vindforhold.



Figur 1.1.  
Kart over Oslo-området på regional skala og kart over Groruddalen på lokal skala. Det aktuelle området for utredningen er markert med blå sirkel, dvs. tun E på kartet ovenfor.

Kilde: Statens kartverk: "Opplev Norge".



## 2. Forutsetninger

### 2.1. Verktøy

Det norske meteorologiske institutt (DNMI) har foretatt en studie av vindforholdene for tun E ved å benytte en tredimensjonal strømningsmodell, Phoenix (siste versjon: 3.2), som er basert på Navier Stokes likninger (se f.eks. (1), side 90). I denne har vi valgt å benytte en k-epsilon turbulensmodell for vindanalyser av fri luftstrømning, i Phoenix benevnt KEMODL. Turbulensen parametriseres ved turbulent kinetisk energi og grad av dissipasjon. Vi skal fokusere på forhold ved middels og sterk vind, og ser derfor bort fra variasjoner i temperatur, og dermed tetthet, dvs. vi ser på en inkompressibel strømning. Dette er meningsfylt siden høydevariasjonene er små. Se for øvrig (2), side 8-9.

### 2.2. Modell av Fagerholt borettslag – tun E.

Boligbebyggelsen rundt tun E er lagt inn i strømningsmodellen etter opplysninger fra Asplan Viak. E1 har høyde 42.5 m. For å lette beskrivelsen er denne delt i to, a og b. E1a har grunnareal  $15 \times 21.5 \text{ m}^2$ , E1b  $10 \times 13.5 \text{ m}^2$ , E2  $45 \times 14 \text{ m}^2$ , E3  $12.5 \times 60 \text{ m}^2$  og E4  $60 \times 12.5 \text{ m}^2$ , regnet med urviseren fra høyblokken. E2 har høyden 13.5 m, E3 og E4 har høyden 10.8 m. Et horisontalsnitt er vist i Appendiks B, og figur 2.1 viser borettslagets tun E sett skrått ovenfra.



Figur 2.1.

Forenklet modell av Fagerholt borettslag, tun E, sett mot nordøst. Blokk E3 ligger nærmest, blokkene E4 og E2 hhv. til venstre og høyre og høyblokken E1 bakerst.

### 2.3. Innledende forsøk

Ved kjøring av en strømningsmodell vil det alltid være randeffekter. Vi har derfor lagt vekt på å velge området så stort at randeffekter ikke påvirker resultatet i de områder, der den utvalgte del av "boligmassen" i Fagerholt borettslag skal plasseres. Innledende forsøk med parametrene lufttrykk ( $p$ ), vindhastighet ( $v$ ) og turbulent kinetisk energi ( $ke$ ) har vist at et område på  $500 \times 500 \text{ m}^2$  er tilstrekkelig for dette. Kvadratroten av  $ke$  er proporsjonal med standardavviket i vindhastigheten, og kan lett transformeres til turbulensintensitet (se Appendiks C).

Det har også vist seg at høyblokken ikke innvirker nevneverdig på strømningsforholdene opp mot 100 m, og vi har derfor satt "taket" der.

I borettslaget ligger det et tun, D, sørvest for tun E. Det var i startfasen ikke mulig å avgjøre om tun D ville innvirke på vindforholdene for tun E. Vi har derfor kjørt modellen først med tun E (12 m høye lavblokker og forenklet høyblokk, 33 m) alene, og dernest med tun D og E sammen (med den samme forenkling). Det blir ingen vesentlige forskjeller i feltene for  $p$ ,  $v$  og



ke innenfor boligmassen for tun E, i 2-meters høyde. I det videre arbeidet ble derfor kun tun E benyttet i modellanalysen.

#### 2.4. Oppbygging av strømningskanal

Vind av en viss styrke, som blåser inn mot borettslaget, er i utgangspunktet turbulent. Vi valgte en antatt ruhet på underlaget tilsvarende ruhetsparameter,  $z_0=0.3$  m og vindkastfaktor i 10 m nivå,  $k_{g,10m}=1.73$ , som er forholdet mellom høyeste 3-sekunders vindkast i en 10-minutters periode og middelvinden. Dette tilsvarer også et vindprofil med eksponent,  $n=0.22$ . Se Appendiks C.

For å få de ønskede vindprofiler har vi valgt å bygge opp en strømningskanal på  $8000 \times 500 \times 100$  m i hhv. x-, y- og z-retning. x-retningen har orienteringen  $040-220^\circ$ . Kanalen er bygd slik at luft strømmer inn gjennom den ene endeflaten i nordøst og ut gjennom den andre i sørvest, med mulighet for å unnsnippe gjennom to sideflater. Ved avvik fra  $040^\circ$  slippes også luft inn gjennom én sideflate og ut gjennom den andre. Eksperimenter har vist at tett "tak" 100 m over bakken gir omtrent samme resultat som utslipp gjennom tak 1500 m over bakken. Førstnevnte gir enklere modellkjøringer og er derfor valgt. Valg av tetthet av vertikale lag nærmest bakken har betydning for vindprofilet. Når bygninger legges inn i kanalen vil dette påvirke rutenettes utforming i alle retninger, også vertikalt. Det er derfor viktig å velge de vertikale lagene slik at de ikke påvirker vindprofilet oppstrøms nevneverdig, selv med bygninger og vindskjerm innlagt. Strømningskanalens oppbygging er vist i Appendiks D.

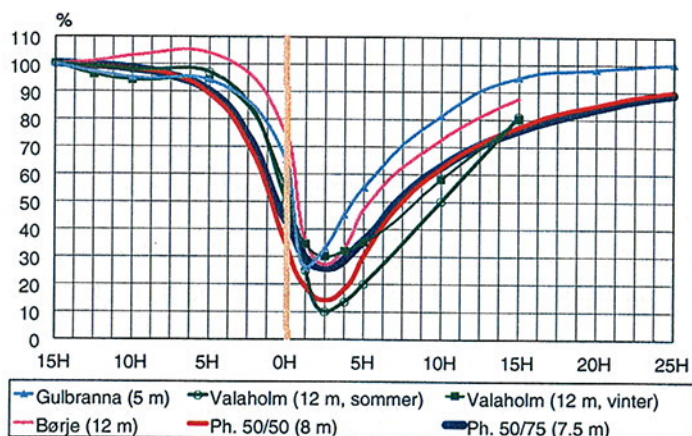
I utgangspunktet er strømningskanalen horisontalt inndelt i 5 regioner i x-retning og 3 i y-retning, med til sammen  $48 \times 31 = 1488$  celler. Region 3,2 er  $150 \times 150$  m og vil i hovedkjøringene av modellen inneholde tun E i borettslaget, se Appendiks B. Resultat av kjøring for region 3,2 i "tom" kanal, er vist i Appendiks E. Vertikalt er strømningskanalen inndelt i 20 regioner, med 27 celler. Det har vært foretatt en rekke eksperimenter med størrelse på kanalen, antall celler i rutenettet, m.m. Resultatene viser et vindprofil og et turbulensprofil nær opptil det som er forventet teoretisk. Dog har alle forsøk gitt for lave verdier av turbulensintensiteten, foreløpig uklart hvorfor. Dette påvirker turbulensnivået og således størrelsen på vindkastene. Middelvinden og relative forskjeller i vindkastene påvirkes derimot lite.

### **3. Forsøk med vindskjerming**

I følge (3) vil en vindskjerm bygd opp av vegetasjon kunne gi en maksimal hastighetsreduksjon på 70-90% på lesiden. I en avstand på ca  $10H$  fra vindskjermen, der  $H$  er vindskjermens høyde, kan vindhastigheten være 50-80% av fri vindhastighet, avhengig av vegetasjonstype og beplantningstetthet. Forsøkene sier ingen ting om turbulensforholdene.

Det er neppe realistisk å tenke seg modellering av en bevegelig vegetasjonsskjerm i Phoenix. I stedet har vi valgt en skjerm, der vi slipper luft igjennom åpninger i en flate på en slik måte at vi oppnår tilnærmet samme hastighetsreduksjon i middelvinden, som beskrevet ovenfor. Vi har gjort forsøk med skjermer i form av en grind, der 50 cm høye planker ligger horisontalt med 50-100 cm avstand i mellom. Se Appendiks F. Høyden på skjermen er satt til  $7\frac{1}{2}$ -8 m. I figur 3.1 ser vi at modellskjermene Ph. 50/50 og Ph. 75/50 gir en maksimal hastighetsreduksjon på hhv. 85 og 75%. Siden de fleste forsøkene i Sverige ligger nær 70-80%, er vindskjermen Ph. 75/50 valgt. Denne gir en hastighetsreduksjon på ca 40% i avstand  $10H$  og er godt i samsvar med resultatene fra Sverige (20-50%).





Figur 3.1.

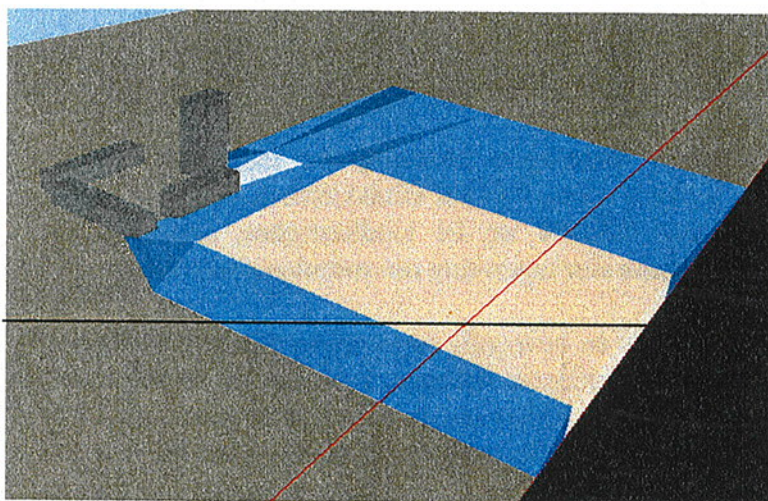
Resultat av forskjellige typer vegetasjons-skjerming i Sverige (Gulbranna, Valaholm og Børje), sammenliknet med en modellert skjerm i Phoenix (Ph.50-50, Ph.75-50 og Ph.100-50). Vinden kommer her inn fra venstre. Tallet i parentes viser skjermens aktuelle høyde i meter. Horizontal skala viser avstanden fra skjermen (0H), i antall skjermhøyder.

I Appendiks F er vist den vertikale vindfordelingen (middelvind og turbulent kinetisk energi) på lesiden av valgt vindskjerm.

#### 4. Modellering av terreng

Fagerholt borettslag ligger på et høydedrag på østsiden av Groruddalen (se figur 1.1). Nærterrenget skråner først svakt oppover mot nordøst fra passasjen E1/E2 de nærmeste 50 meter, før skråningen ned mot Groruddalen. Mot øst og sørøst skråner terrenget oppover mot borettslaget ovenfor. Se befæringsrapporten i Appendiks G. Forøvrig skråner terrenget ned mot Groruddalen i hele sektoren vest – nordøst.

Med vind fra nordøst betyr dette at vinden kommer uhindret av nærterrenget inn mot passasjen E4/E1, mens vinden inn mot passasjen E1/E2 kan tenkes å være påvirket av nærterrenget i sektoren nordøst – sørøst. Vi har derfor bygget opp et forenklet nærterrenget i denne sektoren, se figur 4.1.



Figur 4.1.

Modellterrenget av nærområdet til Fagerholt borettslag – tun E. Det hvite feltet viser den skrånende innkjørselen mot passasjen E1/E2. Mot sørøst er det en større skråning opp mot den lysebrune flaten. Forøvrig er terrenget redusert til "0-nivå" (mørkebrun flate) i de øvrige retninger.

Et modellterrenget i Phoenix må forsøkes bygges opp av "byggeklosser" av forskjellige utforming eller man må bruke et digitalisert terreng, basert på detaljerte flyfoto. Det siste ville ha ført alt for langt i forhold til de rammer som er lagt for vårt prosjekt.



## 5. Modellkjøringer med vind fra 040° (nordøst)

Fremherskende vindretning i sørlige del av Groruddalen ligger i intervallet 020-060° (Valle Hovin, kilde: Helsevernetaten). Se Appendiks H. Lengderetningen for lavblokkene E2 og E4 er 040-220°. Både på grunn av vindklimaet og av rent modelltekniske grunner har det således vært naturlig å bruke vind fra 040° som utgangspunkt for modellkjøringene. I kap. 6 drøfter vi vindretningen 060°, for å se hvordan naturlige variasjoner innenfor typisk vindsektor innvirker på vindforholdene for tunet.

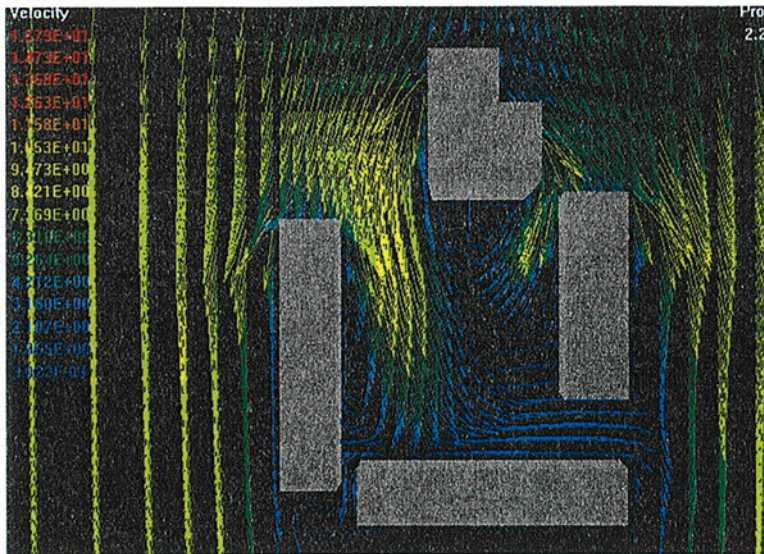
Innledningsvis har vi benyttet et forenklet tun. Det betyr at vi har fjernet inngangspartiene på innsiden av tunet (gjelder blokkene E1, E3 og E4) og den ca 3 m høye jordhaugen (se f.eks. Appendiks B).

### 5.1. Forenklet tun og modell med helt flatt terreng.

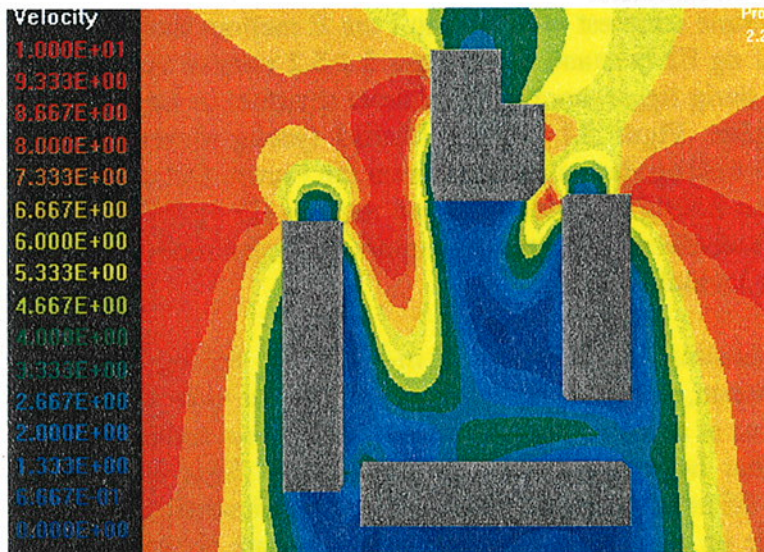
Med vind fra nordøst kan luften strøkke nærmest uhindret inn i tun E mellom blokkene E4 og E1 (avstand 21 m), og mellom E1 og E2 (avstand 8 m). Figur 5.1-5.2 viser at vinden forsterkes lokalt i disse passasjene. For øvrig ligger store deler av tunet skjermet av høyblokken og har svært liten middelvindhastighet. Figur 5.1 viser imidlertid tydelig virveldannelse mellom E1 og E2 på hver side av den forlengede passasjestrømmen inn i tunet. Det dannes en virvel også ved E4 og vinden bremses kraftig ned mot passasjen mellom E3 og E4 (avstand 4.5 m). En del av luften strømmer litt akselerert ut av tunet gjennom passasjen mellom E3 og E2 (avstand 15.5 m), en del også over lavblokken E3.

I passasjene E4/E1 og E1/E2 er maksimal middelvind i 2 m-nivå hhv. 8.2 og 7.9 m/s. Sammenliknet med en upåvirket luftstrøm, der verdiene ligger på 6.9 m/s, får vi en økning på 15-20%. Forskjellen mellom passasjene er at E4/E1 har lavest ke-verdier (minst turbulens) der hastigheten er størst, mens E1/E2 har høye ke-verdier i hele passasjen (figur 5.3). Med maksimale ke-verdier på hhv. 15 og 25 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, er det rimelig å anta at vindkastene i de mest utsatte punktene i passasjene vil ligge på 18-20 m/s. I en upåvirket luftstrøm er vindkastene 14-15 m/s i 2 m nivå. Det blir altså en økning på ca 30% i vindkastene i forhold til over flatt terreng. Boligbebyggelsen fører altså til en forverring av vindforholdene på utsatte steder. Andre steder innenfor tunet er betydelig skjermet for vind. Vindskjermingsprosjektet tar sikte på å vurdere skjerming mellom E1 og E2 (mer om dette i neste underkapittel). Det er derfor naturlig å se spesielt på vindfordelingen i nærområdet til passasjen. Vi ser i figur 5.5 og 5.6 på vertikalfordelingen i vinden i hhv. forlengelsen av passasjen mellom E1 og E2 (y=53.5, se Appendiks B), og vertikalfordelingen på tvers, fra E2 og langs E1 (x=95, se Appendiks B).

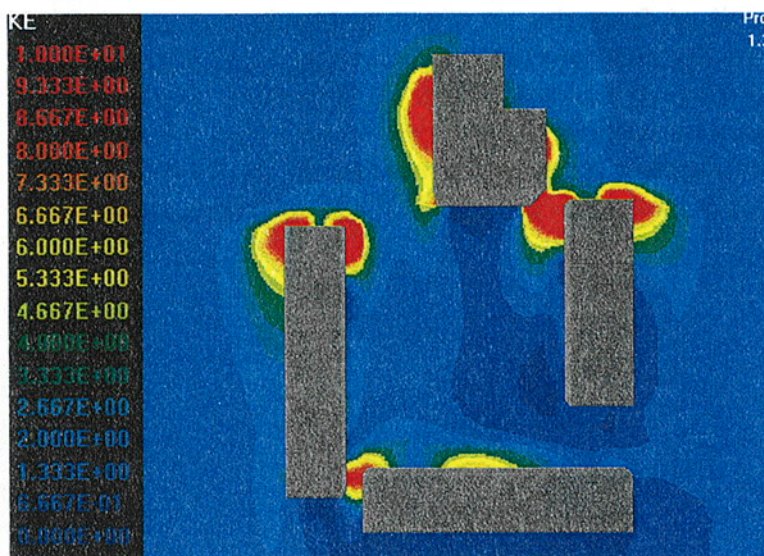




Figur 5.1.  
Vindvektorer i 2 m-nivå ved vind fra 040°. Fargeskalaen til venstre viser vindhastigheten. Avstanden mellom E1 og E3 er 60 m, og mellom E2 og E4 50.5 m.



