

Teknologirapport nr. 2445

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 21:

**Gjenbruk av avfallsglass som
granulert skumglass i
vegkonstruksjoner**



September 2007

Teknologiavdelingen

Teknologirapport nr. 2445

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 21:

Gjenbruk av avfallsglass som granulert skumglass i vegkonstruksjoner



Sammendrag

Rapporten inngår i en serie rapporter fra Gjenbruksprosjektet 2002-2005 (etatsprosjekt) og behandler bruk av skumglass som frostisolasjon, lett fyllmasse og til dremsformål ved vegprosjekter.

Skumglass har vært sporadisk anvendt som isolasjonsmateriale i vegkonstruksjoner siden 1960-tallet og da i form av plater. Produksjon av granulert skumglass kom først i gang i Norge på 1990-tallet. Statens vegvesen har siden 1998 anvendt skumglass i vegkonstruksjoner, først som isolasjonsmateriale og senere som lett fyllmasse. Vegdirektoratet startet i 2000 en systematisk utprøving og oppfølging av skumglass i vegkonstruksjoner og har siden fulgt dette opp gjennom Gjenbruksprosjektet.

Produksjonen av granulert skumglass i Norge er basert på gjenvinning av ulike former for returglass. Det er nå to produsenter av granulert skumglass her i landet, Miljøtek HASOPOR AS på Meråker i Trøndelag som lager produktet HASOPOR og Glasitt AS i Skjåk som lager Glasopor. Miljøtek HASOPOR AS tar både imot vanlig returglass (vindusglass, glassembalasje og lignende) samt tungmetallholdig elektrisk avfallsglass som lysstoffør og lyspærer. Produktet [®]HASOPOR er dokumentert gjennom en Europeisk teknisk godkjenning, ETA registret som ETA – 05/0187 i oktober 2005 og det leveres nå som et CE-merket produkt. Vegdirektoratet har i prosjektperioden hatt et samarbeid med Hasopor som eneste leverandør av skumglass da prosjektet startet.

Gjennom behandling av returglass vil produksjonen av skumglass sørge for at gift og avfallsstoffer blir fjernet på en forsvarlig måte samtidig som det i sin resirkulerte form ikke vil føre til ny forurensing idet skumglasset er rent og ikke oppløses i vann eller andre stoffer i naturen. Bruk av skumglass vil således bidra til redusert forurensing både anvendt i veggammenheng og på annen måte.

Hensikten med denne rapporten er å vurdere de materialtekniske og anleggstekniske sider ved bruk av skumglass til vegformål som frostisolering og lett fyllmasse samt til dremsformål slik at en best mulig anvendelse av produktet oppnås.

Det anbefales at flere prosjekter gjennomføres. Prosjektene skal fremskaffe bedre kunnskap samt ytterligere dokumentasjon om materialets tekniske egenskaper.

Emneord: *Skumglass, tekniske egenskaper, miljørelaterte egenskaper, pilotprosjekter, miljøpåkjenning*

Dato: *September 2007*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen
Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo
Telefon: 02030 Telefax: 22 07 38 66

Forord

Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt er ett av fem etatsprosjekter i perioden 2002 - 2005. Prosjektet ble startet på Vegteknisk avdeling i Vegdirektoratet. Fra og med 2003 tilhører prosjektet Teknologiavdelingen, Veg- og trafikkfaglig senter i Trondheim. I tillegg til fagpersoner i Statens vegvesen, består både Prosjektrådet og arbeidsgrupper av ressurspersoner fra BA-næringen, forskningsmiljøer og administrative instanser.

Prosjektets overordnede mål er å *tilrettelegge* for gjenbruk. Dette skal gjøres ved å:

- øke kunnskapen om materialenes tekniske og miljømessige egenskaper
- implementere kunnskap underveis ved utførelser i Vegvesenets regi
- vurdere muligheter for ressursvennlig prosjektering
- studere økonomiske sider ved anvendelsen av resirkulerte materialer
- gjennomgå relevant regelverk, revidere eller supplere Vegvesenets håndbøker og veiledninger

Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt består av åtte delprosjekter:

- DP 1 Avfallshåndtering
- DP 2 Miljøpåvirkning
- DP 3 Gjenbruk av betong
- DP 4 Gjenbruk av asfalt
- DP 5 Lette fyllmasser og isolasjonsmaterialer
- DP 6 Gjenbruksvegen
- DP 7 Rammeverk for gjenbruk
- DP 8 Nye ideer, materialer og tiltak

Gjenbruksprosjektet ledes av Gordana Petkovic, Vegdirektoratet.

Delprosjekt 5 "Lette fyllinger og isolasjon" (DP5), som denne rapporten tilhører, har som overordnet målsetting å tilrettelegge og øke gjenbruket av alternative lette materialer som skumglass, oppkuttete bildekk og aske. Noen av materialene er også aktuelle til frostsikringsformål. Materialene skal defineres og spesifiseres i størst mulig grad som ferdige produkter, for å lette arbeidet for Vegvesenet eller andre byggherrer (bestillere). Bl.a. skal det etableres ordninger for materialdeklarasjon. Se vedlegg 10 for mer informasjon om DP 5.

DP5 ledes av Roald Aabøe, Vegdirektoratet.

Denne rapporten er utarbeidet av følgende arbeidsgruppe:

- Roald Aabøe og Gordana Petkovic, Vegdirektoratet
- Signe Holdhus, NTNU student (masteroppgaven er arbeidsrapport nr 03/DP5 fra Gjenbruksprosjektet)
- Even Øiseth, SINTEF Teknologi og Samfunn, Berg og Geoteknikk
- Tor Erik Frydenlund, GeoCon Tor Erik Frydenlund

Bidrag fra Rambøll Norge AS og Has Consult AS er også innarbeidet.

Innholdsfortegnelse

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INNLEDNING..... | 6 |
| 1.1 | MILJØPOLITIKK OG GJENVINNING | 6 |
| 1.2 | RESIRKULERING AV GLASS | 8 |
| 1.3 | PRODUSENTER | 10 |
| 1.4 | PRODUKSJON | 11 |
| 1.5 | OMFANG AV PRODUSERT SKUMGLASS | 12 |
| 1.6 | BRUK AV GRANULERT SKUMGLASS TIL VEGFORMÅL | 13 |
| 1.7 | ® HASOPOR - EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL (ETA) | 13 |
| 1.8 | SAMMENLIGNING MED ANDRE PRODUKTER | 14 |
| 2 | EGENSKAPER..... | 15 |
| 2.1 | TEKNISKE DATA..... | 15 |
| 2.1.1 | <i>Densitet</i> | 15 |
| 2.1.2 | <i>Trykkstyrke</i> | 15 |
| 2.1.3 | <i>Frostsikring</i> | 15 |
| 2.1.4 | <i>Drenasje</i> | 19 |
| 2.1.5 | <i>Egendeformasjon og komprimerbarhet</i> | 19 |
| 2.1.6 | <i>Vannopptak</i> | 20 |
| 2.1.7 | <i>Deformasjonsegenskaper</i> | 20 |
| 2.1.8 | <i>Skjærfasthet</i> | 22 |
| 2.1.9 | <i>Jordtrykk</i> | 24 |
| 2.1.10 | <i>Oppsummering</i> | 24 |
| 2.2 | MILJØRELATERTE EGENSKAPER..... | 26 |
| 2.2.1 | <i>Sammensetning</i> | 26 |
| 2.2.2 | <i>Utlekking</i> | 27 |
| 2.2.3 | <i>Oppsummering</i> | 27 |
| 3 | PILOTPROSJEKTER I NORGE | 28 |
| 3.1 | FROSTISOLERING | 28 |
| 3.1.1 | <i>Fylkesveg 133 Sigdal</i> | 29 |
| 3.1.2 | <i>Fylkesveg 531 Røros</i> | 33 |
| 3.1.3 | <i>Riksveg 31 Røros, Steinåsen</i> | 35 |
| 3.1.4 | <i>Riksveg 219 Atna – Mogrenne</i> | 39 |
| 3.1.5 | <i>Fylkesveg 192 Noresund</i> | 41 |
| 3.1.6 | <i>Gang og sykkelveg E6 Steinkjer, Eggemarka</i> | 43 |
| 3.1.7 | <i>Oppsummering</i> | 49 |
| 3.2 | LETTE MASSER..... | 53 |
| 3.2.1 | <i>Rv 17 Rosendal</i> | 55 |
| 3.2.2 | <i>Gang- og sykkelveg, Lodalen</i> | 57 |
| 3.2.3 | <i>Rv 120 Nannestad</i> | 60 |
| 3.2.4 | <i>E6 Levanger, Mulekrysset</i> | 62 |
| 3.2.5 | <i>E6 Klemetsrud</i> | 64 |
| 3.2.6 | <i>E6 Steinkjer, Eggemarka</i> | 66 |
| 3.2.7 | <i>Oppsummering</i> | 71 |
| 3.3 | DRENSMASSER..... | 73 |
| 4 | KONKLUSJONER..... | 75 |
| 5 | FIGURLISTE..... | 77 |
| 6 | REFERANSELISTE..... | 80 |

1 Innledning

1.1 Miljøpolitikk og gjenvinning

Vår nasjonale miljøpolitikk har som målsetning både å redusere avfallsmengden og å redusere risiko for utslipp av miljøfarlige stoffer til naturen. Utslipp fra våre veger er under langsom forandring som følge av endringer i valg av byggematerialer, konstruksjon, teknologi, trafikkmengde og vedlikehold. Det er i dag liten grad av helhetlig vurdering av disse utslippenes effekt på miljø og helse. Miljøriktig prosjektering og drift av veg handler om å redusere, eller å kontrollere utslipp slik at ikke miljø og helse belastes mer enn det som er akseptabelt.

Skumglass har vært sporadisk anvendt som isolasjonsmateriale i vegkonstruksjoner siden 1960-tallet og da i form av plater. Produksjon av granulært skumglass kom først i gang i Norge på 1990-tallet. Statens vegvesen har siden 1998 anvendt slikt skumglass i vegkonstruksjoner, først som isolasjonsmateriale og senere som lett fyllmasse. Vegdirektoratet startet i 2000 en systematisk utprøving og oppfølging av skumglass i vegkonstruksjoner og har siden fulgt dette opp gjennom Gjenbruksprosjektet.

Hensikten med denne rapporten er å vurdere de materialtekniske og anleggstekniske sider ved bruk av skumglass til vegformål slik at en best mulig anvendelse av produktet oppnås.

Det stilles i dag en del krav til hva som er samfunnsnyttig materialgjenvinning som vist i nedenstående tabell Figur 1.

| Krav til materialet | Krav til bruk |
|---|--|
| Egenskapene i materialet må ha en funksjon | Materialet må i sin nye bruksform ha en funksjon ut over volumet, for eksempel ved at nedknust glass har isolerende egenskaper og er lettere enn andre fyllingsmaterialer. |
| Materialet må tilfredsstille forhåndsfastlagte spesifikasjoner | Det må på forhånd kunne spesifiseres egenskaper for materialet, for eksempel en bestemt sortering for nedknust betong. |
| Materialet må kunne omsettes i et marked | Materialet må ha en verdi for noen. Disponeringen må skje fordi mottaker har bruk for det, og ikke bare fordi leverandøren vil bli kvitt det. |
| Materialet må være rent | Materialet må ikke være forurenset av annet avfall/spesialavfall eller av komponenter som kan være til skade eller ulempe for miljøet. |

Figur 1: Krav til samfunnsmessig gjenvinning av materialer

Som det fremgår tilfredsstiller granulert skumglass kravene i tabellen og vil gjennom behandling av returglass sørge for at gift og avfallsstoffer blir fjernet på en forsvarlig måte samtidig som det i sin resirkulerte form ikke vil føre til ny forurensing idet skumglasset er rent og ikke oppløses i vann eller andre stoffer i naturen. Bruk av skumglass vil således bidra til redusert forurensing både anvendt i vegsammenheng og på annen måte.

Miljømyndighetene har siden starten av 1990 – tallet ført en aktiv politikk for å redusere avfallsmengden. Et viktig prinsipp har vært at de som forurenser skal betale for de miljøkostnader de forårsaker.

Den pragmatiske løsningen har vært bransjeorganisert produsentansvar. Dette har medført at produsenter av ulike typer produkter har fått ansvaret for at varene de produserer innsamles og gjenvinnes etter endt livsløp. Resultatet har medført at returselskaper er blitt etablert ved samarbeid mellom aktørene i en bransje.

Glassretur organiseres hovedsaklig gjennom følgende aktører.

- * Elektro- og elektronikkreturordningene.
- * Ombruksordningen for drikkevareemballasje.

Hovedsaklig finnes følgende glasskilder:

- Emballasjeglasse
- Elektriske og elektroniske produkter
- Riveavfall
- Spill fra glassprodusenter og glassmesterbransjen
- Bilvinduer

Konkurransetilsynet har uttalt seg om denne ordningen og skriver som følger:

- Det er problematisk at dagens politikk for innsamling og gjenvinning av avfall i stor grad baseres på samarbeid mellom konkurrenter. Manglende konkurranse gjør dagens returordninger dyre for samfunnet og for forbrukerne.
- Mange selskap som driver med innsamling og gjenvinning av avfall, såkalte returselskap, har i dag en dominerende stilling. Resultatet av dette er manglende incentiver til kostnadsdisiplin og risiko for at returselskapene priser for høyt.

Organiseringen av bransjeorganiserte returselskaper begrenser muligheten for virksam konkurranse både i verdikjeden for kasserte produkter og i omsetningen av produktene før de kasseres. Manglende konkurranse medfører at skumglassprodusenter får for lite råstoff av glass og til priser som hindrer utvikling av gjenvinnbare produkter.

Konkurransetilsynet setter spørsmålsteget ved om fremgangsmåten myndighetene har valgt for å nå målene for retur og gjenvinning, er den mest effektive. Å legge til rette for markedet med konkurranse kan være et virkemiddel for å nå ulike miljømål på billigst mulig måte.

Det totale markedet for returglass er stipulert til 140 000 tonn pr år. Et slikt volum ville gi en produsert mengde av ca 700 000 m³ skumglass og dette vil kunne påvirke prisen i markedet.

1.2 Resirkulering av glass

Nedenfor er det vist en kortfattet analyse av råvaretilgang, innsamlingsordninger og aktører i returglassmarkedet. Den gir også en oversikt over innsamlingsordninger og hvilke føringer Norske myndigheter har i form av forskrifter om glassavfall.

Emballasjeglasse:

Emballasjeglasse står for 36 % av totalt glassavfall i Norge, og over 90 % av emballasjeglasset blir gjenvunnet.

Forskrifter/lovgrunnlag

EUs emballasjedirektiv ble vedtatt i 1994 og førte til forslag om emballasjeavgift fra norske myndigheter. Avgiften ble ikke innført mot at næringslivet selv ivaretok gjenvinning. Dette resulterte i en bransjeavtale med Miljøverndepartementet om oppretting materialselskaper for hvert materiale. For glass heter dette Norsk Glassgjenvinning AS. I Avfallsforskriftens kap. 6 Retursystemer for emballasje til drikkevarer (som trådte i kraft 1. juli 2004) er det slått fast at SFT fastsetter hvilken returandel retursystemet skal oppnå. For 2004 til 2005 ble denne andelen vedtatt til 90 %. Toll og avgiftsdirektoratet legger denne til grunn når nivået for miljøavgiften for øl, vin og brennevin og alkoholfrie drikkevarer justeres. Ved økt gjenvinning, reduseres avgiften, og dette oppfordrer til økt gjenbruk for deltakerne i Norsk Glassgjenvinnings retursystem.

Innsamling

I tillegg til Norsk Glassgjenvinning finnes det flere renovasjonsselskaper som tilbyr glassinnsamling av emballasjeglasse og annet glass. Disse leverer til bedrifter som bruker glass i produksjon av nytt materiale. Norsk Glassgjenvinning har også som mål å samarbeide med alle forskningsmiljøer, industribedrifter og andre som har bruk for resirkulert glass i utviklingen av nye produkter. Miljøtek HASOPOR AS har avtalefestet levering av emballasjeglasseavfall fra flere renovasjonsselskaper. Glasitt AS mottar glass fra Norsk Glassgjenvinning AS.

Mottakere

Alle bedrifter som produserer nye produkter av returglass, vil være interessert i å motta innsamlet emballasjeglasse. Pr. dags dato er dette bedrifter som gjenvinner til ny emballasje, bedrifter som produserer glassull og bedrifter som produserer skumglass. Fortrinnet til skumglassprodusenter er at de kan ta i mot både farget og klart glass, og stiller ikke like store krav til avfallsglassets renhet som andre mottakere.

Elektrisk og Elektronisk avfall (lyskilder):

En fraksjon av EE-avfallet er lysrør og sparepærer som i hovedsak består av glass. Dette utgjør omtrent 6 % av det totale glassavfallet i Norge.

Forskrifter/lovgrunnlag

I avfallsforskriften som trådte i kraft 1.juli 2004 omhandler kapittel 1 kasserte elektriske og elektroniske produkter. Forskriften pålegger produsenter og importører av EE-produkter å sørge for innsamling og forsvarlig behandling av kasserte produkter. RENAS er etablert av elektroforeningen og TBL elektro for å sikre at medlemsbedriftene oppfyller kravene som Miljødepartementet stiller gjennom forskriften.

Innsamling

RENAS står for innsamling av næringssektoravfall som omfatter lysrør og sparepærer. El-kretsen har tilsvarende innsamling i Sverige.

Mottakere

Miljøtek HASOPOR AS er den eneste bedriften i Norge som materialgjenvinner lysrør og sparepærer. Lyskildene inneholder miljøgifter som bl.a. kvikksølv og bly. Dette blir skilt fra glasset i en plasmaovn, slik at mengdene avfall som må til spesialdeponi reduseres kraftig.

Bygningsglass:

Bygningsglass er den største produktgruppen og står for omtrent 35 % av alt glassavfall i Norge. Bygningsglass gjenvinnes i liten grad.

Forskrifter/lovgrunnlag:

Det finnes ingen lovpålegg eller bransjeavtaler som regulerer avfallsbehandling av vanlig planglass. På initiativ fra Byggenæringens Landsforening (BNL), Tekniske Entreprenørers Landsforening (TELFO) og Norges miljøvernforbund (NMF) ble Nasjonal handlingsplan for bygg og anleggsavfall (NHP) utformet i 2000. NHP imøtekommer myndighetenes miljøvern- og avfallspolitikk.

Innsamling:

På grunn av manglende lovgrunnlag, finnes det svært begrenset med organiserte innsamlingsordninger for bygningsglass. Enkelte avfallsmottak og Norsk Glassgjenvinning AS tar i mot noe bygningsglass. Glassmestere ordner seg med egne avtaler for å kvitte seg med glassavfall i form av avskjær, kapp og brekkasje.

Ruteretur AS har ansvaret for å drive returordningen for PCB-holdige isolerglassvinduer. Ved godkjente behandlingsanlegg blir de PCB-holdige delene skåret fra resten av glasset. Restglasset kan da gjenvinnes som vanlig planglass.

Mottakere:

Alle bedrifter som produserer nye produkter av returglass uten spesielle renhetskrav, vil være interessert i å motta innsamlet bygningsglass. Pr. dags dato er dette bedrifter som produserer glassull og bedrifter som produserer skumglass.

Bilglass:

Bilglass står for omtrent 3,5 % av alt glassavfall som produseres i Norge. Andel bilglass som blir gjenvunnet er ikke kvantifisert, men regnes for å være liten.

Forskrifter/lovgrunnlag

EU innførte i 2000 direktiv om kasserte kjøretøy. Dette er etterfulgt av norske myndigheter ved å vedta forskrift om kasserte kjøretøy i 2002. I vedlegg 1 punkt 4 i denne forskriften er det krav om at komponenter av glass skal fjernes før vraking, med mindre de kan skilles ut i den etterfølgende fragmenteringen. I følge bransjen fungerer ikke denne regelen tilfredsstillende, slik at bilglasset i stor grad følger bilvraket til deponering.

Innsamling

Det eksisterer intet lovgrunnlag for innsamling og gjenvinning av bilglass fra bilglassforhandlere/verksteder. Bransjen har selv tatt tak i problemet og samler inn en stor del av brukte bilruiter og har avtaler med ulike gjenvinningsmottak. Bilglassforeningen i Norge har leveringsavtale med Scandinavian Glass Recycling (SGR) i Landskrona i Sverige.

Mottakere

Alle bedrifter som produserer nye produkter av returglass uten spesielle renhetskrav, vil være interessert i å motta innsamlet bilglass. Pr. dags dato er dette bedrifter som produserer glassull og bedrifter som produserer skumglass.

1.3 Produsenter

Det har så langt kun vært tre skumglassprodusenter i Norge. Alle har basert seg på returglass som råmateriale.

Glasopor AS var den første bedriften som startet å produsere skumglass av returglass i Norge. Prøveproduksjon startet på begynnelsen av 1990-tallet, og skumglasset ble produsert med egenutviklet, patentert teknologi. Glasopor AS gikk konkurs i 2001 etter omlag ti år med aktivitet.

Miljøtek HASOPOR AS produserer i dag skumglasset[®] HASOPOR på lisens fra Misapor i Sveits. Produksjonen av[®] HASOPOR startet opp i 1998, og bruksområdet for dette skumglasset er først og fremst som granulært materiale i jordkonstruksjoner. Miljøtek HASOPOR AS tar i mot returglass som blir brukt i produksjonen. I tillegg til ordinært returglass, tar de også i mot tungmetallsholdig elektrisk glassavfall, som lysrør og lyspærer. Materialet renses ved å kjøre det gjennom en vitrifikasjonsprosess (se produksjonsprosessen) før det tas inn i skumglassproduksjonen.

Glasitt AS har tidligere basert seg på å kjøpe skumglass fra andre produsenter både i Norge og utlandet for å produsere byggstein. I april 2004 startet de opp egen produksjon av skumglass og leverer nå også granulært under produktnavnet Glasopor. Råmaterialet i skumglassproduksjonen er basert på returglass levert av Norsk Glassgjenvinning AS.

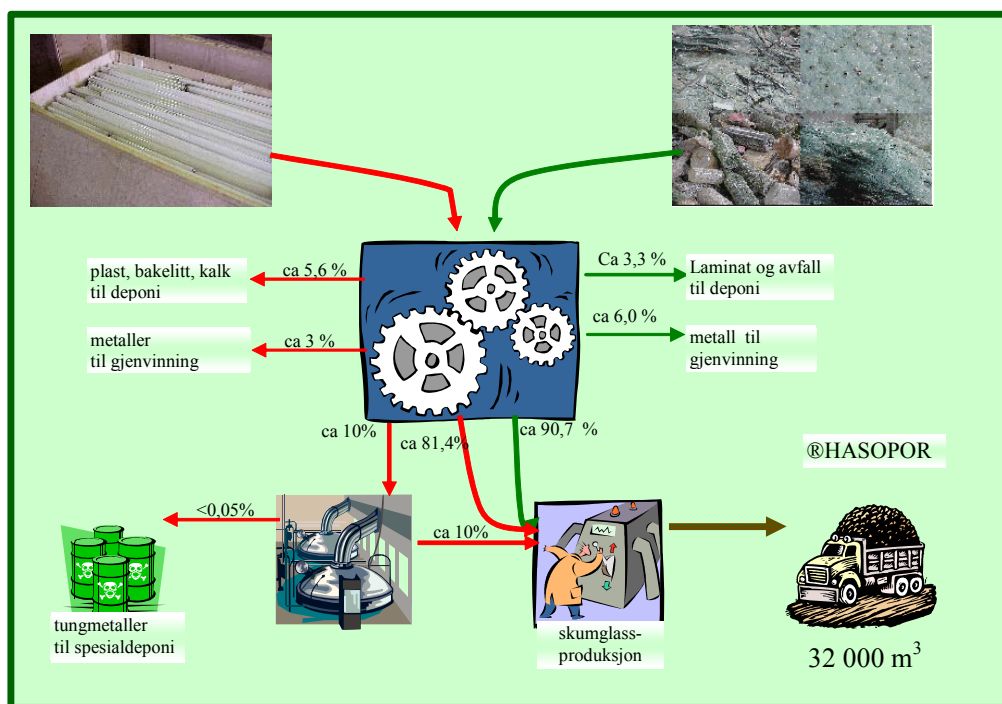
I kjølvannet av Glasopor AS er det etablert et selskap med navn **Foamglass Technology**. Dette selskapet utvikler nye og mer energiøkonomiske måter å produsere skumglass på. Skumglasset skal brukes til isolasjon av forskjellige installasjoner og skal produseres på stedet. Teknologien innebærer også at skumglasset skal kunne sprøytes på plass. Utviklingen av produksjonsteknologien skal gjøres i firmaet, men fremtidig produksjon vil bli lisensiert ut.

