



Statens vegvesen

Utforming av støytiltak med fokus på fremtidig vedlikehold

FoU-prosjekt



Region øst
Ressursavdelingen
Planlegging
Dato: Mars 2006

Innholdsfortegnelse

Innledning	2
Sammendrag	3
Metoden som er lagt til grunn	4
Miljøkostnader	8
1. Treskjem uisolert	10
2. Treskjem isolert	13
3. Absorberende skjerm	16
4. Skjerm av herdet glass	19
5. Skjerm av mur	22
6. Jordvoll	25
Miljøvennlige produkter	28
Vedlegg	29

Innledning

Omfanget av støytiltak øker og dermed blir det en større mengde konstruksjoner som skal vedlikeholdes. For å imøtekomme denne utviklingen er det viktig at behovet for vedlikehold blir en sentral del i vurderingen av hvilke tiltak som bør velges.

FoU-prosjektet: ”Utforming av støytiltak med fokus på fremtidig vedlikehold” belyser denne problemstillingen. Prosjektet ses i sammenheng med FoU-prosjektet som omhandler støyskjermfundamenter.

Prosjektet skal synliggjøre ulike støytiltaks levetidskostnader sett i sammenheng med kvalitet og estetikk. Dette bl.a. for at valg av tiltak ikke bare skal tas med utgangspunkt i anleggskostnadene.

Estetikk og kvalitet er viktig både ved utformingen av tiltaket og i forhold til at tiltaket skal holde seg over tid.

I forbindelse med dette arbeidet ønsker vi også å se nærmere på nye miljøvennlige produkter. Hensikten er bl.a. og komme frem til konstruksjoner og vedlikeholdsbehov som er i samsvar med en bærekraftig utvikling.

Kostnadene som er lagt til grunn i denne oppgaven er hentet fra Region Øst v/ Stor-Oslo distrikt og v/ Hedmarken-Østerdalen distrikt. Region Nord og Vest har gitt innspill.

Prosjektet er utarbeidet for vegdirektoratet av Magnhild Finnanger og Frode Bakken. Bidragsytere har vært: Stor-Oslo distrikt v/ Heidi Ann Hovland, Hedmarken-Østerdalen distrikt v/ Jan Cato Nabseth og Helge Magnar Olsen, Region Øst v/ Brede Kristen Myhre. Kontaktpersoner i Region Nord og Region Vest har vært henholdsvis Thor Inge Hole og Leif Lindefjeld.

Vi har hatt disponibelt 300 timer til dette prosjektet, bidragsyterne har ikke brukt av disse timene.

I tillegg har Magnhild kostnadsført noe tid på Hedmarken-Østerdalen distrikt, Glåmdal distrikt og egen seksjon. Frode har kostnadsført noe tid på det støyskjermingsprosjekt som er nærmere omtalt under kap. Miljøvennlige produkter.

Sammendrag

Følsomhetsanalysen viser at:

En høy kalkulasjonsrente favoriserer utgiftene ved fremtidige vedlikeholdskostnader. Andelen av vedlikeholdskostnader i forhold til anleggskostnader for disse skjermene er imidlertid ikke så store at det gir noe vesentlig utslag på levetidskostnadene i forhold til ulik kalkulasjonsrente.

Nåverdien av restverdien gir størst variasjon i forhold til ulik kalkulasjonsrente når restverdien har en viss størrelse. Dette blir mest gjellende for konstruksjoner som har lang levetid i forhold til analyseperioden og eller har høye anleggskostnader (mur og glass).

Det fremgår av levetidskostnadsberegningene at:

- En uisolert treskjerm med gjennomsnittelige anleggskostnader har omtrent samme levetidskostnader som en isolert treskjerm med minimums anleggskostnader (se vedlegg).
- Tilsvarende er det for en treskjerm uten isolasjon med maksimale anleggskostnader, en treskjerm med isolasjon med gjennomsnittelige anleggskostnader og en skjerm av mur med minimums anleggskostnader (se vedlegg).
- Levetidskostnadene for en treskjerm med isolasjon med maksimale anleggskostnader, en absorberende skjerm med minimums anleggskostnader og en skjerm av mur med gjennomsnittelige anleggskostnader er tilnærmet de samme (se vedlegg).
- Lignende er det for en absorberende skjerm med gjennomsnittelige anleggskostnader og en skjerm av mur med maksimale anleggskostnader (se vedlegg).

Jordvoll er både den billigste og beste skjermen i forhold til støydemping og absorbasjon, den er imidlertid plasskrevende og kan derfor ikke benyttes over alt.

Skjerm av mur vil som oftest være godt fundamentert sel med lave anleggskostnader. En skjerm av tre har i større grad varierende fundamenteringskvalitet avhengig av anleggskostnadene. En skjerm av mur med minimums anleggskostnad vil derfor kunne sammenlignes med en skjerm av tre u/isolasjon med maksimal anleggskostnad i forhold til kvalitet. Tilsvarende kan skjermer av tre sammenlignes innbyrdes og med andre materialtyper.

Ved å kunne gjøre slike sammenligninger kan det gjøres valg med fokus på kvalitet og estetikk/stedstilpassning med utgangspunkt i levetidskostnader.

I pkt. som omhandler "Konstruksjon og detaljering" og "Estetikk og miljøvennlig kvalitet" er det gitt en verbal beskrivelse av de ulike skjermene. Som et tillegg til tallmaterialet vil dette gi en ytterligere utdyping av de ulike skjermene.

Metode og kostnader som er lagt til grunn

Hensikten med prosjektet

Hensikten med prosjektet er å synliggjøre kostnadene for ulike støytiltaks levetid sett i sammenheng med kvalitet og estetikk. Dette bl.a. for at valg av tiltak ikke bare skal tas med utgangspunkt i anleggskostnader.

Kostnadene som er lagt til grunn

Kostnadene gjelder for en kvadratmeter av følgende typer skjermer: Treskjerm u/isolasjon, treskjerm m/isolasjon, skjerm av herdet glass, absorberende skjerm, skjerm av mur. En nærmere definisjon av disse skjermene er: Treskjerm u/isolasjon kan være både en enkel og en dobbel skjerm. Treskjerm m/isolasjon er en dobbelskjerm med isolasjon. Absorberende skjerm vil ha lydmatte og en perforert plate på den siden som vender mot støykilden. De skjermene av mur som vi her forholder oss til er av teglstein.

Prisene er fra Region øst i 2004 kr, i hovedsak fra Stor-Oslo distrikt og Hedmarken-Østerdalen distrikt. Region nord og vest har gitt innspill, de prisene som er benyttet vil i hovedsak ha overføringsverdi til disse regionene.

Anleggskostnader – Vi har tatt utgangspunkt i intervallpriser. Ved beregning av levetidskostnader er det vist utregninger med minimums anleggskostnader, gjennomsnittlige anleggskostnader og maksimale anleggskostnader. Utgangspunktet er entreprisestkostnader, følgende kostnader inngår ikke i disse prisene:

Trafikkavvikling(5-10 % av total kostn., ved høy trafikk blir det prosentvis høyere), riggarbeide(10-15% av entreprisestkostnader), prosjektering(3-5 % av total kostn.), byggherrekostnader (8-10 % av total kostn.), mva., Grunnerverv(varierer om det er nødvendig).

Anleggskostnadenes intervallpriser er som følgende:

Treskjerm u/isolasjon	ca kr 2500 – 4000 pr m ²
Treskjerm m/isolasjon	ca kr 3500 – 5000 pr m ²
Skjerm av herdet glass	ca kr 10.000 – 12.000 pr m ²
Absorberende skjerm	ca kr 5000 – 7000 pr m ²
Skjerm av mur	ca kr 5000 – 7000 pr m ²
Jordvoll	ca kr 80 - 120 pr m ²

Fundamentkostnadene vil variere fra ca. kr 300 til ca. 3000 pr m² avhengig av fundamenttype.

Vedlikeholdskostnader – det er lagt til grunn gjennomsnittspriser for et ideelt vedlikehold. Det er benyttet gjennomsnittspriser fordi intervallprisene ikke har stor spredning. Dette er totalkostnader uten mva.

Prisene og gjennomføringshyppigheten er som følger:

Det koster i gjennomsnitt 50 kr pr m² å beise en skjerm av tre. Dette bør ideelt gjøres hvert 5 år. (har her forutsatt overflatebehandling på en side, denne forutsetningen gjelder også for absorberende skjerm). Hvert år bør en skjerm av tre vaskes. Det koster kr 15 pr m² å vaske en skjerm.

En skjerm av glass bør vaskes hvert år og det bør skiftes glass hvert 3 år tilsvarende en kostnad på kr 47 pr m².

En skjerm av mur bør vaskes hvert 3 år. For jordvoll koster det kr 0,4 pr m² for skjøtsel av grøntareal hvert år.

Vi har forutsatt at hvis skjermene som her er omtalt vedlikeholdes ideelt (som ovennevnt), vil det ikke være behov for andre typer vedlikehold i løpet av skjermens levetid.

Skader som oppstår i forbindelse ved påkjørsel og lignende vil bli dekket gjennom forsikring, kostnadene forbundet med dette er derfor ikke tatt med her.

Graffiti – Fjerning av graffiti er ikke inkludert i levetidskostnadene, det vil variere mye hvor omfattende dette problemet er. I Oslo området er prisene på fjerning av graffiti u/mva som følger: Treskjerm og absorberende skjerm 90 kr pr m², skjerm av glass kr 75 pr m² og mur 110 kr pr m².

Skjermenes levetid

Vi har forutsatt følgende levetid for de ulike skjermene: Skjerm av tre og glass har en levetid på 30 år, skjerm av mur 40 år og jordvoll 50 år. Det er ikke entydig hva levetiden for disse konstruksjonene skal være, vi antar imidlertid at innbyrdes blir fordelingen riktig.

Levetidskostnaden

Levetidskostnader uttrykkes som $NV_0 = B_0 + V_0 - R_0 + M_0$

$NV_0 =$ Nåverdien til alle aktuelle kostnader med år 0 som sammenligningstidspunkt

$$\sum_{n=0}^N Kn / (1 + r)^n$$

N=antall år i analyseperioden

Kn = kostnader i år n

r = kalkulasjonsrente i %

B₀ = Byggekostnader (midt i år 0)

V₀ = Nåverdien av alle vedlikeholdskostnader i analyseperioden.

R₀ = Nåverdien av evt. Restverdi av bygge- og vedlikeholdskostnader ved slutten av analyseperioden.

M₀ = Nåverdien av evt. Miljøkostnader i analyseperioden.

År 0 = Sammenligningsåret – det året (tidspunktet) alle prissatte konsekvenser og kostnader ved gjennomføring av tiltak diskonteres til i analysen.

Følsomhetsanalyse

Kalkulasjonsrenten vil variere over tid, det er derfor vist levetidskostnader med ulik kalkulasjonsrente. Dette for å få frem hvilke betydning renten har for disse kostnadene.

Denne analysen er bare gjort for levetidskostnader med gjennomsnittlige anleggskostnader.

Kalkulasjonsrenten

For statlig finansiering fastsetter Finansdepartementet kalkulasjonsrenten. De fastsetter den risikofrie diskonteringsrenta som en langsiktig risikofri realrente. Den risikofrie diskonteringsrenten vil bli oppdatert over tid for å fange opp langsiktige endringer i realrenten. Renten er nå på 3,5 %, denne omfatter inflasjon.

I tillegg til den risikofri renten kan det gis risikotillegg. Denne delen av renta skal avspeile risikoen i prosjektet. Fordi støytiltak er tiltak med lav risiko bruker vi et tillegg på 0,5 %.

Eksempel på risiko som kan oppstå i denne typen prosjekter er at tiltaket blir uaktuelt fordi skjermede boliger ikke benyttes som boliger eller at vegen tiltaket skjermer mot ikke lenger har den trafikkmengden som forventet.

Restverdi

Analyseperioden for de støyskjermene vi vurderer nærmere i denne oppgaven er satt til 25 år, (analyseperioden for investeringstiltak på veg er vanligvis 25 år).

Dette medfører at tiltak som har en lengre levetid får en restverdi. Dette vil fremgå av levetidskostnadene.

Skattekostnader

Økonomiske utredninger av statlige tiltak skal inkludere kostnadene ved skattefinansiering. Skattekostnadene er satt til 20 øre pr. krone, dvs. 20 %. I praksis betyr det at alle kostnader som finansieres av skattemidler skal gis et påslag på 20 % ved beregning av levetidskostnader. Dette vil favorisere lave investeringer.

Miljøkostnad

Miljøkostnadene er her vist i forhold til hvor bra konstruksjonen demper.

Skatt skal ikke inngå ved miljøberegning. Dette fordi de ikke har virkning på offentlige budsjetter. Skattekostnader er knyttet til finansieringen.

Andre miljøkostnader er det ikke tatt hensyn til i denne oppgaven.

Konstruksjon og detaljering

Det er her gitt en kort verbal beskrivelse av noe av de momentene som er aktuelle i forhold til konstruksjonene og deres detaljering.

Estetikk og miljøvennlige kvaliteter

Det er her gitt en kort omtale av noen av de estetiske og miljøvennlige kvaliteter de ulike konstruksjonene har.

Miljøkostnader

Ved konsekvensutredninger benyttes det enhetspriser for støy som er knyttet opp mot antall svært plagede personer. Denne prisen er kr 11.900,- pr år pr svært plaget person. Vi tar her utgangspunkt i samme pris og vurdering.

Støytiltak vil gi ulik demping, jordvoll og treskjerm m/isolasjon er de tiltakene som vil gi best demping ved riktig utforming. Det er imidlertid vanskelig og si noe generelt om dempingen. For å få synliggjort hva dette kan bety, vil vi her gjøre noen antagelser basert på målinger som er utført for ulike skjermtyper.

Treskjerm u/isolasjon demper	8 dBA
Skjerm av mur, skjerm av herdet glass og absorberende skjerm demper	10 dBA
Treskjerm m/isolasjon og jordvoll demper	12 dBA

Videre forutsetter vi at en bolig med en støy på 42 dBA hvor det bor 2,34 personer, skal skjermes med de forskjellige konstruksjonene. Hva dette fører til i endring av svært plagede personer vil bidra til å synliggjøre miljøkostnadene.