Figur 5.2.  
Konturdiagram av vindhastigheten i 2 m-nivå. Verdiene ligger i intervallet 0-10 m/s.



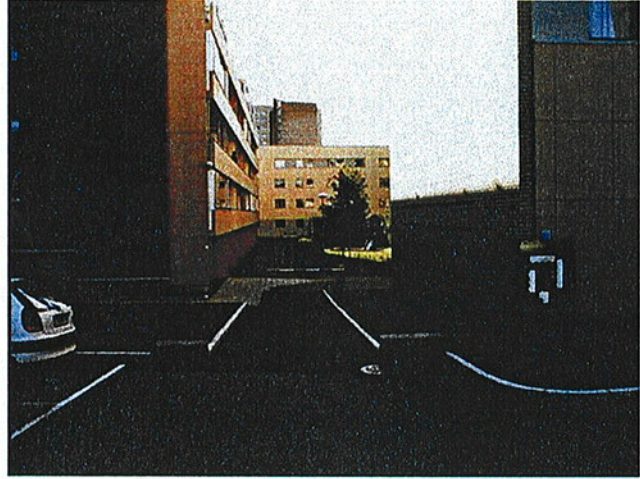
Figur 5.3.  
Konturdiagram av turbulent kinetisk energi i 2 m-nivå. Verdiene ligger i intervallet 0-10 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>.



### 5.2. Skjerming i nærområdet til passasjen E1/E2, i modell med helt flatt terreng.

Det skraverte feltet på skissen i Appendiks B viser området for den planlagte beplantningen inn mot passasjen mellom E1 og E2. Se også bildet i figur 5.4. Trærne er planlagt opp til 6 m, men skjermingseffekten blir liten helt øverst. Skjermene er derfor bygd opp som 50-75 cm skjerm i hver ende av de tilmålte bed, opp til høyde 5 m. Klatreplantene mellom E1 og E2 er bygd opp som en 50-75 cm skjerm fra høyde 3.25 m og en 50-100 cm skjerm fra høyde 5 m (med en liten tilpasning helt øverst) opp til høyde 10.8 m.

Vi har sammenliknet vindforholdene før og etter skjerming i nærområdet til passasjen mellom E1 og E2 (inntil en avstand på ca 15 m). I tabell 5.1 og 5.2 er vist vindkast,  $v_g$ , beregnet ut fra turbulent kinetisk energi, i følge Appendiks C. Fullstendig oversikt over vindverdiene er vist i Appendiks I.



Figur 5.4.

Passasjen mellom lavblokken E2 til venstre og høyblokken E1 til høyre. Lavblokken rett i mot er E3. I forgrunnen ser vi arealene som er avsatt til vegetasjon. Klatreplantene er tenkt omtrent fra skyggens overkant på høyblokken og oppover, i hele mellomrommet mellom E1 og E2.

Vi ser først på vindforholdene i forlengelsen av passasjen E1/E2, dvs. for  $y=53.5$  m (se Appendiks B). Disse er vist i figur 5.5 og i tabell 5.1. Generelt sett bedrer vindforholdene seg gradvis innover i tunet, både ved bakken og i høyden.

Med "bakkevegetasjon" alene får vi 25% reduksjon i vindhastigheten i 2 m-nivå i passasjen i forhold til ingen vegetasjon, med ytterligere reduksjon innover i tunet inntil 12-14 m fra passasjen. Oppover i høyden til 6 m-nivå er det en liten bedring i middelvinden, og bedringen øker innover. Over 8 m-nivået er det ingen bedring, snarere tvert i mot. Vindkastene avtar både ved bakken og i høyden, men reduksjonen er liten i 10 m-nivå lengst vekk fra passasjen.

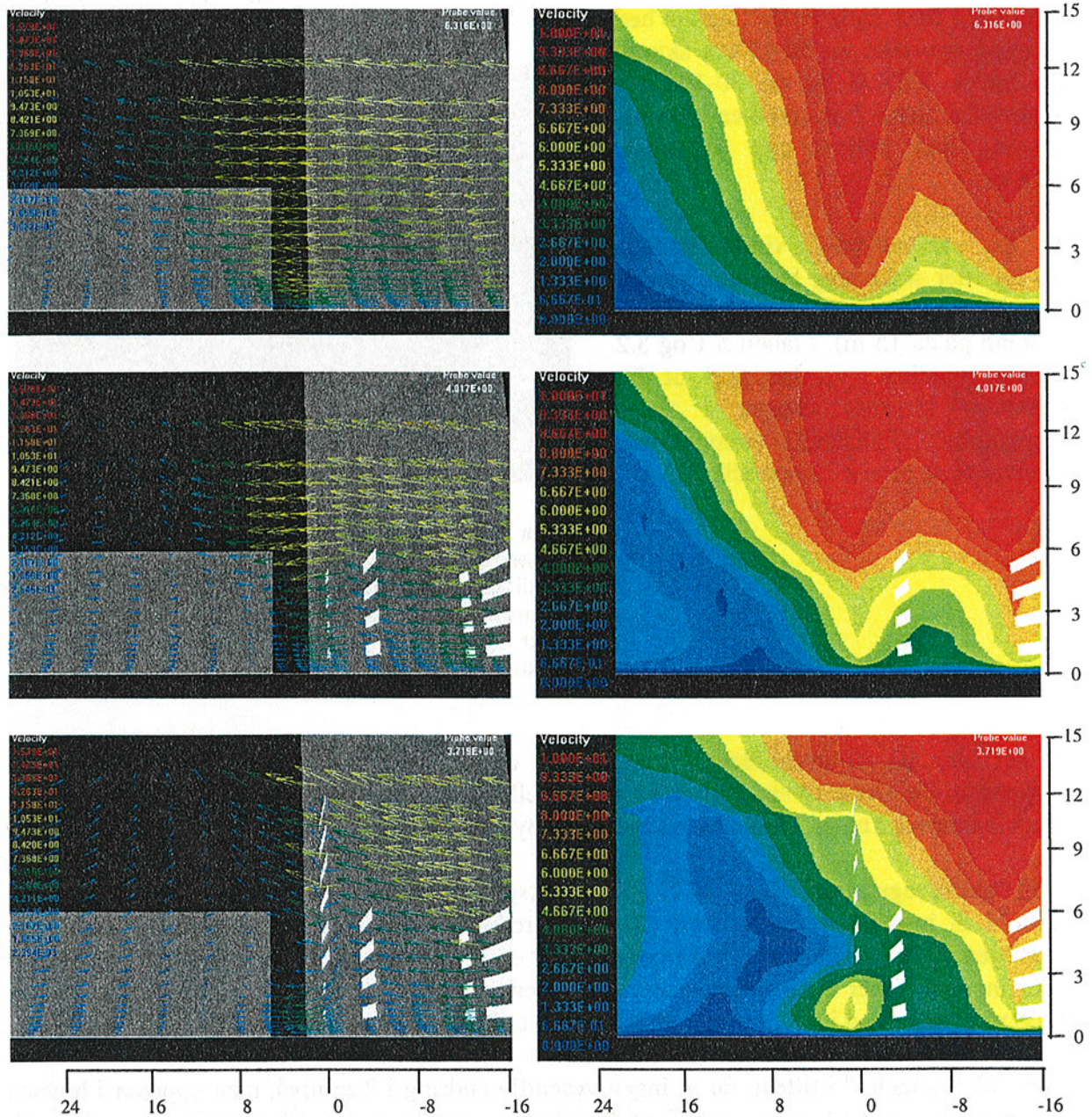
Med "klatreplanter" i tillegg får vi ingen vesentlig endring i 2 m-nivå, men oppover i høyden blir det store forbedringer, både i middelvind og vindkast. I 8-10 m-nivå er middelvindhastigheten redusert med 40-50% nær passasjen, og i lavere nivå eller lengre unna er bedringen enda større. Endringen i vindkast er også tydelig og størst over 4 m-nivået, men bedringen er litt mindre enn for middelvindhastigheten.

Vi ser så på vindforholdene i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, dvs. for  $x=95$ . Disse er vist i figur 5.6 og i tabell 5.2. Generelt sett bedrer forholdene seg med økende avstand fra passasjen og det er liten forskjell mellom vinden ved bakken og i høyden.

I avstand 3-5 m fra E2 er det åpning nordøstover mellom de to rekkene av beplantning, men likevel får vi en reduksjon i 2 m-nivå på ca 40% med bakkevegetasjon. Videre innover i retning E1 avtar vindhastigheten inntil 6 m fra passasjen (11 m fra E2), men mindre og



mindre i forhold til ingen vegetasjon. Oppover i høyden er det en liten bedring 2 m fra passasjen, dvs. ved hjørnet på E1, men videre innover forverrer forholdene seg. 3 m fra hjørnet (11 m fra E2) er forholdene verre enn for ingen vegetasjon.



Figur 5.5.

Til venstre er vist vindvektorer i vertikalplanet for  $y=53.5$  m (se Appendiks B). Vi har blokk E4 til venstre på figuren, E1 til høyre, blokk E2 er usynliggjort på figuren. Til høyre er vist konturdiagram for vindhastigheten. For begge sider har vi øverst vindforholdene uten skjerming. I midten er vist forholdene ved kun bakkevegetasjon og nederst er vist forholdene når også klatreplantene er med. Vindhastigheten til venstre har en fargeskala fra 0 til 15.8 m/s, til høyre fra 0 til 10 m/s. Horisontalskalaen har 0-punkt for  $x=99$  (se Appendiks B). Vertikalskalaen er omtrent 2 x horisontalskalaen. For begge skalaer er avstanden gitt i meter. Vær oppmerksom på at vindhastigheten er gitt ved fargen på vindpilene, ikke ved lengden. Forskjell i lengde beror på pilenes forskjellige orientering i rommet.



Tabell 5.1.

Vindhastighet,  $v$  [m/s], og vindkast,  $v_g$  [m/s], i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ . Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ..., 14 ( $x=85$ ). Vertikalt er angitt høyden over bakken.

Forholdene er gitt ved helt flatt terreng.

Øverst: Ingen vegetasjon. I midten: Vegetasjon ved bakken. Nederst: Vegetasjon ved bakken og klatreplanter i høyden.

$v$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	8.8		7.8		6.7		5.6	
8	8.7		7.6		6.4		5.3	
6	8.4		7.4		6.1		4.9	
4	8.1		7.1		5.7		4.4	
2	7.5	7.1	6.3	5.5	4.8	4.1	3.5	2.9

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	20.5		19.2		15.3		12.2	
8	20.2		18.8		14.8		11.6	
6	19.7		18.2		14.2		10.9	
4	19.1		17.4		13.3		10.0	
2	17.8	18.1	15.7	13.2	11.4	9.6	8.1	6.8

$v$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	8.8		8.3		7.0		5.6	
8	8.4		7.9		6.5		5.1	
6	7.8		6.9		5.3		3.4	
4	6.2		5.1		3.2		1.7	
2	5.6	5.1	4.0	2.8	2.0	1.4	1.4	1.5

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	15.9		16.3		13.7		11.1	
8	15.2		15.5		12.8		10.3	
6	13.5		13.7		11.0		8.2	
4	12.7		11.8		8.3		5.7	
2	13.5	12.4	10.2	7.7	6.1	4.6	4.1	3.8

$v$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	4.8		4.7		3.3		2.1	
8	4.7		4.2		2.5		1.5	
6	4.4		2.8		1.3		1.5	
4	3.2		1.4		1.2		1.6	
2	5.3	4.8	3.7	2.5	1.8	1.3	1.3	1.4

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	11.3		10.5		7.8		5.7	
8	10.3		9.5		6.6		4.8	
6	9.6		7.1		4.6		4.2	
4	8.6		5.2		4.1		4.1	
2	11.9	11.2	9.3	7.1	5.7	4.4	3.9	3.6

Tabell 5.2.

Vindhastighet,  $v$  [m/s], og vindkast,  $v_g$  [m/s], i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ . Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ..., 15 ( $y=65$ ). Vertikalt er angitt høyden over bakken. Forholdene er gitt ved helt flatt terreng.

Øverst: Ingen vegetasjon. I midten: Vegetasjon ved bakken. Nederst: Vegetasjon ved bakken og klatreplanter i høyden.

$v$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				5.6		1.8		
8				5.8		2.1		
6				5.9		2.3		
4				5.9		2.5		
2		6.2	6.7	5.6	4.1	2.6	1.6	1.1

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				13.3		5.4		
8				13.7		5.7		
6				13.7		5.9		
4				13.7		6.1		
2		15.9	15.1	13.0	9.9	6.3	4.4	3.4

$v$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				5.2		2.5		
8				4.9		2.6		
6				4.3		2.8		
4				4.0		2.8		
2	2.4	3.6	4.1	3.5	2.9	2.4	2.0	1.8

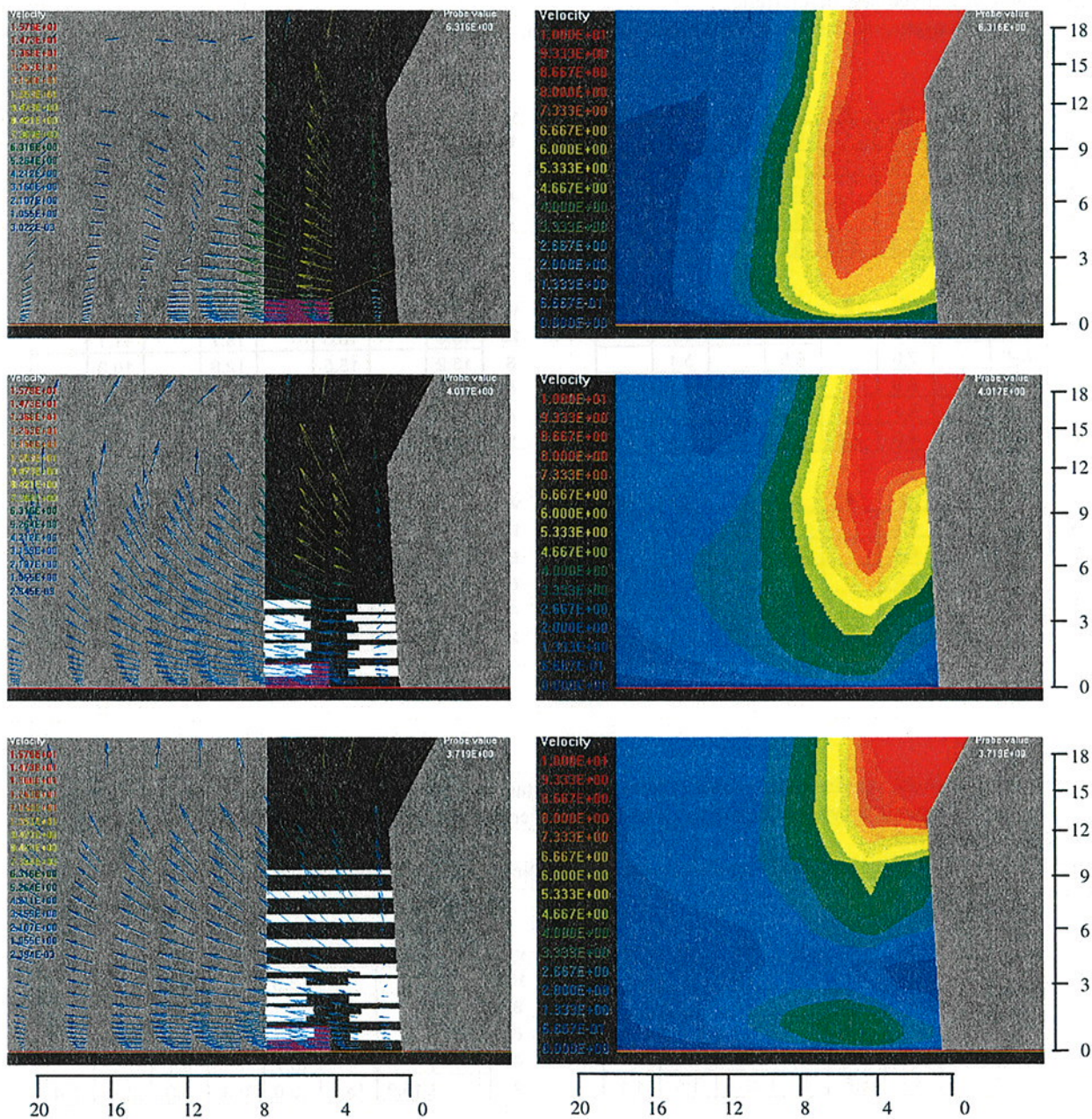
$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				12.1		6.2		
8				11.5		6.5		
6				9.6		6.6		
4				9.0		6.8		
2	7.9	9.9	9.6	8.5	7.3	5.9	4.6	4.0

$v$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				3.3		2.3		
8				2.9		2.0		
6				2.3		1.8		
4				2.1		1.8		
2	1.7	3.3	4.0	3.5	2.9	2.4	1.9	1.5

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				7.7		5.6		
8				7.2		5.1		
6				6.4		4.6		
4				6.0		4.7		
2	5.8	8.9	9.1	8.3	7.2	5.8	4.3	3.4



Med klatreplanter blir det ingen vesentlig bedring i 2 m-nivå, men oppover i høyden blir det forbedringer i både middelvindhastighet og vindkast. Like før hjørnet på E1 er det en reduksjon i vindhastigheten på 40-60%, men lenger inn, 3 m fra hjørnet, er det bare en merkbar reduksjon opp til 6 m.



Figur 5.6.

Til venstre er vist vindvektorer i vertikalplanet for  $x=95$  m (se Appendiks B). Vi har blokk E1 til venstre på figuren, E2 til høyre. Til høyre er vist konturdiagram for vindhastigheten. For begge sider har vi øverst vindforholdene uten skjerming. I midten er vist forholdene ved kun bakkevegetasjon og nederst er vist forholdene når også klatreplantene er med. Vindhastigheten til venstre har en fargeskala fra 0 til 15.8 m/s, til høyre fra 0 til 10 m/s. Horisontalskalaen har 0-punkt for  $y=50$  (se Appendiks B). For begge skalaer er avstanden gitt i meter. Vær oppmerksom på at vindhastigheten er gitt ved fargen på vindpilene, ikke ved lengden. Se kommentar i teksten til figur 5.5.



Vi kan altså konkludere:

**Bakkevegetasjon alene bidrar til nesten hele forbedringen av vindforholdene i 2 m-nivå. Oppover i høyden er det klatreplantene som bidrar mest.**

Beplantningen har relativt stor betydning for vindforholdene langs E2. Fra 4 til 12 m fra passasjen er reduksjonen 40-80% i forhold til ingen vegetasjon. Langs E1 er det bare en mindre vindhastighetsreduksjon i 2 m-nivå, helt i starten. Lenger innover øker vindhastigheten. Oppover i høyden har beplantningen en god effekt like før hjørnet på E1, men videre innover reduseres virkningen betydelig.