1.4 Produksjon

Eksempelet er hentet fra produksjonen hos Miljøtek HASOPOR AS som har vært deltager i bransjeprojektet og som har vært den eneste produsenten av skumglass i Norge i prosjektiden (2002 – 2006) som har produsert med betydelig omfang.

I 2005/2006 har Glasitt AS i Skjåk kommet i gang med større produksjon (Produsenten oppgir en kapasitet 50.000 m³/år i 2007 med forventet økning til 77.00 m³ i 2008).

Selve produksjonen hos Miljøtek HASOPOR AS foregår i flere trinn som vist i Figur 2.



Figur 2: Materialstrøm hos Miljøtek HASOPOR AS i 2005

Det meste av glassavfallet er ufarlig i utslippssammenheng, og dette er illustrert med grønne piler i høyre del av figuren. Dette gjelder glassemballasje og flatt glass som kjøres rett i knusningsmaskinen mens forurensninger som plastikk og metall blir sortert ut under veis. Det er viktig å sortere ut annet materiale ettersom skumglassets kvalitet forringes når det er forurensninger i glasspulveret.

Lyspærer og lysrør er illustrert med røde piler og inneholder bl.a. tungmetaller som må skilles ut. Dette gjøres ved vitrifikasjon slik at mengden farlig stoff som sendes til deponi blir svært liten. Fra vitrifikasjonsprosessen kommer rent glass som også kan knuses opp og brukes i skumglass eller til andre bruksformål som for eksempel blåsesand. Dette glasset kalles HAS Glas og har en mørkegrønn/svart farge.

Glasspulveret tilsettes en aktivator og spres på et transportbånd gjennom en tunnelovn. Glasspulveret smelter og det dannes store mengder små luftporer (skumning) slik at volumet øker hvilket medfører at ®HASOPOR skumglass består av ca. 92 % luft med en densitet på rundt 200 kg/m³. Når skumglasset kommer ut av ovnen ligner det en stor kake. Denne sprekker opp etter mikroriss fra spenningspenninger. Størrelsen på de granulære skumglasspartiklene blir ca 10-60 mm. Det produseres to typer ®HASOPOR skumglass; ®HASOPOR standard og ®HASOPOR lett. Som det ligger i navnet har disse forskjellig densitet noe som grunner i forskjellig sammensetning av pulverblandingen som sendes inn i ovnen. ®HASOPOR lett er spesielt egnet til lett fylling der hensikten med materialet er å være så lett som mulig. ®HASOPOR standard brukes som frostisolering

der vekten av materialet ikke er av spesielt stor betydning. Det er tidligere blitt produsert en tredje type skumglass, ®HASOPOR tung, men den har gått ut av produksjon.

1.5 Omfang av produsert skumglass

I Norge produseres det i dag i overkant av 130 000 tonn glassavfall årlig. Omtrent 26 % av dette blir gjenvunnet og da i hovedsak emballasjglass.

På årsbasis tar Miljøtek HASOPOR AS imot følgende mengder returglass i Norge:

| Glassavfallskilder | Mengde [tonn] | | | |
|--------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| | År 2002 | År 2003 | År 2004 | År 2005 |
| Emballasjglass | 2500 | 2615 | 2620 | 4260 |
| Flatt glass | 2020 | 1745 | 1120 | 1120 |
| Spesialavfall (el-glass) | 540* | 670* | 840* | 970* |
| SUM | 5060 | 5030 | 4580 | 6350 |

* Total mengde spesialavfall levert Miljøtek ®HASOPOR AS.

Figur 3: Glassavfallskilder og mengder glass mottatt av Miljøtek HASOPOR AS

Som det fremgår er volum speisavfall lite og plasmaovnen der vitrifikasjonsprosessen skjer settes først i gang når det er samlet opp nok elektrisk glassavfall til at det er lønnsomt. Foreløpig samles det ikke inn mer el-avfall enn at plasmaovnen anvendes et par ganger i året.

I de samme årene har Miljøtek HASOPOR AS produsert følgende mengder med skumglassgranulat:

| Produsert skumglass | Volum [m ³] | | | |
|---------------------|-------------------------|---------|---------|---------|
| | År 2002 | År 2003 | År 2004 | År 2005 |
| | 26000 | 27000 | 26000 | 32000 |

Figur 4: Volum produsert skumglassgranulat hos Miljøtek HASOPOR AS

Produsert volum har i hovedsak vært benyttet til vegformål og andre byggeprosjekter i Sverige og Norge. I 2006 er produsert volum HASOPOR oppgitt til 47.000 m³.

Internasjonalt kjenner en til følgende skumglassprodusenter basert på et enkelt internettsøk:

| Land | Selskap | Grunnlagt | Form av materialet |
|------|--|-----------|---|
| USA | FOAMGLAS® Pittsburgh Corning Corporation Pittsburgh Corning Europe www.foamglas.com | | Skumglassplater i forskjellige former til isolasjon |
| | Cell-U-Foam Corporation www.cuf.com | 1995 | Skumglass i forskjellige former |
| | Branton Industries, Inc. www.sigsouthwest.com/brantonindustries | | Alle typer isolasjon til rør og lignende |
| | Earthstone International www.earthstoneintl.com | 1993 | Rengjøringsprodukter |

| Land | Selskap | Grunnlagt | Form av materialet |
|----------|--|-----------|---|
| Sveits | Misapor AG www.misapor.com | 1985 | Bygningsisolasjon og byggemateriale |
| Tyskland | Dennert Poraver GmbH | 1984 | Kuleformet skumglass i forskjellig størrelser til bl. a. murpuss, mørtel og byggestein. |
| Korea | Technlife www.foamglass.com | 2000 | Skumglass som erstatning for pimpstein |
| Norge | Miljøtek HASOPOR AS www.hasopor.com | 1993 | Granulært skumglass |
| Norge | Glasitt AS | 2003 | Granulært skumglass |

Figur 5: Oversikt over noen skumglassprodusenter i Norge og utlandet

1.6 Bruk av granulert skumglass til vegformål

I regi av Statens vegvesen er det fra 1998 til 2005 benyttet granulert skumglass i 54 vegprosjekter til frostisolasjon og som lett fyllmasse med til sammen ca 35 000 m³ som vist i tabell Vedlegg 1.

I denne sammenheng har det som en del av Gjenbruksprosjektet, vært foretatt oppfølging av disse prosjektene og resultatene er innarbeidet i Håndbok 018 Vegbygging og i Håndbok 016 Geoteknikk i vegbygging. Anbefalingene innarbeides også under den pågående revisjonen av Håndbok 025 Prosesskode 1. Videre oppfølging av en del av prosjektene vil vise om det i tiden fremover vil bli nødvendig å revidere de foreløpige retningslinjene noe.

1.7 [®]HASOPOR - European Technical Approval (ETA)

Produktdokumentasjon og erfaringer fra anvendelse i konstruksjoner er viktige elementer for brukere av skumglass. Leverandøren av Hasopor, HAS Consult AS, har i denne sammenheng fått utarbeidet en Europeisk teknisk godkjenning, ETA, for sitt produkt. I oktober 2005 ble ETA – 05/0187 registrert og [®]HASOPOR leveres nå som et CE-merket produkt med tilgang til det europeiske markedet. En slik teknisk godkjenning gjelder spesifikt for et bestemt fabrikk.

Arbeidet med den europeiske tekniske godkjenningen er utført av Norges Byggforskningsinstitutt (nå SINTEF byggforsk) i samarbeid med SINTEF teknologi og samfunn. Bakom den europeiske tekniske godkjenningen ligger en CUAP prosedyre (Common Understanding of Assessment Procedure). I CUAP prosedyren finnes godkjenningskriteriene som er fastsatt av medlemslandene i den europeiske godkjenningsorganisasjonen EOTA.

Betingelser som er knyttet til ETA – 05/0187 er vist i Vedlegg 10 hvor kopi av hele dokumentet er gjengitt.

Glasitt AS arbeider med å få en tilsvarende godkjenning for sitt produkt Glasopor.



1.8 Sammenligning med andre produkter

Skumglass er et byggeteknisk produkt som er godt egnet til ulike anleggstekniske formål. Det finnes flere andre produkter som skumglass konkurrerer med. Blant disse er tradisjonell pukk og lettklinker (LWA/Leca). I en svensk studie (ref 9) er det foretatt en miljøsystemanalyse ved å sammenligne alternative produkter med like bruksmuligheter. Sammenligningen er knyttet til funksjonsenheten: 1 km funksjonsdyktig veg i 40 år og materialene som er sammenlignet er oppkuttete bildekk, skumglass og lettklinker. En funksjonell enhet er en kvantifisert referanseenheter i en livsløpsvurdering.

Resultatet fra studien viser følgende energi- og miljøpåvirkning for noen sentrale områder:

| Materiale | Energiforbruk (MJ/km veg) | Drivhuseffekt (kg CO ₂ -ekvivalenter /km veg) | Økotoksisitet (Personekvivalenter pr gram substans) |
|--------------------------------|------------------------------|--|---|
| Oppkuttete bildekk | $7 * 10^6$ | $6,0 * 10^5$ | 600 |
| Skumglass [®] HASOPOR | $1,2 * 10^7$ | $3,0 * 10^5$ | 160 |
| Lettklinker | $2,4 * 10^7$ | $7,5 * 10^5$ | 150 |

Figur 6: Miljøsystemanalyse for produkter med like bruksmuligheter

Figuren viser at skumglass er et produkt som kommer godt ut med hensyn til miljøpåvirkning, sammenlignet med andre tilsvarende produkter.

2 Egenskaper

2.1 Tekniske data

2.1.1 Densitet

Miljøtek HASOPOR AS produserer i dag to typer HASOPOR. Disse har betegnelsene ”Lett” og ”Standard”. Tidligere ble det også produsert en type ”Tung”. Det oppgis følgende omtrentlige verdier for produsert materiale (Se vedlegg 10 ETA -05/0187).

| Materialtype | Densitet ρ kg/m ³ |
|------------------|-----------------------------------|
| HASOPOR Lett | 180 |
| HASOPOR Standard | 225 |
| HASOPOR Tung | Produksjon opphørt |

Figur 7: Densitet av HASOPOR levert fra fabrikk

2.1.2 Trykkstyrke

Maksimalt tillatt trykk (spenning) vil i første rekke være begrenset av hvor store deformasjoner som kan aksepteres for konstruksjonen. En slik grense vil derfor blant annet være avhengig av komprimeringsnivå for materialet ved innbygging. Verdiene i tabell Figur 8 er basert på materiale med komprimeringsfaktor i området 1,15 – 1,25.

For sykliske laster, som for eksempel trafikklast, er det satt en grense ut fra hvor stor en syklisk last kan være før den fører til akselererende deformasjoner i materialet. Dette bestemmer hvor høyt opp i en vegkonstruksjon materialet kan benyttes.

For statiske laster, som for eksempel ordinære fundamentlaster i bygg, er det satt en grense ut fra at materialet ikke skal få krypdeformasjoner i lang tid etter pålastning. Laster som er mindre enn dette, kan likevel gi deformasjoner ved pålastning som er større enn det som kan aksepteres for en gitt konstruksjon. Det vises ellers til vedlegg 10 ETA – 05/0187.

| Last type | Maksimal trykk (spenning) | Kommentar |
|--------------|---------------------------|------------------------------------|
| Syklisk last | 75 kPa | |
| Statisk last | 80 – 120 kPa * 250 kPa | (største belastning som er testet) |

*For praktiske formål vil størrelse på setninger/deformasjoner oftest begrense mulige fundamentlaster til ca 80-120 kPa og i høytrafikkveger ≤ 50 kPa.

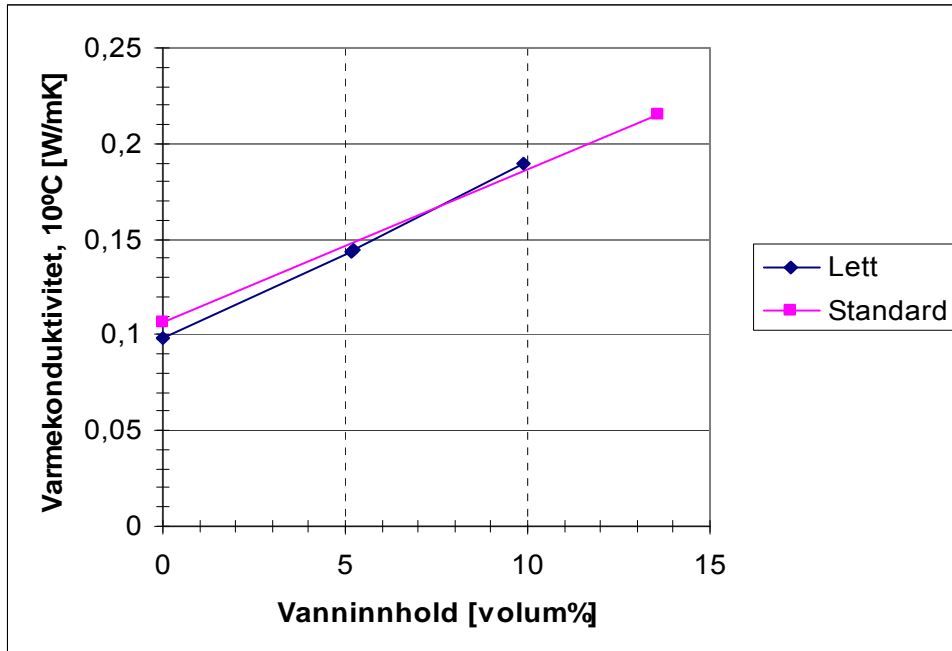
Figur 8: Trykkstyrke

2.1.3 Frostsikring

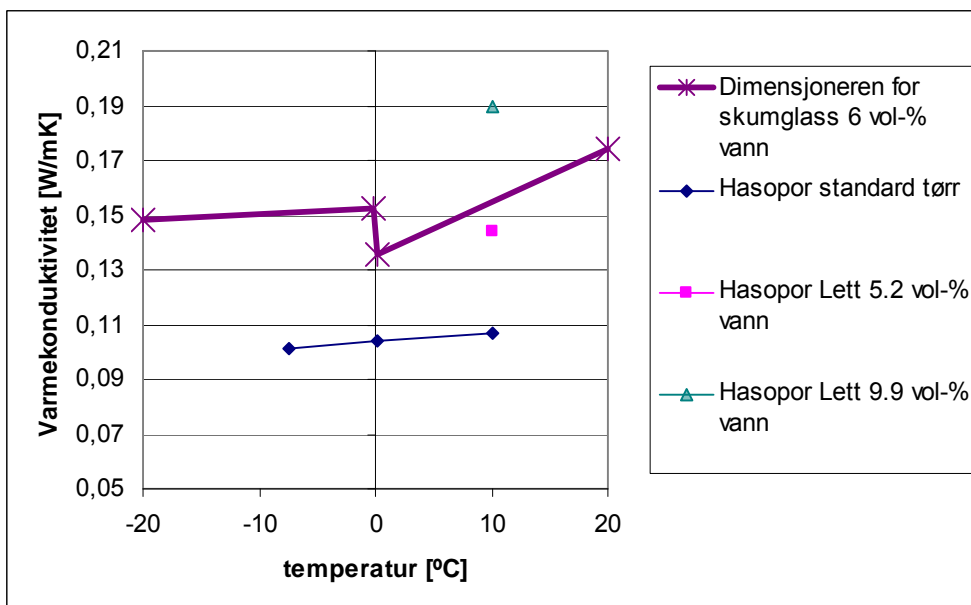
Varmekonduktivitet

Laboratorieforsøk viser at HASOPOR har en lav varmekonduktivitet (varmeledningsevne), målt til omkring 0,10 W/mK ved + 10 °C på tørt, komprimert materiale. Varme-konduktiviteten stiger svakt med økende densitet. Variasjonen er imidlertid ikke større enn at det ved normal bruk kan ses bort fra komprimeringsnivå/densitet ved dimensjonering av nødvendig isolasjonstykkelse.

Varmekonduktiviteten øker også ved økende vanninnhold som vist på Figur 9. Varmekonduktiviteten blir omtrent halvert ved ca 15 volum-% vanninnhold og er svært avgjørende ved isolering mot varmetap. Frostmotstanden for en konstruksjon vil imidlertid avhenge av flere forhold. På grunn av avgitt varme når vann fryser til is, vil vanninnholdet ha størst betydning etter at isolasjonslaget er gjennomfrosset og alt vannet er omdannet til is. Dimensjonerende konduktivitet for drenerte vegkonstruksjoner, Figur 10, er basert på skumglass med 6 volum-% vanninnhold.



Figur 9: Varmekonduktivitet ved 10 °C



Figur 10: Varmekonduktivitet

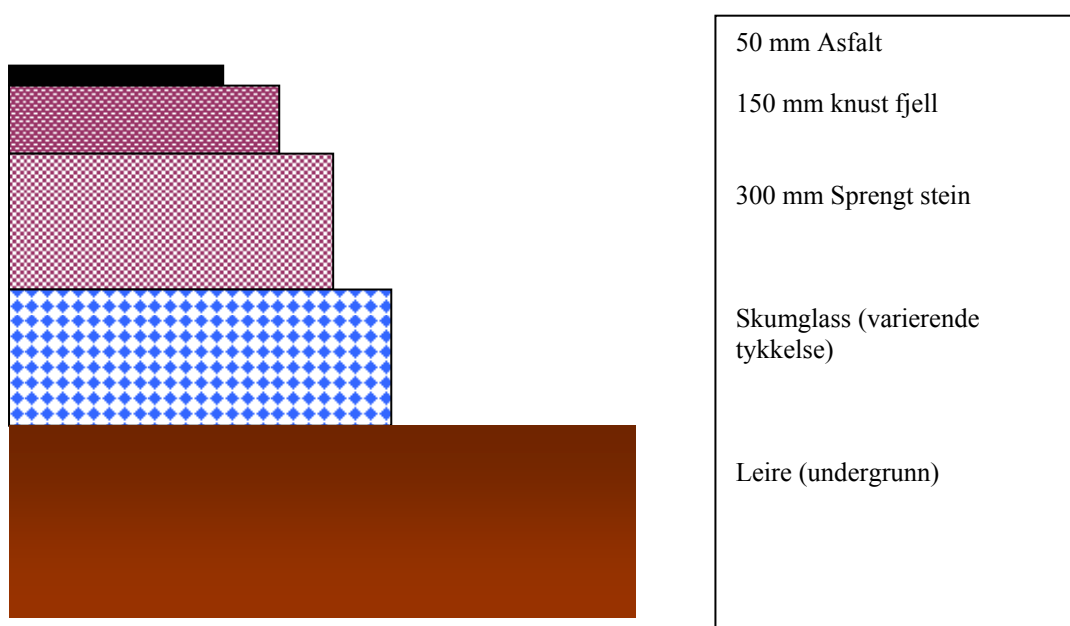
Dimensjoneringsdiagram for frostsikring i veg

Dimensjoneringsdiagram i Handbok 018 Vegbygging (2005) er basert på analyser med et FEM-dataprogram (TEMP/W) og materialegenskaper for lettklinker. Tilsvarende analyser, med bruk av samme datamodell, er nå utført for skumglass med materialegenskaper som angitt i tabell Figur 11.

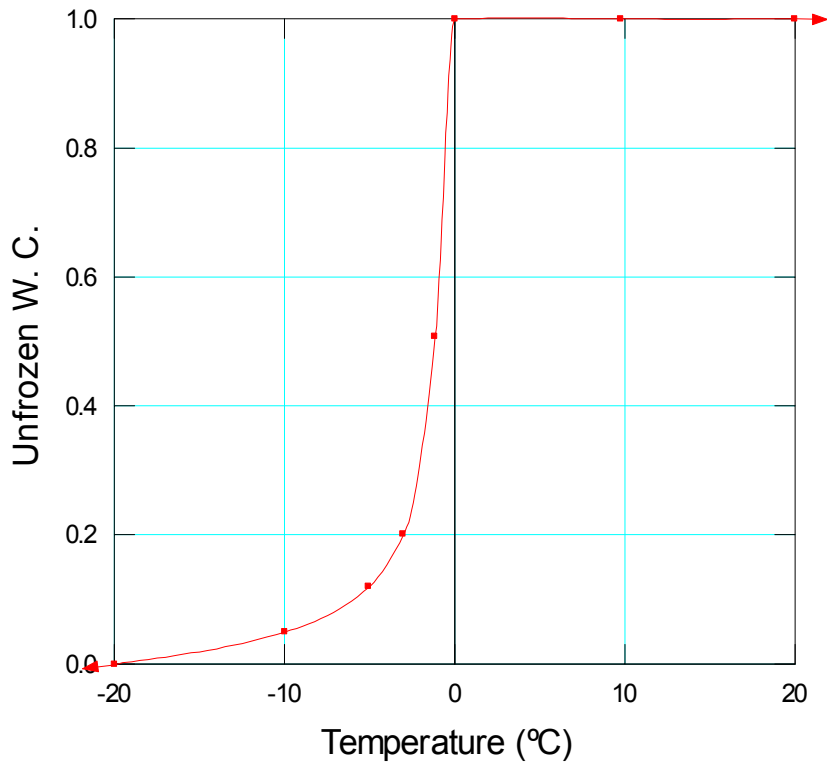
| Materiale | Lag tykkelse | Tørr densitet | Vanninnhold | | Varmekonduktivitet | | Varmekapasitet | |
|-------------|--------------|---------------|-------------|-------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | w | w _{vol} | λ _f | λ _u | C _f | C _u |
| | | | mm | Kg/m ³ | % | % | W/mK | W/mK |
| Asfalt | 50 | 2100 | 0 | 0 | 1.50 | 1.50 | 2520 | 2520 |
| Knust fjell | 150 | 1950 | 6 | 11.7 | 1.90 | 2.00 | 1600 | 1800 |
| Sprengstein | 300 | 1800 | 3 | 5.4 | 0.75 | 0.95 | 1240 | 1360 |
| Hasopor | Varierer | 290 | 20 | 6.0 | 0.140 - 0.151 | 0.132 - 0.180 | 313 | 455 |
| Undergrunn | | | 25 | 36.2 | 2.00 | 1.10 | 1900 | 2700 |

Figur 11: Materialelegenskaper for frostisolering

Datamodellen er basert på en konstruksjon med totalt 50 cm overdekning over isolasjonslaget som vist i Figur 12.

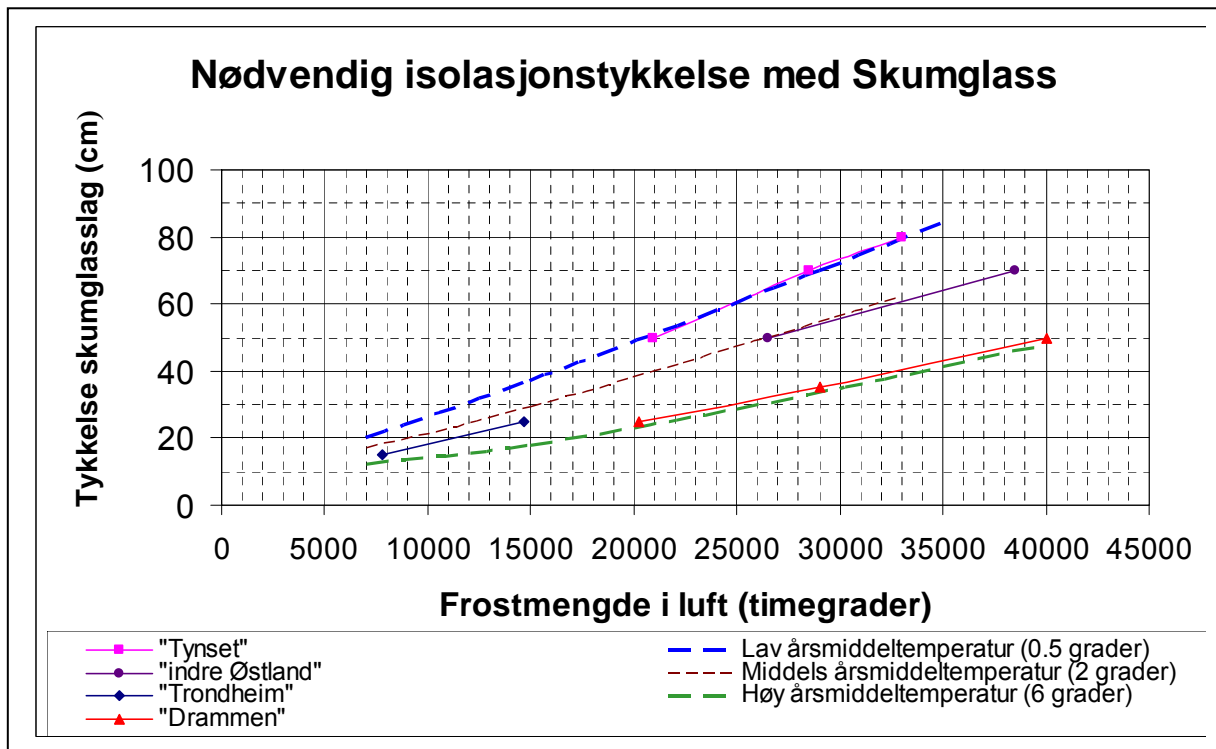

Figur 12: Modell for frostanalyser

Under isolasjonslaget er det antatt en leire med vanninnhold 25 vekt-%. Det er i tillegg antatt at ikke alt vannet i leira fryser direkte når temperaturen kommer under 0 °C, noe som er en relativt konservativ antakelse. Figur 13 viser hvor mye vann som er frosset i leira som funksjon av temperatur. Denne antakelsen kan utgjøre en forskjell i frostmotstand for en konstruksjon på flere tusen timegrader da kriteriet for dimensjoneringen er at det tillates gjennomfrysing 5 cm ned i leira. Det er de samme antakelsene som ligger til grunn for diagrammet i HB 018 fra 2005



Figur 13: Andel ufrosset vann i leire

Figur 14 viser resultater fra analysene plottet inn sammen med trendlinjer som angir anbefalt dimensjonering for steder med årsmiddeltemperatur henholdsvis 0,5 °C, 2 °C og 6 °C.