Prosentvis svært plaget uten tiltak vil bli den samme for alle skjermtypene. Det berregnes etter formelen $2(L_{\text{ekv. inne}} - 20) \%$. Dette gir for dette eksemplet $2(42-20) \% = 44 \%$

Endring av antall svært plaget når tiltaket demper 8 dBA:
 $2(34-20) \% = 28 \%$ Endringen i antall svært plaget blir dermed 16 %

Endring av antall svært plaget når tiltaket demper 10 dBA:
 $2(32-20) \% = 24 \%$. Endringen i antall svært plaget blir dermed 20 %

Endring av antall svært plaget når tiltaket demper 12 dBA:
 $2(30-20) \% = 20 \%$. Endringen i antall svært plaget blir dermed 24 %

Hvis vi ser på forskjellen i hvordan disse skjermtypene reduserer antall svært plaget blir dette henholdsvis 8 % mindre for et tiltak som demper 8 dBA og 4 % for et tiltak som demper 10 dBA. Hvis dette kostnadsberegnes gir det følgende merkostnad for disse konstruksjonene sett i forhold til en jordvoll / treskjerm m/isolasjon.

Tiltak som demper 8 dBA gir 8 % flere svært støyplaget enn et tiltak som demper 12 dBA, med 2,34 personer i boligen gir dette 0,2 personer mer plaget. Kostnadsmessig blir det hvert år en merkostnad på 2380 kr. Nåverdien over 25 år av dette beløpet blir ca kr. 38.000,-.

Tiltak som demper 10 dBA gir 4 % flere svært støyplaget enn et tiltak som demper 12 dBA, med 2,34 personer i boligen gir dette 0,09 personer mer plaget. Kostnadsmessig blir det hvert år en merkostnad på 1071 kr. Nåverdien over 25 år av dette beløpet blir ca kr. 17.000,-.

Som det fremgår av dette, med de forutsetninger som er gitt, vil miljøkostnadene ved å bygge et tiltak som demper 8 dBA bli ca 38.000 kr. dyrere enn et tiltak som demper 12 dBA og et tiltak som demper 10 dBA blir ca 17.000 kr. dyrere enn et tiltak som demper 12 dBA.

Vi antar at en gjennomsnittelig støyskjerm som skjermer en bolig er ca 80 m². Dette gir miljøkostnader på henholdsvis ca **475 kr pr m²** og ca **215 kr pr m²**.

1. Treskjerm uisolert

1.1 Kostnad

Det koster fra kr 2500-4000 pr m² i anleggskostnader for en uisolert treskjerm, dette gir en gjennomsnittskostnad på kr 3250 pr m².

Vedlikeholdskostnadene for denne typen skjerm er for beising i gjennomsnitt kr 50 pr m² hvert 5 år. For vasking hvert år koster det i gjennomsnitt kr 15 pr m².

Vi har her forutsatt et ideelt vedlikehold av skjermen, det skal derfor ikke være behov for annen type vedlikehold i løpet av skjermens levetid. Dette betinger imidlertid at det bygges tilfredsstillende, en nærmere omtale av dette gjøres under pkt. "Konstruksjon og detaljering". Skadesaker blir behandlet separat.

(Hva som inngår i vedlikeholdskostnadene og anleggskostnadene fremgår av kap. "Metode og kostnader som er lagt til grunn.")

Miljøkostnadene fremgår av kap. "Miljøkostnader", hvilke restverdier som er aktuelle er vist i vedlegg.

1.2 Levetidskostnad

Alle kostnader er her oppgitt pr m²

NV_0 = Nåverdien til alle aktuelle kostnader med år 2004 som sammenligningstidspunkt, fremkommer av beregning: $NV_0 = B_0 + V_0 - R_0 + M_0$

B_0 = Anleggskostnader (2004), kr 3250,- er gjennomsnittskostnad for denne typen tiltak, maksimal pris er kr 4000,- og minimum pris er kr 2500,-

V_0 = Nåverdien av gjennomsnittlige vedlikeholdskostnader i analyseperioden, beising 50 kr hvert 5 år og vasking kr 15 hvert år = kr 454. (se vedlegg)

R_0 = Nåverdien av evt. restverdi for gjennomsnittlig-/maksimal-/minimum anleggskostnad = kr 244 / kr 300 / kr 188 (se vedlegg)

M_0 = kr 475 (se punkt om miljøkostnader)

År 0 = Sammenligningsåret – 2004, det året (tidspunktet) alle prissatte konsekvenser og kostnader ved gjennomføring av tiltak diskonteres til i analysen.

NV_0 med gjennomsnittlig anleggskostnader = $B_0 + V_0 - R_0 + M_0 = 3250 * 1,2 + 454 - 244 + 475 = 4585$

NV_0 med maksimal anleggskostnader = $4000 * 1,2 + 454 - 300 + 475 = 5429$

NV_0 med minimum anleggskostnader = $2500 * 1,2 + 454 - 188 + 475 = 3741$

Kalkulasjonsrenten er på 4 % (se for øvrig pkt. ang. følsomhetsanalyse)

Levetidskostnad pr m ² med gjennomsnittlig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m ² med maksimal anleggskostnad	Levetidskostnad pr m ² med minimum anleggskostnad
kr 4585,- pr m ² kalkulasjonsrente 4 %	kr 5430,- pr m ² kalkulasjonsrente 4 %	kr 3740,- pr m ² kalkulasjonsrente 4 %

1.3 Følsomhetsanalyse

Levetidskostnader avhenger bl.a. av kalkulasjonsrenten (se nærmere omtale i kap. ”Metode og kostnader som er lagt til grunn”). Vi viser her en følsomhetsanalyse mht. denne renten.

Utgangspunktet er gjennomsnittlig anleggskostnad for denne typen skjerm:

(se vedlegg for nåverdi av vedlikeholdskostnader og restverdi)

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 2 \% rente} = B_0 + V_0 - R_0 + M_0 = 3250 * 1,2 + 577 - 396 + 475 = 4556$$

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 5 \% rente} = 3250 * 1,2 + 407 - 191 + 475 = 4591$$

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 8 \% rente} = 3250 * 1,2 + 301 - 95 + 475 = 4581$$

Som det fremgår av dette regnestykke vil en høy kalkulasjonsrente favorisere fremtidige vedlikeholdskostnader. Vedlikeholdskostnadene er imidlertid små i forhold til anleggskostnadene, variasjon i kalkulasjonsrenten gir derfor ikke noe vesentlig utslag. Restverdien blir også påvirket av kalkulasjonsrenten, men med motsatt virkning i forhold til vedlikeholdskostnadene. For treskjermer uten isolasjon har endring i kalkulasjonsrenten tilnærmet ingen betydning.

Levetidskostnad pr m ² m/ kalkulasjonsrente 2 % Gjennomsnittlig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m ² m/ kalkulasjonsrente 5 % Gjennomsnittlig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m ² m/ kalkulasjonsrente 8 % Gjennomsnittlig anleggskostnad
kr 4555,- pr m ² kr 4585 pr m ² med rente 4%	kr 4590,- pr m ² kr 4585 pr m ² med rente 4%	kr 4580,- pr m ² kr 4585 pr m ² med rente 4%

1.4 Konstruksjon og detaljering

Fundamentet er det elementet som er mest avgjørende for kvaliteten. Skjermen må være solid mht. vindkrefter, snø og regn, solpåvirkning og temperaturforskjeller.

Tre er et levende materiale med fare for sprekkdannelser over tid og kuing. Dette stiller krav til materialkvaliteten og ev. overflatebehandling.

God detaljering vil være avgjørende for skjermens levetid. Det må sørges for tilstrekkelig avrenning av vann og utlufting for å unngå råteskader. Forankring av skjermelementene / søyler til fundament er det spesielt viktig å ta hensyn til. En utfordring for en treskjem er at den er en lett konstruksjon, dette ut ifra at det bør være en minimums flatevekt på 15-20 kg/m². Både tre og stålstooper benyttes, generelt anbefales det stålstooper med justeringsmulighet mot fundamentet. Stålstooper koster fra ca. 400 til 700 kr mer pr. m² enn en stolpe av tre.

1.5 Estetiske og miljøvennlige kvaliteter

Skjerm av tre oppfattes som regel som en god miljøtilpasset løsning / stedstilpasset. Treverk er tradisjonsrikt norsk bygningsmateriale (nærmere det tradisjonelle gjerde) og oppfattes som et varmere materiale enn stein, mur og hardere materialer. Normalt vil en treskjerm fungere best opptil en høyde på 2,5-3 m.

Det er et miljømessig naturprodukt, en fornybar ressurs som har en lite energikrevende produksjon. Nye krav til impregnering har ført til en mer miljøvennlig behandling, men samtidig mindre effektiv behandling. (se for øvrig alternative løsninger, kap. Miljøvennlige produkter)
Graffiti skjer som oftest på treskjermer, disse må beises for og avbøtte dette.

1.6 Skjermeksempel

Denne skjermen er langs Rv 25 i Elverum



2. Treskjerm isolert

2.1 Kostnad

Det koster fra kr 3500-5000 pr m² i anleggskostnader for en isolert treskjerm, dette gir en gjennomsnittskostnad på kr 4250 pr m².

Vedlikeholdskostnadene for denne typen skjerm er for beising i gjennomsnitt kr 50 pr m² hvert 5 år. For vasking hvert år koster det i gjennomsnitt kr 15 pr m².

Vi har her forutsatt et ideelt vedlikehold av skjermen, det skal derfor ikke være behov for annen type vedlikehold i løpet av skjermens levetid. Dette betinger imidlertid at det bygges tilfredsstillende, en nærmere omtale av dette gjøres under pkt. "Konstruksjon og detaljering". Skadesaker blir behandlet separat.

(Hva som inngår i vedlikeholdskostnadene og anleggskostnadene fremgår av kap. "Metode og kostnader som er lagt til grunn.")

Miljøkostnadene fremgår av kap. "Miljøkostnader", hvilke restverdier som er aktuelle er vist i vedlegg.

2.2 Levetidskostnad

Alle kostnader er her oppgitt pr m²

NV_0 = Nåverdien til alle aktuelle kostnader med år 2004 som sammenligningstidspunkt, fremkommer av beregning: $NV_0 = B_0 + V_0 - R_0 + M_0$

B_0 = Anleggskostnader (2004), kr 4250,- er gjennomsnittskostnad for denne typen tiltak, maksimal pris er kr 5000,- og minimum pris er kr 3500,-

V_0 = Nåverdien av alle vedlikeholdskostnader i analyseperioden, beising kr 50 hvert 5 år og vasking kr 15 hvert år = kr 454. (se vedlegg)

R_0 = Nåverdien av evt. restverdi for gjennomsnittlig-/maksimal-/minimum anleggskostnad = kr 319 / kr 375 / kr 263 (se vedlegg)

M_0 = kr 0 (se punkt om miljøkostnader)

År 0 = Sammenligningsåret – 2004, det året (tidspunktet) alle prissatte konsekvenser og kostnader ved gjennomføring av tiltak diskonteres til i analysen.

NV_0 med gjennomsnittlig anleggskostnader = $B_0 + V_0 - R_0 + M_0 = 4250 * 1,2 + 454 - 319 = 5235$

NV_0 med maksimal anleggskostnader = $5000 * 1,2 + 454 - 375 = 6079$

NV_0 med minimum anleggskostnader = $3500 * 1,2 + 454 - 263 = 4391$

Kalkulasjonsrenten er på 4 % (se for øvrig pkt. ang. følsomhetsanalyse)

Levetidskostnad pr m² med gjennomsnittlig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² med maksimal anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² med minimum anleggskostnad
kr 5235,- pr m² kalkulasjonsrente 4 %	kr 6080,- pr m² kalkulasjonsrente 4 %	kr 4390,- pr m² kalkulasjonsrente 4 %

2.3 Følsomhetsanalyse

Levetidskostnader avhenger bl.a. av kalkulasjonsrenten (se nærmere omtale i kap. ”Metode og kostnader som er lagt til grunn”). Vi viser her en følsomhetsanalyse mht. denne renten.

Utgangspunktet er gjennomsnittlig anleggskostnad for denne typen skjerm:

(se vedlegg for nåverdi av vedlikeholdskostnader og restverdi)

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 2 \% rente} = B_0 + V_0 - R_0 + M_0 = 4250 * 1,2 + 577 - 518 = 5159$$

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 5 \% rente} = 4250 * 1,2 + 407 - 251 = 5256$$

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 8 \% rente} = 4250 * 1,2 + 301 - 124 = 5277$$

Som det fremgår av dette regnestykke vil en høy kalkulasjonsrente favorisere fremtidige vedlikeholdskostnader. Vedlikeholdskostnadene er imidlertid små i forhold til anleggskostnadene, variasjon i kalkulasjonsrenten gir derfor ikke noe vesentlig utsalg. Restverdien blir også påvirket av kalkulasjonsrenten, men med motsatt virkning i forhold til vedlikeholdskostnadene. For treskjermer med isolasjon har endring i kalkulasjonsrenten tilnærmet ingen betydning.

Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 2 % Gjennomsnittlig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 5 % Gjennomsnittlig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 8 % Gjennomsnittlig anleggskostnad
kr 5160,- pr m² kr 5235 pr m ² med rente 4%	kr 5255,- pr m² kr 5235 pr m ² med rente 4%	kr 5280,- pr m² kr 5235 pr m ² med rente 4%

2.4 Konstruksjon og detaljering

Fundamentet er det elementet som er mest avgjørende for kvaliteten. Skjermen må være solid mht. vindkrefter, snø og regn, solpåvirkning og temperaturforskjeller.

Tre er et levende materiale med fare for sprekkdannelser over tid og kuving. Dette stiller krav til materialkvaliteten og ev. overflatebehandling.

God detaljering vil være avgjørende for skjermens levetid. Det må sørges for tilstrekkelig avrenning av vann og utlufting for å unngå råteskader. Forankring av skjermelementene / søyler til fundament er det spesielt viktig å ta hensyn til. En utfordring for en treskjerm er at den er en lett konstruksjon, dette ut ifra at det bør være en minimums flatevekt på 15-20 kg/m². Både tre og stålstooper benyttes, generelt anbefales det stålstooper med justeringsmulighet mot fundamentet. Stålstooper koster fra ca. 400 til 700 kr mer pr. m² enn en stolpe av tre.