**Noe forenklet kan vi si at beplantningen i høyden har betydning for vindforholdene de nærmeste meterne langs E2, men omtrent ingen betydning langs E1.**

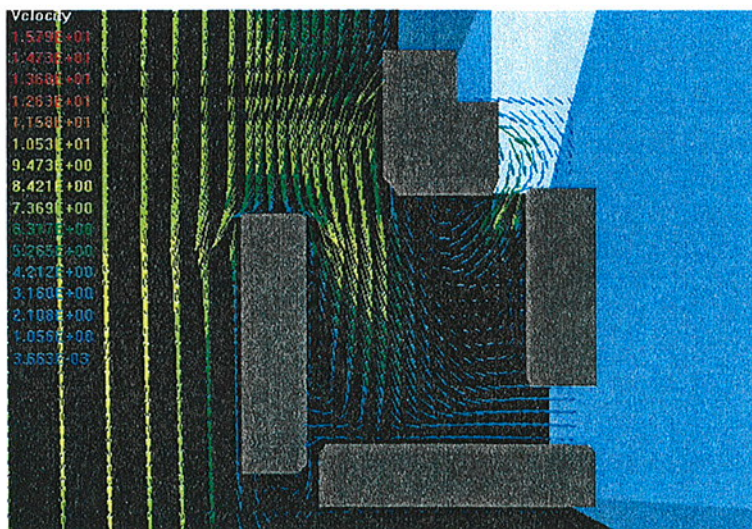
### 5.3. Forenklet tun og modellterreng.

Hovedhensikten med rapporten er å vise hvilken betydning skjermingstiltak vil ha på vindforholdene for tun E. Det som er viktig er altså den relative beskrivelsen av vindforholdene, ikke den absolutte, selv om vi ønsker at denne skal være så korrekt som mulig. Når vi innfører modellterreng, så er det for å se hvordan dette innvirker på endringen i vindforholdene med vegetasjon i forhold til ingen vegetasjon.

Vi har gjort de samme kjøringene, som vist i kapittel 5.2, med modellterreng. Resultatene er vist i tabellform i Appendiks J. Terrengmodellen gir litt lavere vindhastigheter enn helt flatt terreng. Ved inngangen til tunet ser vi at modellterrenget (uten vegetasjon) demper vinden 13% i 2 m-nivået, gradvis avtagende til 8% i 10 m-nivået. Men relativt sett er det bare en differanse på 5% mellom dempningen i øverste og nederste nivå i vertikalprofilen. Videre innover er dempningen større i 2 m-nivå enn i 10 m-nivå. Likevel blir virkningen av vegetasjonen i forhold til ingen vegetasjon omtrent den samme som for helt flatt terreng.

**Vi konkluderer med at modellterrenget har liten innflytelse på vurderingen av skjermingens betydning for vindforholdene, sammenliknet med det vi allerede har behandlet i kapittel 5.2.**

De typiske trekk i vindforholdene med bruk av helt flatt terreng er ikke vesentlig forskjellig fra det vi får med modellterreng. Se figur 5.7. Vi må understreke at modellterrenget er meget



forenklet i forhold til virkelighetens terreng og kan derfor ikke gi en fullgod beskrivelse av forholdene. Se Appendiks K for å sammenlikne.

Figur 5.7.

Vindvektorer i 2 m-nivå ved bruk av en enkel terrengmodell (vind fra 040°). Sml. med figur 5.1.



## I det videre arbeidet ser vi bort fra modellterrenget og benytter helt flatt terreng.

I det videre arbeidet vil vi se på skjermingens betydning for vindforholdene over hele tunet. Det er da naturlig å gjøre forsøk med et mer detaljert tun, der utstikkende inngangspartier og jordhaugen sentralt i tunet er med. Jordhaugen er noe stilisert og har i modellen en høyde på 3.25 m i punktet (75,70), se Appendiks B. I tabellene er alle parameterverdier for dette punktet gitt i høyde 5 m over tunet, for de øvrige punkter er høyden 2 m.

### 5.4. Detaljert tun og modell med helt flatt terreng.

Vi starter med å sammenlikne et mer detaljert tun med det forenklede tunet vi har arbeidet med tidligere. Se tabell 5.3 og mer fullstendig oversikt i Appendiks K.

Tabell 5.3.

Vindhastighet,  $v$  [m/s], og vindkast,  $v_g$  [m/s] i forskjellige punkter i tun E, i 2 m-nivå (med unntak for jordhaugen, skravert). Punktene er vist i Appendiks B. Modellen er kjørt med helt flatt terreng, uten vegetasjon. Øverst: Forenklet tun. Nederst: Detaljert tun.

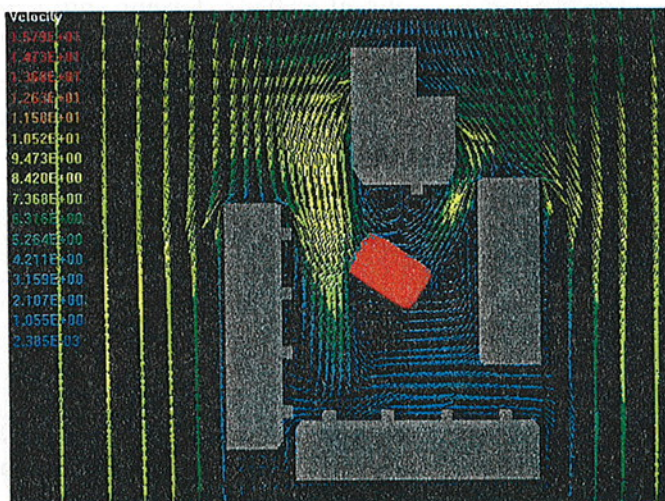
$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.9	8.1	7.1				
1	7.7		7.3	1.8		2.0	5.3
2	4.9		6.8	2.7	0.8	1.1	1.1
3	2.2		5.3	3.6		1.4	1.2
4	2.1		1.6	3.0		3.7	3.7

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.4	11.9	11.4				
1	13.2		11.1	4.5		4.8	11.4
2	8.5		10.0	5.7	3.4	3.7	4.1
3	5.7		8.4	6.4		3.6	3.0
4	5.8		5.7	6.8		7.1	6.5

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.7	8.2	7.6				
1	7.6		7.4	2.4		2.7	5.3
2	4.3		5.8		1.2		1.5
3	1.6		5.0	0.4		2.2	2.6
4	2.1		1.1	3.6		3.9	3.8

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.3	11.9	11.3				
1	13.6		10.9	5.2		4.5	9.6
2	8.8		14.0		2.7		3.4
3	5.2		8.1	3.5		4.8	4.8
4	5.3		5.7	8.5		7.0	7.0

Vi ser at jordhaugen og inngangspartiene gir relativt store endringer i punktene C3, D3 og E3 (mørk oransje felt), og noe endring i punktene A3, B2, B4, C1, D1 (lys oransje felt). Det er også tydelige endringer i vindkastene i punktene B2, C3, C4 og E3 (lys oransje felt). Selv om vindforholdene (se figur 5.8) i store trekk likner på de vi fant i kapittel 5.1, er det såpass mange punkter som har fått endrede vindverdier, at det synes fornuftig å gå videre med detaljert tun.



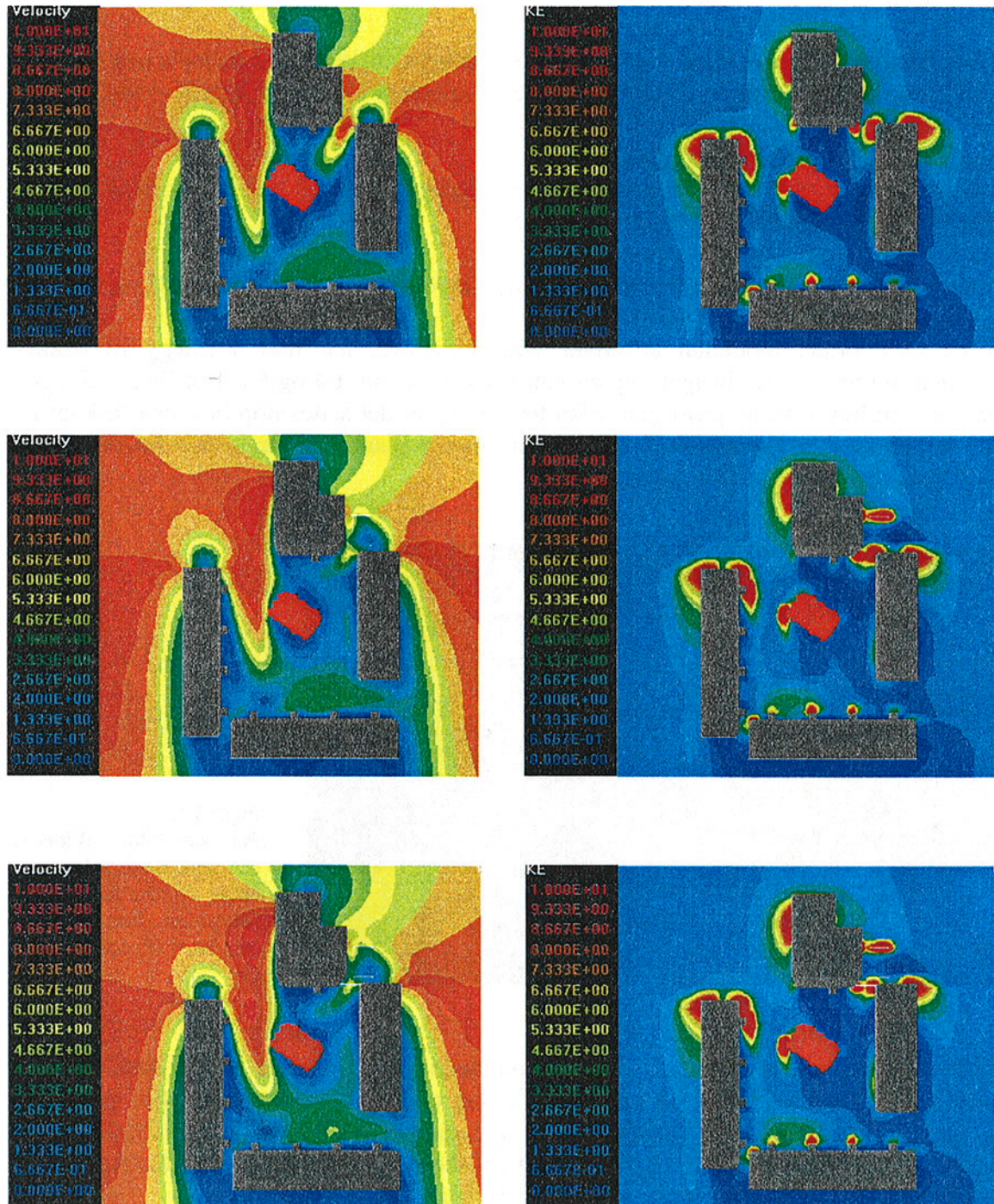
I det videre arbeidet benytter vi et mer detaljert tun og modell med helt flatt terreng.

Figur 5.8.

Vindvektorer i 2 m-nivå for detaljert tun ved vind fra 040°. Fargeskalaen til venstre viser vindhastigheten.



Jordhaugen fører til at hovedstrømmen gjennom passasjen E4/E1 bremses litt opp, og det blir et område på sørvestsiden med lite vind i 2 m-nivå, som blir litt større med jordhaug enn uten. Hovedtrekkene i sirkulasjonsmønsteret er de samme som vi har sett tidligere, men det kan være mindre endringer i enkelte områder, f.eks. nær inngangspartiene (sml. figur 5.9 øverst med figur 5.2-5.3).



Figur 5.9.

Til venstre: Middelvindhastighet [m/s]. Til høyre: Turbulent kinetisk energi [ $\text{m}^2/\text{s}^2$ ]. Øverst: Vindforholdene slik de er uten vegetasjon. I midten: Vindforholdene med vegetasjon langs bakken inn mot passasjen E1/E2. Nederst: Vindforholdene med vegetasjon langs bakken inn mot passasjen E1/E2 og med klatreplanter i høyden mellom blokkene.



Vi ser tydelig at bakkevegetasjon har en bremsende effekt på vindforholdene nær passasjen E1/E2, men ellers liten effekt på vindforholdene for tunet for øvrig. Forholdene bedrer seg ikke ytterligere ved å benytte klatreplanter i høyden, heller blir forholdene litt verre langs E2 (se Appendiks L). Selv med bakkevegetasjon inn mot E1/E2, og dermed smalere passasje, ser det ut til at lufta presses under klatreplantene og bidrar til å holde den fortsatt relativt sterke vindhastigheten inn i tunet ved like.

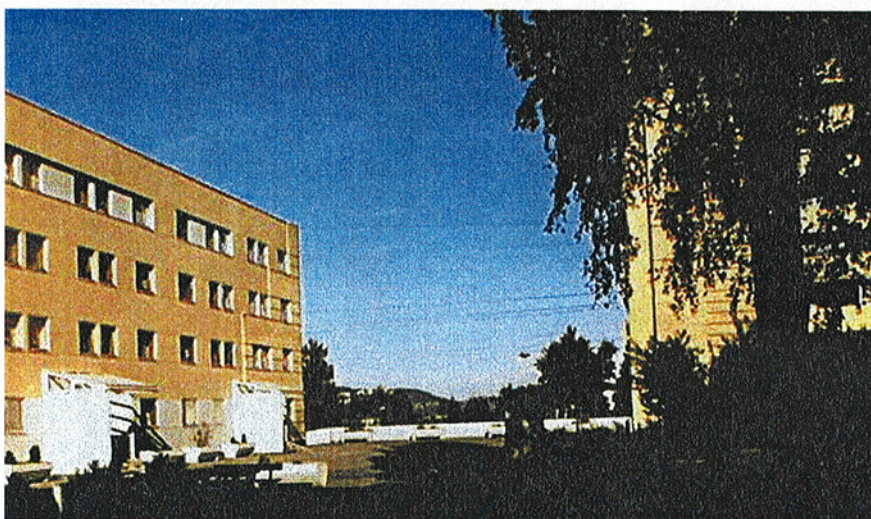
Det synes derfor opplagt at man må forsøke å bremse den kraftige luftstrømmen mellom blokkene E4 og E1, hvis man ønsker en bedring av forholdene for større deler av tunet.

#### 5.5. Detaljert tun og optimal skjerming.

I forhold til bakkevegetasjonen synes ikke klatreplantene i høyden å bidra til noen ytterligere forbedring av vindforholdene for tunet som helhet.

#### **I det videre arbeidet ser vi bort fra beplantning i høyden mellom blokkene E1 og E2.**

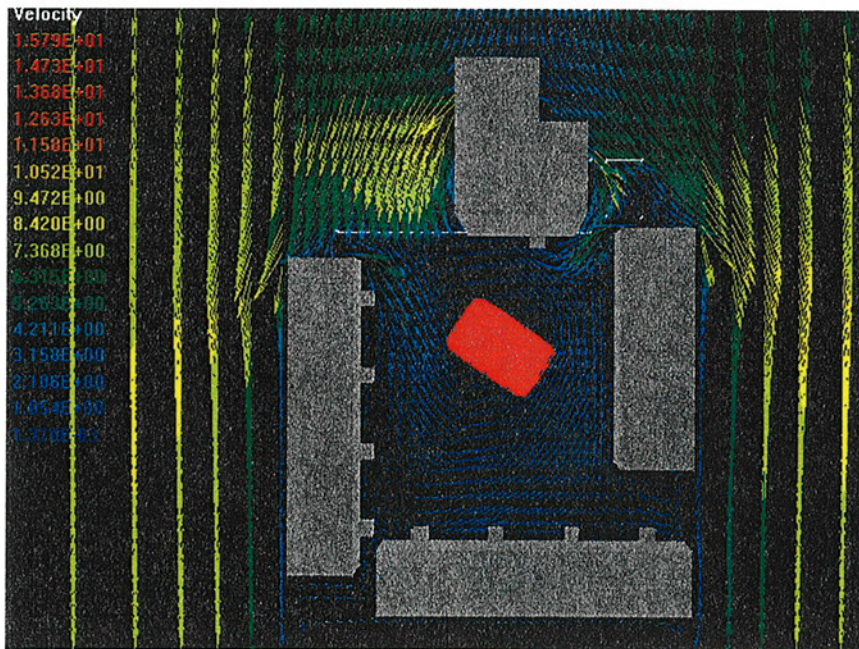
Vi vil nå se hvordan modellen beskriver vindforholdene, når man i tillegg til bakkevegetasjonen inn mot E1/E2 bygger opp en vindskjerm mellom E4 og E1. Det finnes allerede en murkant 1 m høy i denne passasjen. Man tenker seg at det settes opp benker i forkant av den lille muren med et gjerde bak. I kasser foran muren plantes det trær med høyde opp til 6 m, med buskvegetasjon mellom stammene.



Figur 5.10.  
Passasjen E4/E1. Bildet er tatt mot nordnordøst. Til høyre skimtes jordhaugen. Gangveien kommer opp mot tunet fra venstre, bak E4.

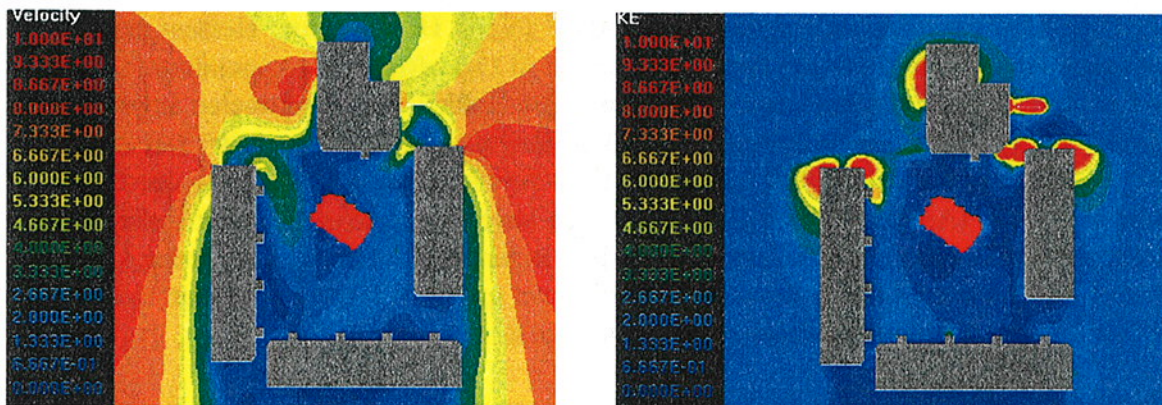
I modellen, der vi må ta hensyn til den celleinndeling som allerede er benyttet, tetter vi således igjen de nederste 1.5 m og har så en åpning på 0.5 m. Deretter benyttes en 50/75-skjerm opp til 5 m, tilsvarende beplantningen i passasjen E1/E2 (se kap. 5.2). Skjermen forlenges ca 5 m langs gangveien opp mot tunet i forhold til passasjeåpningen (se Appendiks B). Resultatet av modellkjøringene er vist i figur 5.11 og 5.12.





Figur 5.11. Detaljert tun og bakkebeplantning mellom blokkene E1 og E2, og mellom E4 og E1 (vind fra 040°). Begge vindskjermer har en høyde på 5 m.

Vi ser av figuren at luftstrømmen i passasjen E4/E1 er bremsert kraftig, men det strømmer luft opp gangveien til tunet, slik at det blir minst forbedring ved det nærmeste inngangspartiet til E4. Forøvrig er middelvinden kraftig redusert der den var sterk. Der hvor vinden i utgangspunktet var svak, kan det ha blitt en liten forverring, fordi hele sirkulasjonsmønsteret er litt endret. Selv om vinden generelt er svekket, vil det fortsatt være en ujevn vind i gangveien langs E4, opp mot tunet. Ytterligere detaljer om vindforholdene kan man finne i figur 5.12, i tabell 5.4 og i Appendiks L.



Figur 5.12. Detaljert tun. Til venstre: Middelvindhastighet [m/s]. Til høyre: Turbulent kinetisk energi [ $\text{m}^2/\text{s}^2$ ]. Vindforholdene slik de er med vegetasjon opp til 5 m høyde i passasjene E1/E2 og E4/E1.