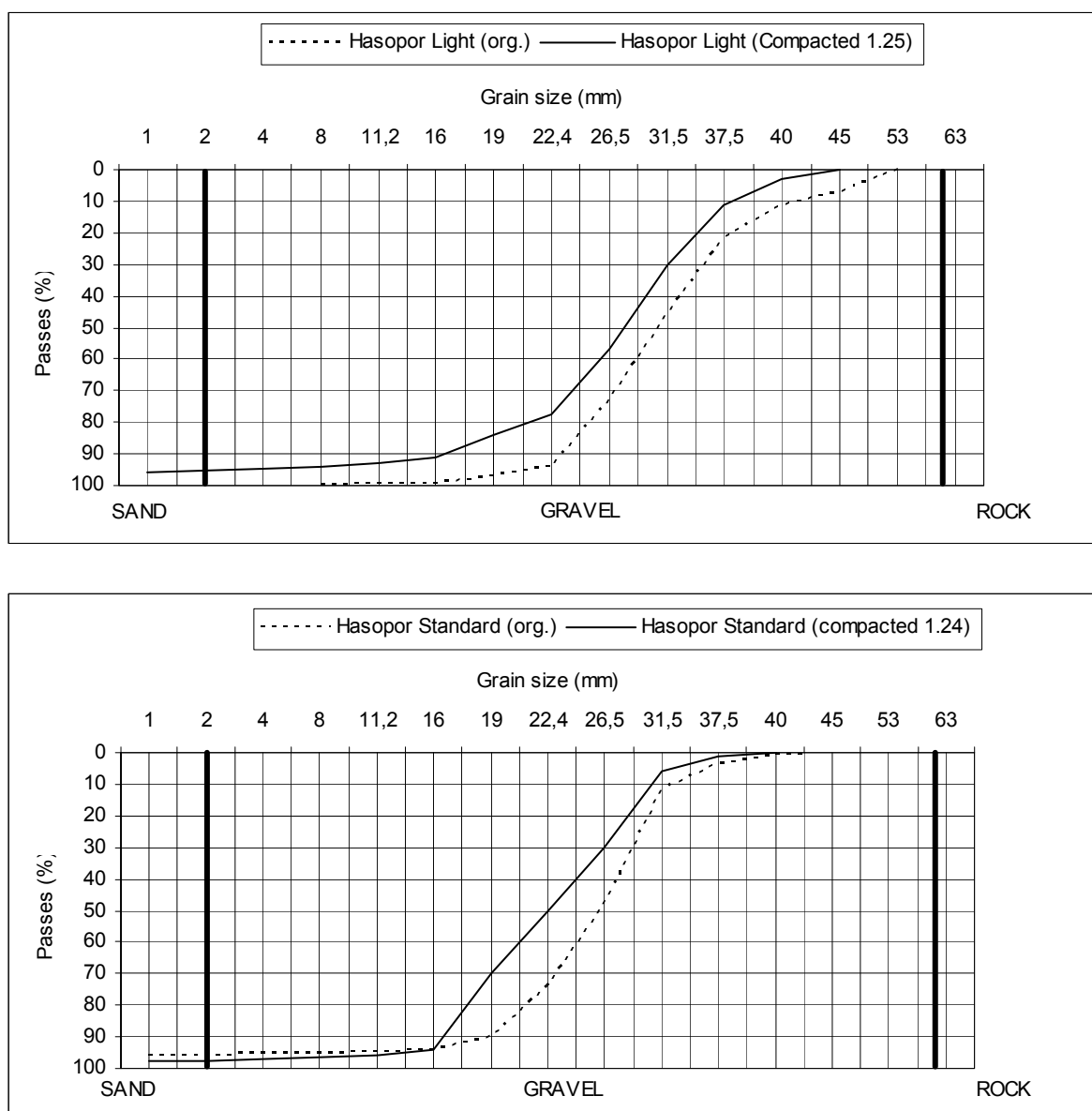


Figur 14: Dimensjoneringsdiagram for frostmotstand i veg ved bruk av skumglass.

2.1.4 Drenasje

Med kornstørrelser i området 10 – 50 mm vil materialet kunne egne seg godt til dreneringsformål. En del av kornene blir imidlertid knust under behandling av materialet på fabrikk (kjøring til lager), transport til anlegg, utlegging og komprimering. Permeabiliteten, og dermed drenasjeeffekten, vil således avhenge av kornfordeling i ferdig utlagt tilstand.

Permeabilitet for skumglass er ikke målt, men korngradering (se Figur 15) og kornform tilsier at materialet kan sammenlignes med grov grus eller pukk. Det vil si at permeabilitet kan antas $> 10^2$ cm/s.



Figur 15: Kornfordelingskurver for Hasopor

2.1.5 Egendeformasjon og komprimerbarhet

Ved utlegging og komprimering kan det forventes en komprimeringsfaktor på 1,2 – 1,3 definert som forholdet mellom utlagt volum dividert på teoretisk volum, men høyere komprimeringsfaktorer er målt der det har foregått anleggstransport i noe omfang direkte på skumglasslaget før utlegging av

overbygning. Når vegen er ferdig forventes på kort sikt kun små deformasjoner fra vekt av overbygning og trafikklaster anslagsvis av størrelsesorden 1 – 2 % av skumglasslagets tykkelse. Over tid er det dokumentert ved hjelp av langtidsmålinger (slangesetningsmålinger se kap 3.2) at videre nedknusing vil være beskjeden og gi deformasjoner av størrelsesorden inntil 1 % av lagtykkelsen.

For utlegging av materialet bør det benyttes gravemaskin eller lett doser med belterykk < 50 kPa eller vibroplate med vekt 50 – 200 kg og 50 – 100 kg i grøfter. NS3458 angir anbefalt komprimering av lette masser som vist i tabell Figur 16. Mer detaljerte anvisninger for utlegging og komprimering av skumglass er gitt i Vedlegg 10 ETA – 05/0187 Annexe A.

| | Lett fyllmasse | Frostsikringslag | Grøfter |
|---------------------------------------|----------------|------------------|-------------|
| Beltegående utstyr | ≤ 50 KPa | ≤ 50 KPa | |
| Vibroplate | 50 – 200 kg | 50 – 200 kg | 50 – 100 kg |
| Maksimal lagtykkelse før komprimering | | | |
| - Beltegående utstyr | 1.0 m | 0.6 m | |
| - Vibroplate | 0.6 m | 0.6 m | 0.3 m |
| Antall overfarer | | | |
| - Lett komprimering | 2 | 2 | 2 |
| - Normal komprimering | 2 | 2 | 4 |

Normal og lett komprimering under innstallasjon, Ref. Norsk standard (NS 3458).

Figur 16: Anvisninger for utlegging og komprimering av skumglass

2.1.6 Vannopptak

Plassert i og på bakken vil materialet oppta fuktighet. Dette vil avhenge av vanntilgang og dreneringsforhold herunder økning i mengde firnstoff under utlegging og komprimering. Ved kontroll på utlagt materiale er det målt inntil 25 % vanninnhold i frostsikringslag mens det i vegfyllinger er målt inntil 20 %.

Laboratorieforsøk med neddykket skumglass utført ved Norges Byggeforskningsinstitutt viser følgende resultater gjengitt i tabell Figur 17. Det vises også til Vedlegg 10 ETA-05/0187.

| Material-type: Hasopor | Densitet kg/m ³ | Vannopptak (neddykket) % av vekt etter 28 dager | Vannopptak (neddykket) % av vekt etter 68 uker | Vannopptak (neddykket) % av vekt etter 68 uker |
|---------------------------|-------------------------------|--|---|---|
| Lett | 180 | 31 | 70 | 40 * |
| Standard | 225 | 30 | 65 | 50 * |

* Vannopptak justert for opptak av vann på partikkeloverflatene de første 5 min i neddykket tilstand.

Figur 17: Opptak av vann i neddykket tilstand

2.1.7 Deformasjonegenskaper

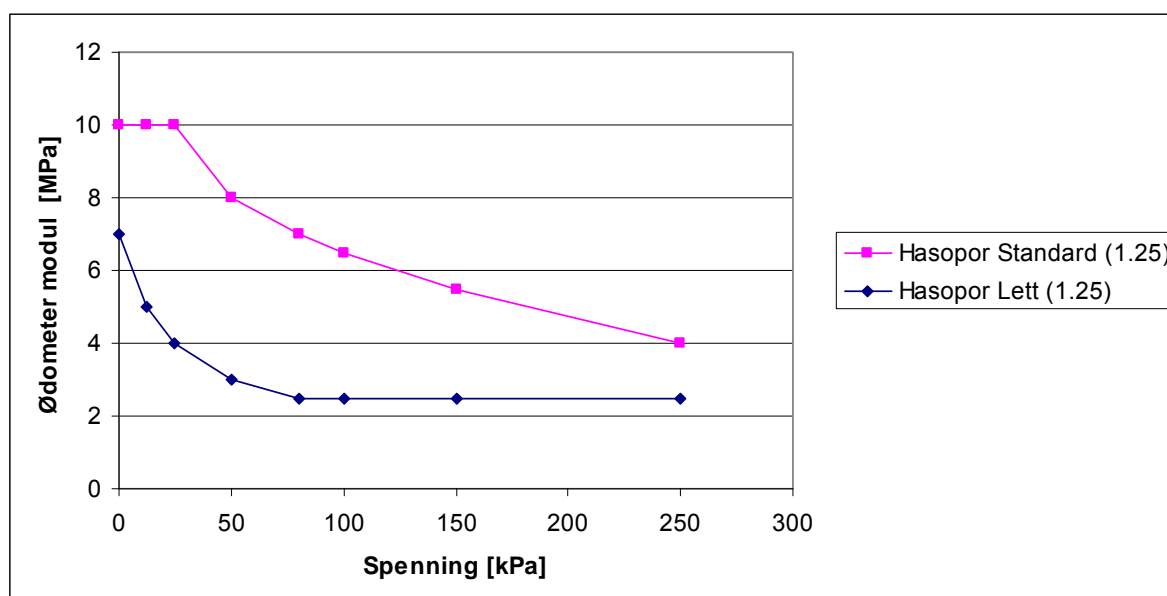
Ødometerstivhet

For å undersøke deformasjoner i materialet forårsaket av statiske laster er det utført forsøk i et stort ødometer med diameter 500 mm. Dette er spesielt interessant i forbindelse med bruk av materialet som

lett masse eller frostsikring under bygningsfundamenter. Ved slik anvendelse har belastningen vært begrenset til om lag 100 kPa og det er ikke observert skadelige langtidsdeformasjoner i denne sammenheng. Basert på utførte tester er det i ETA-05/0187 for Hasopor skumglass tolket ut karakteristiske egenskaper som vist i Figur 18.

| Produkt | Løs densitet kg/m ³ | Komprimert densitet kg/m ³ | Komprimerings faktor | Spennings nivå kPa | Ødometer modul MPa | Tøyning % |
|------------------|-----------------------------------|--|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Hasopor Lett | 180 | 225 | 1.25 | 0 | 7.0 | 0 |
| | | | | 25 | 4.0 | 0.4 |
| | | | | 50 | 3.0 | 1.2 |
| | | | | 80 | 2.5 | 2.4 |
| | | | | 100 | 2.5 | 3.1 |
| | | | | 150 | 2.5 | 5.1 |
| | | | | 250 | 2.5 | 9.0 |
| Hasopor Standard | 230 | 290 | 1.25 | 0 | 10 | 0 |
| | | | | 25 | 10 | 0.3 |
| | | | | 50 | 8.0 | 0.5 |
| | | | | 80 | 7.0 | 0.9 |
| | | | | 100 | 6.5 | 1.2 |
| | | | | 150 | 5.5 | 2.1 |
| | | | | 250 | 4.0 | 4.2 |

Figur 18: Ødometermodul og tøyning ved varierende spenningsnivå.



Figur 19: Karakteristisk ødometermodul.

Langtids kryp

Materialet er testet for langtids krypegenskaper i stort ødometer ved tre ulike spenningsnivåer opp til spenningsnivå 250 kPa. Ved alle testede spenningsnivåer ble det registrert en avtagende deformasjonshastighet med tiden. Ved tolking av testresultatene er deformasjonene delt inn i målte deformasjoner første døgn og forventet/tolket kryptøyning etter henholdsvis 1 år og 50 år. Tabellen i Figur 20 viser tolkede resultater. Kryptøyninger i perioden fra dag 1 til 50 år er i området 0,12 -0,6 %. Sammen med deformasjoner fra første døgn blir imidlertid totale tøyninger etter 50 år hele 9,6 % for

belastning 250 kPa. Det er vanskelig å sette en absolutt grense for hva som kan aksepteres av henholdsvis umiddelbare og langtids deformasjoner for en konstruksjon, og dette må derfor vurderes i hvert enkelt tilfelle. Tynne lag med skumglass vil eventuelt gjøre at det totalt dreier seg om relativt små deformasjoner. I tykkere lag med skumglass vil lastspredning ofte medføre at spenningsnivået og dermed tøyningene, raskt vil avta i dybden.

| Spenningsnivå kPa | Umiddelbar deformasjon dag 1 % | Kryp tøyning dag 1 til 1 år % | Kryp tøyning dag 1 til 50 år % | Total tøyning etter 50 år % |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 80 | 2.4 | 0.12 | 0.17 | 2.6 |
| 150 | 5.1 | 0.25 | 0.31 | 5.5 |
| 250 | 9.0 | 0.47 | 0.60 | 9.6 |

Figur 20: Tøyninger og langtids kryp for ulike spenningsnivåer

2.1.8 Skjærfasthet

Observert rasvinkel når materialet legges ut indikerer en friksjonsvinkel på minst $\phi = 45^\circ$.

Det er i tillegg utført 4 statiske treaksialforsøk i stor treaksialrigg (prøvediameter ca 300 mm) ved SINTEF for å finne materialets skjærstyrkeegenskaper. De fire treaksialtestene er utført ved 4 ulike celletrykk, henholdsvis 20, 45, 75 og 150 kPa. Testene er utført drenert med monotont stigende aksial last og konstant horisontalspenning (for hver prøve). Resultatene er tolket i henhold til en Mohr-Coulomb materialmodell som gir materialets interne friksjonsvinkel med tilhørende attraksjon eller kohesjon. Alle testene er vist samlet i Figur 22 med innspenningsnivå (sidetrykk) langs horisontalaksen og deviatorspenning (vertikalt tilleggstrykk) langs vertikalaksen. Tøyning ved enkelte punkt er markert langs spenningsstiene.

Materialet skiller seg fra naturlige steinmaterialer, og tolkede resultater, som er vist i tabell Figur 23, må derfor benyttes med forsiktighet.

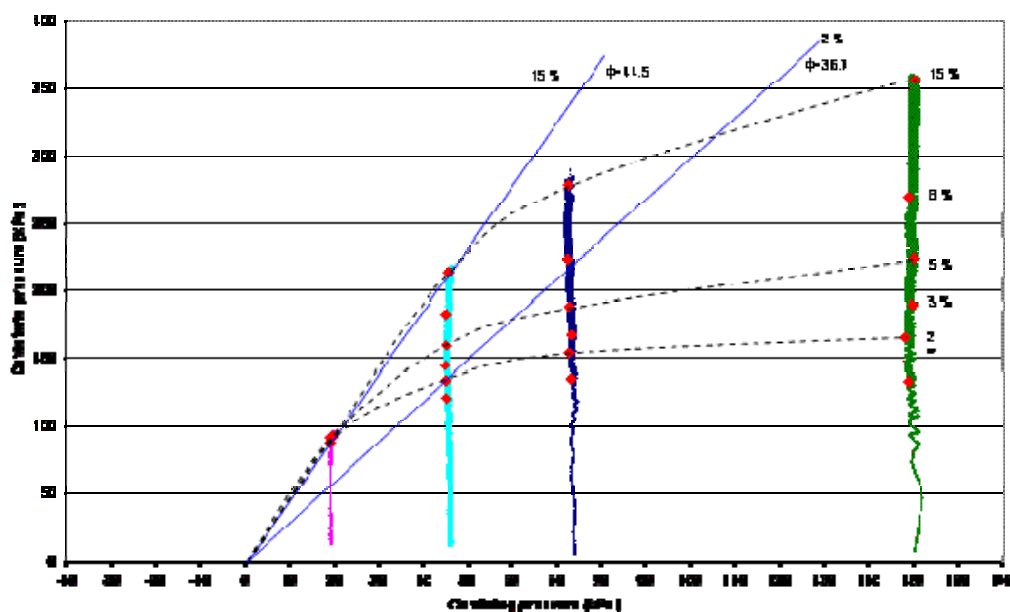
Med den laveste innspenningen fikk prøven et markert brudd ved ca 1 % deformasjon. For de øvrige testene er deformasjon av prøvene volumetrisk (som i et ødometer), og det ble ikke registret et markert brudd. Kraften øker isteden jevnt med økende deformasjon. Tolkning for innspenningsnivåer over 20 kPa må derfor gjøres ut fra tillatt tøyingsnivå, og verdier for hhv. 2 % og 15 % tøyning er vist i tabell Figur 23 for celletrykk opp til 45 kPa.

Bilder av prøvene etter testing, Figur 21, viser ganske illustrativt at det er ulike bruddmekanismer som inntreffer. Prøven til venstre testet med 20 kPa sidetrykk har utviklet et skrått skjærplan, ca 45 fra vertikalen. Prøven til høyre testet med 150 kPa sidetrykk har ikke utviklet et slikt skjærplan, og deformasjonene er hovedsaklig volumetriske.



Figur 21: Prøver etter testing

Omhylningskurvene i Figur 22 gjennom punkter med samme tøyningsnivå blir dermed ikke rette linjer som forutsatt i Mohr-Coulomb modellen pga. de to ulike bruddmekanismene som inntreffer. Ved høye spenningsnivå (over ca 75 kPa) kan det ikke tillates noen økning i skjærspenning ved økning i spenningsnivået, og det kan til og med forventes at en økning av spenningsnivå over 150 kPa vil medføre en reduksjon i vertikalt tilleggstrykk pga. økende tendens til knusing av partiklene. Å tolke resultatene ved høye spenningsnivåer slik blir imidlertid noe spesielt da det ikke lenger oppstår et skjærbrudd, men en volumetrisk kompresjon. Skjærkapasiteten vil da etter hvert bli begrenset av kornstyrke og kapasitet for enkeltkorn.



Figur 22: Testresultat i treaks for Hasopor Lett, komprimeringsfaktor 1,2

En slik materialoppførsel gjør at det må foretas spesielle vurderinger ved modellering og dimensjonering der hvor materialets skjærkapasitet er viktig. Dette vil imidlertid sjelden være noe problem for vanlige bruksområder for materialet, da det vanligvis ikke vil bli utsatt for så store spenninger samtidig som et eventuelt skjærbrudd vil kunne være aktuelt.

| Aksialt tøyningsnivå | Innspenningsnivå / sidetrykk | | |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | 0 – 20 kPa | 0 – 45 kPa | >75 kPa |
| 2 % | $\phi = 44.5^\circ$, a = 0 kPa | $\phi = 36.7^\circ$, a = 0 kPa | Maks vertikalt trykk = 220 kPa |
| 15 % | $\phi = 44,5^\circ$, a = 0 kPa | $\phi = 44.5^\circ$, a = 0 kPa | Maks vertikalt trykk = 350 kPa |

Figur 23: Friksjonsvinkel

2.1.9 Jordtrykk

Det er ikke utført feltmålinger eller modellforsøk med måling av jordtrykk.

Horisontale trykk:

For store lette fyllinger vil det være naturlig å anta et jordtrykk basert på normale geotekniske beregningsmetoder med bruk av friksjonsvinkel og faktor for aktivt jordtrykk, eventuelt hviletrykk. Med materialets lave tyngdetetthet vil dette gi seg utslag i tilsvarende lave jordtrykk. For masser som komprimeres inn mot en konstruksjon vil flere forhold spille inn, blant annet komprimeringsutstyr og bredde-høyde forhold på sjakt. Kapasitet med hensyn til passivt trykk begrenser hvor stort jordtrykk som kan bli stående mot veggen etter komprimering. For smale sjakter vil imidlertid jordtrykk fra masser utenfor sjakten kunne gi et større bidrag enn gjenstående trykk etter komprimeringen.

Vertikale trykk:

Lette masser kan benyttes for å redusere vertikalt jordtrykk mot konstruksjoner. Eventuell lastspredning (fra nyttelast) gjennom et lag med skumglass antas ikke å avvike vesentlig fra tilsvarende naturlige masser med samme friksjonsvinkel.

2.1.10 Oppsummering

HASOPOR har vært anvendt som lett fyllmasse i Sveits siden midten av 1980-tallet, men egenskaper og erfaringer herfra er sparsomt dokumentert. Pilotprosjekter utført i Norge siden 1998 viser imidlertid at HASOPOR kan være et anvendelig produkt som isolasjon og lett fyllmasse til vegformål i konkurranse med andre materialer.

Ved anvendelse til vegformål kan følgende tekniske egenskaper benyttes som vist i tabell Figur 24.

| Parameter | | Verdi | |
|----------------------------|---|---|---|
| Kornstørrelse | | Lett: 10-50 mm Std: 10-50 mm | |
| Tørr densitet | | Lett: < 180 kg/m ³ Std: < 225 kg/m ³ | |
| Lette fyllinger | Bæreevnegruppe ved dimensjonering av overbygning | 3 | |
| | Dimensjonerende tyngdetetthet i fylling | Lett: 3,5 kN/m ³ Std: 4,0 kN/m ³ | |
| | Dimensjonerende tyngdetetthet mot oppflytning | 3,5 kN/m ³ ¹⁾ | |
| | Volumendring ved komprimering | 20 -30 % | |
| | Friksjonsvinkel ϕ | 45° | |
| | Utlegging | Maksimal lagtykkelse | 1,0 m 0,6 m inntil landkar/støttemur |
| | | Komprimering | Beltegående maskin med beltetrykk ≤ 50 kN/m ² . Vibroplate ved landkar/støttemur 50-200 kg |
| | | Skråningshelning | Maks. 1:1 |
| Overdekning på skrånninger | | Min 0,5 m vanlig jordmasser | |
| Frostsikring | Dimensjonerende vanninnhold | 20 – 25 vekt-% | |
| | Dimensjonerende varmeledningsevne λ_D | Lett: 0,10 W/mK (tørr) : Std: 0,11 W/mK (tørr) | |
| | NB! ✓ Det tillates ikke anleggstrafikk direkte på skumglasslaget ✓ Fiberduk av klasse 3 brukes for å separere skumglasslaget fra over og underliggende lag | | |
| | Utlegging | Utleggingsutstyr | Veghøvel, doser Kortere strekninger: gravemaskin |
| | | Maksimal lagtykkelse | 0,6 m i vegoverbygning |
| | | Komprimering | Beltegående maskin med beltetrykk ≤ 50 kN/m ² . Vibrerende plate 50-200 kg (landkar og støttemur) |

1) Ved fare for flom ved nyutlagte masser må eventuell bruk av tørr tyngdetetthet vurderes

Figur 24: Materialtekniske egenskaper for skumglass

2.2 Miljørelaterte egenskaper

2.2.1 Sammensetning

Glass er vanligvis sammensatt av de kjemiske komponentene silika og et oksyd. I hovedsak finnes det tre typer glass:

Soda-kalk glass: Dette er den vanligste og rimeligste glasstypen og utgjør om lag 90 % av all glassproduksjon. Det benyttes til produksjon av flasker, krukker, drikkeglass og vindusglass og inneholder vanligvis 71-75 % silika (SiO_2), 12-18 % soda (Na_2O), og 5-12 % kalk (CaO eller CaCO_3). Det er så og si upåvirkelig av kjemiske vesker, men kan etses av sterke syrer.