2.5 Estetiske og miljøvennlige kvaliteter

Skjerm av tre oppfattes som regel som en god miljøtilpasset løsning / stedstilpasset. Treverk er tradisjonsrikt norsk bygningsmateriale (nærmere det tradisjonelle gjerde) og oppfattes som et varmere

materiale enn stein, mur og hardere materialer. Normalt vil en treskjerm fungere best opptil en høyde på 2,5-3 m.

Det er et miljømessig naturprodukt, en fornybar ressurs som har en lite energikrevende produksjon. Nye krav til impregnering har ført til en mer miljøvennlig behandling, men samtidig mindre effektiv behandling. (se for øvrig alternative løsninger, kap. Miljøvennlige produkter)
Graffiti skjer som oftest på treskjermer, disse må beises for og avbøtte dette.

2.6 Skjermeksempel

Støyskjerm langs Rv 2 vest for Kongsvinger (denne skjermen er dobbel uten isolasjon men kunne i prinsippet vært med isolasjon)



3. Absorberende skjerm

3.1 Kostnad

Det koster fra kr 5000-7000 pr m² i anleggskostnader for en absorberende treskjerm, dette gir en gjennomsnittskostnad på kr 6000 pr m².

Vedlikeholdskostnadene for denne typen skjerm er for overflatebehandling i gjennomsnitt kr 50 pr m² hvert 5 år. For vasking hvert år koster det i gjennomsnitt kr 15 pr m².

Vi har her forutsatt et ideelt vedlikehold av skjermen, det skal derfor ikke være behov for annen type vedlikehold i løpet av skjermens levetid. Dette betinger imidlertid at det bygges tilfredsstillende, en nærmere omtale av dette gjøres under pkt. "Konstruksjon og detaljering". Skadesaker blir behandlet separat.

(Hva som inngår i vedlikeholdskostnadene og anleggskostnadene fremgår av kap. "Metode og kostnader som er lagt til grunn.")

Miljøkostnadene fremgår av kap. "Miljøkostnader", hvilke restverdier som er aktuelle er vist i vedlegg.

3.2 Levetidskostnad

Alle kostnader er her oppgitt pr m²

NV_0 = Nåverdien til alle aktuelle kostnader med år 2004 som sammenligningstidspunkt, fremkommer av beregning: $NV_0 = B_0 + V_0 - R_0 + M_0$

B_0 = Anleggskostnader (2004), kr 6000, - er gjennomsnittskostnad for denne typen tiltak, maksimal pris er kr 7000, - og minimum pris er kr 5000, -

V_0 = Nåverdien av alle vedlikeholdskostnader i analyseperioden = kr 454, (se vedlegg)

R_0 = Nåverdien av evt. restverdi for gjennomsnittelig-/maksimal-/minimum anleggskostnad = kr 450 / kr 525 / kr 375, (se vedlegg)

M_0 = kr 215 (se punkt om miljøkostnader)

År 0 = Sammenligningsåret – 2004, det året (tidspunktet) alle prissatte konsekvenser og kostnader ved gjennomføring av tiltak diskonteres til i analysen.

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader} = B_0 + V_0 - R_0 + M_0 = 6000 * 1,2 + 454 - 450 + 215 = 7419$$

$$NV_0 \text{ med maksimal anleggskostnader} = 7000 * 1,2 + 454 - 525 + 215 = 8544$$

$$NV_0 \text{ med minimum anleggskostnader} = 5000 * 1,2 + 454 - 375 + 215 = 6294$$

Kalkulasjonsrenten er på 4 % (se for øvrig pkt. ang. følsomhetsanalyse)

Levetidskostnad pr m² med gjennomsnittelig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² med maksimal anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² med minimum anleggskostnad
kr 7420, - pr m² kalkulasjonsrente 4 %	kr 8545 ,- pr m² kalkulasjonsrente 4 %	kr 6295,- pr m² Kalkulasjonsrente 4 %

3.3 Følsomhetsanalyse

Levetidskostnader avhenger bl.a. av kalkulasjonsrenten (se nærmere omtale i kap. ”Metode og kostnader som er lagt til grunn”). Vi viser her en følsomhetsanalyse mht. denne renten. Utgangspunktet er gjennomsnittlig anleggskostnad for denne typen skjerm: (se vedlegg for nåverdi av vedlikeholdskostnader og restverdi)

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 2 \% rente} = B_0 + V_0 - R_0 + M_0 = 6000 * 1,2 + 577 - 731 + 215 = 7261$$

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 5 \% rente} = 6000 * 1,2 + 407 - 354 + 215 = 7468$$

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 8 \% rente} = 6000 * 1,2 + 301 - 175 + 215 = 7541$$

Som det fremgår av dette regnestykke vil en høy kalkulasjonsrente favorisere fremtidige vedlikeholdskostnader. Vedlikeholdskostnadene er imidlertid små i forhold til anleggskostnadene, variasjon i kalkulasjonsrenten gir derfor ikke noe vesentlig utslag. Restverdien blir også påvirket av kalkulasjonsrenten, men med motsatt virkning i forhold til vedlikeholdskostnadene. For absorberende treskjermer har endring i kalkulasjonsrenten noe betydning, dette fordi restverdien er av en slik størrelse at påvirkningen av renten gir økte forskjeller.

Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 2 % Gjennomsnittelig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 5 % Gjennomsnittelig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 8 % Gjennomsnittelig anleggskostnad
kr 7260,- pr m² kr 7420 pr m ² med rente 4%	kr 7470,- pr m² kr 7420 pr m ² med rente 4%	kr 7540,- pr m² kr 7420 pr m ² med rente 4%

3.4 Konstruksjon og detaljering

Tilsvarende som for en trekonstruksjon. For den absorberende siden mot veg gjelder i tillegg følgende:

Denne skjermtypen har isolasjon som er delvis åpen mot vegsiden. Dette utformes på ulike måter og med ulike materialer, eksempelvis: Perforerte metallplater, spiler av tre / spalte kledning, ”porøs betong”, perforerte plater av: Trefiber, sementbasert, plast m.m.

Som isolasjon kan benyttes lydmatter av mineralull, treullcementplater.

3.5 Estetiske og miljøvennlige kvaliteter

Tilsvarende som for trekonstruksjoner, i tillegg kommer egenskaper til de øvrige materialene som ev. benyttes.

3.6 Skjermeksempel

Denne skjermen er langs Rv 150 på Tåsen i Oslo



4. Skjerm av herdet glass

4.1 Kostnad

Det koster fra kr 10000 - 12000 pr m² i anleggskostnader for en skjerm av herdet glass, dette gir en gjennomsnittskostnad på kr 11000 pr m².

Vedlikeholdskostnadene for denne typen skjerm er for vask hvert år kr 15 pr m² i gjennomsnitt og skifting av glass hvert 3 år tilsvarende kr 47 pr m².

Vi har her forutsatt et ideelt vedlikehold av skjermen, det skal derfor ikke være behov for annen type vedlikehold i løpet av skjermens levetid. Dette betinger imidlertid at det bygges tilfredsstillende, en nærmere omtale av dette gjøres under pkt. "Konstruksjon og detaljering". Skadesaker blir behandlet separat.

(Hva som inngår i vedlikeholdskostnadene og anleggskostnadene fremgår av kap. "Metode og kostnader so er lagt til grunn.")

Miljøkostnader fremgår av kap. "Miljøkostnader", hvilke restverdier som er aktuelle er vist i vedlegg.

4.2 Levetidskostnad

Alle kostnader er her oppgitt pr m²

NV_0 = Nåverdien til alle aktuelle kostnader med år 2004 som sammenligningstidspunkt, fremkommer av beregning. $NV_0 = B_0 + V_0 - R_0 + M_0$

B_0 = Anleggskostnader (2004), kr 11000,- er gjennomsnittskostnad for denne typen tiltak, maksimal pris er kr 12000,- og minimum pris er kr 10000,-

V_0 = Nåverdien av gjennomsnittelig vedlikeholdskostnader i analyseperioden = 557, (se vedlegg)

R_0 = Nåverdien av evt. restverdi for gjennomsnittelig-/maksimal-/minimum anleggskostnad
= kr 825 / kr 900 / kr 750, (se vedlegg)

M_0 = kr 215, (se punkt om miljøkostnader)

År 0 = Sammenligningsåret – 2004, det året (tidspunktet) alle prissatte konsekvenser og kostnader ved gjennomføring av tiltak diskonteres til i analysen.

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader} = B_0 + V_0 - R_0 + M_0 = 11000 * 1,2 + 557 - 825 + 215 \\ = 13147$$

$$NV_0 \text{ med maksimal anleggskostnader} = 12000 * 1,2 + 557 - 900 + 215 = 14272$$

$$NV_0 \text{ med minimum anleggskostnader} = 10000 * 1,2 + 557 - 750 + 215 = 12022$$

Kalkulasjonsrenten er på 4 % (se for øvrig pkt. ang. følsomhetsanalyse)

Levetidskostnad pr m² med gjennomsnittlig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² med <u>maksimal</u> anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² med <u>minimum</u> anleggskostnad
kr 13150, - pr m² kalkulasjonsrente 4 %	kr 14270, - pr m² kalkulasjonsrente 4 %	kr 12020, - pr m² Kalkulasjonsrente 4 %

4.3 Følsomhetsanalyse

Levetidskostnader avhenger bl.a. av kalkulasjonsrenten (se nærmere omtale i kap. ”Metode og kostnader som er lagt til grunn”). Vi viser her en følsomhetsanalyse mht. denne renten.

Utgangspunktet er gjennomsnittlig anleggskostnad for denne typen skjerm:

(se vedlegg for nåverdi av vedlikeholdskostnader og restverdi)

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 2 \% rente} = B_0 + V_0 - R_0 + M_0 = 11000 * 1,2 + 689 - 1341 + 215 = 12763$$

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 5 \% rente} = 11000 * 1,2 + 493 - 650 + 215 = 13258$$

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 8 \% rente} = 11000 * 1,2 + 369 - 321 + 215 = 13463$$

Som det fremgår av dette regnestykke vil en høy kalkulasjonsrente favorisere fremtidige vedlikeholdskostnader. Vedlikeholdskostnadene er imidlertid små i forhold til anleggskostnadene, variasjon i kalkulasjonsrenten gir derfor ikke noe vesentlig utslag. Restverdien blir også påvirket av kalkulasjonsrenten, men med motsatt virkning i forhold til vedlikeholdskostnadene. For skjermer av glass har endring i kalkulasjonsrenten betydning, dette fordi restverdien er av en slik størrelse at påvirkningen av renten gir økte forskjeller.

Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 2 % Gjennomsnittlig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 5 % Gjennomsnittlig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 8 % Gjennomsnittlig anleggskostnad
kr 12765, - pr m² kr 13150 pr m ² med rente 4%	kr 13260,- pr m² kr 13150 pr m ² med rente 4 %	kr 13465,- pr m² kr 13150 pr m ² med rente 4 %

4.4 Konstruksjon og detaljering

Fundamentet er det elementet som er mest avgjørende for kvaliteten. Glass er en tung konstruksjon med gode støyreducerende egenskaper. Detaljering ved innfesting av glass er viktig. Egner seg ikke som absorberende konstruksjonsmateriale.

4.5 Estetiske og miljøvennlige kvaliteter

Herdet glass er mer bestandig enn pleksiglass / glass i forhold til riper og sår. Hvis glass benyttes lengre fra veg er en friere i forhold til valg av type glass. Store glassflater bør deles opp av hensyn til fugl.

Som ett element vil glass gi ulike skjermers et estetisk løft. Gir et mer åpent å lett inntrykk både innenfra og utenfra.
Graffiti skjer også hyppig på disse skjermene, det er imidlertid lettere og fjerne fra disse flatene.
Fremstilling av glass har en kraftkrevende produksjon.

4.6 Skjermeksempel

Denne skjermen ligger langs Rv 150 på Sinsen i Oslo



5. Skjerm av mur

5.1 Kostnad

Det koster fra kr 5000 - 7000 pr m² i anleggskostnader for en skjerm av mur (vi har her sett på mur av tegelstein) uisolert treskjerm, dette gir en gjennomsnittskostnad på kr 6000 pr m².

Vedlikeholdskostnadene for denne typen skjerm er i gjennomsnitt kr 15 pr m² for vask hvert 3 år. Vi har her forutsatt et ideelt vedlikehold av skjermen, det skal derfor ikke være behov for annen type vedlikehold i løpet av skjermens levetid. Dette betinger imidlertid at det bygges tilfredsstillende, en nærmere omtale av dette gjøres under pkt. "Konstruksjon og detaljering". Skadesaker blir behandlet separat.

(Hva som inngår i vedlikeholdskostnadene og anleggskostnadene fremgår av kap. "Metode og kostnader som er lagt til grunn.")

Miljøkostnadene fremgår av kap. "Miljøkostnader", hvilke restverdier som er aktuelle er vist i vedlegg.

5.2 Levetidskostnad

Alle kostnader er her oppgitt pr m²

NV_0 = Nåverdien til alle aktuelle kostnader med år 2004 som sammenligningstidspunkt, fremkommer av beregning. $NV_0 = B_0 + V_0 - R_0 + M_0$

B_0 = Anleggskostnader (2004), kr 6000, - er gjennomsnittskostnad for denne typen tiltak, maksimal pris er kr 7000, - og minimum pris er kr 5000, -

V_0 = Nåverdien av alle vedlikeholdskostnader i analyseperioden = kr 88, (se vedlegg)

R_0 = Nåverdien av evt. restverdi for gjennomsnittelig-/maksimal-/minimum anleggskostnad = kr 1013 / kr 1182 / kr 844, (se vedlegg)

M_0 = kr 215 (se punkt om miljøkostnader)

År 0 = Sammenligningsåret – 2004, det året (tidspunktet) alle prissatte konsekvenser og kostnader ved gjennomføring av tiltak diskonteres til i analysen.