I tabell 5.4 har vi, for sammenlikningens skyld også tatt med vindforholdene uten beplantning (øverst) og beplantning ved passasjen inn mot E1/E2 (i midten).



Tabell 5.4

Vindhastighet,  $v$  [m/s], og vindkast,  $v_g$  [m/s] i forskjellige punkter i tun E, i 2 m-nivå (med unntak for jordhaugen, skravert). Punktene er vist i Appendiks B. Modellen er kjørt med helt flatt terreng og detaljert tun. Øverst: Ingen vegetasjon. I midten beplantning ved bakken inn mot passasjen E1/E2. Nederst: Beplantning ved bakken inn mot E1/E2 og i passasjen E4/E1. Flere detaljer er vist i Appendiks L.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.7	8.2	7.6				
1	7.6		7.4	2.4		2.7	5.3
2	4.3		5.8		1.2		1.5
3	1.6		5.0	0.4		2.2	2.6
4	2.1		1.1	3.6		3.9	3.8

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.3	11.9	11.3				
1	13.6		10.9	5.2		4.5	9.6
2	8.8		14.0		2.7		3.4
3	5.2		8.1	3.5		4.8	4.8
4	5.3		5.7	8.5		7.0	7.0

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.6	8.1	7.3				
1	7.7		7.3	1.4		2.4	1.7
2	4.4		8.7		0.9		2.5
3	1.3		5.2	2.3		2.1	2.4
4	2.3		1.0	3.5		4.1	4.0

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.2	11.8	10.9				
1	13.6		10.8	3.5		4.1	4.8
2	9.0		17.8		3.8		4.6
3	5.1		8.5	5.0		5.1	4.9
4	5.7		5.9	8.7		7.5	7.3

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	4.2	2.7	1.0				
1	4.5		1.6	1.1		2.3	1.6
2	2.3		2.3		1.6		2.4
3	0.6		1.6	1.4		2.3	2.4
4	0.9		1.4	2.3		1.8	0.9

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	9.6	6.6	3.5				
1	9.9		4.0	2.3		4.0	4.8
2	5.7		5.6		4.0		4.2
3	4.2		4.1	3.3		4.6	4.5
4	4.5		4.9	5.4		4.1	3.0

## 6. Modellkjøringer med vind fra 060° (østnordøst)

Som vi har nevnt tidligere ligger fremherskende vindretning i sørlige del av Groruddalen i intervallet 020-060°, med hovedtyngden på 040-050° (Valle Hovin, kilde: Helsevernetaten). Vindretningen er altså dreid 10-20° mot øst i forhold til Oslo-Blindern (Appendiks H, tabell H1). Det er også foretatt vindmålinger ved Furuset (på "lokket" der Jerikoveien krysser E6, kilde: Statens Vegvesen). Her har imidlertid vindmåleren i perioder vist 180° feil retning. Dersom vi korrigerer for en slik feil, ser det ut til at fremherskende vindretning der ligger i intervallet 050-060° (Appendiks H, tabell H2). Også terrenget omkring Furuset indikerer at fremherskende vindretning er dreid noe mer østlig lenger nord i Groruddalen, men kanskje ikke så mye på Trosterud som på Furuset. Det er likevel grunn til å kjøre modellen med vind fra 060° for å se om dette endrer vindforholdene for tun E.

### 6.1. Detaljert tun og modell med helt flatt terreng

Vi ser da på detaljert tun, først uten noen vegetasjon og dernest med optimal vegetasjon, dvs. beplantning ved bakken både inn mot passasjen E1/E2 og i passasjen E4/E1.

Slik forholdene er i dag (dvs. uten vegetasjon) blir sirkulasjonsmønsteret for tunet tydelig endret når vinden dreier 20 grader mot øst til 060°.

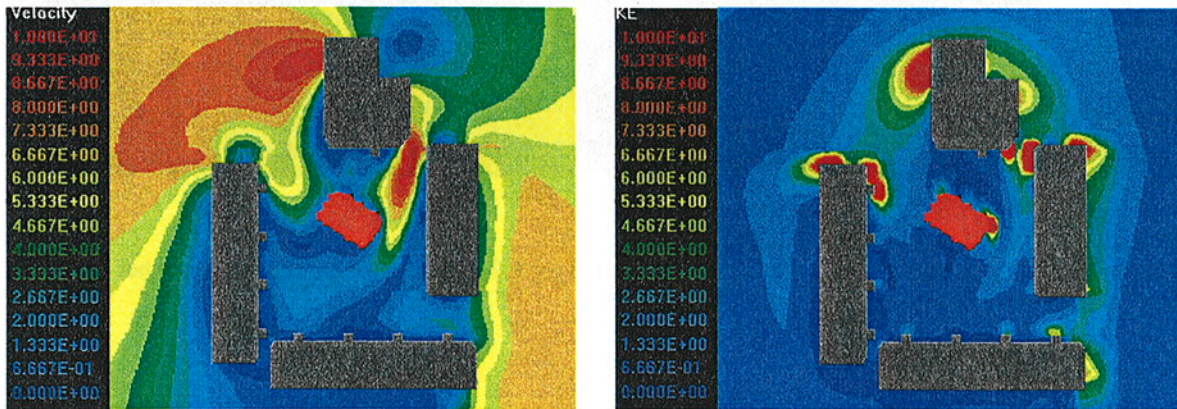
Ved vind fra 040° er det den nordvestlige delen av tunet som har mest vind, og det er relativt mye vind frem til andre eller tredje inngang, gradvis avtagende fra passasjen E4/E1. Dernest er det mye vind i nærheten av passasjen E1/E2, men denne når ikke mer enn halveis frem til jordhaugen. Et tredje område med vind er langs E3, utenfor de tre sørøstligste inngangene.



Når vinden dreier til 060°, viser modellen at vinden i passasjen E1/E2 øker og når frem til jordhaugen og forbi den, selv om den gradvis svekkes innover. Vinden utenfor E4 avtar og når ikke lenger enn til jordhaugen, og vinden utenfor E3 er kraftig redusert. Der er det faktisk en tendens til at luften strømmer inn i tunet i stedet for ut av det. Se figur 6.1-6.2 (og sammenlign med figur 5.1-5.3).



Figur 6.1.  
Vindvektorer i 2 m-nivå ved vind fra 060° og ingen vegetasjon som skjerming. Fargeskalaen til venstre viser vindhastigheten. Vær oppmerksom på at fargeskalaen er en annen på figurene under.



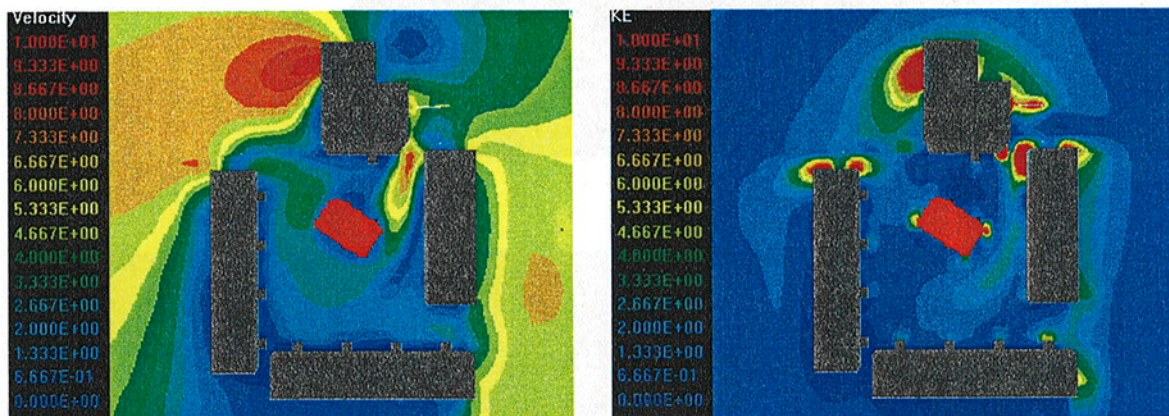
Figur 6.2.  
Vindforholdene uten vegetasjonsskjerming. Til venstre: Middelvindhastighet [m/s]. Til høyre: Turbulent kinetisk energi [m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>].

Det som imidlertid er avgjørende er hvordan den planlagte beplantningen innvirker på vindforholdene med en slik vindretning. I figurene 6.3-6.4 ser vi at vinden for store deler av tunet er kraftig svekket. Det er fortsatt en del vind i nærheten av passasjen E1/E2 og vinden er blitt litt sterkere på vestsiden av jordhaugen. Det er særlig den nordøstre del av tunet som får en bedring i vindforholdene, mens den sørvestre delen av tunet fortsatt får relativt lite vind, ev. en svak vindøkning. Se også tabellene M1-M2 i Appendiks M.





Figur 6.3.  
Vindvektorer i 2 m-nivå ved vind fra 060° og vegetasjonsskjerming inn mot E1/E2 og i passasjen E4/E1. Vær oppmerksom på at fargeskalaen til venstre er annerledes på figurene under.



Figur 6.4.  
Vindforholdene med samme vegetasjonsskjerming som i figur 6.3. Til venstre: Middelvindhastighet [m/s]. Til høyre: Turbulent kinetisk energi [ $\text{m}^2/\text{s}^2$ ].

### Konklusjon:

Enten vindretningen er fra 040° eller 060° vil beplantning langs bakken inn mot passasjen E1/E2 og i passasjen E4/E1 føre til at vinden blir kraftig redusert i nærheten av vegetasjonsskjermene, dvs. i den nordøstre delen av tunet. I den sørvestre del av tunet får vi en forbedring av vindforholdene ved vind fra 040°, men en svak vindøkning ved vind fra 060°, i et område som i utgangspunktet har relativt lite vind sammenliknet med de nevnte passasjer.

Vi har i denne undersøkelsen forutsatt at den modellerte vegetasjonsskjermingen er relativt tett. Dersom det benyttes løvtrær som mister løvet vinterstid, vil skjermingens effekt være mindre i vinterhalvåret enn i sommerhalvåret. Dette går tydelig frem av figur 3.1 (Valaholm, sommer og vinter).



## 7. Referanser

1. Panofsky, H. A. and Dutton, J. A.:  
Atmospheric Turbulence. Models and Methods for Engineering Applications.  
John Wiley & Sons, Inc. US, 1984
2. Per Øyvind Nordli og Knut Harstveit:  
Endringer i lokalklima ved fjerning av delar av Svelvik-ryggen i Hurum kommune.  
DNMI-rapport 28/99 KLIMA, 1. oktober 1999
3. Gröna Fakta, "Plan(t)era for lå!"  
Movium, 1992
4. Knut Harstveit og Lars Andresen:  
Ekstremvindanalyse for kyststrekningen Rogaland-Finnmark.  
DNMI-rapport 7/94 KLIMA, 1. mars 1994



# APPENDIKS



## Appendiks A. Søknad om "bomiljøtilskudd" for skjermingstiltak i Fagerholt borettslag

Bolig- og eiendomsetaten, Byfornyelsesavdelingen  
v/Solveig Skaare  
Pb 4753 -Sofienberg  
0506 Oslo

Deres brev:

Deres ref.: SS

Vår ref.: HJO

Dato: 13.04.99

### Søknad om "bomiljøtilskudd" for skjermingstiltak i Fagerholt borettslag

Viser til møte med Solveig Skaare, 23.03.99 og søker hermed om "bomiljøtilskudd" for planarbeidet med skjermingstiltak i Fagerholt borettslag.

#### Bakgrunn

Fagerholt borettslag ligger i Groruddalen og er et av Norges største borettslag med 663 leiligheter. I forbindelse med forprosjektering av utearealene i borettslaget som ble utarbeidet av Asplan Viak as november 1998, ble det påpekt flere vindutsatte fellesarealer som følge av høybebyggelsens orientering og utforming. Det ble videre utarbeidet prinsipielle skjermingstiltak, både når det gjelder vegetasjonsskjerming og fysisk bygde leskjermer for å øke kvaliteten på eksisterende og planlagte oppholdsarealer.

Borettslaget ønsker nå og gå videre med foreslåtte skjermingstiltak nordøst i området, et "wireanlegg" med klatreplanter spent mellom bygningsvolumene. I utført klimavurdering samt av beboerne, påpekes området som ett av det mest vindutsatte i hele borettslaget.

Da det i Norge ikke tidligere er utført tilsvarende skjermingstiltak, ansees prosjektet som et "pilotprosjekt". Det vil bl.a være nødvendig med dokumentering av dagens vindforhold på stedet, for å kunne komme fram til riktig materialbruk, dimensjoner og lignende.

#### Planarbeidet

Asplan Viak as ønsker å få utført en 3D modellering av området for å få beregnet dagens vindforhold, samt modellere skjermens wireavstand (tetthet) og undersøke dens effekt. Avklaring av vindforholdene på stedet er dessuten nødvendig for å kunne beregne og dimensjonere anlegget. Det norske meteorologiske institutt (DNMI) ved Knut Harstveit kan utføre et slikt 3D studie av vindforholdene på stedet. De tilbyr seg å legge inn 50% egeninnsats på prosjektet da de anser dette som et utviklingsprosjekt de ønsker å være med på. Planprosessen vil dokumenteres i en enkel "prosjektrapport".



**Kostnadsoverslag:**

Nedenfor følger et fullstendig budsjett for det videre planarbeid med "wireanlegget":

DNMI, 3D modellering med beregninger: (av dette beløpet er 50% egeninnsats fra DNMI trukket fra)	<u>kr. 23.500,-</u>
Asplan Viak as: Prosjektstyring, videreutvikling og dokumentasjon: 32 t x 520,-	<u>kr. 16.460,-</u>
Dr. Techn. Kr. Apeland: Befaring, beregninger, innfestingsdetaljer: 520,- x 20 t	kr. 10.400,-
Sum planarbeid:	<u>kr. 50.360,-</u>

+ 4 % biomkostninger på kopiering og lignende.

Det understrekes at kostnader for selve gjennomføringen av prosjektet ikke er inkludert i beløpet ovenfor. Prosjektet kan først kostnadsberegnes når hele planarbeidet er utført.

Fagerholt borettslag har foreløpig bidratt med følgende egenandel i forprosjekteringsfasen. Beløpet er ikke tatt med i summen ovenfor.

Klimaanalyse, forprosjektering av skjermingstiltak : kr.36.280,-

**Gjennomføring**

Planarbeidet med "pilotprosjektet" vil bli utført av Asplan Viak as ved sivilarkitekt Hanne C. Jonassen som har spesialkompetanse på klimaanalyser og klimatilpassning (se CV) i samarbeid med DNMI ved Harstveit og Dr. Techn. Kristoffer Apeland as ved Larsen. Prosjektet kan starte straks finansiering er avklart.

Vedlagt følger brev fra Fagerholt borettslag v/ styreformann Halvard Opstad som bekrefter at de ønsker å gjennomføre prosjektet, notat som viser status på prosjektet per 24.03.99, prosjektskisser som foreligger fra forprosjektet (nov. -98) samt CV for Hanne Jonassen.

Vi håper Dere finner prosjektet interessant og påpeker at dette er et utviklingsprosjekt der innsatsen som nå legges ned gir viktige erfaringer som kan komme tilsvarende prosjekter til gode.

Vi håper på snarlig positivt svar, og ettersender gjerne mer foreliggende materiale på prosjektet.

Med vennlig hilsen  
for Asplan Viak AS

Hanne Jonassen



### Appendiks B. Fagerholt borettslag – tun E.

Som nevnt er tun E plassert i strømningsmodellen innenfor et kvadrat på 150x150 m. Med utgangspunkt i det sørlige hjørnet av dette kvadratet (origo) og x-aksen langs lengderetningen på E2 (040°) og y-aksen langs lengderetningen på E3 (310°), kan et hvilket som helst punkt (x,y) på tunet beskrives med koordinatene x og y. Midtpunktet i tunet, dvs. lengst unna alle bygninger, er (68.5,75.25).

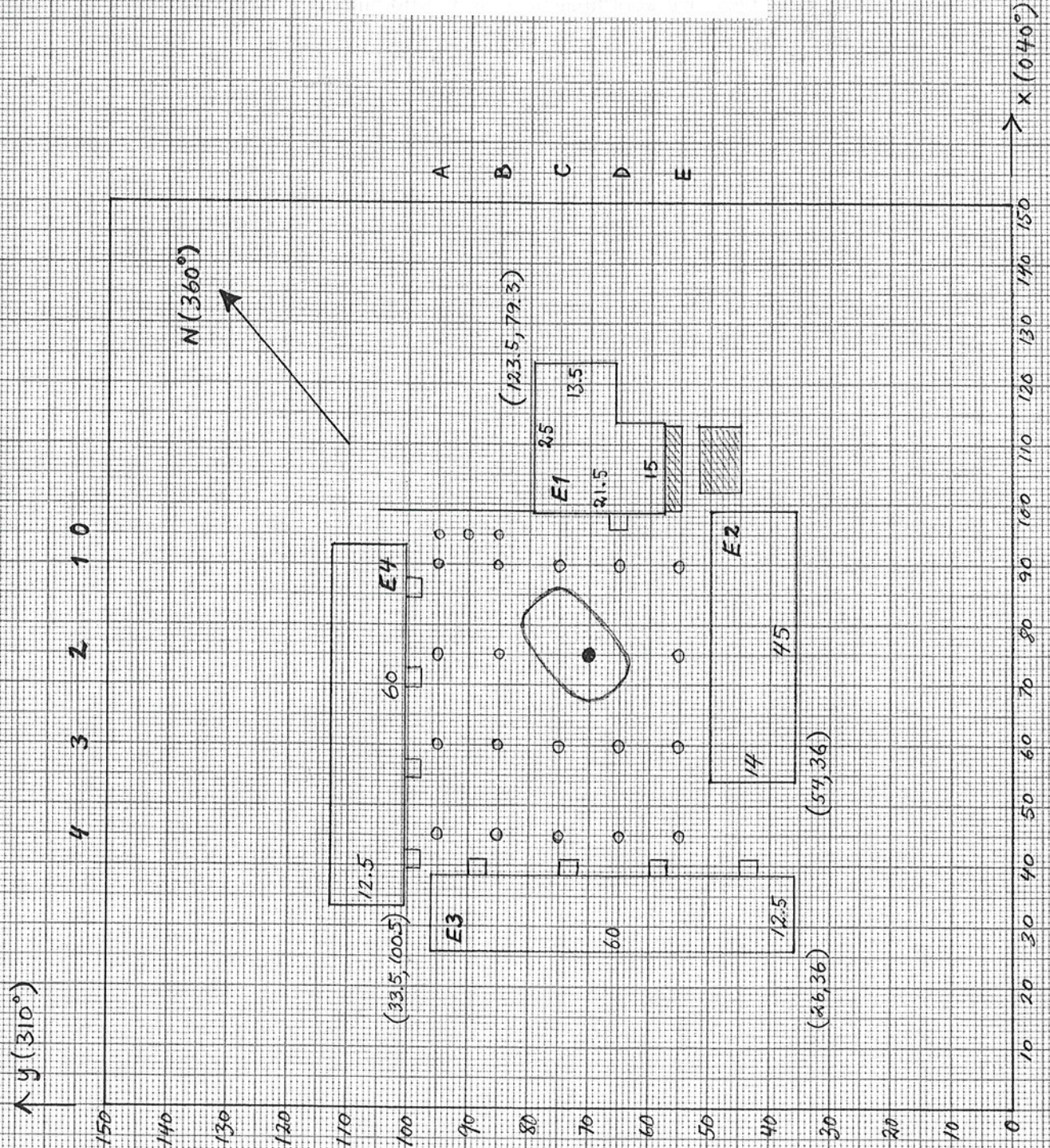
I modellkjøringene er vist beregnede verdier i punktene A1-E4 i skissen:

A0 (95,95)	ab0 (95,90)	B0 (95,85)				
A1 (90,95)		B1 (90,85)	C1 (90,75)		D1 (90,65)	E1 (90,55)
A2 (75,95)		B2 (75,85)	C2 (75,75)	cd2 (75,70)	D2 (75,65)	E2 (75,55)
A3 (60,95)		B3 (60,85)	C3 (60,75)		D3 (60,65)	E3 (60,55)
A4 (45,95)		B4 (45,85)	C4 (45,75)		D4 (45,65)	E4 (45,55)

Punktene ab0 og cd2 er to ekstra punkter. Sistnevnte ligger på jordhaugen. Skissen gjengir en forenklet modell av tunet i målestokk 1:1000.