Blyglass: Som navnet indikerer inneholder denne glasstypen en god del blyoksyd, 54-65 % silika (SiO_2), 18-38% blyoksyd (PbO), og 13-15% soda (Na_2O) eller pottaske (K_2). Blyglass har en relativt myk overflate og gjør det spesielt egnet til dekorasjoner ved sliping, tilskjæring og gravering.

Borsilikat glass: Dette er en glasstype som inneholder minst 5 % boroksyd [70 – 80 % silika (SiO_2), 7-13 % boroksyd (B_2O_3), 4-8 % soda (Na_2O) og kaliumoksyd (K_2O), og 2-7 % aluminiumoksyd (Al_2O_3)]. Det har større motstandsevne mot temperaturendringer og kjemisk påvirkning. Det anvendes derfor i stor grad innen kjemisk og farmasøytisk industri og til høyenergi lyspærer og lysstoffrør.

Returglass som benyttes i produksjon av HASOPOR består i hovedsak av soda-kalk glass. Dette returglasset kan inneholde rester av plast (etiketter og lignende) og metallbiter (flaskekorker etc). I forbindelse med knusing av returglasset til pulver blir disse elementene fjernet. For den mindre andelen med lysstoffrør og andre glasstyper som behandles og som inneholder metaller og andre uønskede stoffer, blir disse fjernet i en vitrifikasjonsprosess etter at plast og metallbiter er sortert ut på samme måte som for vanlig returglass. Her benyttes en høytemperatur plasmaovn og tungmetaller som fjernes på denne måten går til spesialdeponi. Dette utgjør imidlertid < 0,05 % av behandlet glassavfall i prosessen.

Miljødeklarasjon fra [®]HASOPOR er gjengitt i Figur 25.

I Gjenbruksprosjektets Prosjektrapport Nr. 14 ”Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging” er forventet og målt utlekking fra bl.a. skumglassgranulat behandlet hvor både laboratorieforsøk og feltforsøk ved Klemetsrud inngår (ref. 25).

Miljødeklarasjon[®] HASOPOR

Totalinnhold og utlekking.
Karakterisering er utført av SINTEF Kjemi, Oslo
i henhold til NEN 7343 (Kolonne-test)

| Grunnstoff | TEGN | Totalinnhold mg/kg | Utlekking mg/l |
|-----------------|--------------------|--------------------|----------------|
| Aluminium | Al | 4750 | 0,81 |
| Barium | Ba | 400 | 0,27 |
| Bly | Pb | 575 | < 0,12 |
| Kadmium | Cd | < 1 | < 0,019 |
| Arsenikk | As | < 30 | < 0,94 |
| Krom | Cr | 73 | < 0,029 |
| Kobolt | Co | 28 | < 0,058 |
| Kopper | Cu | 83 | < 0,081 |
| Nikkel | Ni | < 100 | < 0,033 |
| Kvikksølv | Hg | 0,15 ± 0,03 | < 0,00081 |
| Sink | Zn | 70 | < 0,27 |
| Amonium | NH ₄ -N | 0 | |
| Nitrat | NO ₂ | 0 | |
| Organisk Carbon | C | 0 | |

Når det gjelder resultater fra utlekkings testen betyr tegnet < at konsentrasjonen i eluatet er mindre enn (<) deteksjonsgrensen.

Figur 25: Miljødeklarasjon for Hasopor

2.2.2 Utlekking

Siden glass ikke påvirkes av vanlige kjemiske stoffer som forekommer i naturen, vil ikke fyllmasse av granulert skumglass føre til utlekking av uønskede kjemiske stoffer til omgivelsen i et omfang som kan være skadelig for miljøet. Det vises for øvrig til fullskala utlekkingsforsøk beskrevet i Prosjektrapport 14d, Teknologirapport 2436 (ref 25).

2.2.3 Oppsummering

Ved produksjon av HASOPOR blir plaststoffer og metaller i fast form sortert fra og benyttet til energiproduksjon og gjenvinning. Kun et mindre volum fraskilte tungmetallforbindelser blir anbrakt i spesialdeponi. Som ferdig produkt vil HASOPOR ikke avgi noe av sine basisstoffer til omgivelsene da det ikke er oppløselig i de vesker som finnes i naturen. Plassert i fylling vil derfor resirkulert glass av denne typen ikke tilføre naturen noen form for forurensing men bidra til utnyttelse av avfallsprodukter.

3 Pilotprosjekter i Norge

3.1 Frostisolering

Tabell Figur 26 viser vegstrekninger hvor det er benyttet skumglass som frostisolering i vegoverbygningen.

| Vegstrekning | Etablering | Utførte målinger/undersøkelser | Tidspunkt for utførelse |
|------------------------------|------------|--|--|
| Fv 133 Sigdal | 1998 | Telegrensemålinger Oppgravingsprøver Registrering i VDB | 1998-2002, 2004 Januar 2003 Hvert år (sommer) |
| Fv 531 Røros | 2000 | Telegrensemålinger Registrering i VDB | Vinteren 2001/2002 Hvert år (sommer) |
| Rv 31 Røros, Feragen | 2000 | Platebelastning Falloddmålinger Registrering i VDB | Ved ferdigstillelse 2000 Ved ferdigstillelse 2000 Hvert år (sommer) |
| Rv 219 Atna-Mogrenna | 2000 | Registrering i VDB | Hvert år (sommer) |
| Fv 192 Noresund | 2003 | Telegrensemålinger Oppgravingsprøver | Mars 2004 (mislykket) Mai 2004 |
| Ev 6 Steinkjer, Eggemarka | 2002 | Temperaturmålere Telegrensemålere Platebelastning Oppgravingsprøver | Kontinuerlig Vinteren 2003/2004 Ved ferdigstillelse 2003 Mai 2004 |

Figur 26: Oversikt over vegstrekninger hvor skumglass er benyttet som frostisolasjon

Telegrensemålere er benyttet til å kontrollere om frosten har trengt gjennom frostisoleringslaget i løpet av vinteren. For å kontrollere isolasjonsevnen til skumglasslaget er det tatt prøver ved oppgraving og måling av densitet og vanninnhold. De målte verdiene kan så sammenlignes med verdier som ble forutsatt ved frostdimensjoneringen. Densitetsmålinger og kornfordelingsanalyser gir også indikasjon på eventuell nedknusning og påvirkning av de termiske egenskapene. For å undersøke bæreevnen er det foretatt falloddmålinger og platebelastningsforsøk.

Som en del av den årlige oppfølgingen av vegnettet og rapportering til Vegdatabanken (VDB) er det også foretatt målinger av spor og jevnhet med vegvesenets målebiler. Siden spordannelse kan skyldes både slitasje på vegdekket og komprimering og plastiske deformasjoner i underliggende lag er det som regel vanskelig å angi en klar årsak til spordannelse. Benyttet som frostisolasjon relativt høyt oppe i overbygningen vil skumglass være mer påkjent i en vegkonstruksjon enn som lett fyllmasse under overbygningen. Spordannelse sammenholdt med densitetsmålinger og kornfordelingsanalyser på oppgravede prøver kan utgjøre en indikasjon på eventuell nedknusning forårsaket av trafikklaster. De aktuelle vegstrekningene har forholdsvis lave trafikkmengder og tungtrafikkandeler og vil dermed være mindre utsatt for sporslitasje.

Jevnhetsmålinger blir vanligvis utført sommerstid og måleresultatene gir derfor en indikasjon på helårsjevnheten. For kontroll av telehiv ved eventuell gjennomfrysing ville jevnhetsmålinger i vinterperioden vært ønskelig, men dette er stort sett ikke utført. Visuell bedømming av eventuelle telehiv har isteden vært foretatt.

3.1.1 Fylkesveg 133 Sigdal

Årstall for frostsikring: 1998

Materiale: Glasopor

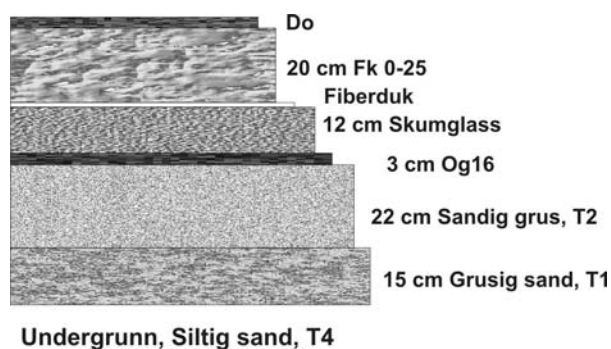
Formål og bakgrunn:

Skumglass som frostisolering på fv 133 i Sigdal ble utført som et fullskala prøveprosjekt for Statens vegvesen. Det var store problemer med telehiv langs fv 133 i Sigdal, og det ble valgt å frostisolere for å redusere telehiv. Kun de verste områdene ble utbedret, og det resulterte i fire delstrekninger med frostsikringslag av skumglass. Alternativene til bruk av skumglass ville vært plater av XPS eller løs lettklinker (Leca).

Anleggstekniske detaljer:

Et av hovedformålene med prøveprosjektet var å danne en oppfatning av hvordan skumglass anleggstekniske egenskaper er med tanke på håndtering og nedknusning.

Undergrunnen i området består av siltig sand med telefaregrad T4. Det ble besluttet å isolere vegen ved å legge isolasjon og et nytt bærelag oppå eksisterende overbygning. Det resulterte i at vegen også fikk bedre bæreevne. Skumglassets bæreevne var ikke dokumentert, men det ble antatt at overbygningen fikk økt bæreevne med omtrent ett til to tonn.



Figur 27: Overbygningens lagdeling etter frostsikring, fv 133

Figur 27 viser lagdelingen i overbygningen etter frostisolasjon med skumglass.

På grunn av lite kjennskap til materialet, ble det ved utlegging prøvd ut to ulike måter for utlegging:

Alternativ 1: Fordeling med hjulgående gravemaskin og at verken lastebiler eller gravemaskin fikk kjøre direkte på skumglasset.

Alternativ 2: Tipping av skumglasset fra lastebil i en lang streng slik at det kunne bli fordelt med veghøvel. Da måtte nødvendigvis høvelen kjøre på skumglasslaget, mens man unngikk trafikkering av lastebilene. Figur 28 og Figur 29 viser utlegging med gravemaskin.



Figur 28: Utlekking av skumglass, fv 133



Figur 29: Avretting av skumglass, fv 133

Opprinnelig var det ikke planlagt komprimering direkte på skumglasslaget, men det ble forsøkt komprimering med vals uten vibrering på deler av strekningen. Ellers ble det komprimert med dynamisk vals, ca 8 tonn på bærelaget.

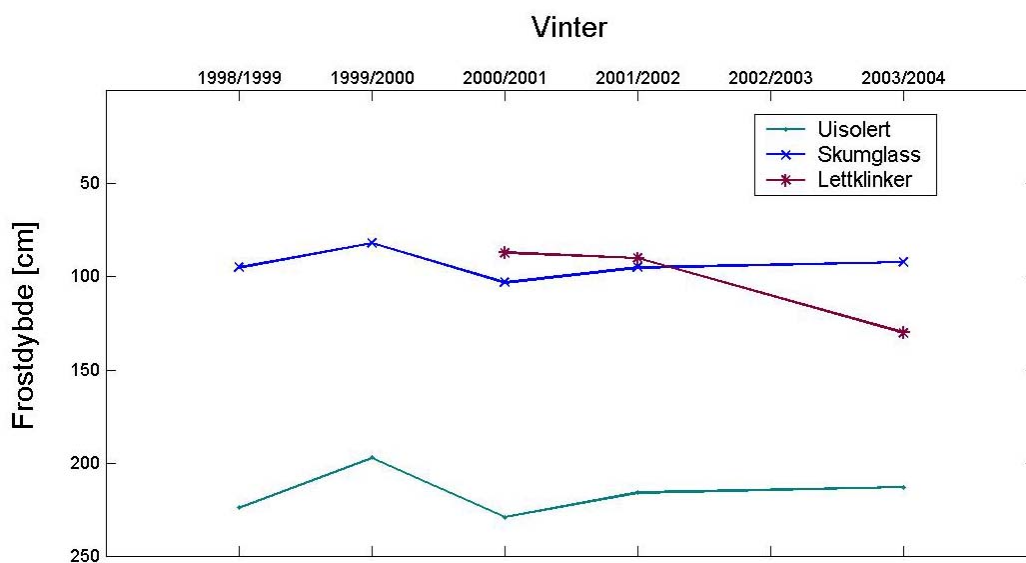
Erfaringer:

Utlekking med veghøvel viste seg å være mest effektivt, og det oppstod ikke nedknusning av skumglasset i urovekkende grad. Bruk av skumglass ga ikke mer massetap enn det som var forventet ved en utlegging av tilsvarende lag med Fk.

Målinger og instrumentering:

Frostdybde

Det ble nedsatt telegrensemålere da frostsikringen var utført. Siden dette har frostdybdene blitt registrert jevnlig. Figur 30 viser maksimal frostdybde fra frostsikringen ble lagt og fram til vinteren 2003/2004. Ansvaret for avlesningene de siste årene har vært uklart på grunn av nedbemanningen i Statens vegvesen. Dette er grunnen til at avlesningen mangler vinteren 2002/2003. To andre strekninger på fv 133 ble frostsikret med et 20 cm tykt lettklinkerlag i 2000 med ellers lik overbygning som skumglasstrekningene. Det ble også satt ned telegrensemåler her, og resultatene fra dette vises også i Figur 30.



Figur 30: Maksimal frostdybde, fv 133

Vurdering

Figur 30 viser tydelig at frosten har trengt omtrent 120 cm dypere på den uisolerte strekningen enn på den skumglassisolerte strekningen. Den totale overbygningstykkelsen er omtrent 75 cm, og ved å frostsikre med skumglass var det et mål å stoppe frysefronten før den nådde undergrunnen. På fire av fem vintre har frosten trengt lenger ned, men ikke lenger enn 100 cm. Selv om telehivene har blitt kraftig redusert, er ikke målet nådd. Det betyr at det ved dimensjonering ble regnet med for lav frostmengde eller for lav varmeledningsevne for skumglasset. For å nå målet skulle skumglasset vært lagt ut i et litt tykkere lag.

Frostdybden for skumglass og lettklinker var forholdsvis like vinteren 2000/2001 og 2002/2002 selv om lettklinkerlaget er tykkere enn skumglasslaget. Vinteren 2003/2004 var frostdybden overraskende stor på strekningen med lettklinker, noe som kan skyldes stort fuktopptak i lettklinkerlaget. Dette kan eventuelt kontrolleres mot oppgravingsprøver. Ellers er telegrensemålerne noe unøyaktige å lese av, så avlesningsfeil kan oppstå.

Vanninnhold

Det ble foretatt oppgravingsprøver av skumglasslaget og lettklinkerlaget på fv 133 i januar 2003. Resultatene fra oppgravningene er vist i Figur 31.

| Materiale | Prøvenr | Lagtykkelse [cm] | Vanninnhold [vekt-%] | Vanninnhold [volum-%] |
|----------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Skumglass (Glasopor) | C | 6 | 12 | 5 |
| Skumglass (Glasopor) | D | 7 | 13 | 5 |
| Lettklinker | A | 24 | 43,3 | 13 |
| Lettklinker | B | 18 | 28,2 | 8,5 |

Figur 31: Resultater fra oppgravingsprøver, fv 133

Vurdering

Vanninnholdet i volum-% er avgjørende for varmeledningsegenskapene til materialet. Verdiene for skumglasset er jevne, men det er tydelig å se at lagtykkelsen i det oppgravde området er rundt halvparten av tykkelsen av hva det angivelig skal ha vært ved utlegging. Dette kan muligens forklare hvorfor målet om å stoppe frysefronten i bunnen av overbygningen ikke ble nådd. Vanninnholdet i prøvene tilsier at isolasjonseffekten etter fire år fremdeles er tilfredsstillende. Verdiene for lettklinker er veldig forskjellige, og det vitner om store variasjoner i materialegenskapene i lettklinkerlaget. Prøve A viser faretruende høyt vanninnhold, og nærmer seg nivået der isolasjonsevnen svekkes betraktelig. Dette indikerer at antagelsen om hvorfor frostnedtrengningen kan ha økt, kan være riktig.

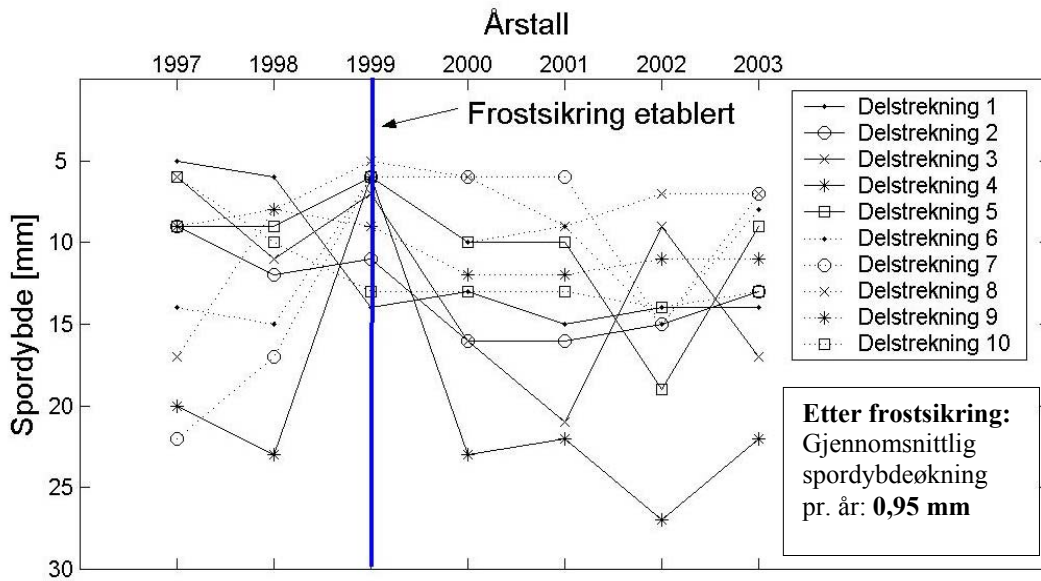
Spor

Vegident: FV 133 Hp 1 Km 5,58-5,63; 6,045-6,055; 6,765-6,89; 6,97-7,005

Trafikkmengde: ÅDT 311

Andel tungtrafikk: 5 %

Det blir foretatt spørsmålinger av fv 133 hvert år, og resultatene fra 1997 til 2003 er vist i Figur 32. Spørsmålinger blir utført på delstrekninger à 20 meter, og alle delstrekningene i Figur 32 ligger innenfor den skumglassisolerte strekningen. Målingene før frostsikringslaget ble lagt er tatt med for å gi et bilde av hvordan sporsituasjonen var tidligere.



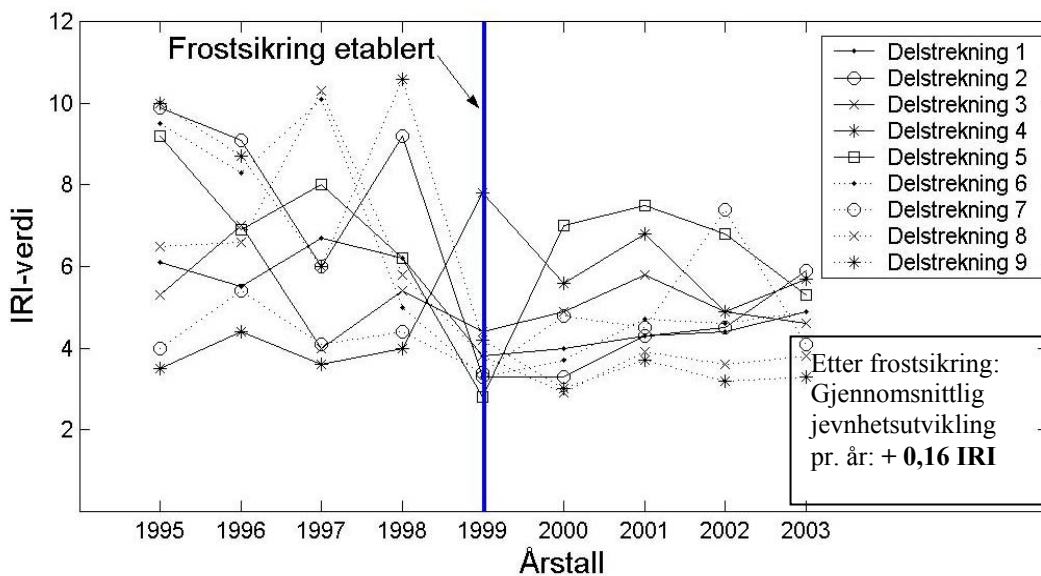
Figur 32: Sporutvikling, fv 133

Vurdering

Sporene utvikler seg forskjellig innenfor korte strekninger, men for å få et inntrykk av hvordan skumglassisoleringen har påvirket sporutviklingen, må dette sammenstilles. Den gjennomsnittlige spordybdeøkningen pr. år for den skumglassisolerte delen av fv 133 er beregnet til å være 0,95 mm. Det er ikke krav til maksimal spordybde på fylkesveger, men hadde dette vært en riksveg hadde kravet til spordybde vært at maksimalt 10 % av parsellen kan ha dypere spor enn 25 mm. Etter fire år ligger hoveddelen av spordybden på 15 mm og mindre, mens delstrekning 9 avviker og har spordybde rundt 20 cm.

Jevnhet

Det blir foretatt jevnhetsmålinger hvert år, og resultatene fra 1995 til 2003 er vist i Figur 33. Jevnhetsmålingene blir utført på delstrekninger på 20 meter og et utvalg av disse innenfor det skumglassisolerte området er lagt til grunn for Figur 33.



Figur 33: Jevnhetsutvikling, fv 133

Vurdering

Verdiene i denne figuren er også svært sprikende, men målingene har i det minste blitt mer ensartet etter at frostsikringen fant sted. Bortsett fra tre delstrekninger ligger hoveddelen av målingene samlet. Hoveddelen av strekningene viser en svak økning fra da frostsikringen ble etablert på ca. 0,16 IRI i året. Det må tas i betraktning at vegen også har fått økt bæreevne som følge av frostsikringen, noe som burde påvirke jevnheten positivt. Det er heller ikke krav til jevnhet på fylkesveger, men hadde dette vært en riksveg måtte 90 % av parsellen ha IRI-verdi under 4.

Merknader/ising:

Det er ikke registrert problemer med noen spesiell form for ising på strekningen.

3.1.2 Fylkesveg 531 Røros

Årstall for frostsikring: 2000

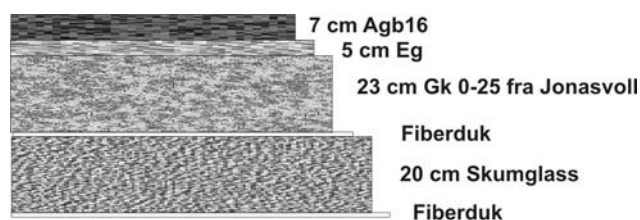
Materiale: ®HASOPOR standard

Formål og bakgrunn:

Vegen ble isolert med skumglass på grunn av lokale problemer med telehiv og oppsprekking av dekket.

Anleggstekniske detaljer:

Det ble ikke tatt prøver av undergrunnen i forkant av frostsikringen, men visuell bedømming tilsa at det var en type silt. Uten nærmere undersøkelser kunne det fastslås at materialet var telefarlig ettersom telehiv vinterstid var registrert gjennom flere år. Eksisterende overbygning ble trauet ut på en 50 m lang strekning med dybde 55 cm, og kantene som stod igjen ble brukt som støtte til skumglasset. Den frostisolerte overbygningen er vist i Figur 34.



Undergrunn, telefarlig

Figur 34: Frostisolert overbygning, fv 531

Utleggingen av skumglass ble gjort med beltegående gravemaskin. Det ble ikke komprimert direkte på skumglasset. Den beltegående gravemaskinen ble også brukt til å legge ut bærelag av knust grus. Dette ble lagt i to lag og komprimert på begge lag med vals (ukjent tyngde).