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader} = B_0 + V_0 - R_0 + M_0 = 6000 * 1,2 + 88 - 1013 + 215 = 6490$$

$$NV_0 \text{ med maksimal anleggskostnader} = 7000 * 1,2 + 88 - 1182 + 215 = 7521$$

$$NV_0 \text{ med minimum anleggskostnader} = 5000 * 1,2 + 88 - 844 + 215 = 5459$$

Kalkulasjonsrenten er på 4 % (se for øvrig pkt. ang. følsomhetsanalyse)

Levetidskostnader pr m² med gjennomsnittelig anleggskostnad	Levetidskostnader pr m² med <u>maksimal</u> anleggskostnad	Levetidskostnader pr m² med <u>minimum</u> anleggskostnad
kr 6490, - pr m² kalkulasjonsrente 4 %	kr 7520, - pr m² kalkulasjonsrente 4 %	kr 5460, - pr m² Kalkulasjonsrente 4 %

5.3 Følsomhetsanalyse

Levetidskostnader avhenger bl.a. av kalkulasjonsrenten (se nærmere omtale i kap. ”Metode og kostnader som er lagt til grunn”). Vi viser her en følsomhetsanalyse mht. denne renten. Utgangspunktet er gjennomsnittlig anleggskostnad for denne typen skjerm: (se vedlegg for nåverdi av vedlikeholdskostnader og restverdi)

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 2 \% rente} = B_0 + V_0 + M_0 = 6000 * 1,2 + 111 - 1646 + 215 = 5880$$

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 5 \% rente} = 6000 * 1,2 + 79 - 797 + 215 = 6697$$

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 8 \% rente} = 6000 * 1,2 + 58 - 394 + 215 = 7079$$

Som det fremgår av dette regnestykke vil en høy kalkulasjonsrente favorisere fremtidige vedlikeholdskostnader. Vedlikeholdskostnadene er imidlertid små i forhold til anleggskostnadene, variasjon i kalkulasjonsrenten gir derfor ikke noe vesentlig utslag. Restverdien blir også påvirket av kalkulasjonsrenten, men med motsatt virkning i forhold til vedlikeholdskostnadene. For skjermene av mur har endring i kalkulasjonsrenten betydning, dette fordi restverdien er av en slik størrelse at påvirkningen av renten gir økte forskjeller.

Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 2 % Gjennomsnittelig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 5 % Gjennomsnittelig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 8 % Gjennomsnittelig anleggskostnad
kr 5880, - pr m² kr 6490 pr m ² med rente 4 %	kr 6700, - pr m² kr 6490 pr m ² med rente 4 %	kr 7080, - pr m² kr 6490 pr m ² med rente 4 %

5.4 Konstruksjon og detaljering

En skjerm av mur kan være laget av støpt betong, murblokker, teglstein, naturstein med mer. Dette er tunge konstruksjonen som krever god fundamentering, mest aktuelt med ringmur- fundament eller bærende betongelement, som for de andre skjermtypene er fundamenteringen viktig. Disse konstruksjonene er massive, bærende og støyisolerende i seg selv. Mur egner seg ikke som absorberende konstruksjonsmateriale.

5.5 Estetiske og miljøvennlige kvaliteter

Teglstein og naturstein er de mest vedlikeholdsfrie av murskjermene. Det er heller ikke det materialet som innbyr mest til tagging. Oppfattes som et mer varig og vakrere materiale over tid.

5.6 Skjermeksempel

Denne skjermen skjerner Heibergløkka barnehage på Tøyen i Oslo



6. Jordvoll

6.1 Kostnad

Det koster fra kr 414-614 pr m² i anleggskostnader for en jordvoll, dette gir en gjennomsnittskostnad på kr 514 pr m².

Vedlikeholdskostnadene for denne typen skjerm er kr 0,4 pr m² for Skjøtsel av grøntareal hvert år. Vi har her forutsatt et ideelt vedlikehold av skjermen, det skal derfor ikke være behov for annen type vedlikehold i løpet av skjermens levetid. Dette betinger imidlertid at det bygges tilfredsstillende, en nærmere omtale av dette gjøres under pkt. "Konstruksjon og kvalitet". Skadesaker blir behandlet separat.

(Hva som inngår i vedlikeholdskostnadene og anleggskostnadene fremgår av kap. "Metode og kostnader som er lagt til grunn.")

Miljøkostnadene fremgår av kap. "Miljøkostnader", hvilke restverdier som er aktuelle er vist i vedlegg.

6.2 Levetidskostnad

Alle kostnader er her oppgitt pr m²

NV_0 = Nåverdien til alle aktuelle kostnader med år 2004 som sammenligningstidspunkt, fremkommer av beregning. $NV_0 = B_0 + V_0 - R_0 + M_0$

B_0 = Anleggskostnader (2004), kr 513, - er gjennomsnittskostnad for denne typen tiltak, maksimal pris er kr 614, - og minimum pris er kr 414, -

V_0 = Nåverdien av gjennomsnittelig vedlikeholdskostnader i analyseperioden kr 8,- (se vedlegg)

R_0 = Nåverdien av evt. restverdi for gjennomsnittelig-/maksimal-/minimum anleggskostnad = kr 116 / kr 138 / kr 93, (se vedlegg)

M_0 = 0 (se punkt om miljøkostnader)

År 0 = Sammenligningsåret – 2004, det året (tidspunktet) alle prissatte konsekvenser og kostnader ved gjennomføring av tiltak diskonteres til i analysen.

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader} = B_0 + V_0 - R_0 + M_0 = 514 * 1,2 + 8 - 116 + 0 = 509$$

$$NV_0 \text{ med maksimal anleggskostnader} = 614 * 1,2 + 8 - 138 + 0 = 607$$

$$NV_0 \text{ med minimum anleggskostnader} = 414 * 1,2 + 8 - 93 + 0 = 412$$

Kalkulasjonsrenten er på 4 % (se for øvrig pkt. ang. følsomhetsanalyse)

Levetidskostnad pr m² med gjennomsnittlig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² med minimum anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² med maksimal anleggskostnad
kr 510, - pr m² kalkulasjonsrente 4 %	kr 610, - pr m² kalkulasjonsrente 4 %	kr 410, - pr m² Kalkulasjonsrente 4 %

6.3 Følsomhetsanalyse

Levetidskostnader avhenger bl.a. av kalkulasjonsrenten (se nærmere omtale i kap. ”Metode og kostnader som er lagt til grunn”). Vi viser her en følsomhetsanalyse mht. denne renten.

Utgangspunktet er gjennomsnittlig anleggskostnad for denne typen skjerm:

(se vedlegg for nåverdi av vedlikeholdskostnader og restverdi)

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 2 \% rente} = B_0 + V_0 + M_0 = 514 * 1,2 + 10 - 188 + 0 = 439$$

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 5 \% rente} = 514 * 1,2 + 7 - 91 + 0 = 533$$

$$NV_0 \text{ med gjennomsnittlig anleggskostnader og 8 \% rente} = 514 * 1,2 + 5 - 45 + 0 = 577$$

Som det fremgår av dette regnestykke vil en høy kalkulasjonsrente favorisere fremtidige vedlikeholdskostnader. Vedlikeholdskostnadene er imidlertid små i forhold til anleggskostnadene, variasjon i kalkulasjonsrenten gir derfor ikke noe vesentlig utslag. Restverdien blir også påvirket av kalkulasjonsrenten, men med motsatt virkning i forhold til vedlikeholdskostnadene. For jordvoller har endring i kalkulasjonsrenten noe betydning, dette fordi restverdien er av en slik størrelse at påvirkningen av renten gir økte forskjeller.

Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 2 % Gjennomsnittlig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 5 % Gjennomsnittlig anleggskostnad	Levetidskostnad pr m² m/ kalkulasjonsrente 8 % Gjennomsnittlig anleggskostnad
kr 440, - pr m² kr 510 pr m ² med rente 4 %	kr 535, - pr m² kr 510 pr m ² med rente 4 %	kr 580, - pr m² kr 510 pr m ² med rente 4 %

6.4 Konstruksjon og detaljering

I de fleste tilfeller der det er tilstrekkelig disponibelt areal og tilstrekkelig bæreevne, vil voll være å anbefale som støyskjermende tiltak. De er absorberende og skaper ingen refleksjonsproblemer for bygninger eller aktiviteter på motsatt side av vegen.

I etablerte sentrumsområder med mindre arealer tilgjengelig kan ev. en lav jordvoll benyttes i kombinasjon med andre skjermtyper.

Maksimal stigning på vollene uten spesielle tiltak er ca 1 : 1^{1/2}, dette vil variere noe i forhold til ulike materialtyper.

6.5 Estetiske og miljøvennlige kvaliteter

Jordvoll kan formes som del av et landskap eller park, kan da virke som et positivt element i landskapet.

6.6 Skjermeksempel

Denne jordvollen ligger langs Rv 109 nær Fredrikstad sentrum



Miljøvennlige produkter

Vi har i forbindelse med dette FoU-prosjektet sett nærmere på bruk av ubehandlet kjerneved av furu.

Etter initiativ fra oss har Silvinova AS ledet arbeidet med bruk av ubehandlet kjerneved av furu i et 100 m langt støyskjermingsprosjekt på Olrud i Hamar. Statens vegvesen, Mesta AS og Drevsjø Trelast AS har i samarbeid gjennomført dette prosjektet hvor det er lagt stor vekt på materialkunnskap og konstruktiv trebeskyttelse. Se prosjektrapport i vedlegg.

Det er benyttet ubehandlet, tettvoksende furu med høy kjernevedandel. Løsningen innebærer noe høyere investeringskostnad, men ingen vedlikeholdsutgifter som beising for eksempel. Det er heller ingen kostnader knyttet til destruksjon, i motsetning til impregnert virke.

Den tettvoksende veden, som kommer av sent voksende fjellfuru, tar opp vesentlig mindre vann enn trykkimpregnert virke, og vil dermed være mindre utsatt for sprekking.

Estetisk sett vil treets overflate bli gradvis sølvgrått. Dette kan utnyttes bevisst ved å gi stolpene en kontrasterende (og varig) farge.

Generelt for treskjermer gjelder krav til detaljutforming for å hindre vanninntregning, spesielt i endeved.

Dette er en meget miljøvennlig løsning. Materialene inneholder ingen miljøgifter, er ikke spesialavfall og kan enkelt destrueres uten kostnad som bioavfall eller brennes.

Vedlegg

Nåverdi av vedlikeholdskostnader

For treskjerm

Nåverdien av vedlikeholdskostnader pr m² for uisolert, isolert og absorberende treskjerm. Vask av skjerm hvert år (kr 15 pr m² i 2004 kr), beising hvert 5 år (kr 50 pr m² i 2004 kr).

Med en kalkulasjonsrente på 4 %

$$V_0 = 50 * 1,2(0,8219+0,6756+0,5553+0,4564+0,3751) + 15 * 1,2(0,9615+0,9246+0,8890+0,8548+0,8219+0,7903+0,7599+0,7307+0,7026+0,6756+0,6496+0,6246+0,6006+0,5775+0,5553+0,5339+0,5134+0,4936+0,4746+0,4564+0,4388+0,4220+0,4057+0,3901+0,3751) = 454$$

Med en kalkulasjonsrente på 2 %

$$V_0 = 50 * 1,2(0,9057+0,8203+0,7430+0,6730+0,6095) + 15 * 1,2(0,9804+0,9612+0,9423+0,9238+0,9057+0,8880+0,8706+0,8535+0,8368+0,8203+0,8043+0,7885+0,7730+0,7579+0,7430+0,7284+0,7142+0,7002+0,6864+0,6730+0,6598+0,6468+0,6342+0,6217+0,6095) = 577$$

Med en kalkulasjonsrente på 5 %

$$V_0 = 50 * 1,2(0,7835+0,6139+0,4810+0,3769+0,2953) + 15 * 1,2(0,9524+0,9070+0,8638+0,8227+0,7835+0,7462+0,7107+0,6768+0,6446+0,6139+0,5847+0,5568+0,5303+0,5051+0,4810+0,4581+0,4363+0,4155+0,3957+0,3769+0,3589+0,3418+0,3256+0,3101+0,2953) = 407$$

Med en kalkulasjonsrente på 8 %

$$V_0 = 50 * 1,2(0,6806+0,4632+0,3152+0,2145+0,1460) + 15 * 1,2(0,9259+0,8573+0,7938+0,7350+0,6806+0,6302+0,5835+0,5403+0,5002+0,4632+0,4289+0,3971+0,3677+0,3405+0,3152+0,2919+0,2703+0,2502+0,2317+0,2145+0,1987+0,1839+0,1703+0,1577+0,1460) = 301$$

For skjerm i glass

Nåverdien av vedlikeholdskostnader pr m² for skjerm i glass.