# Skisse av region 3,2 og tun E i målestokk 1:1000





### Appendiks C. Vind- og turbulensprofil.

I modellkjøringene har vi valgt en ruhet ( $z_0$ ) på underlaget inn mot Fagerholt borettslag på  $z_0=0.3$  m. Av likning C.1 får vi da at vindprofilet kan beskrives som et potensprofil med eksponent,  $n=0.22$ . Likning C.1 fremkommer ved å tilpasse et potensprofil til et logaritmisk profil for høydeintervallet 0-30 m. Som initialbetingelser benyttes dette profilet helt opp til 100 m. Likning C.2 gir potensprofilet.

$$\text{C.1} \quad n = 0.26 \cdot z_0^{0.14} \quad ,$$

der  $n$  er eksponenten i det tilhørende potensprofilet og  $z_0$  ruhetsparameteren.

$$\text{C.2} \quad \frac{v(z=10)}{v(z)} = \left(\frac{10}{z}\right)^n \quad ,$$

der  $v$  er middelvindhastigheten og  $z$  er høyden over bakken (1). Likning C.3 beskriver variasjonen av vindkastfaktoren,  $k_{g,3s}$ , med høyden,  $z$ , se (4). Vindkastfaktoren er forholdet mellom sterkeste 3 s vindkast i løpet av en 10 minutters periode og middelvinden i samme periode.

$$\text{C.3} \quad \frac{k_{g,3s}(z)-1}{k_{g,3s}(z=10)-1} = \left(\frac{10}{z}\right)^n \quad ,$$

Når  $k_{g,3s}$  er kjent i 10 m høyde, kan  $k_{g,3s}$  beregnes for en vilkårlig høyde,  $z$ . Turbulensintensiteten  $I_u$ , er definert som forholdet mellom standardavviket,  $\sigma_u$ , av øyeblikksmålinger i bevegelsesretningen,  $u_i$ , og middelvinden over 10 min,  $v_{10\text{min}}$ , se likning C.4.

$$\text{C.4} \quad I_u = \frac{\sigma_u}{v_{10\text{min}}}$$

Vi beregner  $k_{g,3s}$  lettest ved å knytte den til turbulensintensiteten,  $I_u$ , gjennom likning C.5 (4), der  $I_u$  igjen er empirisk bestemt ved  $z_0$ , von Karman's konstant ( $\kappa=0.41$ ) og en empirisk konstant ( $A=2.39\pm 0.03$ ) i likning C.6 (1).

$$\text{C.5} \quad I_u = \frac{k_{g,3s} - 1}{2.6}$$

$$\text{C.6} \quad I_u = \frac{\kappa A}{\ln \frac{z}{z_0}}$$

Samtlige likninger gjelder flatt terreng. For  $z_0=0.3$  m får vi av likning C.6 at  $I_u(z=10 \text{ m})=0.28$  og av likning C.5 får vi  $k_{g,3s}(z=10 \text{ m})=1.73$ . Likning C.3 og C.5 gir likning C.7:



$$C.7 \quad \frac{I_u(z)}{I_u(z=10)} = \left(\frac{10}{z}\right)^n$$

Det er kjent at standardavviket i vindhastigheten,  $\sigma$ , er proporsjonal med kvadratroten av turbulent kinetisk energi per masseenhet,  $ke$ . Av (1) kan man utlede at horisontalkomponenten av standardavviket i bevegelsesretningen,  $\sigma_u$ , er:  $\sigma_u = A \cdot \sigma / \sqrt{A^2+B^2+C^2}$ , der  $A=2.39$ ,  $B=1.92$  og  $C=1.25$ . Det vil si:  $\sigma_u = 0.7219 \sigma$ . Vi får da likning C.8:

$$C.8 \quad ke = \frac{1}{2} \sigma^2 \Rightarrow \sigma_u = 1.0209 \cdot \sqrt{ke}$$

Likningene C.4 og C.8 gir turbulensintensiteten som en funksjon av turbulent kinetisk energi (likning C.9).

$$C.9 \quad I_u = 1.0209 \cdot \frac{\sqrt{ke}}{v_{10\min}} \approx \frac{\sqrt{ke}}{v_{10\min}}$$

Ved bruk av likningene C.5 og C.9 kan vindkastfaktoren,  $k_g$ , beregnes og derved maksimalt vindkast,  $v_g$ , som en funksjon av turbulent kinetisk energi (likning C.10).

$$C.10 \quad v_g \approx v_{10\min} + 2.6 \cdot \sqrt{ke}$$

For  $z_0=0.3$  m får vi, ved å benytte likningene C.2, C.3 og C.7 ovenfor, følgende vertikale profil av middelvinden,  $v_{10\min}$ , vindkastfaktoren, turbulensintensiteten,  $I_u$  og maksimalt vindkast,  $v_g = k_{g,3s} \cdot v_{10\min}$  (tabell C1).

Tabell C1.

Vind- og turbulensprofil ved ruhetsparameter,  $z_0=0.3$  m.

z [m]	$v_{10\min}$ [m/s]	$k_{g,3s}$	$I_u$	$v_g$ [m/s]
2	7.0	2.04	0.40	14.3
3	7.7	1.95	0.36	15.0
4	8.2	1.89	0.34	15.5
5	8.6	1.85	0.33	15.9
6	8.9	1.81	0.31	16.1
7	9.2	1.79	0.30	16.5
8	9.5	1.76	0.29	16.7
9	9.8	1.74	0.29	17.1
10	10.0	1.73	0.28	17.3
20	11.6	1.62	0.24	18.8
30	12.7	1.57	0.22	19.9
40	13.6	1.54	0.21	20.9
50	14.2	1.51	0.20	21.4



### Appendiks D. Strømningskanalen.

Vi har valgt en strømningskanal med lengde  $x=8$  km, bredde  $y=500$  m og høyde  $z=100$  m. I horisontalplanet ( $x,y$ ) er området delt inn i 5 regioner i  $x$ -retning og 3 regioner i  $y$ -retning. Innenfor hver region er det igjen inndeling i celler, se tabell D1. Med potensering menes hvordan cellene innenfor en region er fordelt etter størrelse. Potensering opp mot tallverdi 1 betyr at alle cellene er nesten like store og jevnt fordelt. Tallverdi ned mot null betyr at cellenes størrelse avtar eller øker eksponentielt innenfor regionen.

Tabell D1.

Region- og celleinndeling i horisontalplanet. I horisontalplanet er det altså  $48 \times 31 = 1488$  celler.

x-retning	Størrelse [m]	Antall celler	Potensering	y-retning	Størrelse [m]	Antall celler	Potensering
Region 1	3000	7	0.80	Region 1	175	10	0.80
Region 2	175	10	0.80	Region 2	150	11	1.00
Region 3	150	11	1.00	Region 3	175	10	-0.80
Region 4	175	10	-0.80				
Region 5	4500	10	-0.80				

Tabell D2.

Region- og celleinndeling i vertikalplanet. I vertikalplanet er det altså 27 celler. Totalt er hele strømningskanalen delt inn i  $1488 \times 27 = 40,176$  celler.

z-retning	Intervall [m]	Størrelse [m]	Antall celler	Vindhastighet [m/s]	Turbulensintensitet [%]
Region 1	0.0-0.5	0.5	4	4.4	0.63
Region 2	0.5-1.5	1.0	4	6.0	0.46
Region 3	1.5-2.5	1.0	2	7.0	0.40
Region 4	2.5-3.25	0.75	1	7.6	0.37
Region 5	3.25-3.75	0.5	1	7.9	0.35
Region 6	3.75-4.5	0.75	1	8.2	0.34
Region 7	4.5-5.0	0.5	1	8.5	0.33
Region 8	5.0-6.0	1.0	1	8.8	0.32
Region 9	6.0-6.5	0.5	1	9.0	0.31
Region 10	6.5-7.5	1.0	1	9.2	0.30
Region 11	7.5-8.0	0.5	1	9.5	0.30
Region 12	8.0-9.0	1.0	1	9.6	0.29
Region 13	9.0-9.5	0.5	1	9.8	0.28
Region 14	9.5-10.8	1.3	1	10.0	0.28
Region 15	10.8-13.5	2.7	1	10.4	0.27
Region 16	13.5-20.0	6.5	1	11.2	0.25
Region 17	20.0-30.0	10.0	1	12.2	0.23
Region 18	30.0-42.5	12.5	1	13.3	0.21
Region 19	42.5-60.0	17.5	1	14.3	0.20
Region 20	60.0-100.0	40.0	1	15.8	0.18

Det slippes luft inn gjennom den ene endeflaten av kanalen, der vindhastigheten følger et potensprofil (definert ovenfor). Gjennom den andre endeflaten og gjennom sideflatene slippes luft ut. I toppflaten er det ikke lagt noe utslipp. I  $z$ -retningen er kanalen inndelt i 20 lag, dvs.



20 regioner, med ytterligere inndeling i celler i de nederste regionene (tabell D2). Potensprofilen er satt opp med en eksponent  $n=0.22$ . Vindhastighet og turbulensintensitet, beregnet for midtpunktet i hvert regionintervall, er lagt inn i overensstemmelse med likningene i Appendiks C.

Inndelingen i tabell D2 er valgt med tanke på høyden på de objekter som skal plasseres i modellen (vindskjermene og høyden på bygningene).

### Initialtilstand

I Phoenics strømningsmodell er valgt følgende initialfunksjoner og –verdier:

#### Models:

Equation formulation:	Elliptic-Staggered
The simulation is:	ONE_PHASE
Solution for velocities and pressure:	ON
Free-surface models:	OFF
Energy Equation:	OFF
Turbulence models:	KEMODL uten settings
Radiation models:	OFF
Combustion models:	OFF

#### Properties:

Samtlige innstillinger:	Standard
-------------------------	----------

#### Initialisation:

Initial conditions additive:	NO
Muli-run starts from previous runs:	NO
Initial value for each variable:	$P1=10^{-1}$ , $U1=-10$ , $V1=W1=10^{-3}$ , $KE=10$ , $EP=10^2$ , $EPKE=10$

#### Sources:

Gravitational forces:	OFF
Cyclic boundary conditions:	OFF
Use Earth-Generated wall functions:	T
Coeff. for auto wall functions:	LOG-LAW
Global wall roughness:	3.000E-01 m
Rotation speed for rotating coordinate systems:	0.000E+00 rad/s
Potential flow:	F
Resistance coefficient:	1.000E+04

#### Numerics:

Total number of iterations:	1200
Global convergence criterion:	1.000E-01 %
Relaxation control:	$P1=-1$ , $U1=V1=W1=1$ , $KE=EP=-0.5$ , $EPKE=-1$
Øvrige innstillinger:	Standard

#### Ground:

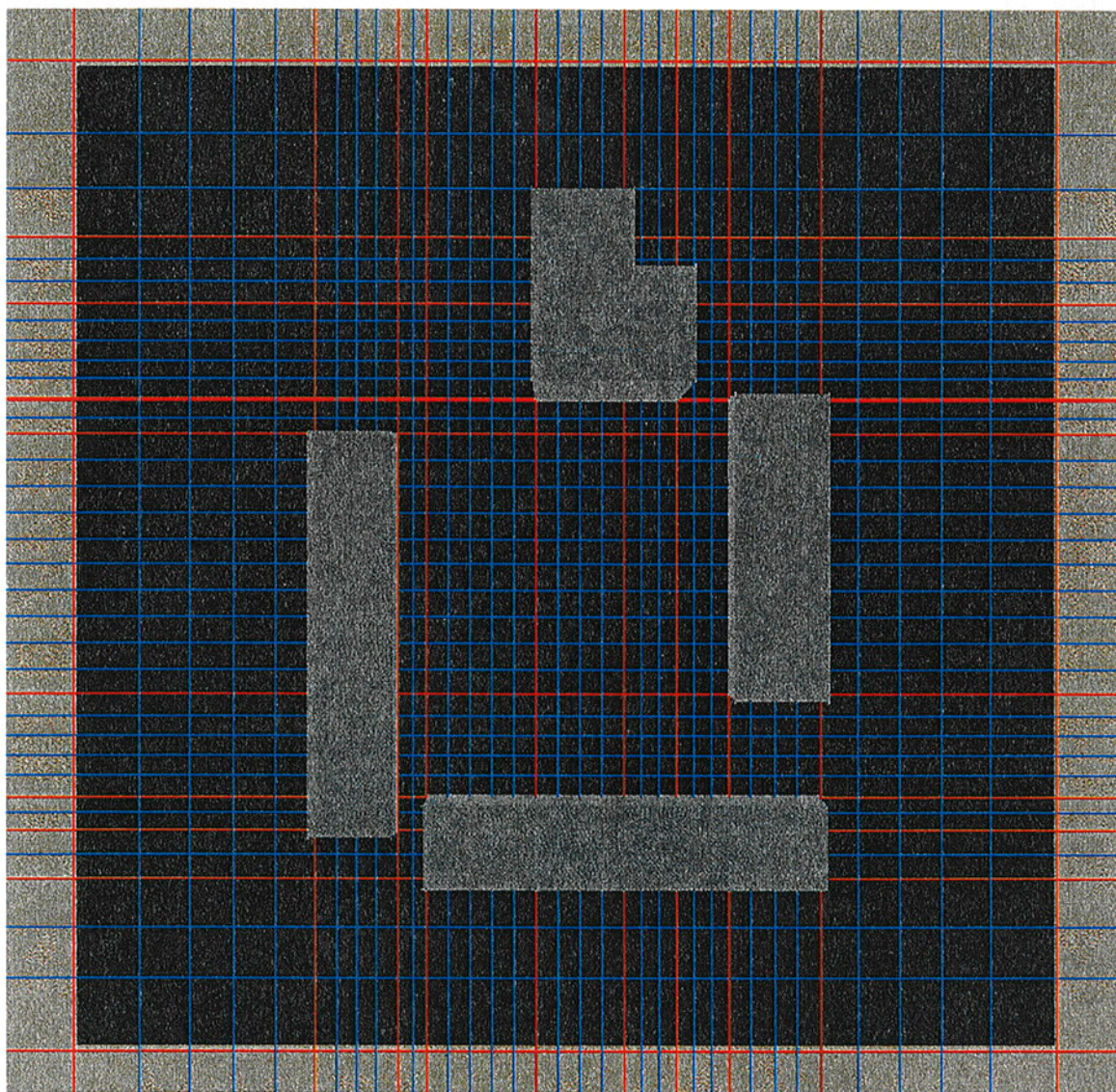
Samtlige innstillinger:	Standard
-------------------------	----------

For forenklet tun er estimert kjøretid for 1200 iterasjoner er 2:30 t. Konvergens etter ca 600 iterasjoner. For detaljert tun og maksimal skjerming er estimert kjøretid for 1500 iterasjoner ca 24 timer.



### Celleinndeling i opprinnelig horisontal region 3,2

Opprinnelig horisontal region 3,2 er markert med svart bakgrunn, avgrenset av brun kant. Region 3,2 er som tidligere nevnt 150x150 m i utstrekning. Rutenettet er orientert 040-220° i arkets lengderetning (figur D1). Når tun E legges inn, øker antall regioner. Celleinndelingen tilpasses deretter. Antall regioner og celler øker ytterligere når vindskjerming og detaljer i tunet legges inn.



Figur D1.  
Region- og celleinndeling i den opprinnelige region 3,2.

Antall celler når tun E er lagt inn i modellen, øker til  $73 \times 55 \times 27 = 108,405$ . Med et detaljert tun og maksimal skjerming benytter vi nærmere 200,000 celler.



### Appendiks E. Resultater av modellkjøringer for region 3,2.

Region 3,2 har en utstrekning på  $150 \times 150 \text{ m}^2$ , se Appendiks B. Vertikalprofil av middelvindhastighet,  $u$ , turbulent kinetisk energi,  $ke$  og avledet turbulensintensitet,  $I_u$  (likning C.9, Appendiks C), er presentert for samtlige hjørner: nord (140,140), øst (140,10), sør (10,10) og vest (10,140), og for midten av området: (75,75). Det viser seg at hjørnene i nord og øst gir identiske verdier, likeledes hjørnene i sør og vest (tabell E1).

Tabell E1.

Resultat av modellkjøringer for region 3,2 i "tom" strømningskanal.

z	(140,140) – (140,10)			(10,10) – (10,140)			(75,75)		
	u	ke	$I_u$	u	ke	$I_u$	u	ke	$I_u$
2	6.87	1.87	0.20	6.88	1.87	0.20	6.89	1.88	0.20
5	8.54	1.88	0.16	8.56	1.89	0.16	8.57	1.89	0.16
10	9.74	1.89	0.14	9.76	1.89	0.14	9.78	1.90	0.14
20	10.94	1.96	0.13	10.95	1.96	0.13	10.97	1.96	0.13
50	12.93	1.98	0.11	12.92	1.98	0.11	12.90	1.98	0.11
10/2	n=0.217			n=0.217			n=0.218		

Som tabellen viser har vi fått tilnærmet samme verdi av  $u$ ,  $ke$  og  $I_u$  over hele regionen og i alle høyder, og et perfekt vindprofil. Turbulent kinetisk energi,  $ke$ , er tilnærmet konstant med høyden, slik den etter teorien skal være. Dermed får vi også et riktig turbulensprofil, men med for lave verdier. Forholdet mellom forventet  $I_u$  og modellert  $I_u$  er tilnærmet lik 2. Etter teorien skal forholdet være tilnærmet lik 1.

Dette betyr at beregningen av vindkast, som en funksjon av  $ke$  (likning C.10 i Appendiks C), blir usikker. Med en  $ke$ -verdi på  $1.9 \text{ m}^2/\text{s}^2$  får vi i 2 og 10 m nivå hhv.  $v_g=7.0+3.6=10.6 \text{ m/s}$  og  $10.0+3.6=13.6 \text{ m/s}$ . Forventet verdi ut fra tabellen i Appendiks C er hhv. 14.3 og 17.3 m/s. I forhold til dette må vindkastverdiene økes med 35% i 2 m nivå og med 27% i 10 m nivå.