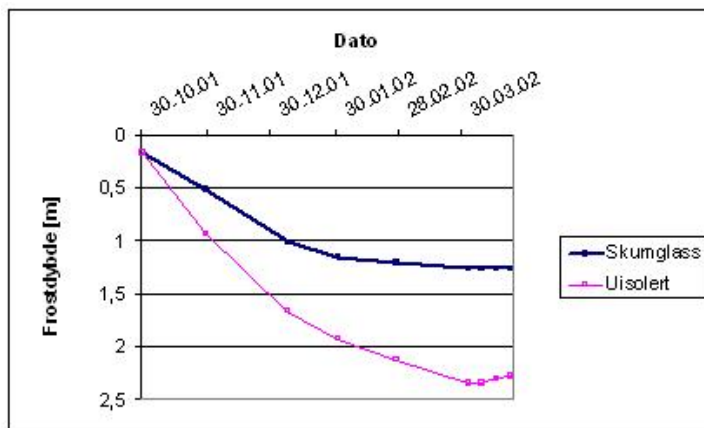
Målinger og instrumentering:

Frostdybde

To telegrensemålere ble satt ned i oktober 2001, en i isolert sone, og en i et uisolert referansepunkt. Selv om det her bare er presentert data fra en vinter, foreligger det opplysninger om at det også ble foretatt målinger vinteren 2002/2003. Disse opplysningene har vært vanskelig å oppdrive, men resultatet skal etter sigende ha vært omtrent det samme som vinteren 2001/2002.

| Plassering av telegrensemåler | Skumglassisolert område | Uisolert område |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Maksimal frostdybde vinter 2001/2002 | 1,26 m | 2,35 m |

Figur 35: Maksimal frostmengde fv 531



Figur 36: Frostdybde vinteren 2001/2002, fv 531

Vurdering

Forskjellen i maksimal frostdybde for isolert og uisolert sone er omtrent en meter. Overbygningen er omtrent 55 cm tykk, så det har frosset ned i undergrunnen på den isolerte sonen. Hvis frostisolasjonen har hindret frosten i å trenge ned til et telefarlig lag, har frostisolasjonen allikevel vært vellykket. Det kan virke som dette har vært tilfelle ettersom problemene med ujevne telehiv har forsvunnet.

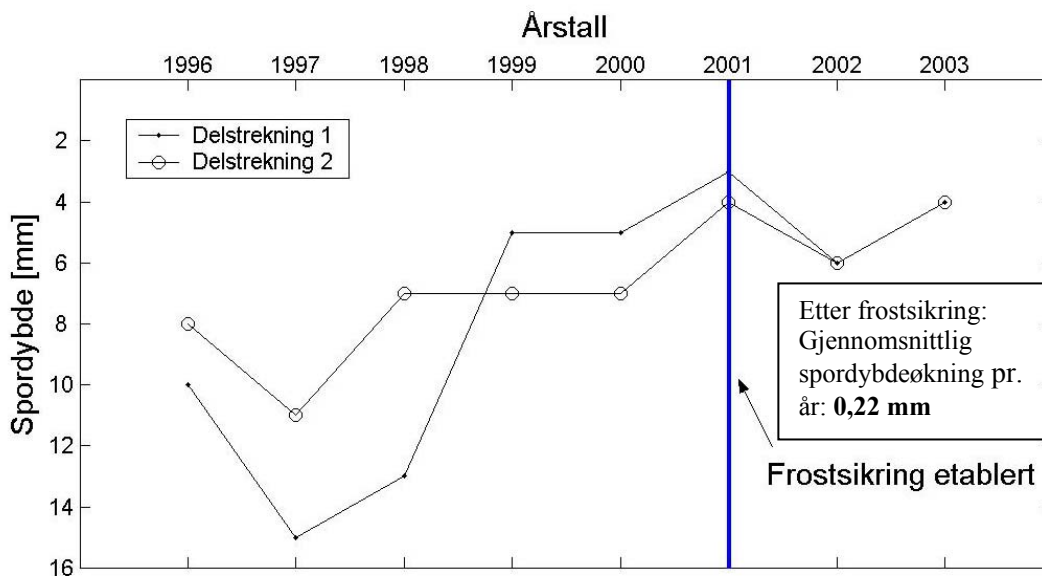
Spor

Vegident: FV 531 Hp 1 Km 1,135–1,185

Trafikkmengde: ÅDT 650

Andel tungtrafikk: 10 %

Spormålingene er utført hvert år på korte delstrekninger på ca 20 meter. Figur 37 viser sporutviklingen på delstrekningene innenfor det skumglassisolerte området på fv 531.



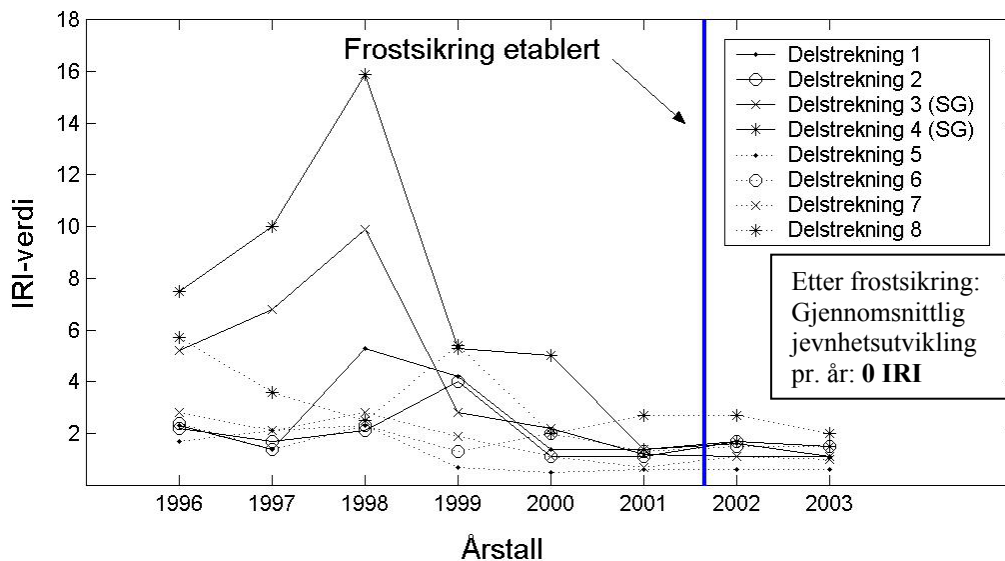
Figur 37: Sporutvikling, fv 531

Vurdering

Den frostisolerte strekningen var så kort at den bare omfattet to delstrekninger. Av disse to strekningene er det beregnet at spordybden gjennomsnittlig øker med 0,22 mm i året. Denne trenden er ytterst usikker ettersom den bare baserer seg på to delstrekninger over to år. Det som er sikkert er at spordybden har holdt seg liten de tre første årene etter utbedringen. Kravet til spordybde på en riksveg med tilsvarende trafikkmengde er at maksimale 10 % av parsell kan ha spordybde over 18,0 mm.

Jevnhet

Figur 38 viser jevnhet på fv 531. Fordi strekningen med frostsikrasjonslag av skumglass er så kort, er det også i dette tilfellet tatt med delstrekninger utenom det skumglassisolerte området. Delstrekning 3 og 4 med skumglass som frostsikrasjonslag kan sammenlignes med omliggende område.



Figur 38: Jevnhetsutvikling, fv 531

Vurdering

Det er tydelig å se at delstrekning 3 og 4 har hatt de største problemene med ujevnhet før utbedringen. Etter frostsikringen skiller jevnheten på disse to strekningene seg lite fra de andre delstrekningene. Det tyder på at ujevnheten tidligere var grunnet i skader forårsaket av tele. De to delstrekningene med skumglass har hatt 0 økning i IRI fra de ble lagt.

Merknader/ising:

Trafikken ble midlertidig omdirigert, og den nye overbygningen ble lagt i hele vegens bredde. Hver høst rundt den første frostperioden pleier det å legges is på området som er frostsikret med skumglass. Denne perioden varer vanligvis rundt to uker, og det blir skiltet spesielt om at det er fare for glatt vegbane. Om våren blir den frostsikrede strekningen tidligere snøfri enn de tilgrensende strekningene.

Langtidsvirkninger:

Det har ikke oppstått sprekker eller deformasjon over skumglasset. Telesprekker har imidlertid oppstått i sonen av vegen som ligger nært opptil det isolerte området, som viser at isoleringen skulle gått over en lenger strekning.

3.1.3 Riksveg 31 Røros, Steinåsen

Årstall for frostsikring: 2000

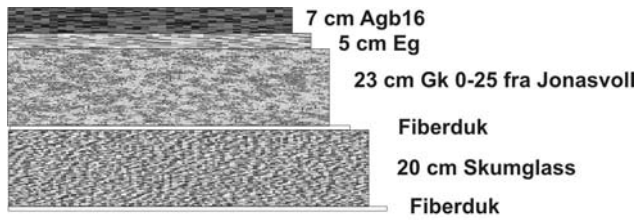
Materiale: ®HASOPOR standard

Formål og bakgrunn:

Vegen ble isolert med skumglass på grunn av problemer med kraftig telehiv og oppsprekking på skjæringssiden av vegen. Det er tidligere utført dydrenering, men dette har ikke bidratt til å redusere telehivet så mye som ønskelig.

Anleggstekniske detaljer:

Det ble ikke tatt prøver av undergrunnen, men visuell bedømming tilsa at undergrunnen bestod av silt. Eksisterende overbygning ble trauet ut på en 200 m lang strekning med en dybde på dybde 55 cm. Overbygningen ble lagt ut på samme måte og med de samme tykkelsene som på fv 531.



Undergrunn, telefarlig

Figur 39: Frostisolert overbygning, rv 31

Utleggingen av skumglass ble gjort med beltegående gravemaskin, og ingen komprimering ble utført direkte på skumglasset. Den beltegående gravemaskinen ble også brukt til å legge ut bærelag av knust grus. Bærelaget ble lagt i to lag og begge lag ble komprimert av vals med ukjent tyngde.

**Erfaringer:**

Arbeidet tok lang tid fordi strekningen måtte tas to ganger i og med at et kjørefelt ble lagt av gangen for å opprettholde trafikken. Valsen grov seg ned i skumglasset ved forsøk på komprimering direkte på skumglasset. Det dårlige været spilte også en rolle med hensyn på tidsbruk.

Målinger og instrumentering:**Komprimering**

Komprimeringen av bærelaget ble kontrollert med platebelastningsforsøk.

Figur 40: Utlegging av skumglass, rv 31

| Punkt | E1 [MPa] | E2 [MPa] | E2/E1 |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|
| 1 | 270,0 | 429,5 | 1,59 |
| 2 | 300,0 | 497,4 | 1,66 |
| 3 | 145,9 | 472,5 | 3,24 |
| 4 | 540,0 | 859,1 | 1,59 |
| 5 | 234,8 | 525,0 | 2,24 |
| 6 | 150,0 | 450,0 | 3,00 |
| Gjennomsnitt | 273,5 | 538,9 | 2,22 |

Figur 41: Platebelastningsresultater, rv 31

Vurdering

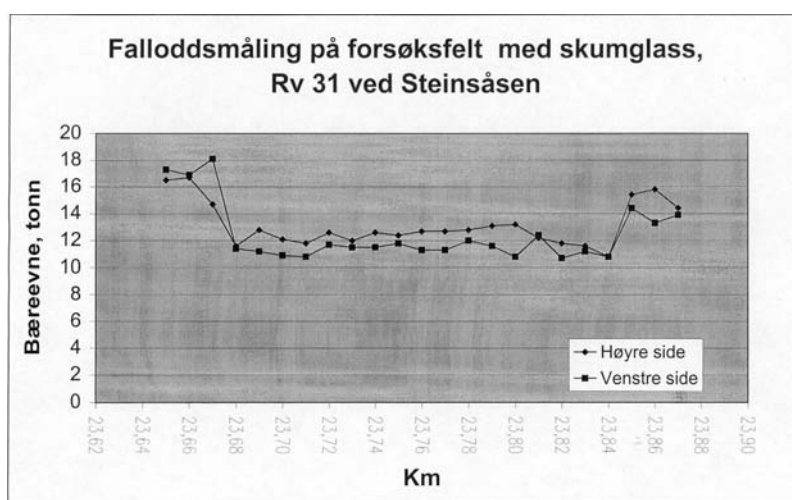
Det finnes ikke lenger noe krav i Håndbok 018 Vegbygging til veiledende verdier for komprimeringskontroll med platebelastning. I tidligere utgaver av Håndbok 018 Vegbygging ble kravet til komprimering av grove materialer gitt ved platebelastningsverdier. I Hb 018 1980 er det krav

til at E2/E1 for forstreknings- og bærelag skal være mindre enn 3,5 eller 2,5 avhengig av vegklasse. Hb 018 1999 har kravene gått over til å bli veiledende verdier for komprimering: E2/E1 bør være mindre eller lik 2,5 uansett vegklasse og E2 bør være større enn 150 Mpa. Kravene til utført komprimering skal i følge gjeldende utgave av Hb 018 kontrolleres med Modifisert Proctor.

Komprimeringen på rv 31 må således vurderes ut fra de gamle kravene. Den gjennomsnittlige verdien E2 for rv 31 ligger langt over den veiledende verdien fra Hb 018 1999. Gjennomsnittet for E2/E1 ligger noe under kravet fra Hb 018 1999, og det vil si at strekningen ikke er komprimert optimalt. Dette kan komme av at komprimering direkte på skumglasset ble mislykket, og komprimering gjennom bærelaget ikke fikk like god effekt som ønsket.

Bæreevne

For å dokumentere bæreevnen til ferdig utlagt veg, ble det utført falloddsmålinger.



Figur 42: Falloddsmåling, rv 31

Vurdering

Hele strekningen med skumglass har bæreevne mellom 10 og 14 tonn. Kravet til bæreevne på nybygde norske veger er 10 tonns aksellast. Strekningen tilfredsstiller dette kravet, men det er tydelig å se at skumglass har lavere bæreevne enn ordinære masser i de tilgrensende områdene. Tykkelsen eller lagdelingen for overbygningen på de tilgrensende områdene er ikke kjent.

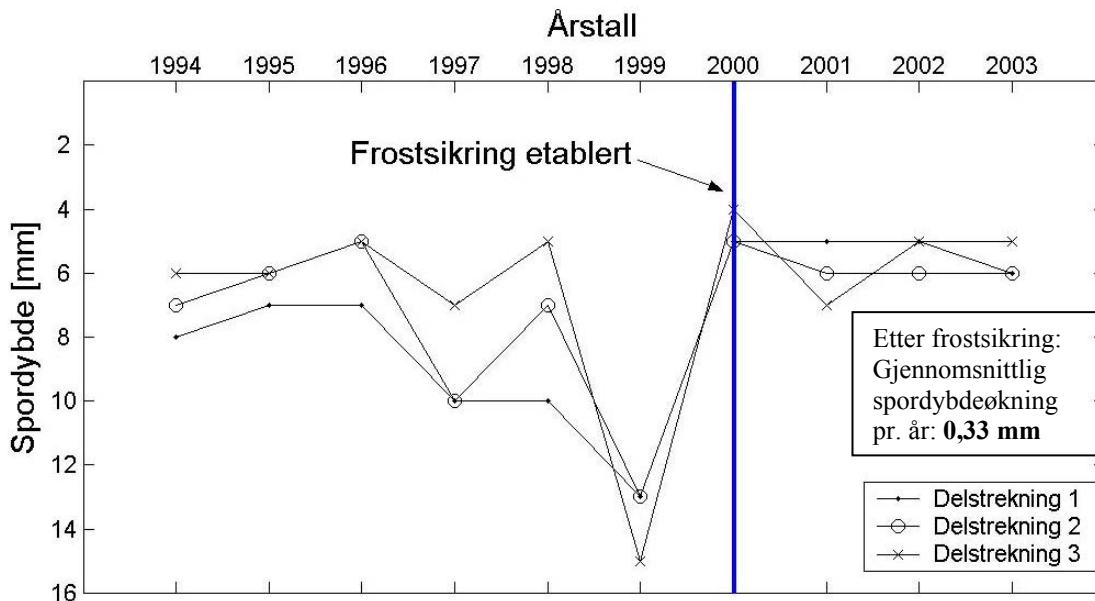
Spor

Vegident: RV 31 Hp 2 Km 23,640–23,850

Trafikkmengde: ÅDT 640

Andel tungtrafikk: 11 %

Rv 31 var den første riksvegen i Norge der det ble benyttet skumglass som frostsolasjon. Det er som oftest større trafikkmengder og tyngre trafikk på riksveger, og det manglet erfaringer for hvordan frostsikring med skumglass fungerte under slike belastninger. Sporutviklingen på rv 31 er vist på Figur 43. Kun tre delstrekninger er tatt med fordi spormålingene var mangelfulle for resten av delstrekningene innenfor det skumglassisolerte området.



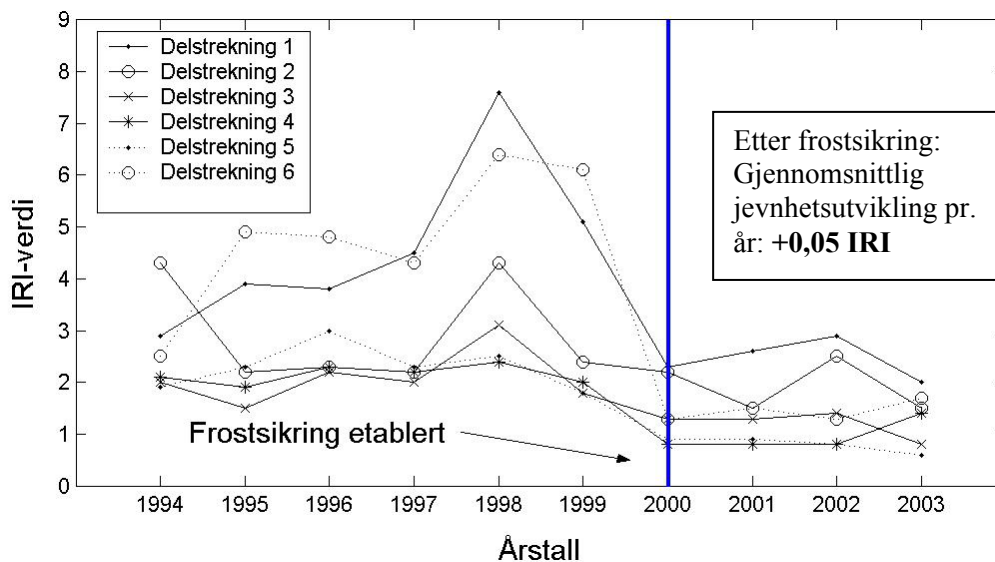
Figur 43: Spordybde, rv 31

Vurdering

Som man ser av Figur 43 har spordybden på rv 31 på den frostisolerte strekningen holdt seg rundt 6 mm i alle årene etter at strekningen ble etablert. Grunnen til at noen målinger først forverrer seg og deretter forbedrer seg kommer trolig at stekningsreferansene er usikre, og målestedene kan endre seg fra år til år. Kravet til maksimal spordybde på denne riksvegen, er at kun 10 % av parsellen kan ha dypere spordybde enn 25 mm. Dette kravet er oppfylt, og inntil videre øker spordybden med kun 0,33 mm i året.

Jevnhet

Figur 44 viser jevnhetsutviklingen på rv 31 fra 1994 til 2003.



Figur 44: Jevnhetsutvikling, rv 31

Vurdering

Jevnheten på vegen har omtrent holdt seg på det samme nivået fra det ble lagt og tre år fremover, men hatt en svak økning på gjennomsnittlig 0,05 IRI i året. Dette fører til at ujevnheter som tidligere har forsterket nedbrytingen av vegen, er sterkt redusert. Noe som resulterer i økt levetid for vegen. Kravet til jevnhet på riksveg med denne trafikkmengden er at maks 10 % av parsellen skal ha IRI-verdi på høyere enn 6,0. Denne parsellen holder seg godt under kravet, og hvis utviklingen de første årene fortsetter, vil det ta lang tid før strekningen må vedlikeholdes på grunn av jevnhetskravet.

Merknader/ising:

Den isolerte strekningen lå uten dekke fra juni til august i 2000.

I den første kuldeperioden hver høst er det problemer med ising på den skumglassisolerte strekningen. Dette blir satt opp skilting om dette i 14 dager. Om våren forsvinner imidlertid snøen tidligere fra denne strekningen, og det ikke problemer med ising i kuldeperioder sent på vinteren.

Langtidsvirkninger:

Ingen opplysninger

3.1.4 Riksveg 219 Atna – Mogrenne

Årstall for frostsikring: 2000

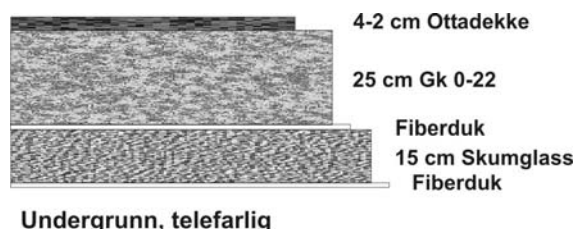
Materiale: ®HASOPOR standard

Formål og bakgrunn:

Vegen ble isolert med skumglass på grunn av teleproblematikk på denne strekningen.

Anleggstekniske detaljer:

Undergrunn er ikke dokumentert ved prøvetaking, men den blir karakterisert som bløt og dårlig. Gjennom flere år med dokumentert lokale telehiv, er det liten tvil om at undergrunnen er telefarlig. Vegens oppbygning: Vegens eksisterende overbygning ble trauet ut med 20 cm, og ny overbygning med skumglasset ®HASOPOR ble lagt ut som vist i Figur 45.



Figur 45: Frostisolert overbygning, rv 219

Utlegging: Overbygningen ble lagt ut ett felt av gangen, som vist på Figur 46, slik at trafikken kunne opprettholdes. ®HASOPOR ble lagt ut med beltegående gravemaskin (24 tonn) og det ble ikke komprimert direkte på skumglasslaget. Bærelaget av knust grus ble også fordelt med gravemaskin. Avrettingen av bærelaget ble gjort med veghøvel. Komprimeringen foregikk oppå gruslaget med Dynapac CH 47 (6 tonn). Denne ble slept etter en hjullaster på 9,5 tonn. To overfarter ble kjørt med vibro, og to overfarter ble kjørt med statisk belastning.

**Erfaringer:**

Materialet var lett å jobbe med, og utlegging gikk forholdsvis raskt.

Målinger og instrumentering:**Spor**

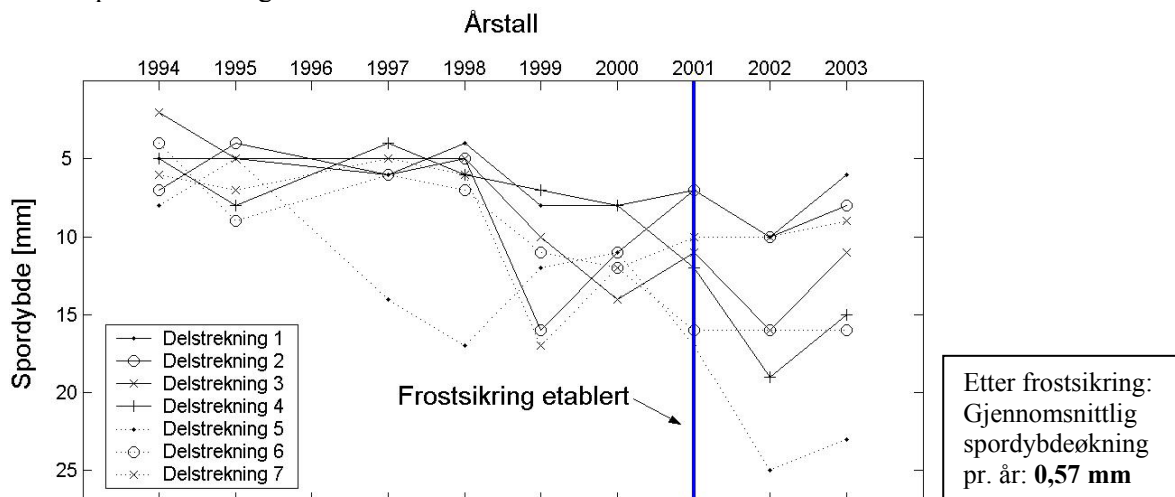
Vegident: RV 219 Hp 2 Km 5,550–5,850

Trafikkmengde: ÅDT 250

Andel tungtrafikk: 14 %

Figur 46: Utlegging av overbygning, rv 219

Riksveg 219 var også en av de første riksvegene der det ble brukt skumglass til frostsikrasjon. Den frostsisolerte strekningen var på 300 meter, og det er kun noen delstrekninger innenfor dette området som er presentert i Figur 47.