Vask av skjerm hvert år (kr 15 pr m² i 2004 kr), skifting av vindu hvert 3 år tilsvarende en pris (2004 kr) på 47 kr pr m²

Med en kalkulasjonsrente på 4 %

$$V_0 = 47 * 1,2(0,8890 + 0,7903 + 0,7026 + 0,6246 + 0,5553 + 0,4936 + 0,4388 + 0,3901) + 15 * 1,2(0,9615 + 0,9246 + 0,8890 + 0,8548 + 0,8219 + 0,7903 + 0,7599 + 0,7307 + 0,7026 + 0,6756 + 0,6496 + 0,6246 + 0,6006 + 0,5775 + 0,5553 + 0,5339 + 0,5134 + 0,4936 + 0,4746 + 0,4564 + 0,4388 + 0,4220 + 0,4057 + 0,3901 + 0,3751) = 557$$

Med en kalkulasjonsrente på 2 %

$$V_0 = 47 * 1,2(0,9423 + 0,8880 + 0,8368 + 0,7885 + 0,7430 + 0,7002 + 0,6598 + 0,6217) + 15 * 1,2(0,9804 + 0,9612 + 0,9423 + 0,9238 + 0,9057 + 0,8880 + 0,8706 + 0,8535 + 0,8368 + 0,8203 + 0,8043 + 0,7885 + 0,7730 + 0,7579 + 0,7430 + 0,7284 + 0,7142 + 0,7002 + 0,6864 + 0,6730 + 0,6598 + 0,6468 + 0,6342 + 0,6217 + 0,6095) = 689$$

Med en kalkulasjonsrente på 5 %

$$V_0 = 47 * 1,2(0,8638 + 0,7462 + 0,6446 + 0,5568 + 0,4810 + 0,4155 + 0,3589 + 0,3101) + 15 * 1,2(0,9524 + 0,9070 + 0,8638 + 0,8227 + 0,7835 + 0,7462 + 0,7107 + 0,6768 + 0,6446 + 0,6139 + 0,5847 + 0,5568 + 0,5303 + 0,5051 + 0,4810 + 0,4581 + 0,4363 + 0,4155 + 0,3957 + 0,3769 + 0,3589 + 0,3418 + 0,3256 + 0,3101 + 0,2953) = 493$$

Med en kalkulasjonsrente på 8 %

$$V_0 = 47 * 1,2(0,7938 + 0,6302 + 0,5002 + 0,3971 + 0,3152 + 0,2502 + 0,1987 + 0,1577) + 15 * 1,2(0,9259 + 0,8573 + 0,7938 + 0,7350 + 0,6806 + 0,6302 + 0,5835 + 0,5403 + 0,5002 + 0,4632 + 0,4289 + 0,3971 + 0,3677 + 0,3405 + 0,3152 + 0,2919 + 0,2703 + 0,2502 + 0,2317 + 0,2145 + 0,1987 + 0,1839 + 0,1703 + 0,1577 + 0,1460) = 369$$

For skjerm i mur

Nåverdien av vedlikeholdskostnader pr m² for skjerm i mur.
Vask av skjerm hvert 3 år (kr 15 pr m² i 2004 kr)

Med en kalkulasjonsrente på 4 %

$$V_0 = 15 * 1,2(0,8890 + 0,7903 + 0,7026 + 0,6246 + 0,5553 + 0,4936 + 0,4388 + 0,3901) = 88$$

Med en kalkulasjonsrente på 2 %

$$V_0 = 15 * 1,2(0,9423 + 0,8880 + 0,8368 + 0,7885 + 0,7430 + 0,7002 + 0,6598 + 0,6217) = 111$$

Med en kalkulasjonsrente på 5 %

$$V_0 = 15 * 1,2(0,8638 + 0,7462 + 0,6446 + 0,5568 + 0,4810 + 0,4155 + 0,3589 + 0,3101) = 79$$

Med en kalkulasjonsrente på 8 %

$$V_0 = 15 * 1,2(0,7938 + 0,6302 + 0,5002 + 0,3971 + 0,3152 + 0,2502 + 0,1987 + 0,1577) = 58$$

For jordvoll

Nåverdien av vedlikeholdskostnader pr m² for jordvoll.
Skjøtsel av grøntareal hvert år (kr 0,4 pr m² i 2004 kr).

Med en kalkulasjonsrente på 4 %

$$V_0 = 0,4 * 1,2(0,9615 + 0,9246 + 0,8890 + 0,8548 + 0,8219 + 0,7903 + 0,7599 + 0,7307 + 0,7026 + 0,6756 + 0,6496 + 0,6246 + 0,6006 + 0,5775 + 0,5553 + 0,5339 + 0,5134 + 0,4936 + 0,4746 + 0,4564 + 0,4388 + 0,4220 + 0,4057 + 0,3901 + 0,3751) = 8$$

Med en kalkulasjonsrente på 2 %

$$V_0 = 0,4 * 1,2(0,9804 + 0,9612 + 0,9423 + 0,9238 + 0,9057 + 0,8880 + 0,8706 + 0,8535 + 0,8368 + 0,8203 + 0,8043 + 0,7885 + 0,7730 + 0,7579 + 0,7430 + 0,7284 + 0,7142 + 0,7002 + 0,6864 + 0,6730 + 0,6598 + 0,6468 + 0,6342 + 0,6217 + 0,6095) = 10$$

Med en kalkulasjonsrente på 5 %

$$V_0 = 0,4 * 1,2(0,9524 + 0,9070 + 0,8638 + 0,8227 + 0,7835 + 0,7462 + 0,7107 + 0,6768 + 0,6446 + 0,6139 + 0,5847 + 0,5568 + 0,5303 + 0,5051 + 0,4810 + 0,4581 + 0,4363 + 0,4155 + 0,3957 + 0,3769 + 0,3589 + 0,3418 + 0,3256 + 0,3101 + 0,2953) = 7$$

Med en kalkulasjonsrente på 8 %

$$V_0 = 0,4 * 1,2(0,9259 + 0,8573 + 0,7938 + 0,7350 + 0,6806 + 0,6302 + 0,5835 + 0,5403 + 0,5002 + 0,4632 + 0,4289 + 0,3971 + 0,3677 + 0,3405 + 0,3152 + 0,2919 + 0,2703 + 0,2502 + 0,2317 + 0,2145 + 0,1987 + 0,1839 + 0,1703 + 0,1577 + 0,1460) = 5$$

Nåverdi av restverdi

Analyseperioden for de støyskjermene vi vurderer nærmere i denne oppgaven er satt til 25 år. Vi har definert levetiden for disse støyskjermene på følgende måte: Skjermer av tre og glass 30 år, skjerm av mur 40 år og jordvoll 50 år. Det er ikke entydig hva levetiden for disse konstruksjonene skal være, vi antar imidlertid at innbyrdes blir fordelingen riktig.

Treskjerm uisolert

Vi antar en Treskjerm u/isolasjon har en levetid på 30 år, ved gjennomsnittelig anleggskostnad blir restverdien 650 kr pr m², ved maksimal anleggskostnad blir restverdien 800 kr pr m² og ved minimum anleggskostnad blir restverdien 500 kr pr m².

	Restverdi - gjennomsnittelig anleggskostnad pr m ²	Restverdi - maksimal anleggskostnad pr m ²	Restverdi - minimum anleggskostnad pr m ²
Nåverdi - 4 % kalkulasjonsrente	244	300	188
Nåverdi - 2 % kalkulasjonsrente	396		
Nåverdi - 5 % kalkulasjonsrente	191		
Nåverdi - 8 % kalkulasjonsrente	95		

Treskjerm isolert

Vi antar en Treskjerm m/isolasjon har en levetid på 30 år, ved gjennomsnittelig anleggskostnad blir restverdien 850 kr pr m², ved maksimal anleggskostnad blir restverdien 1000 kr pr m² og ved minimum anleggskostnad blir restverdien 700 kr pr m².

	Restverdi - gjennomsnittelig anleggskostnad pr m ²	Restverdi - maksimalt anleggskostnad pr m ²	Restverdi - minimum anleggskostnad pr m ²
Nåverdi - 4 % kalkulasjonsrente	319	375	263
Nåverdi - 2 % kalkulasjonsrente	518		
Nåverdi - 5 % kalkulasjonsrente	251		
Nåverdi - 8 % kalkulasjonsrente	124		

Absorberende skjerm

Vi antar en absorberende skjerm har en levetid på 30 år. Ved gjennomsnittelig anleggskostnad blir restverdien 1200 kr pr m², ved maksimal anleggskostnad blir restverdien 1400 kr pr m² og ved minimum anleggskostnad blir restverdien 1000 kr pr m².

	Restverdi - gjennomsnittelig anleggskostnad pr m ²	Restverdi - maksimal anleggskostnad pr m ²	Restverdi - minimum anleggskostnad pr m ²
Nåverdi - 4 % kalkulasjonsrente	450	525	375
Nåverdi - 2 % kalkulasjonsrente	731		
Nåverdi - 5 % kalkulasjonsrente	354		
Nåverdi - 8 % kalkulasjonsrente	175		

Skjerm av herdet glass

Vi antar en skjerm av herdet glass har en levetid på 30 år, ved gjennomsnittelig anleggskostnad blir restverdien 2200 kr pr m², ved maksimal anleggskostnad blir restverdien 2400 kr pr m² og ved minimum anleggskostnad blir restverdien 2000 kr pr m².

	Restverdi - gjennomsnittelig anleggskostnad pr m ²	Restverdi - maksimal anleggskostnad pr m ²	Restverdi - minimum anleggskostnad pr m ²
Nåverdi - 4 % kalkulasjonsrente	825	900	750
Nåverdi - 2 % kalkulasjonsrente	1341		
Nåverdi - 5 % kalkulasjonsrente	650		
Nåverdi - 8 % kalkulasjonsrente	321		

Skjerm av mur

Vi antar en Skjerm av mur har en levetid på 40 år, ved gjennomsnittelig anleggskostnad blir restverdien 2700 kr pr m², ved maksimal anleggskostnad blir restverdien 3150 kr pr m² og ved minimum anleggskostnad blir restverdien 2250 kr pr m².

	Restverdi - gjennomsnittelig anleggskostnad pr m ²	Restverdi - maksimal anleggskostnad pr m ²	Restverdi - minimum anleggskostnad pr m ²
Nåverdi - 4 % kalkulasjonsrente	1013	1182	844
Nåverdi - 2 % kalkulasjonsrente	1646		
Nåverdi - 5 % kalkulasjonsrente	797		
Nåverdi - 8 % kalkulasjonsrente	394		

Jordvoll

Vi antar en Jordvoll har en levetid på 50 år, ved gjennomsnittelig anleggskostnad blir restverdien 308 kr pr m², ved maksimal anleggskostnad blir restverdien 368 kr pr m² og ved minimum anleggskostnad blir restverdien 248 kr pr m².

	Restverdi - gjennomsnittelig anleggskostnad pr m ²	Restverdi - maksimal anleggskostnad pr m ²	Restverdi - minimum anleggskostnad pr m ²
Nåverdi - 4 % kalkulasjonsrente	116	138	93
Nåverdi - 2 % kalkulasjonsrente	188		
Nåverdi - 5 % kalkulasjonsrente	91		
Nåverdi - 8 % kalkulasjonsrente	45		

Sammenstilling av levetidskostnadene

Sammenstilling av levetidskostnadene pr m² av ulike skjermtyper ved ulik kalkulasjonsrente og ulike anleggskostnader. Gjennomsnittelige vedlikeholdskostnader er lagt til grunn.

	4% rente, maks anleggs-kost	4% rente, min anleggs-kost	4% rente, gjennomsnitt anleggskost.	2% rente, gjennomsnitt anleggskost.	5% rente, gjennomsnitt anleggskost.	8% rente. gjennomsnitt anleggskost.
Treskjerme/isolasjon	5430	3740	4585	4555	4590	4580
Treskjerme/isolasjon	6080	4390	5235	5160	5255	5280
Absorberende skjerm	8545	6295	7420	7260	7470	7540
Skjerm av herdet glass	14270	12020	13150	12765	13260	13465
Skjerm av mur	7520	5460	6490	5880	6700	7080
Jordvoll	610	410	510	440	535	580

Prosjektrapport

Vedlikeholdsfrie støyskjermer med fokus på design



Januar 2006

Prosjektparter:
Drevsjø Trelast AS
Statens Vegvesen Region Øst
Mesta AS

Prosjektledelse:



SILVINOVA AS
Utviklingselskap for skogbruk - skogindustri

1 Sammendrag

I et prosjekt hvor Vegvesenet, Mesta AS og Drevsjø Trelast AS har samarbeidet er det bygget en 100 m lang støyskjerm i ubehandlet kjerneved av furu på Olrud i Hamar. Det ble lagt stor vekt på materialkunnskap og konstruktiv trebeskyttelse i prosjektet som ble ledet av Silvinova AS. Bakgrunnen for å benytte ubehandlet treverk i støyskjermen, var et ønske fra Vegvesenets side om å unngå framtidige vedlikeholdskostnader i form av beising eller maling. Tre tåler vann forutsatt at det er benyttet i en luftig konstruksjon som tørker så raskt som mulig etter oppfuktning. Generelt kan man si at vedvarende trefuktighet over 20 % medfører fare for angrep av råtesopper. En ubehandlet trekonstruksjon utendørs vil med tiden få en grå eller brungrå patina som følge av at ligninet og ekstraktstoffer i veden vaskes ut slik at det bare er cellulosefibre igjen på overflaten, samt at det etableres svertesopper og muggsopper som farger veden. Disse soppene har normalt ingen skadelige effekter i forhold til vedens varighet. Det er forventet at støyskjermen har omtrent samme varighet som en tilsvarende støyskjerm bygget av trykkimpregnert furu. I etableringskostnad vil en støyskjerm i kjerneved av furu være en del dyrere enn en tilsvarende støyskjerm i trykkimpregnert furu, men trolig vil dette tjenes inn i løpet av brukstiden. Den ubehandlede skjermen har ikke vedlikeholdsutgifter i forbindelse med overflatebehandling og det er ikke kostnader i forbindelse med destruksjon av ubehandlet tre etter endt brukstid. Kostnaden for destruksjon av trykkimpregnert tre er i 2006 kr 2000 + MVA pr tonn.

Byggherre og utbygger er begge godt fornøyde med resultatet så langt og skal dele sine erfaringer med øvrige regioner i Norge.

Vegvesenet, Mesta AS og Drevsjø Trelast as innkalles til evaluering av støyskjermene etter 1,3 og 5 år. Silvinova foretar innkallingene. Kostnadene vedrørende evalueringer er inkludert i prosjektrengskapet.

2 Bakgrunn

I følge Statistisk Sentralbyrås levekårsundersøkelse er rundt 13 % av Norges befolkning plaget av trafikkstøy inne i boligen sin. Videre oppgir 5 % av befolkningen at de har søvnproblemer knyttet til støy. Til tross for en markant trafikkøkning har disse andelene vært uforandret de siste 20 årene. Dette skyldes en økt satsing på støyisolering med støyskjermer og andre støydempende tiltak i den samme perioden. Siden 1980 er det bygd 2570 støyskjermer med en samlet lengde på 318 km i Norge. Behovet for støyskjermer er økende. Støyskjermer skal ivareta flere hensyn enn bare støydemping. De skal i tillegg gi et estetisk uttrykk og danne et markert skille, dog ikke en markant barriere, mellom trafikkareal og boligareal. Flere materialer er brukt innen støyskjerming, og disse har ulike fordeler og ulemper både knyttet til støyskjermingsegenskaper og estetikk. De har også ulike kostnadsbilder med hensyn til etablering og vedlikehold.