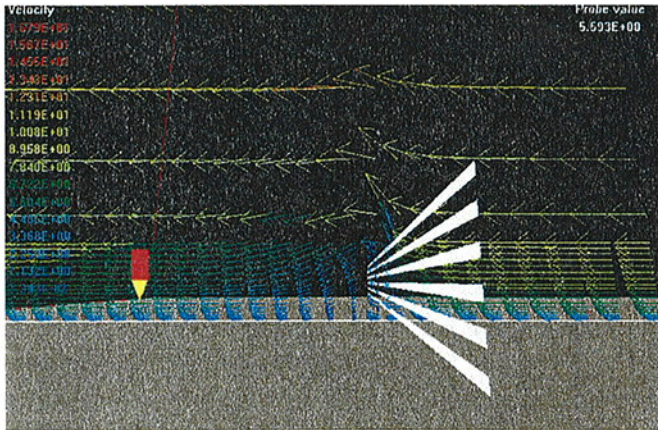
En avklaring av dette punkt kan best gjøres ved feltmålinger i tun E. Det må imidlertid presiseres at usikkerheten gjelder absoluttverdiene av turbulensen, relative endringer er godt ivaretatt.



## Appendiks F. Strømningsforhold på lesiden av vindskjerm

Vi har valgt å bygge vindskjermen som en grind med horisontaltliggende, 50 cm høye planker uten tykkelse, med 75 cm avstand i mellom plankene (50/75-skjerm). Se figur F1. Skjermen er 40% tett, 60% åpen ( $6 \times 0.50 \text{ m} + 6 \times 0.75 \text{ m} = 7.50 \text{ m}$ ).

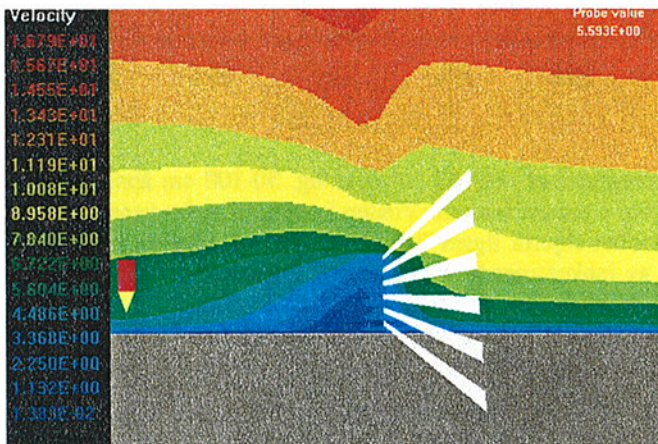
Vi har benyttet samme strømningskanal som vist i Appendiks D. I kanalen er skjermens bredde satt til 465 m og høyden til 7.5 m. Dette gir tilnærmet homogene forhold over et areal på  $150 \times 150 \text{ m}$  på lesiden av skjermen.



Figur F1.

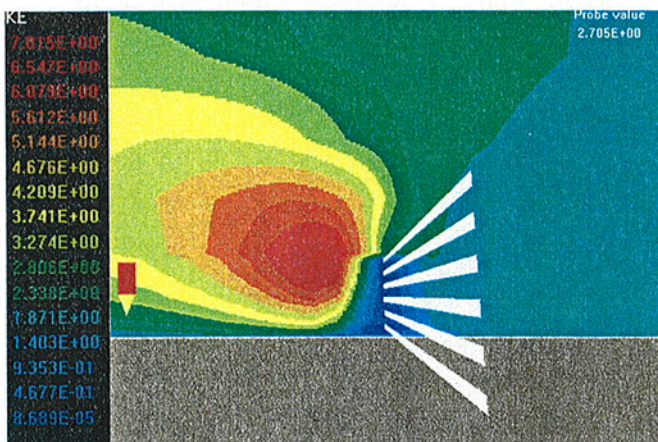
Vindskjerm som er 7.5 m høy. Den vertikale utstrekningen er overdrevet 6 ganger. Avstanden fra skjermen til "blyanten" til venstre er 150 m. Vindvektorene ligger i x,z-planet, som ligger midt i strømningskanalen. Blyantspissen ligger i 2 m nivå.

I figur F2 og F3 er vist kontur diagram av hhv. vindhastighet og turbulent vindenergi (ke).



Figur F2.

Konturdiagram av vindhastigheten etter at luften har passert en vindskjerm, 7.5 m høy. Avstanden til blyanten er 150 m. Oppstrøms vindprofil er definert i Appendiks D.



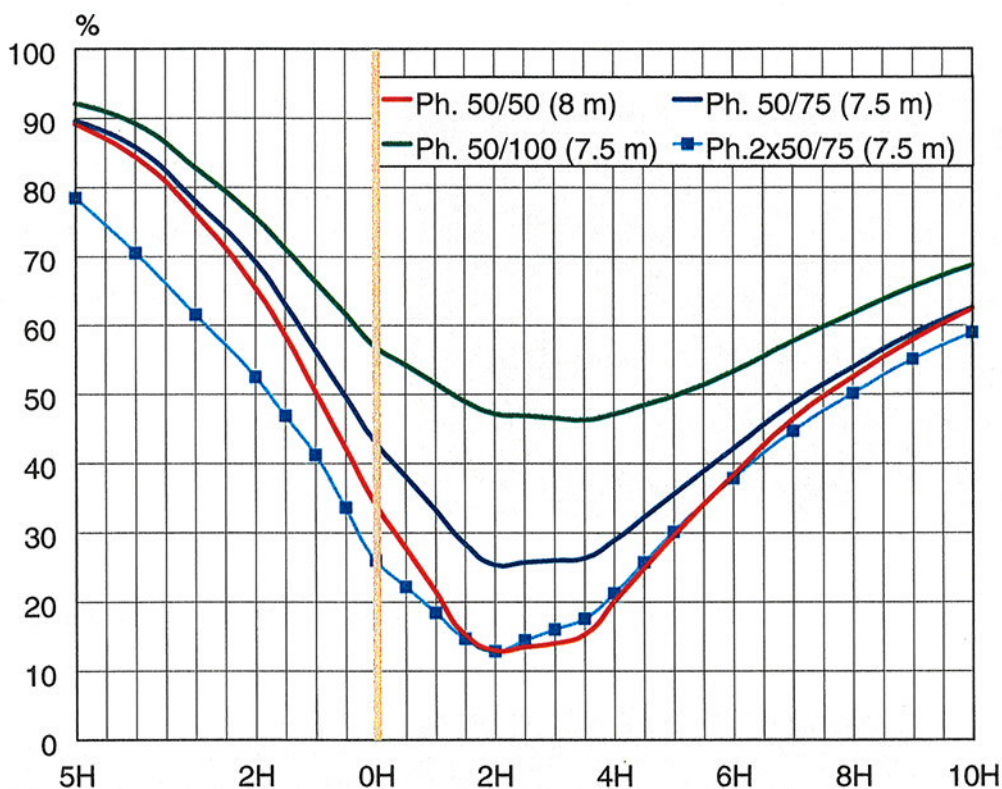
Figur F3.

Konturdiagram av turbulent kinetisk energi etter at luften har passert en vindskjerm, 7.5 m høy. Avstanden til blyanten er 150 m. Oppstrøms vindprofil er definert i Appendiks D.



Vi har også gjort tilsvarende forsøk med 50/50-skjerm, 50/75-skjerm og en dobbel 50/75-skjerm, der avstanden mellom skjermene er 15 m. Den siste varianten er tatt med for å se på virkningen av bakkevegetasjon ved inngangen til passasjen mellom blokkene E1 og E2, der vi er nødt til å benytte en skjerm i hver ende av bedet, når vi skal kjøre modellen for andre vindretninger enn 040°.

Resultatet av kjøringene er vist i figur F4.



Figur F4.

Modellerte vindskjermer i Phoenix-programmet med 50 cm dekning, 50-100 cm åpning, vekselvis opp til 7.5-8.0 m, med åpning nærmest bakken. Vinden kommer inn fra venstre. Enkel skjerm er markert ved 0H. Dobbelt skjerm ligger 2H til venstre for enkel skjerm. Vindhastigheten er gitt som prosent av innkommende vindhastighet i avstanden 15 H fra skjermen (0H), der H er skjermens totale høyde.

Vi ser at dobbel skjerm (2x50/75) gir ca 10-15% bedre skjerming enn enkel skjerm (50/75) opp til avstanden 4H, der H er skjermens totale høyde. Videre utover avtar forskjellen. Både 50/50-, 50/75- og 2x50/75-skjermer er gode tilnærmelser til vegetasjonsskjermer av tykkelse 1H-2H (se figur 3.1).



## Appendiks G. Befaring i Groruddalen

Befaring i Groruddalen, i forbindelse med oppdrag for Asplan Viak  
torsdag 07.10.1999 kl.1240-1640, av Knut Harstveit og Lars Andresen

### Fagerholt borettslag

- Vurdering av forhøyning på tunet. 2 m høy med vegetasjon rundt. Enige om å sette høyden til ca 3 m, uten vegetasjon.
- Oppmåling av inngangspartiene på innsiden av tunet (E3 og E4). Inngang lengst øst i E3 sløyfes når skråplan legges inn. Bredden på inngangspartiene og avstanden mellom dem ble skrittet opp til hhv. 3 og 11 m. Høyden på inngangspartiene ble anslått til ca 3 m (skrånende oppover mot huset).
- Vurdering av fjernvegetasjon, dvs. mer enn 50 m unna. Slik vegetasjon legges ikke inn i modellen.
- Vurdering av nærvegetasjon. Felter for nærvegetasjon oppmålt.
- Vurdering av forenklet terreng rundt tunet. Skråplan fra passasje E1/E2 og nordover (helling 3.5 m på 45 m). Skråplan østover (9 m på 30 m).
- Fotografering

### Statens veivesens vindmåler på Furuset

Krysset Jerikoveien – E6, i nivå med Jerikoveien, ved rundkjøringa på vestsiden av E6-traséen. 10 m mast, anslagsvis 5 m over buskene rundt og ca 20 m over E6. Brukbar eksponert for vind fra nord til nordøst (360-060°).

### Helsevernetatens vindmåler på Valle Hovin

Ved Ring3, like ved avkjøring til Anabru/E6, ca 400 m fra St. Jørgens vei. 25 m mast. Meget god eksponering i alle retninger

### Veidirektoratets vindmåler på Økern

Ved Økernkroken, på toppen av en 8 etasjers bygning. Ser ut til å være en 5 m mast (vanskelig å bedømme fra bakkeplan, Helsevernetaten mener 10 m), anslagsvis 30 m (ev. 35 m) over bakken. Uheldig plassering. Kan gi brukbar retningsangivelse, men dette er ikke undersøkt nærmere.



**Appendiks H. Vindstatistikk for Oslo-Blindern, Valle Hovin og Furuset**

Statistikken er gjengitt med tillatelse av Helsevernetaten og Statens vegvesen.







**Tabell H2. Værstasjonene Valle-Hovin og Furuset vinterhalvåret 1998-99 for middelvindhastighet per time større enn 3 m/s på Furuset Timesmidlet vindretning for Furuset (DD1) fordelt på timesmidlet vindretning for Valle-Hovin (DD2)**

DD2		000	010	020	030	040	050	060	070	080	090	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	SUM		
DD1		170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3	1	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	16	
	200	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	5	9	16	3	0	1	1	1	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	2	16	7	73	
	210	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3	25	18	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	9	2	97	
	220	3	6	0	0	2	0	5	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4	8	29	25	10	6	1	0	1	0	2	0	0	0	2	0	1	2	1	6	118		
	230	3	2	3	9	2	1	8	1	0	0	1	0	0	0	1	0	3	8	25	42	28	13	2	4	0	0	2	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	162	
	240	0	1	6	24	25	23	14	5	2	1	2	1	0	0	0	1	1	2	5	15	28	20	17	18	11	7	6	8	7	3	4	1	0	0	0	1	1	260		
	250	0	0	3	11	28	59	60	19	3	3	2	3	1	2	0	0	1	1	0	9	1	7	11	9	12	5	9	7	8	4	3	0	2	0	0	0	0	283		
	260	0	0	0	2	3	12	39	19	6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	90		
	270	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
	280	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10		
SUM	11	11	12	46	66	101	127	46	11	5	5	4	2	2	3	7	10	20	57	121	120	76	48	32	28	15	15	20	19	9	8	4	3	3	8	27	16	1118			

Når Furuset-måleren tidvis har målt 180 grader feil betyr det at fremherskende vindretning ved 050-060 grader på Valle Hovin er 060-070 grader på Furuset. Tabell G1 viser at over en lengre tidsperiode er fremherskende vindretning på Valle Hovin 040-050 grader. Vi kan anta at tilsvarende forskyvning gjelder Furuset.



**Appendiks I. Tabeller for vindverdier ved flatt terreng og enkelt tun. Nærområdet til passasje E1/E2 ved vind fra 040°.**

## Resultat av modellkjøringer med helt flatt terreng inn mot tun E og enkelt tun. Nærområdet til passasje E1/E2 i Fagerholt borettslag ved vind fra 040°.

Fra passasjen mellom E1 og E2 og innover i tunet (konstant y, avtagende x). Se Appendiks B.

Middelvindhastighet, v [m/s], og turbulent kinetisk energi, ke [m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>].

### Tabell I1a. Ingen vegetasjon.

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for y=53.5.

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 (x=99), 2 (x=97), ... 14 (x=85).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

v	0	2	4	6	8	10	12	14
10	8.8		7.8		6.7		5.6	
8	8.7		7.6		6.4		5.3	
6	8.4		7.4		6.1		4.9	
4	8.1		7.1		5.7		4.4	
2	7.5	7.1	6.3	5.5	4.8	4.1	3.5	2.9

ke	0	2	4	6	8	10	12	14
10	20.4		19.3		11.1		6.4	
8	19.7		18.4		10.4		5.9	
6	18.9		17.3		9.6		5.3	
4	17.8		16.0		8.7		4.6	
2	15.7	17.9	13.1	8.9	6.6	4.5	3.2	2.3

### Tabell I2a. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for y=53.5.

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 (x=99), 2 (x=97), ... 14 (x=85).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

v	0	2	4	6	8	10	12	14
10	8.8		8.3		7.0		5.6	
8	8.4		7.9		6.5		5.1	
6	7.8		6.9		5.3		3.4	
4	6.2		5.1		3.2		1.7	
2	5.6	5.1	4.0	2.8	2.0	1.4	1.4	1.5

ke	0	2	4	6	8	10	12	14
10	7.5		9.5		6.7		4.4	
8	6.7		8.5		5.9		3.9	
6	4.8		6.9		4.9		3.3	
4	6.2		6.7		3.9		2.4	
2	9.2	7.8	5.7	3.6	2.5	1.5	1.1	0.8

### Tabell I3a. Vegetasjon i høyden mellom E1 og E2 og vegetasjon ved bakken inn mot passasjen.

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for y=53.5.

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 (x=99), 2 (x=97), ... 14 (x=85).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

v	0	2	4	6	8	10	12	14
10	4.8		4.7		3.3		2.1	
8	4.7		4.2		2.5		1.5	
6	4.4		2.8		1.3		1.5	
4	3.2		1.4		1.2		1.6	
2	5.3	4.8	3.7	2.5	1.8	1.3	1.3	1.4

ke	0	2	4	6	8	10	12	14
10	6.1		5.0		3.0		1.9	
8	4.6		4.1		2.4		1.6	
6	4.0		2.7		1.6		1.1	
4	4.3		2.1		1.3		0.9	
2	6.3	6.0	4.6	3.1	2.2	1.5	1.1	0.8



Fra passasjen mellom E1 og E2 og innover i tunet (konstant  $y$ , avtagende  $x$ ). Se Appendiks B.

Vindkast,  $v_g$  [m/s], og turbulensintensitet,  $I_u$ .

**Tabell I1b. Ingen vegetasjon.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ... 14 ( $x=85$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	20.5		19.2		15.3		12.2	
8	20.2		18.8		14.8		11.6	
6	19.7		18.2		14.2		10.9	
4	19.1		17.4		13.3		10.0	
2	17.8	18.1	15.7	13.2	11.4	9.6	8.1	6.8

$I_u$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.51		0.56		0.50		0.45	
8	0.51		0.56		0.50		0.46	
6	0.52		0.56		0.51		0.47	
4	0.52		0.57		0.52		0.49	
2	0.52	0.60	0.57	0.55	0.54	0.52	0.52	0.52

**Tabell I2b. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ... 14 ( $x=85$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	15.9		16.3		13.7		11.1	
8	15.2		15.5		12.8		10.3	
6	13.5		13.7		11.0		8.2	
4	12.7		11.8		8.3		5.7	
2	13.5	12.4	10.2	7.7	6.1	4.6	4.1	3.8

$I_u$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.31		0.37		0.37		0.37	
8	0.31		0.37		0.37		0.39	
6	0.28		0.38		0.42		0.54	
4	0.40		0.51		0.62		0.91	
2	0.54	0.54	0.59	0.68	0.80	0.90	0.77	0.60

**Tabell I3b. Vegetasjon i høyden mellom E1 og E2 og vegetasjon ved bakken inn mot passasjen.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ... 14 ( $x=85$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	11.3		10.5		7.8		5.7	
8	10.3		9.5		6.6		4.8	
6	9.6		7.1		4.6		4.2	
4	8.6		5.2		4.1		4.1	
2	11.9	11.2	9.3	7.1	5.7	4.4	3.9	3.6

$I_u$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.51		0.48		0.52		0.67	
8	0.45		0.48		0.62		0.82	
6	0.46		0.58		0.93		0.69	
4	0.64		1.00		0.97		0.58	
2	0.47	0.50	0.58	0.70	0.83	0.96	0.82	0.63

Fra passasjen mellom E1 og E2 og innover i tunet (konstant  $y$ , avtagende  $x$ ). Se Appendiks B.

Middelvindhastighet,  $v$  [m/s], og vindkast,  $v_g$  [m/s].

**Tabell I1c. Ingen vegetasjon.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ... 14 ( $x=85$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	8.8		7.8		6.7		5.6	
8	8.7		7.6		6.4		5.3	
6	8.4		7.4		6.1		4.9	
4	8.1		7.1		5.7		4.4	
2	7.5	7.1	6.3	5.5	4.8	4.1	3.5	2.9

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	20.5		19.2		15.3		12.2	
8	20.2		18.8		14.8		11.6	
6	19.7		18.2		14.2		10.9	
4	19.1		17.4		13.3		10.0	
2	17.8	18.1	15.7	13.2	11.4	9.6	8.1	6.8

Relativ endring av middelvindhastighet og vindkast i forhold til ingen vegetasjon (tabell I1c).

**Tabell I2c. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.**

Relativ endring av modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ... 14 ( $x=85$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	1.00		1.06		1.05		1.01	
8	0.97		1.03		1.02		0.96	
6	0.92		0.93		0.86		0.70	
4	0.77		0.72		0.56		0.39	
2	0.75	0.73	0.64	0.51	0.41	0.34	0.40	0.52

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.78		0.85		0.89		0.91	
8	0.75		0.82		0.87		0.88	
6	0.68		0.75		0.77		0.75	
4	0.66		0.68		0.62		0.57	
2	0.76	0.68	0.65	0.58	0.53	0.48	0.51	0.56

**Tabell I3c. Vegetasjon i høyden mellom E1 og E2 og vegetasjon ved bakken inn mot passasjen.**

Relativ endring av modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ... 14 ( $x=85$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.55		0.60		0.50		0.37	
8	0.55		0.55		0.39		0.29	
6	0.52		0.38		0.22		0.31	
4	0.40		0.21		0.21		0.37	
2	0.71	0.68	0.59	0.46	0.38	0.31	0.36	0.48

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.55		0.55		0.51		0.47	
8	0.51		0.51		0.44		0.41	
6	0.49		0.39		0.32		0.38	
4	0.45		0.30		0.31		0.41	
2	0.66	0.62	0.59	0.54	0.50	0.46	0.48	0.54



Fra E2 mot E1 (konstant  $x$ , økende  $y$ ). Se Appendiks B.