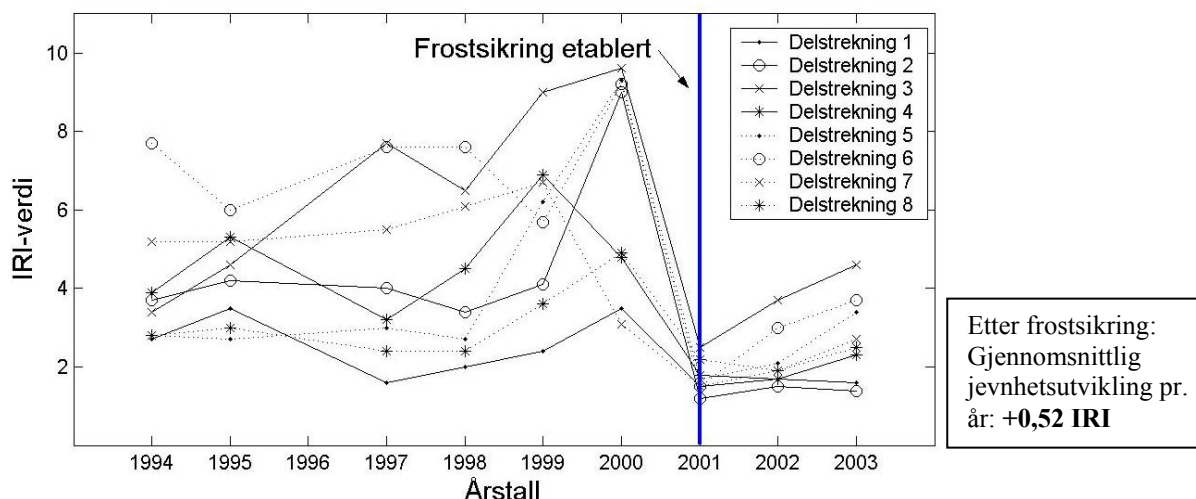
Figur 47: Sporutvikling, rv 219

Vurdering

Det ser ikke ut som frostsikring med skumglass i dette tilfellet har bremsset sporutviklingen. Særlig fra 2001 til 2002 har spordybden økt kraftig. At det har skjedd en forbedring fra 2002 til 2003 er vanskelig å forklare fordi det ikke skal ha foregått noe dekkevedlikehold i denne perioden. Noe av grunnen, er at identifikasjonen av delstrekningene er usikre, og målingene kan faktisk ha blitt tatt på forskjellige steder. Gjennomsnittlig er spordybdeøkningen 0,57 mm i året. Undergrunnen skal være svært bløt i dette området, og det stiller krav til overbygningens stivhet. Tungtrafikkandelen er forholdsvis høy. Kravet til maksimal spordybde på denne strekningen er at kun 10 % av parsellen kan ha dypere spor enn 25 mm for det skal bli utført vedlikehold. I følge kravet, ser det ut til at det må vurderes vedlikehold på denne strekningen i løpet av de nærmeste årene.

Jevnhet

Figur 48 viser jevnhetsutviklingen på rv 219 fra 1994 til 2003.



Figur 48: Jevnhetsutvikling, rv 219

Vurdering

Gjennomsnittlig har ujevnhetene på denne strekningen økt med 0,52 IRI i året. Variasjonen er likevel stor mellom de forskjellige delstrekningene, og to av delstrekningene har holdt seg på det samme nivået fra de ble lagt. Den store forskjellen vitner om at forholdene i undergrunnen også i stor grad varierer. Kravet til jevnhet på denne vegen sier at parsellen ikke kan ha mer en 10 % av strekningen med IRI større enn 6,0 før det må utføres vedlikehold. Hvis utviklingen som vises til nå fortsetter, må det nok settes i gang vedlikehold innen ett par år for å holde seg innen dette kravet.

Merknader/ising:

Det har ikke vært regelmessig kontroll av strekningen i den første kuldeperioden om høsten da det kan dannes is på strekninger som er frostsikkert. Men det har heller ikke kommet tilbakemelding fra trafikkanter om slike forhold.

Langtidsvirkninger:

Vegen står bra, og telehivingen på vegstrekningen er så godt som eliminert. Det er blitt registret at sporutviklingen på den skumglassisolerte strekningen har vært sterkere enn ønsket.

3.1.5 Fylkesveg 192 Noresund

Årstall for frostsikring: 2003

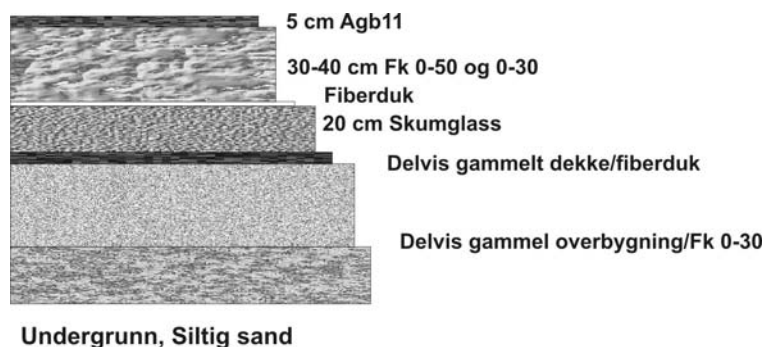
Materiale: ®HASOPOR standard

Formål og bakgrunn:

Et stykke av fv 192 ved Noresund skulle breddeutvides 3 meter inn i skjæring. Denne parsellen har også vært problematisk med tanke på telehiv. Det ble derfor besluttet å frostsikre parsellen samtidig. Det var kjøpt inn 1000 m³ med ®HASOPOR skumglass i distriktet og 300 m³ ble brukt på denne frostsikringen.

Anleggstekniske detaljer:

Undergrunn: Det ble ikke tatt prøver av undergrunnen, men visuell bedømming tilsa at det var sand og noe silt. Gjennom flere år har det vært teleproblemer, så det var ingen tvil om at grunnen var telefarlig.



Figur 49: Frostisolert overbygning, fv 192

Utlekking: Skumglasset ble lagt ut med gravemaskin. Denne jobbet slik at den la ut materialet etter seg, og ikke måtte trafikkere det nylagte skumglasset unødige. Det ble komprimert direkte på skumglasslaget med en 8 tonn vals (ikke vibro).

Erfaringer:

Ingen opplysninger

Målinger og instrumentering:

Frostdybde

Det ble satt ned telegrensemålere på frostisolert veg og et referansepunkt på uisolert veg da frostisoleringen ble etablert, men det har ikke vært regelmessig avlesning vinteren 2003/2004. Det ble imidlertid forsøkt avlest 18. mars 2004, men da viste det seg at måleren på den isolerte strekningen var defekt, og ingen avlesning kunne gjøres. Da var frostdybden i referansepunktet 1,38 m. I slutten av mars 2004 ble måleren på den frostsikrede strekningen reparert, og det viste seg av frosten ikke hadde trengt igjennom frostsikringslaget. Det vil si frostdybde < 0,60 m.

Frostmengde

Frostmengdemåleren har ikke vært i drift vinteren 2003/2004. Denne vil bli installert fra og med vinteren 2004/2005.

Vanninnhold

Det ble tatt oppgravingsprøver på fv 192 i midten av mai 2004. Hovedformålet med denne oppgravningen var å få et inntrykk av hvordan vanninnholdet i skumglass var etter at skumglasset hadde ligget omtrent et halvt år i vegen.

| Oppgravingssted | Vanninnhold [vekt-%] |
|-------------------|----------------------|
| Km 4,34 Øvre del | 24,3 |
| Km 4,34 Nedre del | 26,1 |

Figur 50: Vanninnhold i oppgravingsprøver, fv 192

Resultatene for vanninnhold i skumglasset er temmelig jevne. Det viser seg at det ikke er noe stor forskjell på vanninnholdet i øvre og nedre del av skumglasslaget. Dette er likevel bare prøve fra ett tverrsnitt, så det burde tas flere prøver for å slå fast dette helt sikkert.

Spor og jevnhet

Ettersom strekningen med skumglass som frostsikringslag bare har eksistert siden høsten 2003, finnes det foreløpig ingen registreringer av dette i VDB. For fremtidige tolkninger av spor og jevnhetsutvikling på denne strekningen, kan det noteres av ÅDT på strekningen er omtrent 400.

Merknader/ ising:

Det har ikke blitt registrert unaturlig ising på den frostsikrede strekningen den første vinteren. Dette fenomenet har ikke blitt observert spesifikt, men det har heller ikke kommet tilbakemelding om ubehagelige forhold på strekningen fra trafikkanter.

3.1.6 Gang og sykkelveg E6 Steinkjer, Eggemarka

Årstall for frostsikring: 2002

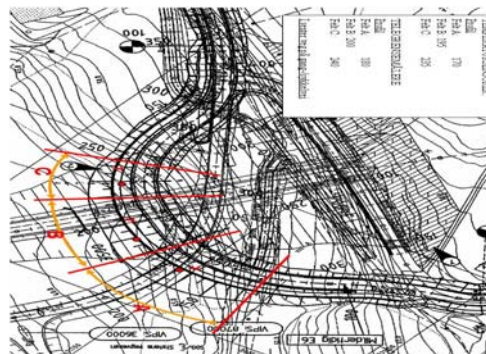
Materiale: ®HASOPOR standard

Formål og bakgrunn:

Eksisterende E6 gjennom Eggemarka i Steinkjer måtte legges om i forbindelse med etablering av en løsmassetunnel til den nye E6, som var ferdig sommeren 2004. Ved denne omleggingen ble det etablert en lett fylling av lettklinker og skumglass oppå en steinfylling over løsmassetunnelen. Gjenbruksprosjektet DP 5 Lette masser ønsket å ha denne lett fyllingen som et Pilotprosjekt og la den være gjenstand for en del forsøksvirksomhet. Forsøkene utført på de lette massene er presentert nærmere i avsnitt 3.2.6 Ved siden av E6 ble det lagt en gang- og sykkelveg som det ble besluttet å frostisolere med lettklinker og skumglass. Formålet med frostisolasjonslaget var ikke å redusere teleskader, men å gjøre forsøk som kan dokumentere isolasjonseffekten. Det er disse forsøkene som er presentert i dette avsnittet.



Figur 51: Modell over midlertidig E6 i Eggemarka

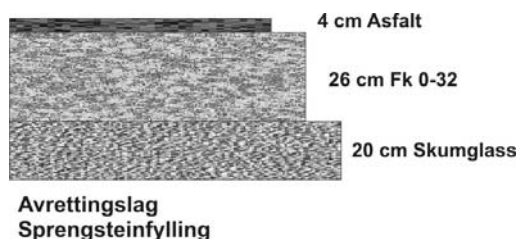


Figur 52: Plantegning av midlertidig E6 i Eggemarka

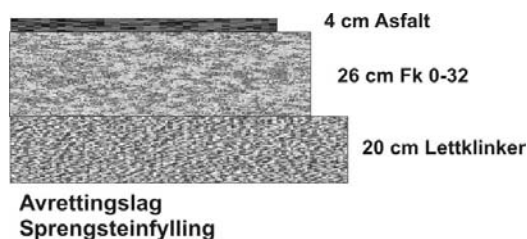
Anleggstekniske detaljer:

Undergrunn: Isolasjonslaget ble lagt på en midlertidig fylling av sprengt stein, dvs på et ikke telefarlig materiale.

Vegens oppbygning: Gang- og sykkelvegen var delt inn i tre seksjoner med forskjellig oppbygning. I felt A (profil 140-185) ble det lagt ut overbygning med frostsikringslag av lettklinker, i felt B (profil 185-225) ble det lagt kun ordinær overbygning uten frostsikringslag, mens det i felt C (profil 225-250) ble lagt ut overbygning med frostsikringslag av skumglass. Inndelingen er vist på Figur 52. I planleggingsfasen ble det lagt opp til visse lagtykkelser, men disse ble endret like før utlegging da det var viktig at det frostisolerende laget var så tynt av frosten ville nå igjennom. Da fyllingen, hovedveg og G/S-veg, skulle fjernes ble det gjort oppgravingsprøver, og da ble endelige lagtykkelser målt.



Figur 53: Skumglassisolert overbygning, G/S-veg Eggemarka



Figur 54: Lettklinkerisolert overbygning, G/S-veg Eggemarka

Ved utlegging av frostsikringsmassene, ble det etablert en kant av sprengstein ytterst på fyllingen slik av lettklinkeren og skumglasset fikk tilstrekkelig sidestøtte. Det ble ikke lagt fiberduk mellom fylling og frostsikringslag. Lettklinker og skumglass ble lagt ut med beltegående gravemaskin. Materialet ble til en viss grad komprimert ved at gravemaskinen kjørte over det. Bærelaget ble lagt direkte på frostsikringslaget, og det ble komprimert med vals av ukjent tyngde.

Erfaringer:

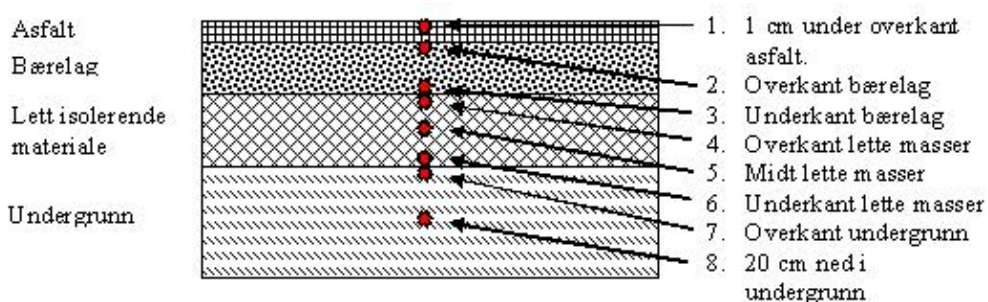
Det ble registrert en del uheldig nedknusning når det ble kjørt anleggstrafikk direkte på skumglasslaget. Det vil derfor ved senere prosjekter være fordelaktig om det blir tatt hensyn til at frostisoleringslaget ikke skal trafikkeres ved planlegging av andre frostisolerte strekninger.

Målinger og instrumentering:

Temperaturmåling

Gang- og sykkelvegen i Eggemarka i Steinkjer har vært gjenstand for omfattende temperaturmålinger. Det ble installert temperatursensorer i alle tre seksjoner som vist i Figur 52. Sensorene ble plassert i underkant og overkant av hvert lag, samt midt i frostsikringslaget. Det ble også installert temperatursensorer i overkant av asfaltlaget og en for å måle lufttemperatur. Plassering av temperatursensorene er vist i Figur 55.

Her vil kun resultatene fra felt C med skumglass bli presentert og vurdert.



Figur 55: Plassering av temperatursensorene, G/S-veg Eggemarka

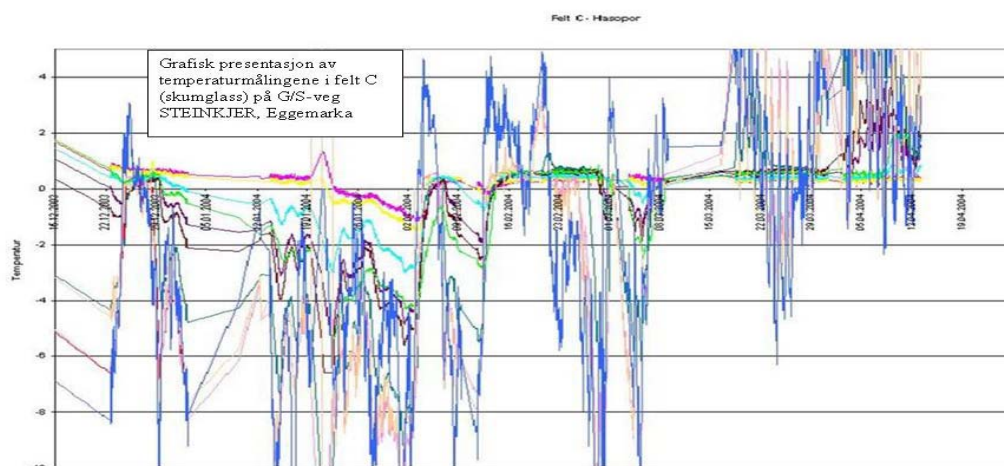
Sensorene var av type Constatan termoelementer, type T. Temperaturer fra samtlige sensorer ble registrert hver halve time gjennom hele døgnet med datalogger av type HP 34970 A og overført via modem til SINTEF i Trondheim. Resultatene er vist i Figur 56.

Eksempel for beregning av varmeledningsevne

Ved hjelp av temperaturmålingene er det mulig å finne hvilket tidspunkt frosten nådde ned til undergrunnen. Ut fra Figur 56 kan det leses at omtrent den 22. januar passerte kurven for temperaturen ved topp undergrunn 0°C . Frostmengde frem til dette tidspunktet kan finnes ved å summere

døgnmiddeltemperaturen frem til dette punktet. Se temperaturoversikt og frostmengde-beregning i Vedlegg 2.

Frostmengde frem til 22. januar: **2765 h°C**



Figur 56: Temperaturmålinger i Eggemarka

| Materiale | Lag-tykkelse, z [m] | Vanninnhold, w_{vol} [%] | Tørr densitet ρ_d [kg/m ³] | Varmeledningsevne, λ [W/mK] | $Q = 277,78 \cdot 334 \cdot w_{vol} \cdot z$ | Frostmotstand [h°C] $F = Q(\sum z_i / \lambda_{fi} + z_n / 2 \cdot \lambda_{fn})$ |
|------------|---------------------|----------------------------|---|-------------------------------------|--|--|
| Asfalt | 0,04 | 0 | 2100 | 1,50 | 0 | |
| Fk | 0,26 | 11,70 | 1950 | 1,90 | 2822 | 268 |
| Skumglass | 0,20 | 6,33 | 316,67 | x | 1175 | 192 + 117,5/x |
| Sum | | | | | | 460 + 117,5/x |

Figur 57: Beregning av varmeledningsevne i skumglass

$$2765 \text{ h}^\circ\text{C} = 460 + 117,5/x \quad \implies \quad x = 0,051$$

Vurdering

Ved beregningen er varmeledningsevnen blitt estimert til 0,051 W/mK. Dette er veldig lavt i forhold til verdiene som har kommet frem i laboratoriet og som ligger rundt 0,1 W/mK. Verdiene fra laboratoriet er også for tørt materialet som burde ha lavere varmeledningsevne enn materialet med fuktighet. Beregningene er gjort med Stefans formel. Det er mange usikkerheter i denne beregningen, så resultater fra laboratoriet vil nok være å foretrekke. Følgende verdier kan være usikre i denne beregningen:

- lagtykkelsene
- varmeledningsevnen til de andre lagene
- vanninnholdet i alle lag
- beregnet frostmengde

I Figur 56 kan det sees at det er et stort tidsrom fra underkant av lette masser passerer frysepunktet og til overkant av undergrunn gjør det. Ved å regne med frostmengden frem til underkant av lette masser når frysepunktet (3.jan.), får varmeledningsevnen en mye høyere verdi (0,918 W/mK). Det er trolig at den reelle verdien ligger mellom 0,051 og 0,918 W/mK, uten å ha noen nærmere indikasjoner på hvor i intervallet den ligger.

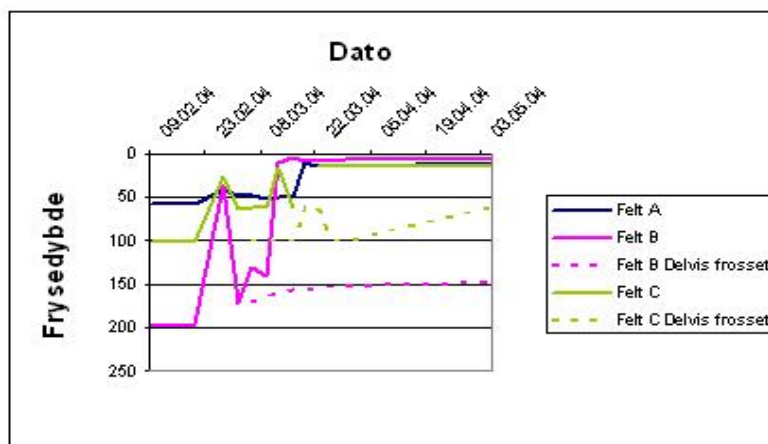
Frostdybde

Det ble satt ned telegrensemålere i G/S-vegen i januar 2004. Plasseringen av disse er vist i Figur 52.



Telegrensemålingene skal vise nøyaktig hvor dypt frosten har trengt, noe som var nødvendig ettersom temperatursensorene er plassert med noe mellomrom ned i bakken. Telegrensemålerne kan sees som skruer med omtrent diameter tre centimeter i asfalten, slik det er vist i Figur 58.

Figur 58: Telegrensemåler, G/S-veg Eggemarka



Figur 59: Frostdybde vinteren 2003/2004, G/S-veg Eggemarka

Eksempel på manuell frostdybdeberegning

Ved bruk av Stefans Formel er det mulig å regne ut frostdybden som har oppstått i gang og sykkelvegen. Stefans formel er en forholdsvis enkel modell for lagdelte konstruksjoner, men tar ikke hensyn til egenvarmen i vegkonstruksjonen. Det forutsetter at det finnes en del data om materialene som er brukt.

Følgende data er nødvendig for å utføre beregningene:

- ✓ Nøyaktig tykkelse på lagene
- ✓ Vanninnhold (volum-%)
- ✓ Tørr densitet til materialet
- ✓ Varmeledningsevne til materialet
- ✓ Frostmengde

Lagtykkelse er målt ved oppgraving, men det er ikke spesielt nøyaktig ettersom utlegging fører til store variasjoner. Vanninnholdet er målt ved oppgraving og er trolig ganske nøyaktig. Problemet med vanninnholdet, er at det gjerne har stor variasjon fra målepunkt til målepunkt. Tørr densitet til materialet er ikke målt på gangvegen, så det er brukt data fra den lette fyllingen. Varmeledningsevnen er hentet fra tabeller og forsøk. Frostmengde er målt med termometer og supplert med data fra Meteorologisk institutt. Frostmengde for hele sesongen: **6576 h°C**.

| Materiale | Lagtykkelse, z [m] | Vanninnhold, w _{vol} [%] | Tørrdensitet ρ _d [kg/m ³] | Varmeledningsevne, λ [W/mK] | Q= 277,78·334·w _{vol} ·z | Frostmengde [h°C] F=Q(∑z _i /λ _{fi} + z _n /2·λ _{fn}) |
|-------------|--------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| Asfalt | 0,04 | 0 | 2100 | 1,50 | 0 | |
| Fk | 0,26 | 11,70 | 1950 | 1,90 | 2822 | 268 |
| Skumglass | 0,20 | 6,33 | 316,67 | 0,107 | 1175 | 1290 |
| Sprengstein | x | 5,4 | 1800 | 0,75 | 5010·x | 10184·x + 3340·x ² |
| Sum | | | | | | 3340·x ² + 10184·x + 1558 |

Figur 60: Frostdydeberegning med frostsikring av skumglass

$$3340 \cdot x^2 + 10184 \cdot x + 1558 = 6576 \quad \implies \quad x = 0,43$$

Det vil si totalt 0,93 m frostdybde

| Materiale | Lagtykkelse, z [m] | Vanninnhold, w _{vol} [%] | Tørrdensitet ρ _d [kg/m ³] | Varmeledningsevne, λ [W/mK] | Q= 277,78·334·w _{vol} ·z | F=Q(∑z _i /λ _{fi} + z _n /2·λ _{fn}) |
|-------------|--------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| Asfalt | 0,04 | 0 | 2100 | 1,50 | 0 | 0 |
| Fk | 0,26 | 11,70 | 1950 | 1,90 | 2822 | 268 |
| Lettklinker | 0,20 | 6,00 | 300 | 1,17 | 1113 | 837 |
| Sprengstein | - | 5,40 | 1800 | 0,75 | 5010·x | 6713·x + 3340·x ² |
| Sum | | | | | | 3340·x ² + 6713·x + 1105 |

Figur 61: Frostdydeberegning med frostsikring av lettklinker

$$3340 \cdot x^2 + 6713 \cdot x + 1105 = 6576 \quad \implies \quad x = 0,62$$

Det vil si totalt 1,22 m frostdybde.

Vurdering/sammenstilling

Resultatet fra frostdybdemålerne er svært usikre ettersom disse har vært delvis frosne. Det tyder på at det har kommet kald luft innunder frostsikringslaget. Dette kan godt ha skjedd ettersom vegen ligger på en åpen sprengsteinfylling. Det har også vært større frostdybde under skumglasslaget enn lettklinkeren, noe som ikke harmonerer med de målte varmeledningsegenskapene fra laboratorium. Skumglasset lå på den midterste delen av fyllingen, og kan ha vært mer eksponert for vind. Temperaturmålingene på skumglassfeltet tilsier at topp av undergrunn har vært frostfri fra omtrent 6. februar, mens frostdybdemåleren viser en frostdybde på 100 cm den 9. februar. Dette bekrefter også antagelsen om at frostsituasjonen er unormal.