Statens Vegvesen bygger og vedlikeholder støyskjermer langs det norske riks- og fylkesvegnettet. Støyskjermene lages i ulike materialer som betong, plast og trykkimpregnert treverk. Rundt 80 % av støyskjermene som er bygd i Norge er bygd av tre, dette til tross for at trebransjen aldri har prøvd å spesifikt produkttilpasse trelastprodukter til dette spesielle formålet som setter materialet på store prøver som følge av dårlige utluftingsforhold grunnet vegetasjon, vann- og sølesprut, salt og vegstøv. Erfaringene tilsier at støyskjermer av trykkimpregnert treverk er svært utsatt for oppsprekking, og man velger derfor i stadig større grad å beise disse. Beisingen har begrenset varighet, og må gjentas med visse intervaller både

for å gi redusert sprekkdannelse og for å ivareta de estetiske kravene som settes til støyskjermer. Vegvesenet har imidlertid et mål om å få fram støyskjermer som er vedlikeholdsfrie samtidig som de er kostnadseffektive og ivaretar kvalitetskravene som stilles vedrørende estetikk og miljø. Kravet om vedlikeholdsfrie skjermene kan gjøre det fristende å velge andre materialer enn tre, men treverk har klare prekvalifikasjoner med hensyn til estetikk, miljø og mulighet for utbedring av eventuelle skader etter påkjørsler og annet.

I Furnes i Hamar kommune ble det i 2005 besluttet å bygge en 100 meter lang støyskjerm. Vegvesenet ønsket her å prøve ut ubehandlet treverk i form av furu kjerneved som materiale. Som kledningsmateriale til hus, gjerdemateriale i utmark og i en rekke andre konstruksjoner finnes det i Norge eksempler på at furu kjerneved har stått ubehandlet i mer enn 100 år. I en slik konstruksjon er det imidlertid svært viktig å detaljere ut i fra hensynet til konstruktiv trebeskyttelse samt benytte materialkvaliteter som har forutsetninger for å tåle de påkjenningene det vil bli utsatt for.

Dersom støyskjermer i ubehandlet furu kjerneved viser seg å være kostnadseffektive ut i fra både økonomiske og miljømessige synspunkter vil dette kunne medføre et økt forbruk av trevirke i det offentlige rom i tillegg til å øke markedspotensialet for trelastprodusenter som satser på nisjeproduksjon av trelast med spesielle holdbarhetsegenskaper.

Statens Vegvesen gjennomførte i samme periode to øvrige utviklingsprosjekter i tilknytning til støyskjermer. Det ene prosjektet omhandlet fundamentering av støyskjermer mens det andre hadde arbeidstittelen ”Utforming av støytiltak med fokus på fremtidig vedlikehold”. Prosjektene var egenfinansiert av Statens Vegvesen. Disse prosjektene var utredningsprosjekter, og var ikke finansiert med tanke på praktiske undersøkelser eller konkrete prosjekter.

Trelasten som støyskjermer ble bygget av ble levert av Drevsjø Trelast AS. Drevsjø Trelast AS produserer trelast av seintvokst kjerneved av furu fra Drevsjø, Engerdal og Femundsområdet. På landsbasis anslås det at det er et potensial på 1000 – 1500 m³ kjerneved årlig i støyskjermsegmentet, og Drevsjø Trelast AS ønsker å utvikle denne nisjen. Bedriften ligger på Drevsjø, og de 20 arbeidsplassene er svært viktige for lokalsamfunnet.

3 Mål

3.1 Effektmål

Prosjektets mål slik de var beskrevet i prosjektplanen var som følger:

”Ønsket effekt av prosjektet er:

- Statens Vegvesen ønsker å finne ut om ubehandlet kjerneved av furu er et aktuelt materiale til bruk i vedlikeholdsfrie støyskjermer.
- Drevsjø Trelast AS ønsker å finne ut om kjernevedholdig trelast er et aktuelt materiale for støyskjermer og om de er leveringsdyktige innenfor dette segmentet. I dette ligger det at Drevsjø Trelast AS må foreta en analyse av sin råstoffbase å evaluere denne opp mot de aktuelle krav vedrørende kjernevedandel, årringbredde og fordeling av trelastdimensjoner som er aktuelle innenfor støyskjermsegmentet. Videre ønsker Drevsjø Trelast å undersøke om det kan være aktuelt å utvikle skuruttak og trelastprofiler som har forutsetninger for lengre varighet enn hva standardprofiler vil ha på de mest utsatte delene av en støyskjermkonstruksjon.

- Prosjektet skal bidra til økt miljøvennlig trebruk i det offentlige rom og økte markedsmuligheter for nisjeprodusenter av naturlig holdbar kjerneved i skog- og trenæringen.

3.2 Resultatmål

Effekten skal oppnås ved å gjennomføre følgende resultatmål:

- 1 Det skal utarbeides en kravspesifikasjon til trelasten som skal benyttes i støyskjermen. Denne skal utvikles i samarbeid mellom Drevsjø Trelast AS, Statens vegvesen og Silvinova AS. At entreprenør forstår, tolker og bruker kravspesifikasjonen riktig under utførelsen skal kvalitetssikres.
- 2 Under detaljeringen skal konstruktiv trebeskyttelse være i fokus. Detaljeringen skal gjennomføres ved å kombinere arkitekt- og ingeniørkompetanse fra Statens Vegvesen med treteknologisk kompetanse fra Silvinova AS.
- 3 Støyskjermen skal bygges av en entreprenør som involveres i prosjektet. For at støyskjermen skal oppnå tilstrekkelig varighet og dermed være kostnadseffektiv stilles det store krav ikke bare til materialkvalitet, men også til utforming og utføring av konstruktive trebeskyttelsesdetaljer. Det skal kvalitetssikres at entreprenør utfører bygget etter de foreskrevne byggetekniske detaljene.
- 4 Drevsjø Trelast skal evaluere råstoffbasen sin med hensyn til de krav vedrørende kjernevedandel, årringbredde og dimensjonsspekter som forventes å være aktuelle for framtidige støyskjermleveranser. Videre skal Drevsjø Trelast vurdere alternative spesialdimensjoner / spesialprofiler for spesielt utsatte deler og eventuelle pyntedetaljer for støyskjermer. På bakgrunn av dette skal Drevsjø Trelasts leveringsdyktighet inn mot støyskjermsegmentet vurderes.
- 5 Støyskjermen skal ivareta kravene som stilles til estetikk. I denne sammenhengen anbefaler Drevsjø Trelast som trelastleverandør at det gjennomføres en engangsbehandling med jernvitrol av trelasten enten før eller etter at skjermelementene bygges for å oppnå en jevnere patinautvikling. Statens Vegvesen region Øst er en ledende aktør i utviklingen av estetisk tiltalende støyskjermer i Norge.
- 6 Konstruksjonen skal følges opp med undersøkelser etter ett, tre og fem år. Undersøkelsene skal evaluere eventuell råteforekomst i forhold til trelastkvalitet og bygningstekniske detaljer samt estetisk kvalitet med bakgrunn i brukerundersøkelser. På bakgrunn av resultatene skal forventet livsløpskostnad i forhold til andre typer støyskjermer beregnes, og resultatene skal spres til Vegvesenets øvrige regionkontorer i Norge
- 7 Bevisst konstruksjonsteknikk og fornuftig detaljering for å øke holdbarheten på treets premisser skal dokumenteres. Det skal framskaffes dokumentasjon om hvorvidt ubehandlet tre er økonomisk, miljømessig og estetisk bærekraftig i forhold til alternative materialer.”

4 Resultater



Figur 1. Deler av nyoppsatt støyskjerm i ubehandlet kjerneved av furu på Olrud i Hamar.

Foto: F. Fjærtøft

4.1 Resultatmål 1 - Kravspesifikasjon til trelast

Følgende kravspesifikasjon for trelast ble lagt til grunn for leveranse til støyskjermprosjektet:

Trevirket: Norsk furu, sentvokst og rik på kjerneved. Kjernevedandelen i trelasten skal være minimum 80%, og kjerneveden skal være gjennomgående i bordene.
Liten årringbredde, maksimum 2 mm i gjennomsnitt.
Ikke råte eller insektskader.
Ubegrenset kvistmengde, men ikke gjennomgående tørrkvist.

Bearbeiding: Kledningsbordene skal være klyvd fra nedtørket sentrumsplank.
Kledningen skal i dette tilfellet være høvlet for å muliggjøre rengjøring etter eventuell tagging.

Dimensjoner:	18x73	211 m
	28x73	1370 m
	28x123	211 m
	28x148	1573 m
	48x123	91 m

Så langt det er mulig skal lengdene gå opp i biter på 2,1 m.

4.2 Resultatmål 2,3,5 og 7

4.2.1 Kjernevedens egenskaper

Når et furutre vokser og blir gammelt dør vedcellene i de sentrale delene av stammen fra margen og utover. Samtidig blir disse cellene ”naturlig impregnert” av en del stoffer som treet lager og som er relativt effektive mot råtesopper. Denne naturlige impregneringen tetter igjen cellene slik at de blir lite gjennomtrengelige for vann. Kjerneveden blir så tett at den ikke lar

seg impregnere ved hjelp av trykkimpregnering. På riktig gamle furutrær kan kjerneveden utgjøre opptil 85% av tverrsnittet på en stamme. På andre treslag som for eksempel eik og lerk kan kjerneveden utgjøre enda mer. Kjerneveden hos ulike treslag har dessuten mer eller mindre gode holdbarhetsegenskaper. Av norske treslag har eik mest varig kjerneved. Av furustokker som har en kjernevedandel på 50% - 85% er det på et sagbruk fullt mulig å skjære ut planker som er like varige som trykkimpregnerte planker, og som har mindre tendens til å sprekke. Saltimpregnerte bord (grønne) tar opp og avgir fuktighet raskere enn uimpregnerte bord og sprekker derfor mer. I tillegg har trykkimpregnerte bord ofte en ugunstig årringorientering. Figur 2 viser kjerne- og yteved på furutømmer.



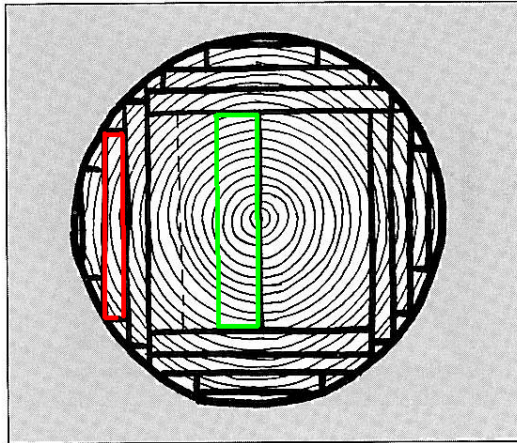
Foto: F. Fjærtøft

Figur 2. Tømmerlunne hvor forskjellen på kjerneved og yteved vises. Som det framgår av bildet er det stor forskjell på utbredelsen av kjerneveden i tverrsnittet mellom ulike stokker. Kjernevedandelen er i første rekke bestemt av treets alder, men voksested betyr også mye.

4.2.2 Årringretningenes betydning

På et sagbruk skjærer man planker og bord ut av tømmerstokker. I prinsipp er uttaksmønsteret som vist på figur 3. I stokkens sentrum tar man ut to eller fire planker av standarddimensjon. Disse plankene har til sammen tverrsnittsmål som er mest mulig likt det største kvadratet man kan tegne inn i stokkens sirkelformede toppende. Dette for å oppnå et maksimalt utbytte. Av de fire halvmåneformene man får rundt det firkantede sentrumsutbyttet skjæres det bord.

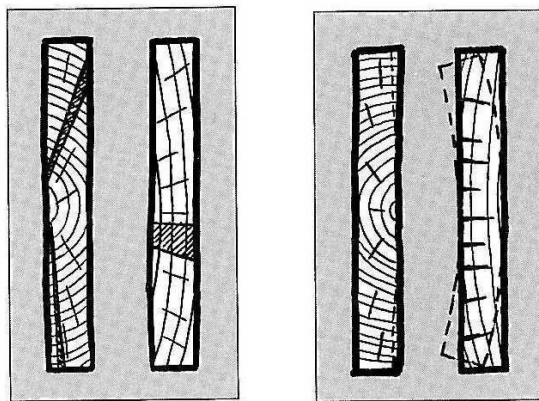
Dersom man splitter sentrumsplanken til bord, slik som det er markert med grønt i figur 3, får man et bord med stående årringer og stor andel kjerneved. Et slikt bord har helt andre egenskaper enn et bord som er skjært ut av stokkens periferi, markert med rødt på figur 3. Dette bordet har ikke kjerneved, og årringene er liggende.



Figur 3. Prinsippskisse som viser oppdelingsmønster for en tømmerstokk på sagbruk. Fargemarkeringene viser forskjell i årringretning avhengig av hvor i stokken et bord tas ut. Et bord tatt ut nær sentrum av stokken har dessuten kjerneved.

Tegning: Modifisert etter Steinar Moldal.

Et bord med liggende årringer har langt større breddekrymping enn et bord med stående årringer. Dessuten tar bordet med liggende årringer opp og avgir vann langt raskere. Dette skyldes dels at bordet ikke har kjerneved og dels at vedfibrene er annerledes orientert. Følgene av dette er at et bord med liggende årringer vrir seg avhengig av vanninnhold, og det sprekker. Brukt ubehandlet utendørs er det følgelig ubrukbart. Problematikken er større jo tynnere bordet er. Kledningsbordene som er brukt i støyskjermen er 28 mm tykke. For kledningsbord til hus er det i dag vanlig å bruke 19 mm eller 22 mm tykke bord. Figur 4 viser hvordan bord med ulik årringretning er forskjellige med hensyn til vridning og sprekk. I kravspesifikasjonen til støyskjermleveransen er det fastsatt at bordene skal være kløyvd sentrumsuttak. På denne måten sikrer man både gunstig årringretning og høy kjernevedandel.



Figur 4. Kantskårne bord, bord med stående årringer (tv) vrir seg mindre og sprekker derfor mindre enn flaskeskårne bord, bord med liggende årringer (th).

Tegning: Steinar Moldal.