Middelvindhastighet,  $v$  [m/s], og turbulent kinetisk energi,  $ke$  [ $m^2/s^2$ ].

**Tabell I4a. Ingen vegetasjon.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				5.6		1.8		
8				5.8		2.1		
6				5.9		2.3		
4				5.9		2.5		
2		6.2	6.7	5.6	4.1	2.6	1.6	1.1

$ke$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				8.9		1.9		
8				9.2		1.9		
6				9.1		1.9		
4				9.0		2.0		
2		14.0	10.4	8.2	5.1	2.0	1.2	0.8

**Tabell I5a. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				5.2		2.5		
8				4.9		2.6		
6				4.3		2.8		
4				4.0		2.8		
2	2.4	3.6	4.1	3.5	2.9	2.4	2.0	1.8

$ke$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				6.9		2.0		
8				6.4		2.2		
6				4.1		2.2		
4				3.8		2.4		
2	4.5	5.8	4.5	3.7	2.8	1.8	1.0	0.7

**Tabell I6a. Vegetasjon i høyden mellom E1 og E2 og vegetasjon ved bakken inn mot passasjen.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				3.3		2.3		
8				2.9		2.0		
6				2.3		1.8		
4				2.1		1.8		
2	1.7	3.3	4.0	3.5	2.9	2.4	1.9	1.5

$ke$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				2.9		1.7		
8				2.8		1.5		
6				2.5		1.2		
4				2.3		1.3		
2	2.5	4.7	3.9	3.4	2.7	1.8	0.9	0.5

Fra E2 mot E1 (konstant  $x$ , økende  $y$ ). Se Appendiks B.

Vindkast,  $v_g$  [m/s], og turbulensintensitet,  $I_u$ .

**Tabell I4b. Ingen vegetasjon.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				13.3		5.4		
8				13.7		5.7		
6				13.7		5.9		
4				13.7		6.1		
2		15.9	15.1	13.0	9.9	6.3	4.4	3.4

$I_u$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.53		0.75		
8				0.52		0.65		
6				0.52		0.60		
4				0.51		0.57		
2		0.60	0.48	0.51	0.56	0.55	0.68	0.80

**Tabell I5b. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				12.1		6.2		
8				11.5		6.5		
6				9.6		6.6		
4				9.0		6.8		
2	7.9	9.9	9.6	8.5	7.3	5.9	4.6	4.0

$I_u$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.51		0.56		
8				0.52		0.57		
6				0.47		0.54		
4				0.49		0.56		
2	0.90	0.66	0.52	0.54	0.57	0.57	0.49	0.45

**Tabell I6b. Vegetasjon i høyden mellom E1 og E2 og vegetasjon ved bakken inn mot passasjen.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				7.7		5.6		
8				7.2		5.1		
6				6.4		4.6		
4				6.0		4.7		
2	5.8	8.9	9.1	8.3	7.2	5.8	4.3	3.4

$I_u$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.52		0.57		
8				0.58		0.60		
6				0.68		0.62		
4				0.71		0.62		
2	0.94	0.65	0.49	0.52	0.55	0.57	0.51	0.49



Fra E2 mot E1 (konstant x, økende y). Se Appendiks B.

Middelvindhastighet,  $v$  [m/s], og vindkast,  $v_g$  [m/s].

**Tabell I4c. Ingen vegetasjon.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				5.6		1.8		
8				5.8		2.1		
6				5.9		2.3		
4				5.9		2.5		
2		6.2	6.7	5.6	4.1	2.6	1.6	1.1

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				13.3		5.4		
8				13.7		5.7		
6				13.7		5.9		
4				13.7		6.1		
2		15.9	15.1	13.0	9.9	6.3	4.4	3.4

Relativ endring av middelvindhastighet og vindkast i forhold til ingen vegetasjon (tabell I4c).

**Tabell I5c. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.**

Relativ endring av modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.93		1.38		
8				0.84		1.22		
6				0.74		1.19		
4				0.67		1.12		
2		0.59	0.61	0.63	0.72	0.93	1.28	1.66

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.90		1.15		
8				0.84		1.13		
6				0.70		1.12		
4				0.66		1.11		
2		0.62	0.64	0.65	0.73	0.94	1.06	1.17

**Tabell I6c. Vegetasjon i høyden mellom E1 og E2 og vegetasjon ved bakken inn mot passasjen.**

Relativ endring av modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.58		1.24		
8				0.50		0.94		
6				0.39		0.77		
4				0.36		0.74		
2		0.53	0.60	0.63	0.72	0.91	1.16	1.36

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.58		1.05		
8				0.53		0.90		
6				0.46		0.78		
4				0.44		0.77		
2		0.56	0.60	0.64	0.72	0.93	0.99	1.01

**Appendiks J. Tabeller for vindverdier ved modellterreng og enkelt tun. Nærområdet til passasje E1/E2 ved vind fra 040°.**



**Resultat av modellkjøringer med modellterreng nordøst og øst for enkelt tun. Nærområdet til passasje E1/E2 i Fagerholt borettslag ved vind fra 040°.**

Fra passasjen mellom E1 og E2 og innover i tunet (konstant y, avtagende x). Se Appendiks B.

Middelvindhastighet, v [m/s], og turbulent kinetisk energi, ke [m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>].

**Tabell J1a. Ingen vegetasjon.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for y=53.5.

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 (x=99), 2 (x=97), ... 14 (x=85).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

v	0	2	4	6	8	10	12	14
10	8.1		7.2		6.1		5.0	
8	7.9		7.0		5.8		4.7	
6	7.6		6.6		5.4		4.2	
4	7.3		6.2		4.9		3.6	
2	6.6	6.0	5.2	4.4	3.7	3.1	2.5	1.9

ke	0	2	4	6	8	10	12	14
10	17.4		16.5		9.5		5.4	
8	16.9		15.6		8.7		4.8	
6	16.0		14.4		7.9		4.2	
4	15.1		13.0		6.8		3.5	
2	13.0	13.6	9.8	6.6	4.7	3.2	2.3	1.8

**Tabell J2a. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for y=53.5.

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 (x=99), 2 (x=97), ... 14 (x=85).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

v	0	2	4	6	8	10	12	14
10	7.9		7.5		6.2		4.2	
8	7.6		7.1		5.8		4.4	
6	7.1		6.3		4.9		3.1	
4	5.6		4.7		3.0		1.5	
2	5.0	4.5	3.5	2.3	1.7	1.3	1.3	1.5

ke	0	2	4	6	8	10	12	14
10	6.4		8.0		5.5		3.6	
8	5.9		7.3		5.0		3.2	
6	4.4		6.1		4.2		2.9	
4	6.2		6.1		3.6		2.2	
2	9.5	7.0	4.9	3.0	2.1	1.4	1.0	0.8

**Tabell J3a. Vegetasjon i høyden mellom E1 og E2 og vegetasjon ved bakken inn mot passasjen.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for y=53.5.

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 (x=99), 2 (x=97), ... 14 (x=85).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

v	0	2	4	6	8	10	12	14
10	4.3		4.1		2.9		1.8	
8	4.2		3.7		2.1		1.4	
6	3.9		2.4		1.1		1.5	
4	2.8		1.2		1.1		1.6	
2	4.6	4.1	3.1	2.0	1.4	1.1	1.2	1.4

ke	0	2	4	6	8	10	12	14
10	5.0		4.0		2.4		1.6	
8	3.9		3.3		2.0		1.4	
6	3.4		2.3		1.4		1.0	
4	3.9		1.8		1.1		0.8	
2	6.5	5.5	4.1	2.7	1.9	1.2	0.9	0.7

Fra passasjen mellom E1 og E2 og innover i tunet (konstant  $y$ , avtagende  $x$ ). Se Appendiks B.

Vindkast,  $v_g$  [m/s], og turbulensintensitet,  $I_u$ .

**Tabell J1b. Ingen vegetasjon.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ... 14 ( $x=85$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	18.9		17.7		14.1		11.0	
8	18.6		17.2		13.5		10.4	
6	18.0		16.5		12.7		9.5	
4	17.4		15.6		11.7		8.4	
2	15.9	15.6	13.4	11.1	9.4	7.7	6.4	5.4

$I_u$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.52		0.57		0.51		0.47	
8	0.52		0.57		0.51		0.47	
6	0.53		0.57		0.52		0.48	
4	0.53		0.58		0.54		0.52	
2	0.55	0.62	0.60	0.58	0.58	0.59	0.62	0.69

**Tabell J2b. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ... 14 ( $x=85$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	14.5		14.8		12.4		9.1	
8	13.9		14.1		11.6		9.1	
6	12.5		12.7		10.2		7.5	
4	12.1		11.1		7.9		5.4	
2	13.0	11.4	9.2	6.9	5.4	4.3	4.0	3.8

$I_u$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.32		0.38		0.38		0.45	
8	0.32		0.38		0.38		0.41	
6	0.30		0.39		0.42		0.54	
4	0.45		0.53		0.64		0.95	
2	0.62	0.59	0.64	0.74	0.87	0.93	0.75	0.58

**Tabell J3b. Vegetasjon i høyden mellom E1 og E2 og vegetasjon ved bakken inn mot passasjen.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ... 14 ( $x=85$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	10.1		9.3		6.9		5.1	
8	9.3		8.4		5.8		4.4	
6	8.7		6.4		4.2		4.1	
4	8.0		4.7		3.9		3.9	
2	11.3	10.2	8.3	6.3	5.0	4.0	3.6	3.5

$I_u$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.52		0.48		0.54		0.72	
8	0.47		0.49		0.67		0.85	
6	0.48		0.62		1.03		0.67	
4	0.70		1.15		0.93		0.54	
2	0.55	0.56	0.65	0.80	0.96	1.02	0.79	0.57



Fra passasjen mellom E1 og E2 og innover i tunet (konstant  $y$ , avtagende  $x$ ). Se Appendiks B.

Middelvindhastighet,  $v$  [m/s], og vindkast,  $v_g$  [m/s].

**Tabell J1c. Ingen vegetasjon.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ... 14 ( $x=85$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	8.1		7.2		6.1		5.0	
8	7.9		7.0		5.8		4.7	
6	7.6		6.6		5.4		4.2	
4	7.3		6.2		4.9		3.6	
2	6.6	6.0	5.2	4.4	3.7	3.1	2.5	1.9

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	18.9		17.7		14.1		11.0	
8	18.6		17.2		13.5		10.4	
6	18.0		16.5		12.7		9.5	
4	17.4		15.6		11.7		8.4	
2	15.9	15.6	13.4	11.1	9.4	7.7	6.4	5.4

Relativ endring av middelvindhastighet og vindkast i forhold til ingen vegetasjon (tabell J1c).

**Tabell J2c. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.**

Relativ endring av modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ... 14 ( $x=85$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.99		1.05		1.03		0.84	
8	0.96		1.02		1.01		0.95	
6	0.93		0.95		0.90		0.74	
4	0.77		0.75		0.61		0.43	
2	0.75	0.75	0.66	0.53	0.45	0.41	0.55	0.80

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.77		0.84		0.88		0.83	
8	0.75		0.82		0.86		0.88	
6	0.69		0.77		0.80		0.79	
4	0.70		0.71		0.67		0.64	
2	0.81	0.73	0.69	0.62	0.58	0.56	0.62	0.71

**Tabell J3c. Vegetasjon i høyden mellom E1 og E2 og vegetasjon ved bakken inn mot passasjen.**

Relativ endring av modellverdier i forskjellig avstand fra passasjen mellom E1 og E2, for  $y=53.5$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 0 ( $x=99$ ), 2 ( $x=97$ ), ... 14 ( $x=85$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.53		0.58		0.47		0.36	
8	0.53		0.53		0.36		0.29	
6	0.51		0.37		0.21		0.35	
4	0.39		0.19		0.23		0.45	
2	0.70	0.69	0.59	0.46	0.38	0.35	0.48	0.74

$v_g$	0	2	4	6	8	10	12	14
10	0.53		0.53		0.49		0.46	
8	0.50		0.49		0.43		0.42	
6	0.48		0.39		0.33		0.42	
4	0.46		0.30		0.33		0.46	
2	0.71	0.66	0.62	0.57	0.53	0.51	0.56	0.66

Fra E2 mot E1 (konstant x, økende y). Se Appendiks B.

Middelvindhastighet,  $v$  [m/s], og turbulent kinetisk energi,  $ke$  [ $m^2/s^2$ ].

**Tabell J4a. Ingen vegetasjon.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

v	1	3	5	7	9	11	13	15
10				5.2		1.8		
8				5.3		2.1		
6				5.3		2.2		
4				5.3		2.4		
2	3.2	5.1	5.7	5.0	3.9	2.8	2.0	1.5

ke	1	3	5	7	9	11	13	15
10				7.7		1.6		
8				7.8		1.7		
6				7.7		1.7		
4				7.7		2.0		
2	8.4	10.3	8.5	7.4	5.2	2.7	1.4	0.9

**Tabell J5a. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

v	1	3	5	7	9	11	13	15
10				4.8		2.4		
8				4.5		2.5		
6				4.0		2.7		
4				3.7		2.7		
2		3.1	3.6	3.2	2.8	2.3	2.0	1.8

ke	1	3	5	7	9	11	13	15
10				6.0		1.8		
8				5.5		2.1		
6				3.7		2.1		
4				3.6		2.4		
2		4.8	4.0	3.3	2.6	1.8	1.0	0.7

**Tabell J6a. Vegetasjon i høyden mellom E1 og E2 og vegetasjon ved bakken inn mot passasjen.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

v	1	3	5	7	9	11	13	15
10				3.0		2.2		
8				2.6		2.0		
6				2.1		1.8		
4				1.9		1.8		
2	1.4	2.8	3.4	3.1	2.7	2.3	1.9	1.6

ke	1	3	5	7	9	11	13	15
10				2.5		1.6		
8				2.3		1.4		
6				2.1		1.2		
4				2.0		1.3		
2	2.7	4.0	3.5	3.1	2.5	1.8	1.0	0.6



Fra E2 mot E1 (konstant  $x$ , økende  $y$ ). Se Appendiks B.

Vindkast,  $v_g$  [m/s], og turbulensintensitet,  $I_u$ .

**Tabell J4b. Ingen vegetasjon.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				12.4		5.1		
8				12.6		5.4		
6				12.5		5.6		
4				12.5		6.1		
2	10.8	13.4	13.2	12.0	9.8	7.1	5.1	4.0

$I_u$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.53		0.69		
8				0.52		0.62		
6				0.52		0.61		
4				0.52		0.59		
2	0.89	0.63	0.51	0.55	0.59	0.59	0.58	0.64

**Tabell J5b. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				11.1		5.9		
8				10.6		6.2		
6				9.0		6.5		
4				8.6		6.7		
2		8.8	8.8	7.9	6.9	5.8	4.5	3.9

$I_u$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.51		0.57		
8				0.52		0.57		
6				0.48		0.55		
4				0.51		0.57		
2		0.70	0.55	0.57	0.58	0.58	0.50	0.47

**Tabell J6b. Vegetasjon i høyden mellom E1 og E2 og vegetasjon ved bakken inn mot passasjen.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				7.1		5.5		
8				6.6		5.0		
6				5.9		4.6		
4				5.6		4.8		
2	5.7	7.9	8.3	7.7	6.8	5.8	4.5	3.6

$I_u$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.53		0.58		
8				0.59		0.60		
6				0.71		0.62		
4				0.76		0.63		
2	1.14	0.72	0.54	0.56	0.58	0.59	0.54	0.51

Fra E2 mot E1 (konstant  $x$ , økende  $y$ ). Se Appendiks B.

Middelvindhastighet,  $v$  [m/s], og vindkast,  $v_g$  [m/s].

**Tabell J4c. Ingen vegetasjon.**

Modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				5.2		1.8		
8				5.3		2.1		
6				5.3		2.2		
4				5.3		2.4		
2		5.1	5.7	5.0	3.9	2.8	2.0	1.5

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				12.4		5.1		
8				12.6		5.4		
6				12.5		5.6		
4				12.5		6.1		
2		13.4	13.2	12.0	9.8	7.1	5.1	4.0

Relativ endring av middelvindhastighet og vindkast i forhold til ingen vegetasjon (tabell J4c).

**Tabell J5c. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.**

Relativ endring av modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.92		1.30		
8				0.84		1.22		
6				0.76		1.24		
4				0.70		1.11		
2		0.61	0.64	0.65	0.71	0.82	0.97	1.16

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.90		1.15		
8				0.84		1.15		
6				0.72		1.16		
4				0.69		1.09		
2		0.66	0.67	0.66	0.70	0.81	0.90	0.97

**Tabell J6c. Vegetasjon i høyden mellom E1 og E2 og vegetasjon ved bakken inn mot passasjen.**

Relativ endring av modellverdier i forskjellig avstand fra E2, i retning E1, for  $x=95$ .

Horisontalt er angitt avstanden i meter: 1 ( $y=51$ ), 3 ( $y=53$ ), ... 15 ( $y=65$ ).

Vertikalt er angitt høyden i meter over bakken.

$v$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.57		1.19		
8				0.49		0.95		
6				0.39		0.82		
4				0.36		0.75		
2		0.54	0.61	0.63	0.70	0.81	0.93	1.03

$v_g$	1	3	5	7	9	11	13	15
10				0.57		1.07		
8				0.52		0.93		
6				0.47		0.83		
4				0.45		0.78		
2		0.59	0.63	0.64	0.69	0.81	0.89	0.89





**Appendiks K. Tabeller for vindverdier ved forskjellig terreng og detaljeringsgrad. Hele tun E ved vind fra 040°.**



**Modellkjøringer med forskjellig terreng og detaljeringsgrad, uten vegetasjon.  
Hele tun E i Fagerholt borettslag ved vind fra 040°.**

Punktene A0-E4 er definert i Appendiks B. Måleverdiene representerer 2 m-nivå.  
Punktet cd2 i tabellene ligger på jordhaugen. Måleverdien representerer 5 m-nivå (skravert).

Middelvindhastighet,  $v$  [m/s], og turbulent kinetisk energi,  $ke$  [ $m^2/s^2$ ].

Tabell K1a. Forenklet tun. Helt flatt terreng inn mot tunet.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E	$ke$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.9	8.1	7.1					0	3.1	2.1	2.8				
1	7.7		7.3	1.8		2.0	5.3	1	4.5		2.2	1.1		1.1	5.5
2	4.9		6.8	2.7	0.8	1.1	1.1	2	1.9		1.6	1.4	1.0	1.0	1.3
3	2.2		5.3	3.6		1.4	1.2	3	1.8		1.4	1.2		0.8	0.5
4	2.1		1.6	3.0		3.7	3.7	4	2.1		2.5	2.1		1.6	1.2

Tabell K2a. Forenklet tun. Modellterreng nordøst og øst for tunet.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E	$ke$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.7	7.8	6.9					0	3.4	2.1	2.5				
1	7.5		7.1	1.7		2.5	4.2	1	4.8		2.0	1.2		1.5	4.3
2	4.5		6.6	3.1	0.9	0.6	1.0	2	1.9		1.4	1.3	1.0	0.9	0.8
3	2.0		5.1	3.9		1.8	1.2	3	1.7		1.3	1.1		0.8	0.5
4	2.0		1.5	2.8		3.6	3.5	4	1.2		2.2	1.9		1.5	1.1

Tabell K3a. Detaljert tun med inngangspartier og jordhaug. Helt flatt terreng inn mot tunet.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E	$ke$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.7	8.2	7.6					0	3.2	2.0	2.0				
1	7.6		7.4	2.4		2.7	5.3	1	5.3		1.8	1.1		0.5	2.8
2	4.3		5.8		1.2		1.5	2	3.0		9.9		0.3		0.6
3	1.6		5.0	0.4		2.2	2.6	3	1.9		1.5	1.5		1.1	0.7
4	2.1		1.1	3.6		3.9	3.8	4	1.5		3.1	3.5		1.4	1.4

Punktene A0-E4 er definert i Appendiks B. Måleverdiene representerer 2 m-nivå.  
Punktet cd2 ligger på jordhaugen. Måleverdien representerer 5 m-nivå (skravert).