Vanninnhold

Det ble utført oppgraving av overbygningen og frostsikringslagene i g/s-vegen i mai 2004.

| Prøve Frostsikringslag | Vanninnhold [vekt-%] | Prøve Bærelag | Vanninnhold [vekt-%] |
|---------------------------|-------------------------|------------------|----------------------|
| Skumglass | 26,3 | Fk 0-32 mm | 5,5 |
| Skumglass | 19,3 | Fk 0-32 mm | 4,6 |
| Lettklinker | 14,6 | Fk 0-32 mm | 5,0 |
| Lettklinker | 15,4 | Fk 0-32 mm | - |

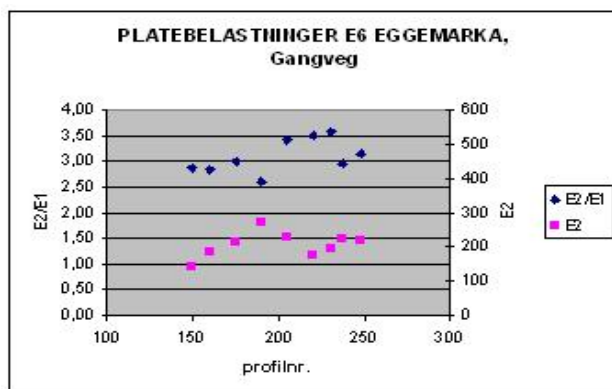
Figur 62: Vanninnhold i oppgravingsprøver, G/S-veg Eggemarka

Vurdering

Vanninnholdet i skumglasslaget varierer litt, og det skulle vært tatt flere prøver for å få et representativt gjennomsnitt. For lettklinker er de to verdiene for vanninnhold ganske jevne. Vanninnholdet i volum-% er ikke regnet ut fordi det ikke ble tatt densitetsprøver av dette laget.

Bæreevne

Det ble gjort platebelastningsforsøk på gang- og sykkelvegen etter utlagt dekke for å kontrollere bæreevnen. Resultatene av forsøkene er vist i Figur 63.



Figur 63: Platebelastninger, G/S-veg Eggemarka

Vurdering

Komprimering fører til at materialet blir stivere og mer stabilt, derfor vil det også gi forbedret bæreevne. Håndbok 018 1999 har veiledende verdier for komprimering målt ved platebelastning. Forholdet E2/E1 skal være mindre enn 2,5

Verdien for E2 skal være større enn 150 MPa

E2/E1-verdiene for skumglasset som ligger fra profilnr. 225-250, er for høye i forhold til de veiledende verdiene, mens verdiene for E2 overholder kravet. Dette tyder på at komprimeringen kunne vært bedre, og da hadde også bæreevnen vært høyere.

Merknader:

Det var det dessverre problematisk å få den automatiske loggingen til å fungere kontinuerlig. Noe data er derfor gått tapt, men hovedmengden er registrert. Ved utregning av frostmengde for vinteren 2003/2004 er lufttemperaturmålingene supplert med registreringer fra Norsk meteorologisk institutts målestasjon 1000 Søndre Egge Steinkjer. Dette er vist i vedlegg 2.

3.1.7 Oppsummering

Frostnedtregning

Frostnedtregning i skumglassisolerte strekninger er avhengige av flere faktorer, og det er vanskelig å sammenstille forskjellige strekninger der følgende faktorer varierer:

- tykkelse av frostsikringslag
- frostsikringslagets termiske egenskaper
- tykkelse total av overbygning
- overbygningens termiske egenskaper
- frostmengde i området
- vanninnhold og densitet for frostsikringslag og resten av overbygningen

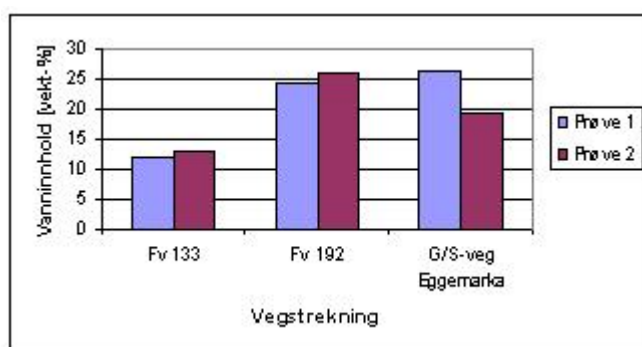
Strekningene der det har vært frostdybdemålinger, har hatt frostdybdemålinger i referansepunkter som det kan sammenlignes med. Det er ut fra disse verdiene effekten av frostsikringslaget kan vurderes.

I Vedlegg 3 er temperaturobservasjoner og frostdybdemålinger som er foretatt i prosjektet gjengitt. Dataene her er egnet for videre bearbeiding av resultatene, men ikke slutført i denne rapporten.

Vanninnhold

Vanninnholdet påvirker i stor grad varmeledningsevnen til materialet. Vanninnholdet kan måles før utlegging og under utlegging, men det er ingen garanti for at denne verdien vil holde seg konstant mens materialet ligger i vegen. Det er vanninnholdet som er avgjørende for isolasjonsevnen over tid, og derfor er det tatt oppgravingsprøver for å undersøke dette.

Det er tatt oppgravingsprøver av skumglass i frostsikringslag på tre av strekningene, og vanninnholdet fra prøvene er vist i Figur 64.



Figur 64: Vanninnhold i frostsikringslag, sammenstilling

Vanninnholdet i materialet vil trolig også påvirkes i stor grad av omgivelsene og hvilken grad vegen er drenert, noe som vil variere fra sted til sted. Vanninnholdet vil nok påvirkes av skumglasstype og hvor lenge materialet har ligget i vegen. Selv om vanninnholdet trolig stabiliserer seg på et visst nivå, vil vanninnholdet variere noe med årstiden. Derfor vil oppgravningstidspunkt påvirke resultatet. Figur 65 viser noen av de varierende faktorene for vanninnholdet.

| Vegstrekning | Skumglasstype | Utlagt | Opptak |
|-------------------|---------------|-------------|-------------|
| Fv 133 | Glasopor | Høst 1998 | Januar 2003 |
| Fv 192 | ®HASOPOR | Høst 2003 | Mai 2004 |
| G/S-veg Eggemarka | ®HASOPOR | Januar 2003 | Mai 2004 |

Figur 65: Faktorer som påvirker vanninnhold

Det er vanninnholdet i volum-% som påvirker isolasjonsevnen til et materiale. For steinmaterialer er det imidlertid vanninnholdet i vekt-% som måles. Omregning til vanninnhold i volum-% er mulig, men man er da avhengig av å ha nøyaktig densitet. Dette er som oftest ikke målt for oppgravingsprøvene. Vanninnhold i vekt-% og volum-% vil være veldig forskjellig for skumglass, fordi vekten av tørrstoffet er såpass lav.

Ut fra disse prøvene er det nærliggende å anta at vanninnholdet i skumglasset ®HASOPOR i frostsikringslag vil ligge rundt 20-25 vekt-%. Hvis en opptrედene densitet på 380 kg/m³ antas, vil vanninnholdet tilsvare 7-9 volum-%.

Mekaniske egenskaper

Det er ikke tatt densitetsmålinger eller kornfordelingsanalyse av skumglass fra frostsikringslag. Dermed er det ikke mulig å vurdere nøyaktig i hvilken grad materialet har blitt knust ned i anleggsfasen og i driftsfasen.

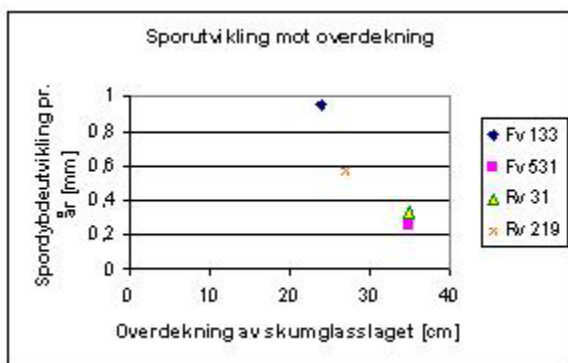
Materialets bæreevne/komprimering er målt med platebelastningsforsøk i to tilfeller. I begge tilfeller har E2/E1 vært i høyeste laget, men E2 har holdt seg innenfor veiledende verdi. Dette tyder på at komprimeringen ikke har vært optimal, og at bæreevnen kunne vært bedre. Mye av grunnen til dette er at komprimering direkte på skumglass krever lett utstyr for å unngå ned knusning. Derfor blir det i flere tilfeller valgt å komprimere først etter at bærelaget har blitt lagt ut.

Sporutvikling

Sporutvikling kommer av flere årsaker. En aktuell årsak i konstruksjoner der det er brukt skumglass, kan være at skumglasset knuses ned og at det skaper spor. Skumglassets langtidsvirkning på sporutvikling er ikke kjent, så det er interessant å se på sammenhengen mellom sporutviklingen og forskjellige faktorer som påvirker vegen. Sporutviklingen påvirker vedlikeholdsfrekvensen, men det er ikke mulig på grunnlag av fire strekninger å trekke konklusjoner om at skumglass i frostsikringslag påvirker denne.

Sporutvikling er tatt med her for å gi et bilde av nedknusningsgraden for skumglass. Det beste hadde vært å teste materialet på en strekning der den kan sammenlignes med en referansestrekning. Optimale sammenligningsforhold er uansett vanskelige å få til da undergrunnen vil variere.

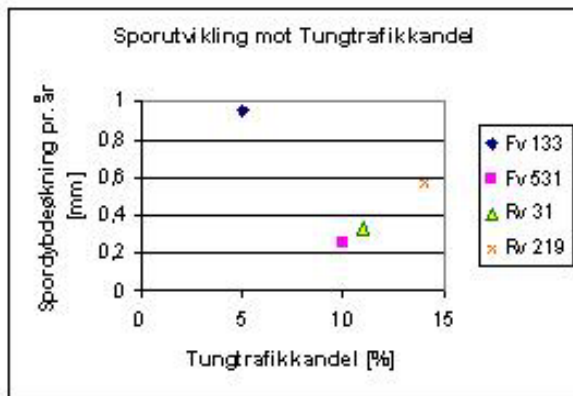
For å finne fellestrekk for de fire strekningene, presenteres forholdet mellom sporutviklingen og overdekning over skumglasset, andel tungtrafikk og trafikkmengde i hhv Figur 66, Figur 67 og Figur 68.



Figur 66: Sporutvikling mot overdekning, sammenstilling

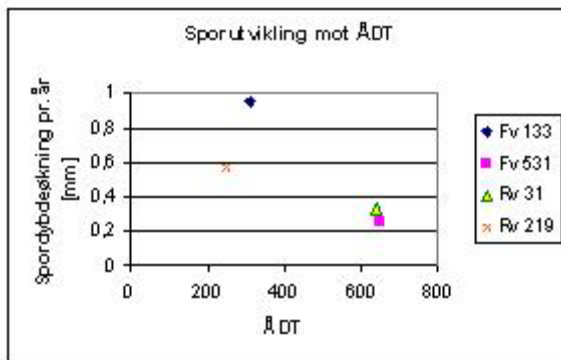
Jo nærmere et lag er toppen av overbygningen, dess høyere spenning blir materialet utsatt for. Det har hersket usikkerhet om hvor langt opp i konstruksjonen skumglass bør ligge ettersom det kan knuses ned. Figur 66 indikerer at det er en sammenheng mellom overdekning og hvor fort det dannes spor i

vegen. Spor kan som tidligere nevnt ha flere årsaker, og det ikke gitt at sporene på disse fire vegstrekningene kommer av samme årsak. Det er også for få strekninger til at det kan trekkes noen sikker konklusjon.



Figur 67: Sporutvikling mot tungtrafikkandel, sammenstilling

Tungtrafikkandelen kan se ut til å bidra til økt sporutvikling, bortsett fra at en av strekningene har raskere sporutvikling på tross av lav tungtrafikkandel. Dette er både en annen skumglasstype, og den har ligget lenger i veien enn de andre.



Figur 68: Sporutvikling mot ÅDT, sammenstilling

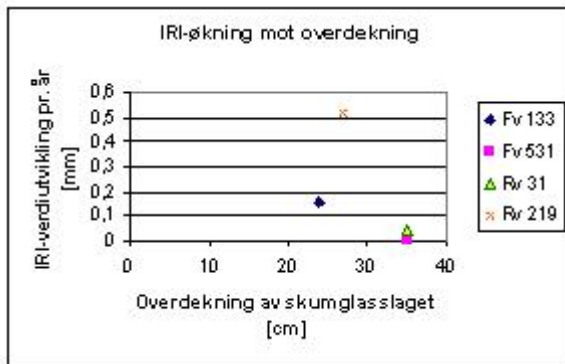
Det er vanskeligere å se noen direkte sammenheng mellom sporutviklingen og trafikkmengde.

Observasjonene indikerer at sporutviklingshastigheten i vegkonstruksjoner med skumglass har enn viss sammenheng med overdekning og andel tungtrafikk på strekningen slik en kunne forvente. Disse antakelsene er imidlertid svært usikre, ettersom fire strekninger er et lite grunnlag å trekke bastante konklusjoner på. Når det finnes et utvalg av flere strekninger, vil det være nyttig å gjøre de samme sammenstillingene og finne en mer sikker tendens.

Jevnhetsutvikling

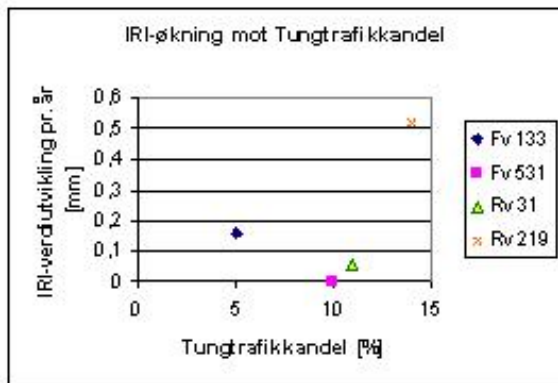
Ujevnheter skyldes mange forskjellige årsaker, og blant de viktigste er inhomogeniteter og variasjoner i undergrunnen og i vegkonstruksjonen. Formålet med å ta med jevnhet her, var å se om det tok lenger tid for veien å bli ujevn igjen etter den hadde blitt frostsikret. Særlig fordi bæreevnen i teleløsningsperioden forventes å ha blitt forbedret. Det er vanskelig å se nøyaktig hvilken virkning frostsikringen har på jevnhetsutviklingen, fordi andre årsaker ikke kan elimineres. Jevnhetsutviklingen påvirker vedlikeholdsfrekvensen, og det er ikke mulig på grunnlag av fire strekninger å trekke konklusjoner om at skumglass i frostsikringslag påvirker denne.

Jevnhetsutviklingen på de fire strekningene er ganske forskjellig, så andre faktorer virker åpenbart inn. Det blir her valgt å se på hvordan overdekning over skumglasset, tungtrafikkandel og trafikkmengde virker inn på jevnheten. Dette er lett kvantifiserbare faktorer.



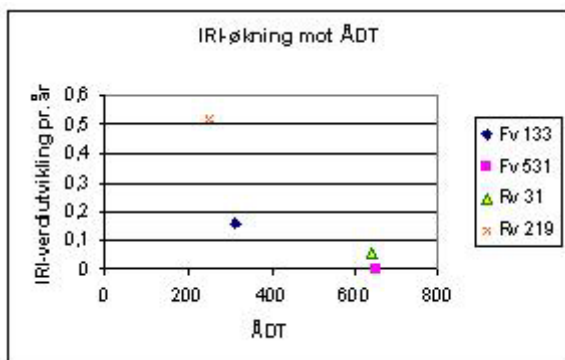
Figur 69: Jevnhetsutvikling mot overdekning, sammenstilling

Det er en viss tendens til at vegen holder seg jevnere med økende overdekning. Økt overdekning gir også økt bæreevne, så denne sammenhengen er logisk. På fv 133 ble skumglasset lagt direkte på eksisterende overbygning, noe som førte til en bæreevneøkning. Dette er muligens årsaken til at denne strekningen holder seg forholdsvis jevn selv om overdekningen er tynnere enn på de andre strekningene.



Figur 70: Jevnhetsutvikling mot tungtrafikkandel, sammenstilling

Ut fra disse fire strekningene er det vanskelig å slå fast en sammenheng mellom jevnhetsutvikling og tungtrafikkandel.



Figur 71: Jevnhetsutvikling mot trafikkmengde, sammenstilling

I følge Figur 71 ser det ut som vegen holder seg jevnere når trafikkmengden øker. Dette kan virke ulogisk, men trafikkmengden er innbakt i vegdimensjoneringen. Derfor har veger med høyere trafikkmengde også høyere bæreevne. Dette kan være grunnen til at disse også holder seg jevnere.

Jevnhetsutviklingen påvirkes av mange faktorer og det er vanskelig å dra konklusjonen om at frostsikringen har ført til å holde vegen jevnere enn ellers. Jevnhet er avhengig av konstruksjonens bæreevne. Strekningene er forholdsvis nye, og jevnhetsutviklingen akselererer etter hvert, så det er det vanskelig å få noe inntrykk av i en tidlig fase.

Utlekking – anleggstekniske forhold

Forskjellige metoder har blitt prøvd for utlegging av skumglass som frostsikringslag. De beste måtene har vært de som både har vært effektive og ført til minimal skade på materialet. Fordeling av materialet er utført hovedsakelig på to måter; med beltegående gravemaskin eller veghøvel. Utlekking med gravemaskin har vært mest tidkrevende, men valgt flest ganger. Utlekking med veghøvel har vært mest effektivt, men det knuser ned materialet i større grad. Noen av strekningene har blitt lagt ut mens trafikken har blitt opprettholdt i motsatt kjørefelt, på andre har vegen blitt stengt, eller det er anlagt ny veg. Kostnader knyttet til utlegging og fordeling kommer således an på behovet for å opprettholde trafikken.

Komprimering har blitt forsøkt direkte på skumglasslaget med vekslende hell. Noen ganger har dette fungert greit, andre ganger har valsen gravd seg ned i materialet. Vibrerende vals har ikke fungert. I de fleste tilfeller har det først blitt komprimert oppå bærelaget etter at hele eller deler av dette har vært lagt ut..

Det anbefales utlegging med beltegående gravemaskin slik at materialet ikke blir nedknust. Anleggstrafikk på skumglasslaget frarådes. Ved komprimering kan det komprimeres direkte med lett beltegående utstyr eller vibroplate, men ikke med vibrovals. Komprimering fungerer også godt på overliggende lag.

Økonomi

Det er ikke gjennomført noen systematisk gjennomgang av prosjektene med kostnadskalkulering ved bruk av alternative frostsikringsmaterialer som XPS plater og lettklinker. Siden prosjektene med bruk av skumglass var forsøksprosjekter medførte dette en del ekstrakostnader i forbindelse med utprøvingen. De totale kostnadene antas imidlertid å være av samme størrelsesorden som ved bruk av alternative frostisoleringsmaterialer. I flere av prosjektene ble det imidlertid antatt at kostnadene ved bruk av skumglass var lavere sammenlignet med XPS plater. Grunnen til dette er at skumglass er mindre tidkrevende å arbeide med i den forstand at kravet til avretting av undergrunnen ikke er så strengt. For Fylkesveg 192 Noresund (se avsnitt 3.1.5) ble den totale kostnaden av rehabiliteringen beregnet til 1600 kr/lm inkludert tiltransport av skumglass.

3.2 Lette masser

Strekningene vist i tabell Figur 72 er valgt ut for nærmere studier. Dette er strekninger som er spesielt aktuelle fordi de har vært gjenstand for en rekke forsøk og målinger.

På noen av strekningene er det parallelt utført forsøk med lettklinker. Eksempelvis vil resultatene av lettklinkerforsøkene presenteres som et supplement og sammenligningsgrunnlag til skumglassresultatene.

| Vegstrekning | Etablering | Målinger/undersøkelser som presenteres | Tidspunkt for målinger |
|-------------------|------------|---|--|
| Rv 17 Rosendal | 1999 | Densitetsmåling Kornfordeling | 2003 2003 |
| G/S-veg i Lodalen | 2001 | Densitetsmåling Slangesetningsmålinger | Ved utlegging 2001 Flere ganger hvert år |
| Rv 120 Nannestad | 2001 | Densitetsmåling Kornfordeling Slangesetningsmåling | Ved utlegging 2001 Ved utlegging 2001 Flere ganger hvert år |
| E6 Mulekrysset | 2002 | Densitetsmåling Kornfordeling | Ved utlegging 2002 Ved utlegging 2002 |
| E6 Klemetsrud | 2003 | Densitetsmåling Kornfordeling Slangesetningsmåling Utlekkingsforsøk | Ved utlegging 2003 Ved utlegging 2003 Flere ganger hvert år Kontinuerlig |
| E6 Steinkjer | 2002 | Densitetsmåling løs/kompr. Vanninnhold Kornfordeling Spormålinger Platebelastning Konv. Fallodd Lett fallodd CPT Slangesetningsmåling | Ved utlegging/fjerning Ved utlegging/fjerning Ved utlegging/fjerning Flere ganger hvert år Ved utlegging Ved utlegging Ved utlegging Ved utlegging Flere ganger hvert år |

Figur 72: Vegstrekninger med lett fyllmasse som er undersøkt

For at en lett fylling skal fungere tilfredsstillende er det viktig at visse krav til egenskaper er oppfylt. Forsøkene som er utført for å dokumentere egenskapene til materialet, presenteres i det følgende.

Densitet

For å måle den reelle densiteten til materialet i fylling, må det tas prøver av materialet når det ligger ferdig utlagt og komprimert i fyllingen. Dimensjoneringen er basert på en gitt densitet, og det er viktig å kontrollere om den opptredeende densiteten samsvarer med denne. Grunnen til at lett fyllmasse blir brukt er gjerne at densiteten til fyllmassen er avgjørende, og kontroll av denne avgjør om løsningen er god. Densiteten påvirkes av hvor godt massen er komprimert, vanninnhold og kornfordeling.

Densitet av fyllmasser måles ved at et metallrør presses ned i massen. Dimensjonene på røret må være kjent, slik at volumet kan beregnes. Deretter graves massene inne i røret ut og legges i en plastikksekk. Oppgravet materiale undersøkes i laboratoriet ved veiing i våt og tørr tilstand.

Våt densitet: total masse dividert på volum

Tørr densitet: tørr masse fast stoff dividert på volum

I det videre omtales våt densitet omtalt som ”densitet”

Vanninnhold

Kontroll av vanninnholdet er viktig fordi det påvirker densiteten. Etter utlegging og komprimering blir det ofte tatt prøver for vanninnholdsmålinger. Vanninnholdet vil på dette tidspunktet være avhengig av hvordan materialet har blitt lagret og værforhold ved utlegging. I visse situasjoner kan vanninnholdet endre seg i løpet av en fyllings levetid. Det er aktuelt å ta prøver av fyllmasser som har ligget en

periode for å se om vanninnholdet har stabilisert seg på et bestemt nivå, og midlertidige fyllinger er spesielt egnet til slike undersøkelser

Vanninnholdet oppgis vanligvis i w [vekt-%]. $w = m_{\text{vann}}/m_{\text{tørr masse}}$

Det er stor forskjell på vanninnhold oppgitt i volum-% og vekt-% på lette materialer som lettklinker og skumglass. Vanninnhold i vekt-% er mest relevant på lette masser, der vekten er avgjørende.

Kornfordeling

Kornfordelingen påvirker også densiteten. I et materiale med mange små korn, vil det være færre hulrom, og dermed får materialet høyere densitet. Skumglass er et svært skjørt materiale, det knuses ned ved trafikkering av anleggskjøretøy og for kraftig komprimering.

Det kan også være vanskelig å foreta sikteanalyser av materialet idet kornene også utsettes for noe nedknusning i sikteprosessen.

Bæreevne

Det er viktig at fyllingen har tilstrekkelig bæreevne, og komprimeringsgraden påvirker bæreevnen. Bæreevne er kun blitt målt for en lett fylling med skumglass. Dette er gjort med platebelastning, fallodd og CPT

Deformasjon

For å kontrollere deformasjoner i fyllinger er det plassert ut slangesetningsmålere. Disse består av plastikkslanger som legges tilnærmet horisontalt gjennom fyllingen. Ved å dra en sonde gjennom slangen og måle trykknivået i en gitt posisjon kan høydenivået for denne posisjonen beregnes. Målinger på forskjellig tidspunkt kan sammenstilles, og dermed er det mulig å se en utvikling. Det legges gjerne inn en slange over og en under skumglassfyllingen for å kontrollere egensetningen til skumglasset.