Årringbredden henger sammen med densiteten på treet. Et bord med smale årringer er tyngre enn et bord med brede årringer fordi veden er tettere. Dette medfører at vann har vanskeligere for å trenge inn i et bord med smale årringer. Smale årringer indikerer dessuten at et tre har oppnådd en høy alder for å oppnå en slik dimensjon at det kan skjæres på et sagbruk. Høy alder indikerer en stor kjernevedandel. I kravspesifikasjonen til støyskjermen var det krav satt maksimal gjennomsnittlig årringbredde på 2 mm, hvilket er smalt på furu.

Kvist kan i mange tilfelle virke som en armering i veden å hindre vridning og sprekking. Dersom en tørr (død) kvist har mistet fibersammenvoksingen med den omkringliggende veden og denne kvisten er gjennomgående i et bord, kan den imidlertid ramle ut og etterlate seg et hull. Døde gjennomgående kvister er ikke ønsket, jfr. kravspesifikasjonen til støyskjermleveransen. Frekvensen av død og gjennomgående kvist øker fra marginen og utover mot stokkens periferi inntil et visst punkt da kvistene har vært døde så lenge at de overvokses av stammeved. Kvistdiameteren øker også på samme måte, og er på sitt største når kvisten dør.

4.2.3 Detaljering og konstruktiv trebeskyttelse

Ovenfor har vi sett at trevirkets holdbarhetsegenskaper avhenger av treslag og av hvor i stammen treet er tatt ut. Vi skal nå se på noen øvrige momenter som har betydning for holdbarhetsegenskapene.

Trevirke tåler vann og tåler å bli vått forutsatt at det får tørke opp igjen innen rimelig tid etter oppfuktning. I luften finnes det en rekke soppsporer som forutsatt at vanninnholdet i veden er over 20% klarer å bryte ned vedstrukturen. I nedbrytingens første fase vil dette arte seg som fargeforandringer i veden, men etter hvert som angrepet utvikler seg ved vedvarende trefuktighet over 20% vil vedfibrene brytes ned som en følge av det vi vanligvis kaller råte. For å unngå råte er det med andre ord viktig at en konstruksjon er utformet slik at vann ikke samles i "vannfeller" på konstruksjonen. Vannet må dreneres vekk. Videre må vann som har trukket inn i veden kunne luftes ut.

Paradoksalt nok er det mye som tyder på at råteproblematikken på treverk ville vært mindre om man hadde konstruert og bygget med et mer bevisst forhold til tretekniske egenskaper og konstruksjonsteknikk og latt treverket forbli ubehandlet framfor å ta lett på disse forholdene fordi treverket skal overflatebehandles. Det finnes uttallige eksempler på at en overflatebehandlingsfilm har vært for diffusjonsåpen til å hindre at vann slipper inn i treverket, men for tett til å hindre en rask opptørking. Da kan råteproblematikk oppstå. Figur 5 viser hvordan endeveden på støyskjermen på Olrud er skåret for å sikre vannavrenning. Både overliggeren og underliggereg på den omvendte lektekledningen er skråskåret. Som en parallell kan vi tenke på at skigardsstaur alltid ble skråskåret i toppenden i gamle dager. Tverrved er svært viktig å hensynta med spesielle tiltak da den tar opp og avgir vann langt raskere enn ved med ytterflate som går langsetter fibrene slik som det horisontale spikerslaget på bildet.



Figur 5. Tverrveden er skråskåret både på under- og overligger på den omvendte lektekledningen.

Foto: F. Fjærtøft

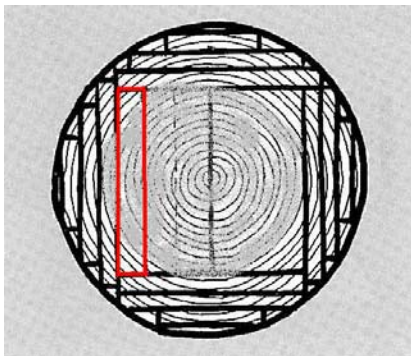
Ved produksjon av kledning er det vanlig at det skjæres plank (>38 mm tykk) av sentrumsblokka og at denne tørkes for senere å splittes til kledningsbord. De bordene som tas ut lengst ut fra marginen får i enkelte tilfeller ikke kjerneved helt ut i kanten slik figur 6 viser.

Figur 6. Enkelte bord får nødvendigvis ikke 100% kjerneved når sentrumsplanken splittes. I figuren er kjerneveden skravert grå, mens yteveden er hvit.

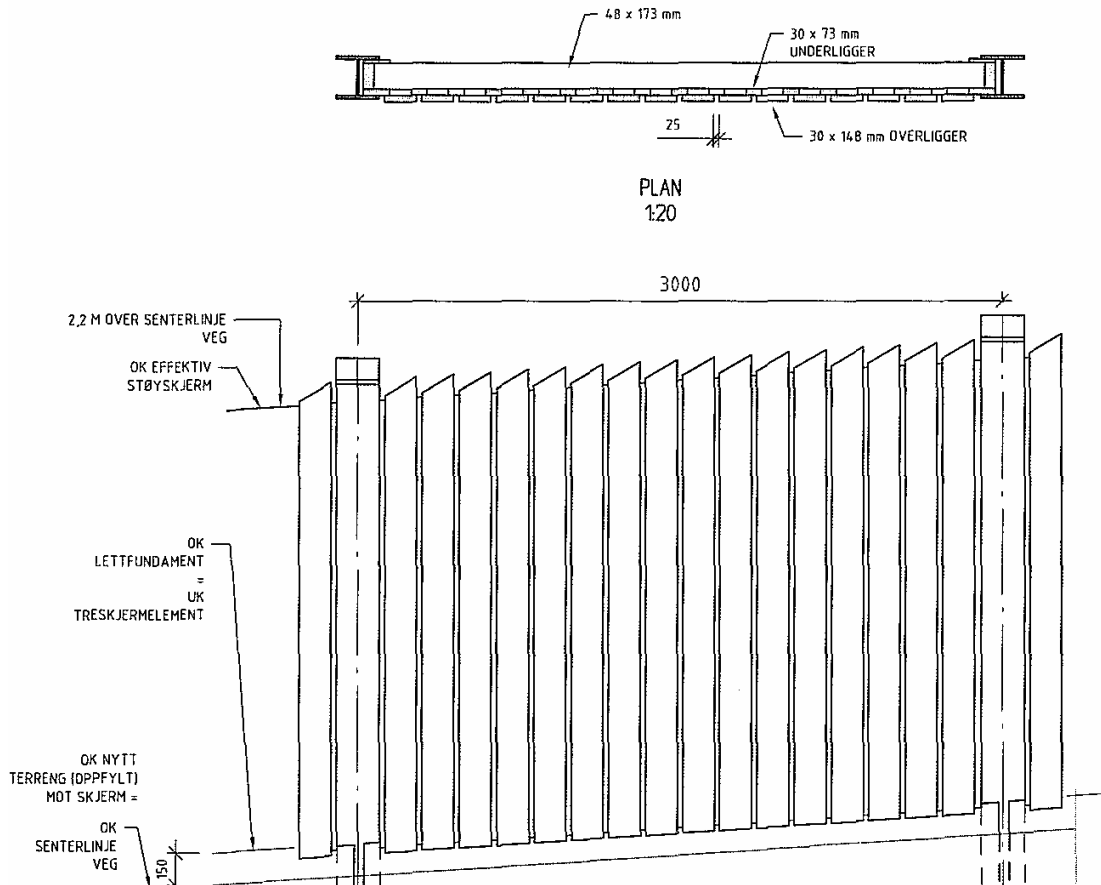
Kjerneved →

Yteved →

Tegning: Modifisert etter Steinar Moldal



Slike bord vil imidlertid få størst mulig kjernevedareal mot den værekspanerte sida dersom de monteres med margsidea ut (synlig side). I monteringsbeskrivelsen til støyskjermen ble det presisert at alle bord, både overligger og underligger, skulle monteres med margsidea ut mot værekspanert side. Dette sikrer en optimal utnyttelse av kjerneveden på en støyskjerm, som i motsetning til en husvegg har to værekspanerte sider. Tegning av støyskjermen er vist i figur 7.



Figur 7. Oppriss av støyskjerm. Arkitekt Frode Bakken, Statens Vegvesen Region Øst.

På en kledning med over- og underligger vil eventuelle striper med yteved i kanten på et bord bli beskyttet av overlappen mellom over- og underligger på baksiden.

I underkant er kledningsbordene skråskjært slik at de får en dryppnese. På denne måten beskyttes endeveden i underkant. I tillegg sikrer betongfundamentet god avstand mellom bakken og underkant av trekonstruksjonen. Dette framgår av figur 8.



Figur 8. I underkant er kledningsbordene skrånkjært slik at vann som renner nedover veggen ikke skal renne innunder bordet og trekkes opp i endeveden. Betongfundamentet sikrer god avstand mellom bakken og trekonstruksjonen. Foto: F. Fjærtoft.

Figur 9 viser at det er lagt plastforinger mellom bunnsvill og betongfundament slik at bunnsvillen ikke ligger direkte ned mot den fuktledende betongen. Plastforingene er bare lagt punktvis under slik at det kommer luft til under svillen slik at denne tørker raskere dersom den blir fuktig. For å hindre kapillærkrefter mellom betong- og tresjiktet med påfølgende oppfukning er det viktig at avstanden mellom bunnsvill og fundament er minimum 5mm.



Figur 9. Punktvis plastforinger mellom bunnsvill og fuktledende betongfundament hindrer fuktvandring opp i trekonstruksjonen og sikrer rask opptørring av bunnsvill. Foto: F. Fjærtoft

4.2.4 Estetisk utvikling

Over en tidsperiode (1-2 år) etablerer kjernevedplankene en fin og sølvgrå farge som varierer med vær- og lysforhold fra dag til dag. Dette fargespillet vil vedvare i hele konstruksjonens brukstid. I fasen fra ny støyskjerm fram til patineringsprosessen er ferdig kan skjermen tidvis gi et skjoldete inntrykk, men forutsatt at naturen får gå sin gang er dette forbigående. For å unngå denne perioden med ujevn utvikling over hele overflatearealet er det mulig å engangsbehandle konstruksjonen med jernvitrol. Konstruksjonen vil da kunne få en tilnærmet lik patina som det naturlige utviklingsforløpet vil ende opp i allerede fra starten av. Statens Vegvesen som eier av skjermen ønsket imidlertid ikke å gjennomføre slik behandling i dette tilfellet da det var ønskelig å følge det naturlige utviklingsforløpet for å etablere en erfaringsplattform rundt dette. Eksempel på jernvitrolbehandling er framstilt i figur 10.



Figur 10. Nytt hus behandlet med jernvitrol til venstre ved siden av gammelt, naturlig patinert hus.

Foto: Stokk og Stein

4.2.5 Forventet levetid

Det forventes at støyskjermen som er oppført i ubehandlet kjerneved i furu på Olrud i Hamar har like lang levetid som en støyskjerm i saltimpregnerte furubord. Kostnadmessig kommer den ubehandlede skjermen noe dyrere ut i etableringskostnad fordi:

- 1 Materialkostnaden er høyere
- 2 I elementproduksjonen tar detaljutformingene noe lengre tid enn ved bygging av en trykkimpregnert skjerm. Dette avhenger av mekaniseringsgraden på verkstedet.

I total kostnad forventes den ubehandlede skjermen imidlertid ikke å ha høyere kostnader over hele livsløpet da det ikke er knyttet vedlikeholdskostnader i form av rebeising av denne skjermen. Det forventes at en trykkimpregnert skjerm må rebeises minimum to ganger i løpet av livsløpet foruten kostnader til beising når den er ny.

Skjermer i trykkimpregnert furu har dessuten en kostnad i forbindelse med avhending da dette virket krever forbrenning i godkjent avfallsforbrenningsanlegg. I 2006 er denne kostnaden ca kr 2000 + MVA for hvert tonn. En ubehandlet støyskjerm kan imidlertid selges som rent brensel ved avhendingen.

Det er ikke forventet noen forskjell i forbindelse med vegetasjonsbekjemping og rengjøring ved spyling mellom de to materialtypene.

4.3 Resultatmål 4 - Ressursgrunnlag

- Drevsjø Trelast er ble etablert i 1920 og kjøper sitt råstoff i nærområdet, det vil si hovedsakelig fra Trysil, Engerdal og Femundsmarka. Noe kjøpes også fra svensk side av grensen. Samtlige leverandører av tømmer er miljøsertifiserte. Sagbruket skjærer årlig ca. 28 000 m³ tømmer av furu og markedsfører sine produkter under varemerket Femund malmfuru. Bedriften har eget høvleri og eget impregneringsanlegg for trykkimpregnering.

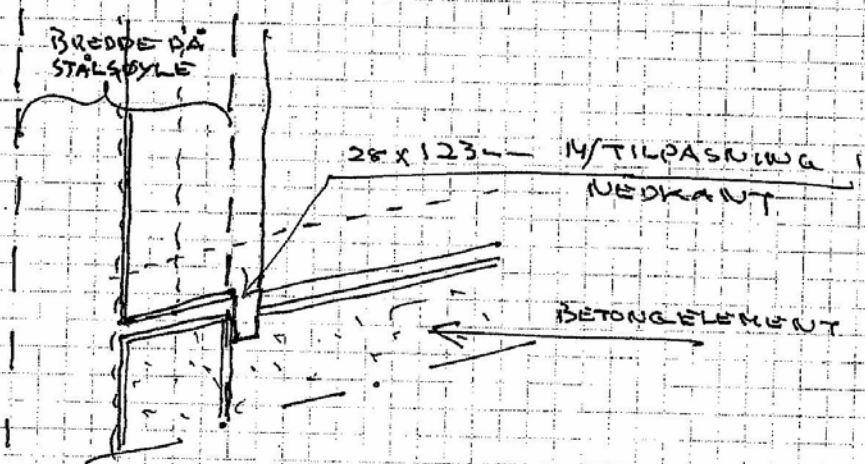
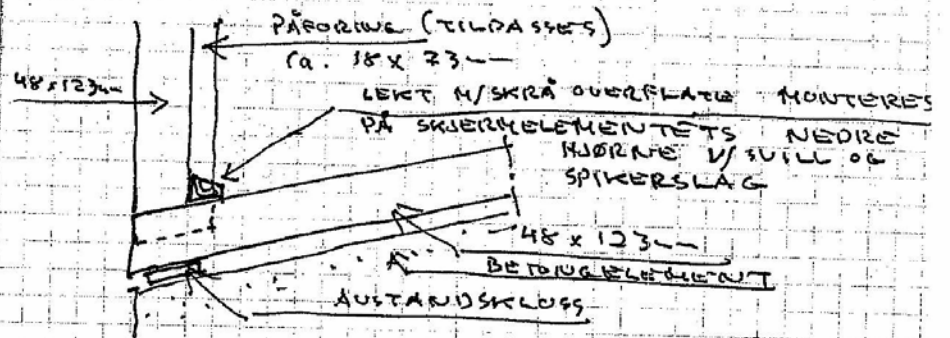
Femund malmfuru produkter produseres av sentrumsuttaket fra grove rotstokker av furu. Disponibelt kvantum til nye produkter er 2-3000 m³.