Vindkast,  $v_g$  [m/s], og turbulensintensitet,  $I_u$ .

Tabell K1b. Forenklet tun. Helt flatt terreng inn mot tunet.

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E	$I_u$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.4	11.9	11.4					0	0.22	0.18	0.23				
1	13.2		11.1	4.5		4.8	11.4	1	0.27		0.20	0.58		0.54	0.44
2	8.5		10.0	5.7	3.4	3.7	4.1	2	0.29		0.18	0.43	1.2	0.88	1.03
3	5.7		8.4	6.4		3.6	3.0	3	0.60		0.22	0.31		0.63	0.58
4	5.8		5.7	6.8		7.1	6.5	4	0.68		0.99	0.48		0.34	0.30

Tabell K2b. Forenklet tun. Modellterreng nordøst og øst for tunet.

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E	$I_u$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.4	11.5	11.1					0	0.24	0.18	0.23				
1	13.1		10.8	4.5		5.7	9.5	1	0.29		0.20	0.66		0.49	0.50
2	8.0		9.7	6.1	3.6	3.1	3.3	2	0.31		0.18	0.37	1.1	1.60	0.89
3	5.4		8.1	6.6		4.1	2.9	3	0.64		0.22	0.27		0.49	0.58
4	4.9		5.3	6.4		6.8	6.2	4	0.55		0.98	0.48		0.34	0.30

Tabell K3b. Detaljert tun med inngangspartier og jordhaug. Helt flatt terreng inn mot tunet.

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E	$I_u$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.3	11.9	11.3					0	0.23	0.17	0.19				
1	13.6		10.9	5.2		4.5	9.6	1	0.30		0.18	0.44		0.26	0.32
2	8.8		14.0		2.7		3.4	2	0.41		0.55		0.5		0.52
3	5.2		8.1	3.5		4.8	4.8	3	0.88		0.25	3.43		0.47	0.34
4	5.3		5.7	8.5		7.0	7.0	4	0.58		1.60	0.51		0.31	0.31



Punktene A0-E4 er definert i Appendiks B. Måleverdiene representerer 2 m-nivå.  
 Punktet cd2 ligger på jordhaugen. Måleverdien representerer 5 m-nivå (skravert).

Middelvindhastighet,  $v$  [m/s], og vindkast,  $v_g$  [m/s].

Tabell K1c. Forenklet tun. Helt flatt terreng inn mot tunet.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.9	8.1	7.1				
1	7.7		7.3	1.8		2.0	5.3
2	4.9		6.8	2.7	0.8	1.1	1.1
3	2.2		5.3	3.6		1.4	1.2
4	2.1		1.6	3.0		3.7	3.7

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.4	11.9	11.4				
1	13.2		11.1	4.5		4.8	1.0
2	8.5		10.0	5.7	3.4	3.7	2.0
3	5.7		8.4	6.4		3.6	3.0
4	5.8		5.7	6.8		7.1	4.0

Relativ endring av middelvindhastighet og vindkast i forhold til forenklet tun (tabell K1c).

Tabell K2c. Forenklet tun. Modellterreng nordøst og øst for tunet.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.97	0.96	0.98				
1	0.97		0.97	0.93		1.27	0.78
2	0.92		0.97	1.14	1.2	0.52	0.89
3	0.90		0.96	1.10		1.30	0.98
4	0.96		0.95	0.93		0.97	0.95

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	1.00	0.97	0.97				
1	0.99		0.97	1.01		1.20	0.84
2	0.94		0.97	1.06	1.1	0.82	0.80
3	0.94		0.96	1.03		1.12	0.98
4	0.84		0.94	0.94		0.96	0.96

Tabell K3c. Detaljert tun med inngangspartier og jordhaug. Helt flatt terreng inn mot tunet.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.97	1.01	1.08				
1	0.99		1.02	1.36		1.34	0.99
2	0.88		0.85		1.5		1.29
3	0.70		0.93	0.10		1.58	2.15
4	1.01		0.70	1.19		1.05	1.05

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.99	1.00	0.99				
1	1.03		0.98	1.16		0.94	0.84
2	1.04		1.39		0.8		0.83
3	0.90		0.97	0.55		1.33	1.61
4	0.92		1.00	1.24		0.99	1.08

**Appendiks L. Tabeller for vindverdier ved flatt terreng og detaljert tun. Hele tun E ved vind fra 040°.**



**Resultat av modellkjøringer med helt flatt terreng inn mot detaljert tun.  
Hele tun E i Fagerholt borettslag ved vind fra 040°.**

Punktene A0-E4 er definert i Appendiks B. Måleverdiene representerer 2 m-nivå.  
Punktet cd2 ligger på jordhaugen. Måleverdien representerer 5 m-nivå (skravert).

Middelvindhastighet,  $v$  [m/s], og turbulent kinetisk energi,  $ke$  [ $m^2/s^2$ ].

Tabell L1a. Ingen vegetasjon.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.7	8.2	7.6				
1	7.6		7.4	2.4		2.7	5.3
2	4.3		5.8		1.2		1.5
3	1.6		5.0	0.4		2.2	2.6
4	2.1		1.1	3.6		3.9	3.8

$ke$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	3.2	2.0	2.0				
1	5.3		1.8	1.1		0.5	2.8
2	3.0		9.9		0.3		0.6
3	1.9		1.5	1.5		1.1	0.7
4	1.5		3.1	3.5		1.4	1.4

Tabell L2a. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.6	8.1	7.3				
1	7.7		7.3	1.4		2.4	1.7
2	4.4		8.7		0.9		2.5
3	1.3		5.2	2.3		2.1	2.4
4	2.3		1.0	3.5		4.1	4.0

$ke$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	3.1	2.0	2.0				
1	5.3		1.8	0.6		0.5	1.4
2	3.2		12.3		1.2		0.6
3	2.2		1.6	1.0		1.3	0.9
4	1.8		3.6	4.0		1.7	1.6

Tabell L3a. Vegetasjon ved bakken og klatreplanter i høyden inn mot passasjen E1/E2.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.7	8.1	7.3				
1	7.8		7.3	1.0		2.7	2.0
2	4.4		6.9		0.7		2.8
3	1.1		5.3	3.1		2.4	2.8
4	2.3		0.9	3.5		4.2	4.1

$ke$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	3.1	2.0	2.0				
1	5.3		1.8	0.8		0.5	1.7
2	3.2		13.2		1.2		0.7
3	2.4		1.7	1.0		1.0	0.9
4	1.9		4.0	4.2		1.8	1.8

Tabell L4a. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2 og mellom E4 og E1.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	4.2	2.7	1.0				
1	4.5		1.6	1.1		2.3	1.6
2	2.3		2.3		1.6		2.4
3	0.6		1.6	1.4		2.3	2.4
4	0.9		1.4	2.3		1.8	0.9

$ke$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	4.3	2.3	0.9				
1	4.3		0.8	0.2		0.5	1.5
2	1.8		1.6		0.8		0.5
3	2.0		1.0	0.6		0.8	0.6
4	1.9		1.8	1.4		0.8	0.7

Punktene A0-E4 er definert i Appendiks B. Måleverdiene representerer 2 m-nivå.  
Punktet cd2 ligger på jordhaugen. Måleverdien representerer 5 m-nivå (skravert).

Vindkast,  $v_g$  [m/s], og turbulensintensitet,  $I_u$ .

Tabell L1b. Ingen vegetasjon.

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.3	11.9	11.3				
1	13.6		10.9	5.2		4.5	9.6
2	8.8		14.0		2.7		3.4
3	5.2		8.1	3.5		4.8	4.8
4	5.3		5.7	8.5		7.0	7.0

$I_u$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.23	0.17	0.19				
1	0.30		0.18	0.44		0.26	0.32
2	0.41		0.55		0.5		0.52
3	0.88		0.25	3.43		0.47	0.34
4	0.58		1.60	0.51		0.31	0.31

Tabell L2b. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.2	11.8	10.9				
1	13.6		10.8	3.5		4.1	4.8
2	9.0		17.8		3.8		4.6
3	5.1		8.5	5.0		5.1	4.9
4	5.7		5.9	8.7		7.5	7.3

$I_u$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.23	0.18	0.19				
1	0.30		0.18	0.57		0.28	0.71
2	0.41		0.40		1.2		0.31
3	1.18		0.24	0.44		0.52	0.40
4	0.59		1.99	0.57		0.31	0.32

Tabell L3b. Vegetasjon ved bakken og klatreplanter i høyden inn mot passasjen E1/E2.

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.3	11.8	11.0				
1	13.8		10.8	3.3		4.7	5.4
2	9.1		16.4		3.6		5.0
3	5.1		8.7	5.7		4.9	5.3
4	5.8		6.1	8.9		7.7	7.5

$I_u$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.23	0.17	0.19				
1	0.30		0.18	0.84		0.27	0.67
2	0.40		0.53		1.5		0.30
3	1.41		0.24	0.32		0.42	0.34
4	0.60		2.13	0.59		0.31	0.33

Tabell L4b. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2 og mellom E4 og E1.

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	9.6	6.6	3.5				
1	9.9		4.0	2.3		4.0	4.8
2	5.7		5.6		4.0		4.2
3	4.2		4.1	3.3		4.6	4.5
4	4.5		4.9	5.4		4.1	3.0

$I_u$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.50	0.56	0.97				
1	0.47		0.56	0.46		0.30	0.78
2	0.58		0.54		0.6		0.28
3	2.27		0.62	0.53		0.40	0.33
4	1.63		0.96	0.52		0.48	0.92



Punktene A0-E4 er definert i Appendiks B. Måleverdiene representerer 2 m-nivå.  
Punktet cd2 ligger på jordhaugen. Måleverdien representerer 5 m-nivå (skravert).

Middelvindhastighet,  $v$  [m/s], og vindkast,  $v_g$  [m/s].

Tabell L1c. Ingen vegetasjon.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.7	8.2	7.6				
1	7.6		7.4	2.4		2.7	5.3
2	4.3		5.8		1.2		1.5
3	1.6		5.0	0.4		2.2	2.6
4	2.1		1.1	3.6		3.9	3.8

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.3	11.9	11.3				
1	13.6		10.9	5.2		4.5	9.6
2	8.8		14.0		2.7		3.4
3	5.2		8.1	3.5		4.8	4.8
4	5.3		5.7	8.5		7.0	7.0

Relativ endring av middelvindhastighet og vindkast i forhold til ingen vegetasjon (tabell L1c).

Tabell L2c. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	1.00	0.99	0.95				
1	1.01		0.98	0.58		0.89	0.32
2	1.03		1.51		0.7		1.72
3	0.80		1.05	6.47		0.99	0.95
4	1.06		0.87	0.97		1.05	1.03

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.99	0.99	0.97				
1	1.00		0.98	0.67		0.92	0.49
2	1.02		1.28		1.4		1.33
3	1.00		1.04	1.41		1.04	1.03
4	1.07		1.04	1.03		1.06	1.04

Tabell L3b. Vegetasjon ved bakken og klatreplanter i høyden inn mot passasjen E1/E2.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	1.00	0.99	0.95				
1	1.02		0.99	0.43		1.03	0.37
2	1.04		1.20		0.6		1.93
3	0.70		1.07	8.65		1.09	1.10
4	1.07		0.85	0.96		1.08	1.06

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	1.00	0.99	0.97				
1	1.01		0.99	0.64		1.04	0.56
2	1.04		1.17		1.3		1.47
3	0.99		1.06	1.61		1.02	1.11
4	1.09		1.08	1.04		1.10	1.08

Tabell L4c. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2 og mellom E4 og E1.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.55	0.33	0.13				
1	0.59		0.22	0.44		0.86	0.30
2	0.54		0.41		1.3		1.65
3	0.39		0.32	3.96		1.04	0.94
4	0.40		1.28	0.63		0.46	0.23

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.78	0.56	0.31				
1	0.73		0.37	0.45		0.90	0.50
2	0.65		0.40		1.4		1.21
3	0.82		0.50	0.95		0.94	0.93
4	0.84		0.86	0.64		0.58	0.43

**Appendiks M. Tabeller for vindverdier ved flatt terreng og detaljert tun. Hele tun E ved vind fra 060°.**



**Resultat av modellkjøringer med helt flatt terreng inn mot detaljert tun.  
Hele tun E i Fagerholt borettslag ved vind fra 060°.**

Punktene A0-E4 er definert i Appendiks B. Måleverdiene representerer 2 m-nivå.  
Punktet cd2 ligger på jordhaugen. Måleverdien representerer 5 m-nivå (skravert).

Middelvindhastighet,  $v$  [m/s], og turbulent kinetisk energi,  $ke$  [ $m^2/s^2$ ].

Tabell M1a. 060°. Ingen vegetasjon.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E	$ke$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	6.1	5.6	3.5					3.1	2.2	1.7					
1	6.1		4.2	2.1		3.1	8.5	4.4		1.5	0.8			0.6	3.1
2	1.2		2.0		1.7		3.5	1.9		1.3		0.9			2.2
3	2.0		2.0	1.9		2.5	1.7	0.7		0.8	0.6			1.2	1.1
4	1.3		1.6	0.8		1.1	2.3	0.6		0.9	0.8			0.8	1.1

Tabell M2a. 060°. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2 og mellom E4 og E1.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E	$ke$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	3.6	3.2	2.8					3.3	1.9	1.1					
1	2.8		3.5	2.0		1.7	7.0	2.6		1.4	0.8			0.6	2.9
2	2.6		3.0		1.4		3.5	1.5		2.2		0.4			2.7
3	2.3		2.7	2.9		2.4	1.5	1.0		1.1	1.6			2.5	2.0
4	1.4		2.3	2.0		1.8	2.5	0.8		1.3	1.7			1.5	1.2

Tabell M3a. NB! 040°. Ingen vegetasjon.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E	$ke$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	7.7	8.2	7.6					3.2	2.0	2.0					
1	7.6		7.4	2.4		2.7	5.3	5.3		1.8	1.1			0.5	2.8
2	4.3		5.8		1.2		1.5	3.0		9.9		0.3			0.6
3	1.6		5.0	0.4		2.2	2.6	1.9		1.5	1.5			1.1	0.7
4	2.1		1.1	3.6		3.9	3.8	1.5		3.1	3.5			1.4	1.4

Tabell M4a. 060°. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2 og mellom E4 og E1.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E	$ke$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	4.2	2.7	1.0					4.3	2.3	0.9					
1	4.5		1.6	1.1		2.3	1.6	4.3		0.8	0.2			0.5	1.5
2	2.3		2.3		1.6		2.4	1.8		1.6		0.8			0.5
3	0.6		1.6	1.4		2.3	2.4	2.0		1.0	0.6			0.8	0.6
4	0.9		1.4	2.3		1.8	0.9	1.9		1.8	1.4			0.8	0.7

Punktene A0-E4 er definert i Appendiks B. Måleverdiene representerer 2 m-nivå.  
Punktet cd2 ligger på jordhaugen. Måleverdien representerer 5 m-nivå (skravert).

Vindkast,  $v_g$  [m/s], og turbulensintensitet,  $I_u$ .

Tabell M1b. 060°. Ingen vegetasjon.

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	10.7	9.5	6.9				
1	11.6		7.4	4.4		5.1	13.1
2	4.7		4.9		4.2		7.4
3	4.1		4.4	3.9		5.3	4.5
4	3.2		4.1	3.1		3.5	5.1

$I_u$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.29	0.27	0.37				
1	0.35		0.29	0.43		0.24	0.21
2	1.15		0.57		0.5		0.43
3	0.42		0.44	0.42		0.43	0.61
4	0.60		0.57	1.12		0.80	0.45

Tabell M2b. 060°. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2 og mellom E4 og E1.

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	8.3	6.8	5.5				
1	7.0		6.6	4.4		3.6	11.4
2	5.8		6.8		3.1		7.7
3	5.0		5.5	6.2		6.6	5.1
4	3.7		5.3	5.4		5.0	5.4

$I_u$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.50	0.44	0.38				
1	0.57		0.34	0.45		0.44	0.25
2	0.48		0.50		0.5		0.47
3	0.43		0.39	0.43		0.65	0.96
4	0.63		0.49	0.64		0.66	0.44

Tabell M3b. NB! 040°. Ingen vegetasjon.

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	12.3	11.9	11.3				
1	13.6		10.9	5.2		4.5	9.6
2	8.8		14.0		2.7		3.4
3	5.2		8.1	3.5		4.8	4.8
4	5.3		5.7	8.5		7.0	7.0

$I_u$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.23	0.17	0.19				
1	0.30		0.18	0.44		0.26	0.32
2	0.41		0.55		0.5		0.52
3	0.88		0.25	3.43		0.47	0.34
4	0.58		1.60	0.51		0.31	0.31

Tabell M4b. 060°. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2 og mellom E4 og E1.

$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	9.6	6.6	3.5				
1	9.9		4.0	2.3		4.0	4.8
2	5.7		5.6		4.0		4.2
3	4.2		4.1	3.3		4.6	4.5
4	4.5		4.9	5.4		4.1	3.0

$I_u$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.50	0.56	0.97				
1	0.47		0.56	0.46		0.30	0.78
2	0.58		0.54		0.6		0.28
3	2.27		0.62	0.53		0.40	0.33
4	1.63		0.96	0.52		0.48	0.92



Punktene A0-E4 er definert i Appendiks B. Måleverdiene representerer 2 m-nivå.  
Punktet cd2 ligger på jordhaugen. Måleverdien representerer 5 m-nivå (skravert).

Middelvindhastighet,  $v$  [m/s], og vindkast,  $v_g$  [m/s].

Tabell M1c. 060°. Ingen vegetasjon.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E	$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	6.1	5.6	3.5					0	10.7	9.5	6.9				
1	6.1		4.2	2.1		3.1	8.5	1	11.6		7.4	4.4		5.1	13.1
2	1.2		2.0		1.7		3.5	2	4.7		4.9		4.2		7.4
3	2.0		2.0	1.9		2.5	1.7	3	4.1		4.4	3.9		5.3	4.5
4	1.3		1.6	0.8		1.1	2.3	4	3.2		4.1	3.1		3.5	5.1

Relativ endring av middelvindhastighet og vindkast i forhold til ingen vegetasjon (tabell M1c).

Tabell M2c. 060°. Vegetasjon ved bakken inn mot passasjen E1/E2 og mellom E4 og E1.

$v$	A	ab	B	C	cd	D	E	$v_g$	A	ab	B	C	cd	D	E
0	0.60	0.57	0.79					0	0.78	0.72	0.80				
1	0.46		0.84	0.96		0.54	0.82	1	0.60		0.89	0.99		0.72	0.87
2	2.17		1.50		0.79		1.00	2	1.22		1.38		0.75		1.05
3	1.19		1.33	1.55		0.97	0.83	3	1.21		1.26	1.56		1.24	1.13
4	1.12		1.42	2.52		1.60	1.08	4	1.15		1.29	1.72		1.41	1.06