5 Vedlegg – skisser og tegninger

12/10 '05 ONS 16:25 FAX 62553799

SVV HEDMARK TRAFIKKAVD

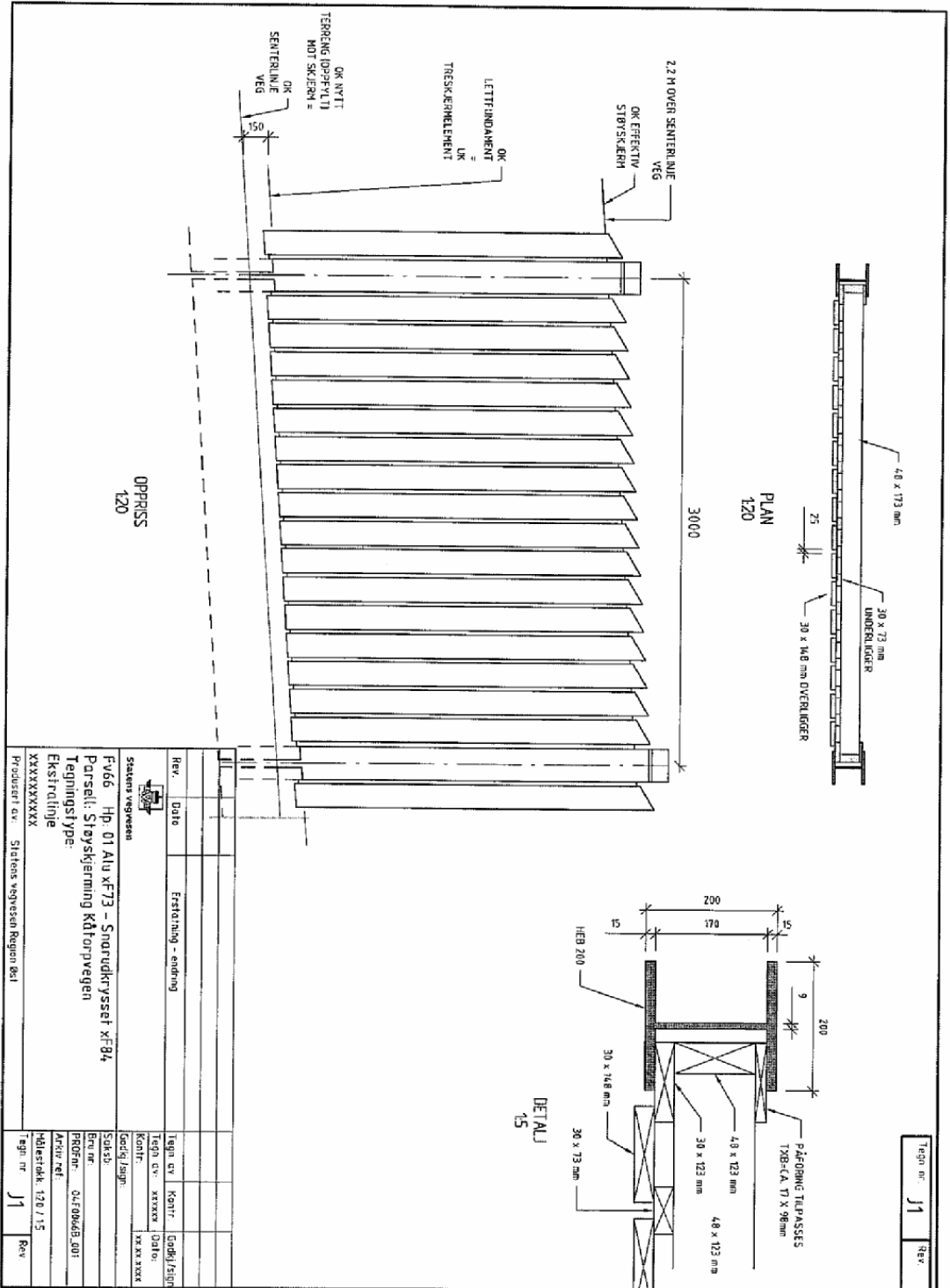
003

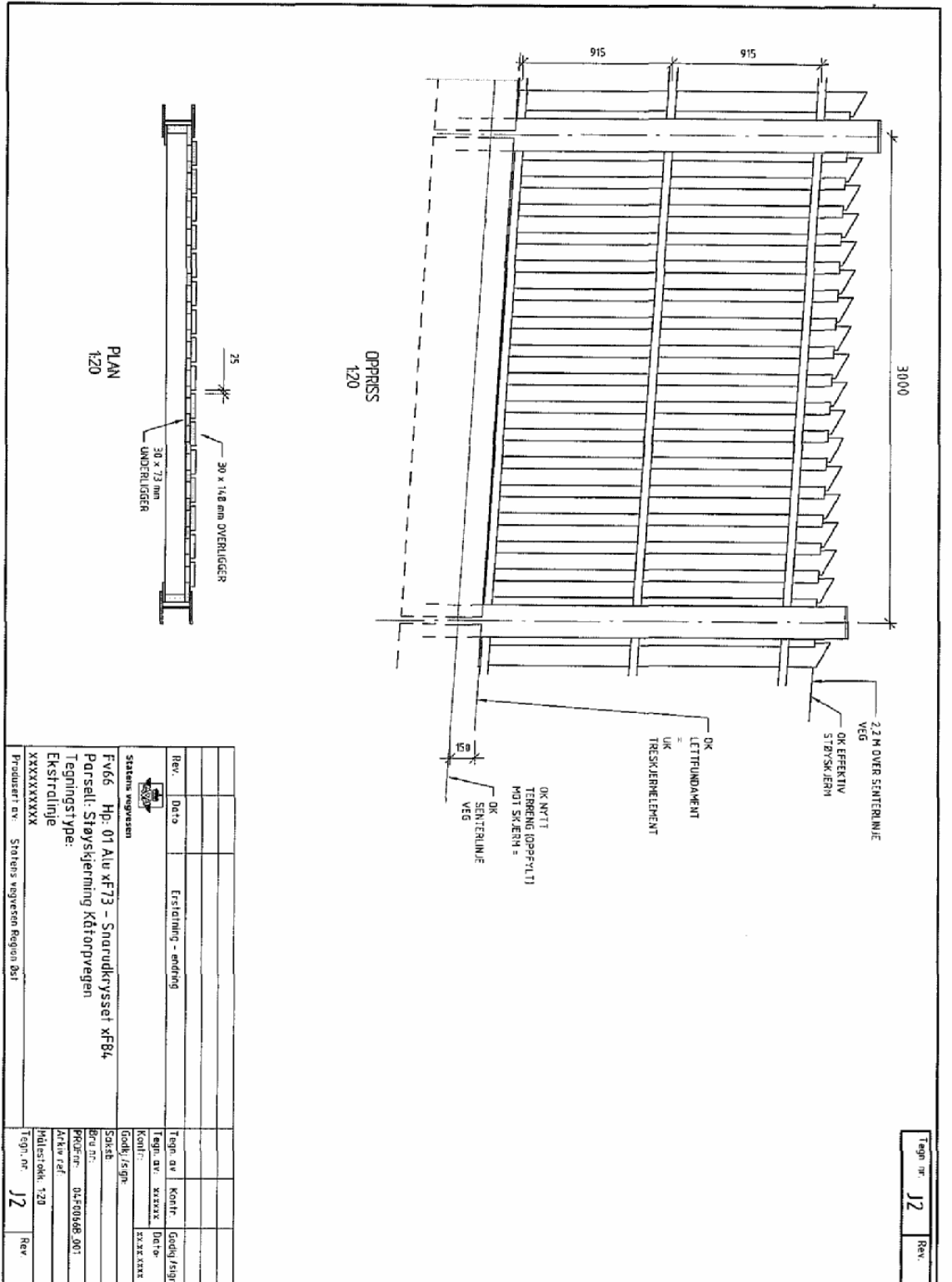


DETALJER AV NEDRE SKJERMLEMENT
HJØRNE

KÅRTURVEGEN STØYSKJERM
M = 1:5

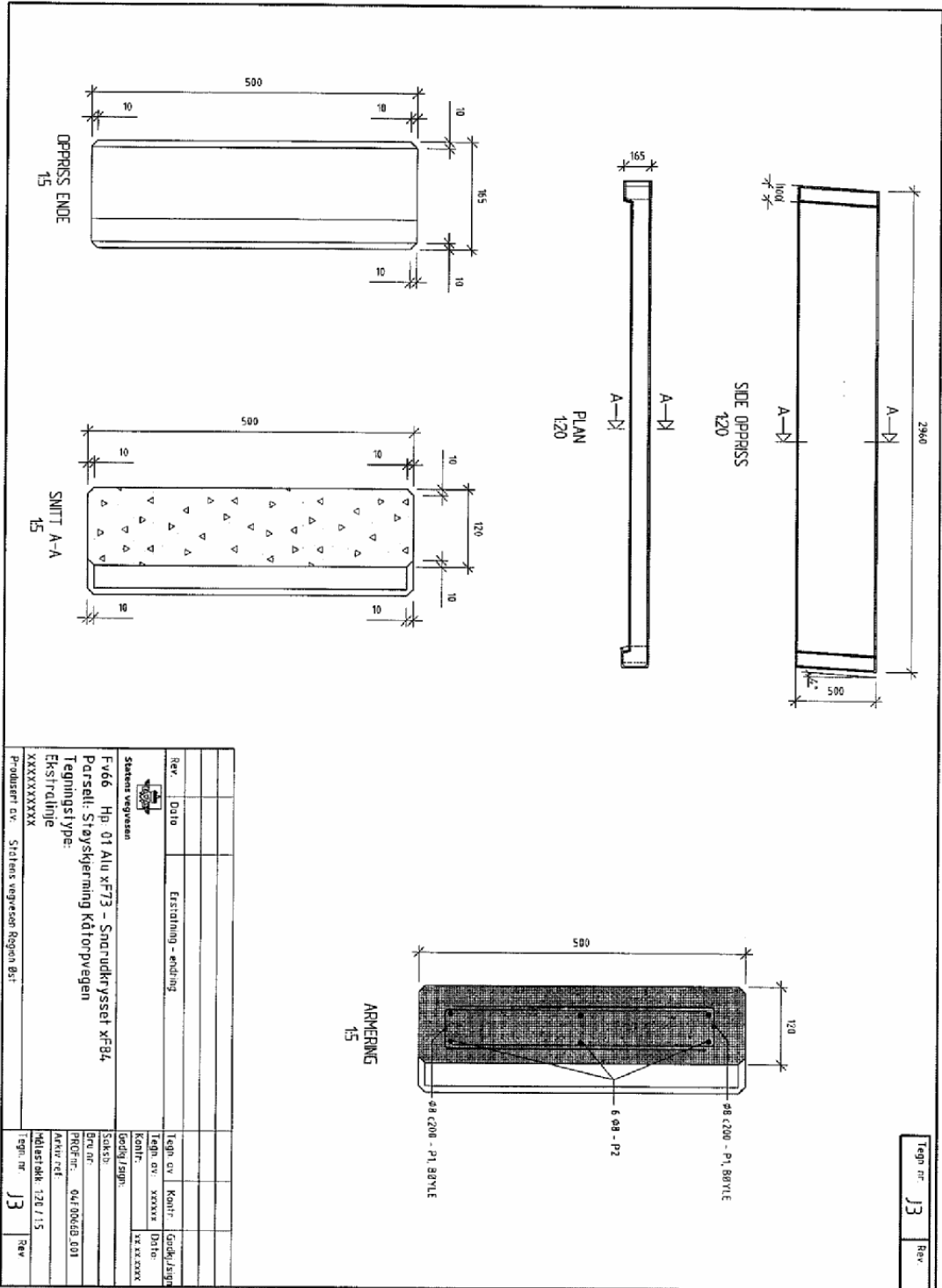
STATENS VEGVESSEN - 4/10-05 - FB





Tegn nr. **J2** Rev.

Rev.	Date	Endring - endring	Tegn. av	Kont.	Godk./sign
			Tegn. av: xxxxx	Dato: xxx/xxx	Godk./sign
Statens vegvesen			Saksb	Proj.nr:	04-F01048-001
Fv66 Hp: 01 Alu xF73 - Snarudkrysset xFB4			Arkiv ref.		
Parcell: Støyskjerming Kåtorpvegen			Målestokk: 1:20		
Tegningstype: Ekstrørlinje			Tegn. nr.	J2	Rev
Produkt nr: XXXXXXXXXXXX					
Produkt nr: Statens vegvesen Region Øst					



Rev.	010	Etabliring - eteiding	Tegn. av	Kontr.	Gudkj/Sjgn
			Tegn. av	xxxxx	Dato:
			Kontr.		xx.xx.xxxx
Statens vegvesen					
Fv66 Hp 01 Alu xF73 - Smarudkrysset xF84					
Parsell: Støyskjerming Kåtorvvegen					
Tegningstype:					
Ekstribalinge					
XXXXXXXXXX					
Produsent av: Statens vegvesen Region Bst					
			Saksbe		
			Sjef		
			PRD/Trc	04/100/ED/001	
			Arkiv ref		
			Helsestikk	120 / 15	
			Tegn. nr	J3	Rev