3.2.1 Rv 17 Rosendal

Årstall for etablering av lett fylling: 1999

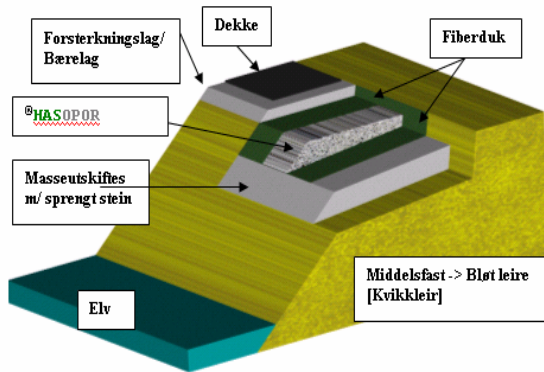
Materiale: ®HASOPOR tung

Formål og bakgrunn:

På grunn av erosjon fra elva raste en strekning av rv 17 ut i november 1999 der vegen går langs Skogaelva på Høylandet. For å bygge opp vegen igjen raskt og hindre nye skred, ble det valgt å bruke skumglass som lett fyllmasse.

Anleggstekniske detaljer:

Undergrunn: Kvikkleire av middels styrke i skråningen. Området måtte masseutskiftes, og det ble etablert en skråningsfot av sprengstein og skumglass ble benyttet i oppbyggingen av vegen. Vegens oppbygning er vist på Figur 73.



Figur 73: Oppbygging av rv 17



Figur 74: Utlegging av skumglass, rv 17

Skumglasset ble fraktet til rasstedet med lastebil og fordelt utover med 30 tonn beltegående gravemaskin. Det ble lagt fiberduk over og under skumglasslaget. Skumglasset ble lagt ut i lag på 0,5 meter og komprimert med 3-4 overførter med gravemaskinen, mens skråningen ble komprimert med gravemaskinskuffen. Komprimeringsfaktoren var 1,4. Det ble totalt brukt 300 m³ skumglass. Skråningen ble erosjonssikret med plastringsstein.

Erfaringer:

Utleggingen av skumglasset var veldig effektiv, og mengden på 300 m³ ble lagt ut på under fire timer.

Målinger og instrumentering:

Densitet og vanninnhold

Det ble tatt en densitetsprøve og tre vanninnholdsprøver av skumglasset som ble lagt ut i rasgropa på rv 17 tre år etter at vegen ble etablert.

| Målested | Målt densitet [m ³] | Vanninnhold (gj.snitt) [vekt-%] |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| Rv 17 | 530 kg/m ³ | 18 |

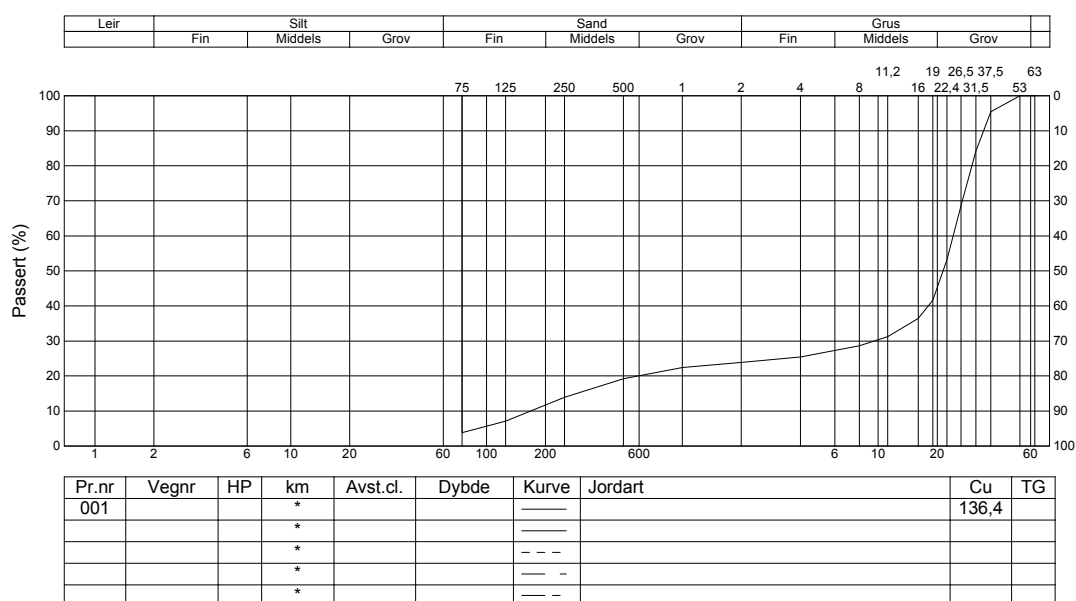
Figur 75: Densitet og vanninnhold, rv 17

Vurdering

Materialet som ble brukt på rv 17 var av en eldre type[®] HASOPOR, og denne hadde høyere densitet på grunn av annerledes porestruktur enn de typene som produseres i dag. Dette avspeiles av den høye tørrdensiteten på ($\rho_d = \rho / (1+w) = 530 / 1,18 = 449 \text{ kg/m}^3$) som enten skyldes en høyere produksjonsdensitet av materialet eller at materialet er innblandet med annet og tyngre materiale. Komprimeringsgraden er ukjent men vil også være med å påvirke denne verdien. Vanninnholdet ligger på et vanlig nivå.

Kornfordeling

Kornfordelingsdiagram for uttatte prøve av[®] HASOPOR på rv 17 er vist i Figur 76. Andel materiale mindre enn 8 mm er omtrent 30 %.



Figur 76: Siktekurve av Hasopor fra Rv 17 Rosendal

Langtidsvirkninger:

Visuelle observasjoner i den senere tid har vist at veggen fungerer som forutsatt. Ingen sprekker i dekket eller synlige setninger er registrert. Det er planlagt oppgravingsforsøk i framtiden for å undersøke om densiteten og kornfordelingen har endret seg. Det er ikke installert setningsmålere så det er vanskelig å dokumentere i hvilken grad setninger har oppstått.

3.2.2 Gang- og sykkelveg, Lodalen

Årstall for etablering av lett fylling: 2001

Materiale: ®HASOPOR lett

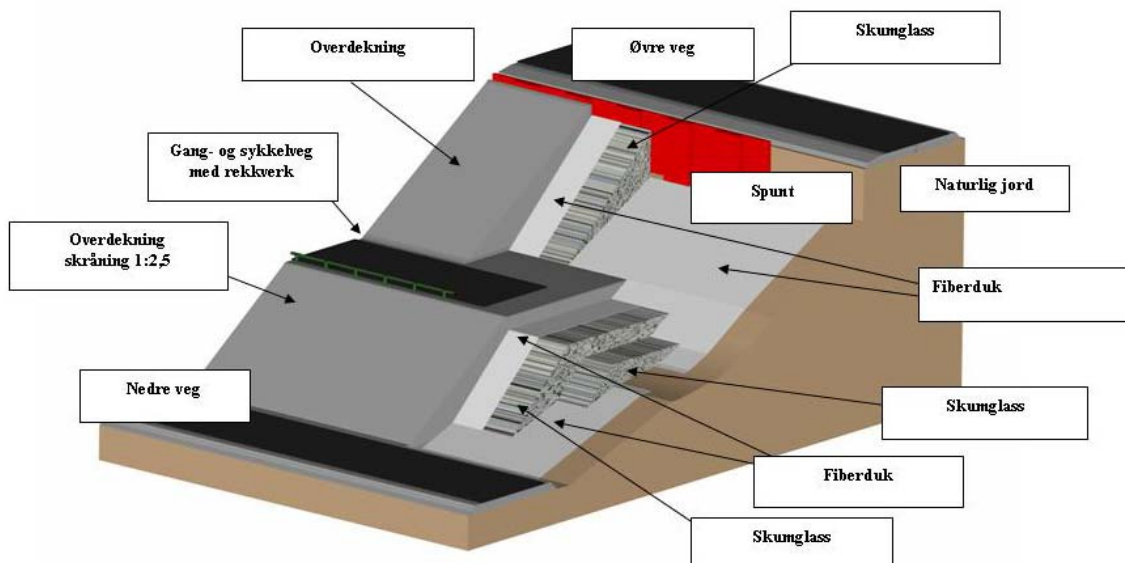
Formål og bakgrunn:

Ved bygging av gang- og sykkelveg i en skråning i Lodalen i Oslo var massene i skråningen ustabile, og det var fare for utgliding. Skråningen kunne ikke belastes med ekstra vekt, derfor ble det brukt kompensert fundamentering med den letteste typen av ®HASOPOR skumglass.

Anleggstekniske detaljer:

Undergrunn: Leire

Vegens oppbygning: På fyllingen ble det lagt en vanlig overbygning for gang- og sykkelveg.



Figur 77: Oppbygning av G/S-veg Lodalen

Utlekking: Noe av undergrunnen ble gravd bort for å skiftes ut med skumglass. Dette ble gjort for å gjøre skråningen mer stabil. Det ble først lagt separasjonsduk (kl. 2) på eksisterende grunn. Deretter ble [®]HASOPOR lett lagt ut med beltegående gravemaskin (Hitachi EX60, 8 tonn). For intern transport av masser på anlegget ble det brukt hjullaster (CAT 923E). Skumglasset ble lagt ut i lag opp til 1,5 meter, og lagene ble komprimert ved utlegging og avretting med den beltegående gravemaskinen. Komprimeringen av skumglasset i skråning ble gjort med gravemaskinskuffen. Skumglasset ble også forsøkt komprimert med 2 til 3 overfarter med vibrovalse (2,5 tonn Dynapac CC 10) med lav amplitude. Dette ga en komprimeringsgrad på omtrent 1,20-1,25. Det ble lagt separasjonsduk på toppen av skumglasslaget, og deretter ble det lagt ut vegoverbygging, avrettet, komprimert og lagt plastringsmasser på skråningen.

Erfaringer:

Det var mulig å komprimere skumglasset etter utlegging av forsterkningslag eller bærelag hvis dette var over 20 cm tykt. Ellers ble det registrert at skumglass har en naturlig rasvinkel på omtrent 45 grader.

Målinger og instrumentering:

Densitet og vanninnhold

Det ble gjort densitetsmålinger etter utlegging og komprimering for å kontrollere om prosjektert densitet stemte med opptrædende densitet for skumglass i fylling. Resultatet av målingene er vist i Figur 78.

| Målested | Målt densitet | Vanninnhold |
|----------|-----------------------|-------------|
| Test 1 | 384 kg/m ³ | 15,2 % |
| Test 2 | 294 kg/m ³ | 2,8 % |

Figur 78: Densitet og vanninnhold, Lodalen

Vurdering

Det var et kraftig regnvær like før densitetsprøvene ble tatt, og test 2 ble tatt under en bro. Dette kan være grunnen til at vanninnholdet er så forskjellig på de to prøvene, og deretter også densiteten. Prosjektet densitet for materialet var regnet til 300 kg/m³. I sammenligning med test 2 var dette ganske godt antatt. Det kan virke som densiteten påvirkes kraftig av vanninnholdet, noe som er betenkelig med tanke på stabilitetsberegningene som er gjort med en mye lavere densitet.



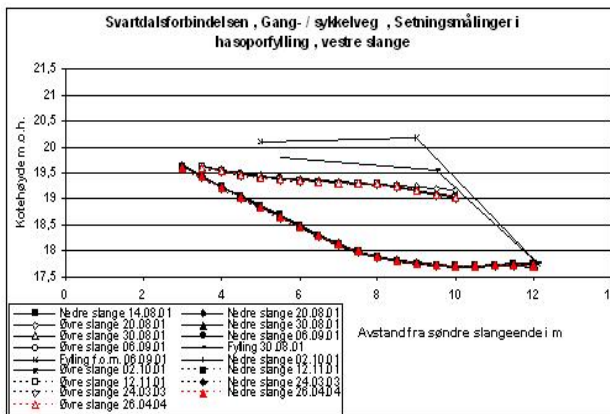
Figur 79: Densitetsprøve, G/S-veg Lodalen



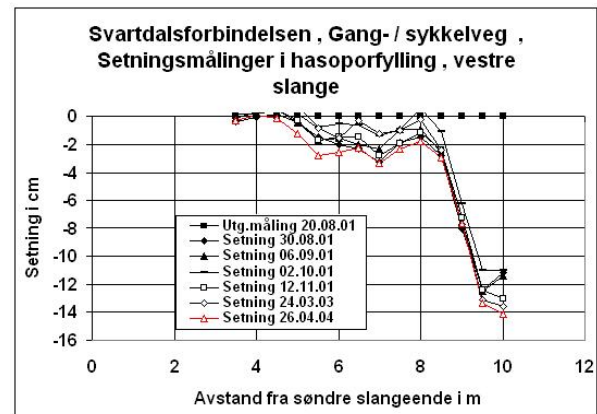
Figur 80: Vannvo lumeter, G/S-veg Lodalen

Setninger

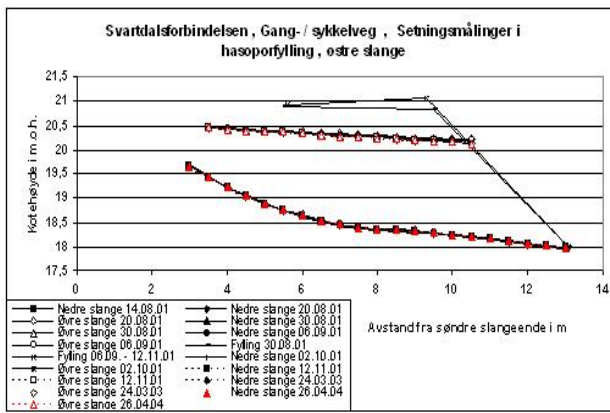
Det ble installert to slangesetningsmålere, i to snitt av gangvegen. En i rett over skumglasslaget og en rett under.



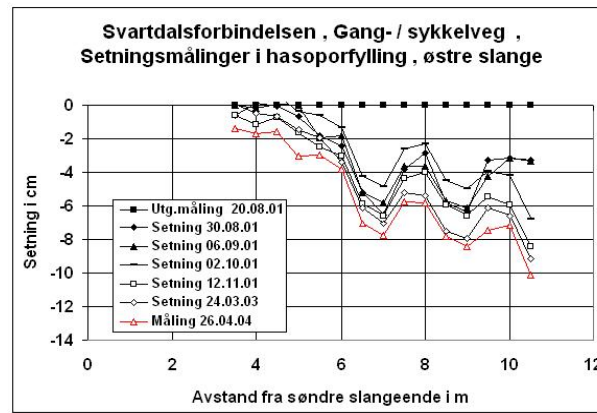
Figur 81: Setningsmålinger i vestre snitt G/S-veg Lodalen



Figur 82: Setninger i skumglassfylling i vestre snitt, G/S-veg Lodalen



Figur 83: Setningsmålinger i østre snitt G/S-veg Lodalen



Figur 84: Setninger i skumglassfylling i østre snitt G/S-veg Lodalen

Vurdering

Figur 82 og Figur 84 viser forskjell mellom øvre og nedre slange. De viser at tykkelsen på fyllingen i begge snitt har minsket, men i størst grad i det østre snittet. I vestre snitt er det tydelig at ytterkanten på fyllingen har deformert seg mest. I begge snittene er det tydelig spor der anleggskjøretøyene har trafikkert. Siden dette er en gang og sykkelveg, har vegen i liten grad blitt utsatt for tunge kjøretøy senere.

Korttidsdeformasjon: 1,5 - 2,5 %

Langtidsdeformasjon: ytterligere 0,5 – 1,0 %

Det er ikke overraskende at tykkelsen på fyllingen minsker, men det er hvor stor grad den gjør det og i hvilken hastighet som er interessant.

Langtidsvirkninger:

Det er foreløpig tidlig å kommentere hvordan skumglasset fungerer i et langt perspektiv. Denne strekningen vil bli fulgt opp videre med målinger for deformasjoner, vanninnhold og densitet.

3.2.3 Rv 120 Nannestad

Årstall for etablering av lett fylling: 2001

Materiale: ®HASOPOR Lett

Formål og bakgrunn:

®HASOPOR er lagt på en 100 m lang strekning som lett fylling. Undergrunnen var svak, og det ble besluttet å bruke den letteste formen for ®HASOPOR skumglass istedenfor lettklinker.

Anleggstekniske detaljer:

Undergrunn: Sensitiv leire



Utlegging: Først ble av separasjonsduken av kl. 3 lagt på eksisterende grunn. Skumglasset ble kjørt inn med flisbil, mens noe intern transport forgikk med dumper. Utlegging ble gjort med beltegående doser (Catepillar 778 D6R LGP, marktrykk: 56 kN/m²) i minimum 1 meters tykke lag. Dette er vist i Figur 85.

Komprimering forgikk gjennom belting under utlegging, og det ble kjørt maksimalt 3 overfarer per lag. Det ble lagt ny separasjonsduk på toppen av skumglasslaget.

Figur 85: Utlegging av skumglassfylling, rv 120

Målinger og instrumentering:

Densitet og vanninnhold

Det ble gjort densitet og vanninnholdsmålinger ved utlegging, etter komprimering.

| Målested | Målt densitet [kg/m ³] | Vanninnhold [vekt-%] |
|----------|------------------------------------|----------------------|
| 1 | 653 | 17,3 |
| 2 | 429 | 17,0 |

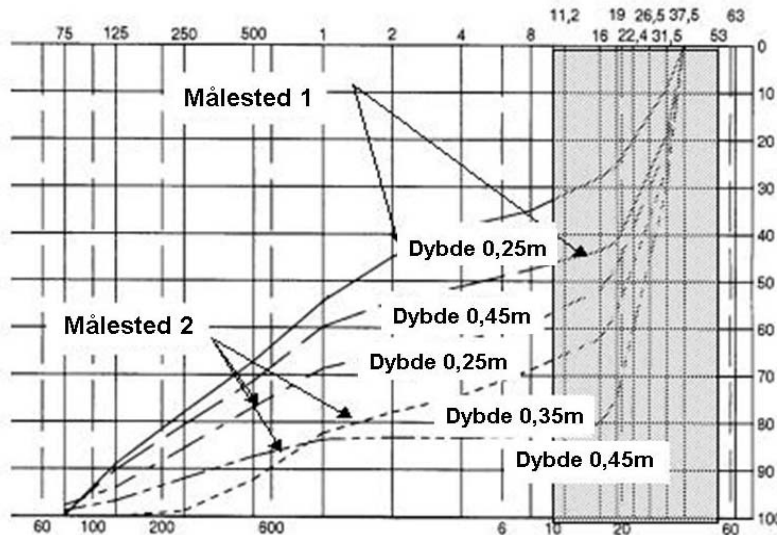
Figur 86: Densitet og vanninnhold, rv 120

Vurdering

Densiteten for prøve 1 og 2 viser svært forskjellige verdier. Prøve 1 er tatt fra et område som ble trafikkert av bilene som leverte skumglasset samt annen anleggstrafikk mens prøve 2 er tatt fra kanten av fyllingen hvor bare den beltegående doseren opererte. Vanninnholdet for de to prøvene er jevnt, så den forskjellige densiteten kommer trolig av ulik nedknusing av materialet.

Kornfordeling

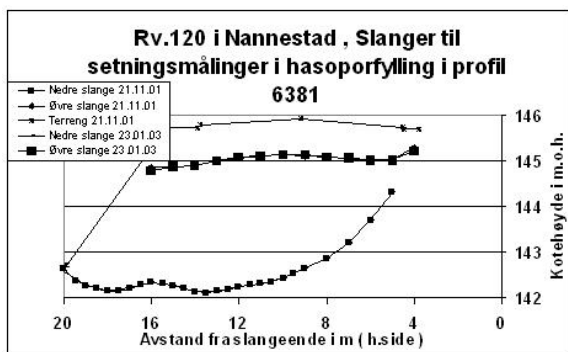
Kornfordelingen for prøvene fra rv 120 er vist i Figur 87. Disse kurvene viser en stor variasjon av andel finstoff, fra 65 -10 % materiale mindre enn 8 mm. Særlig prøve 1 viser høyt innhold av finstoff, noe som indikerer at anleggstrafikken på dette området har forårsaket nedknusing.



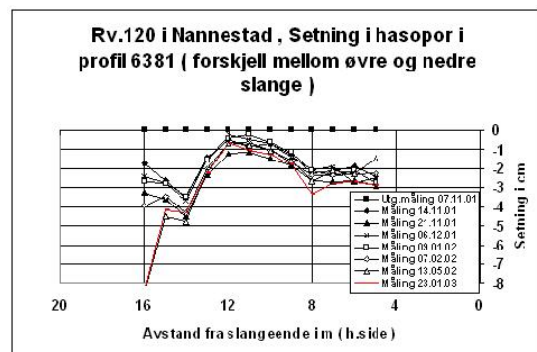
Figur 87. Siktekurver av prøver fra Rv 120

Setninger

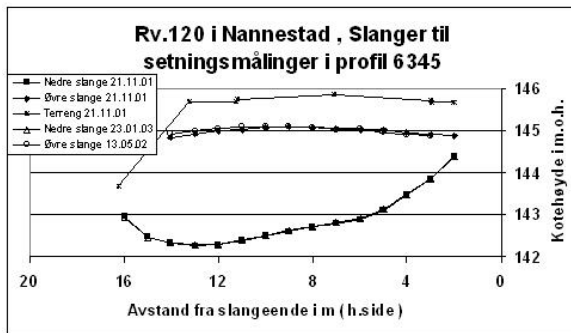
Det ble lagt ut slanger/rør til slangesetnings målinger i profil nr. 6381 og 6345. I begge profilene ble det lagt ut slanger både over og under de lette fyllmassene.



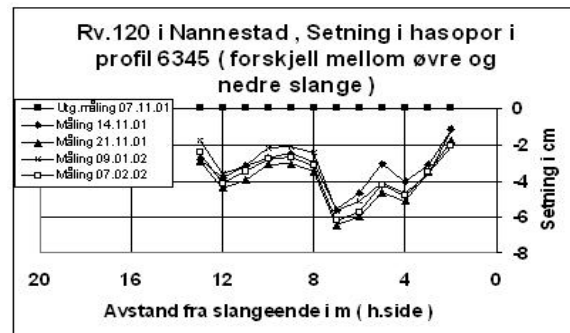
Figur 88: Slangesetningsmålinger i profil 6381, rv 120



Figur 89: Setninger i skumglassfylling i profil 6381, rv 120



Figur 90: Slangesetningsmålinger i profil 6345, rv 120



Figur 91: Setninger i skumglassfylling i profil 6345, rv 120

Vurderinger

I forhold til tykkelsen på fyllingen er egendeforrasjonene på et normalt nivå. Deformasjonen er noe ujevne gjennom snittet. Dette skyldes antagelig at komprimeringen av fyllingen har blitt sterkest der utleggingskjøretøyet har trafikkert mest.

Korttidsdeformasjoner: 1 %

Langtidsdeformasjoner: ytterligere 0 – 0,5 %

3.2.4 E6 Levanger, Mulekrysset

Årstall for etablering av lett fylling: 2002

Materiale: ®HASOPOR lett

Formål og bakgrunn:

Undergrunnen var svak og det ble besluttet å bruke skumglass som fyllingsmateriale.

Anleggstekniske detaljer:

Undergrunn: Leire

Utlegging: Skumglasset ble lagt ut med gravemaskin. Det ble lagt fiberduk både over og under skumglasslaget. Det ble utført ulik lagtykkelse, komprimering og overdekning på to forskjellige steder hvor densitet og kornfordeling ble kontrollert etter utlegging.



Figur 92: Densitetsprøve i skumglass, E6 Mulekrysset

Prøvepunkt 1 har lagtykkelse med skumglass 42 cm etter komprimering, og den ble komprimert med 2,5 tons vibrovals, 3 overfarer. Deretter et 20 cm tykt gruslag som ble avrettet med gravemaskin.

Prøvepunkt 2 har et lag med skumglass som ble 33 cm tykt etterkomprimering. Dette området ble komprimert gravemaskin (8 tonn) med fem overfarer. Dette området ble dekket av 20 cm gruslag avrettet med gravemaskin og deretter 50 cm med samfengt grus som ble komprimert med 8 tons vibrovals.

Erfaringer:

I prøvepunkt 1 som ble komprimert mest skånsomt, ble materialet minst nedknust. Dette viser at skumglass er ømfintlig for visse komprimeringsmåter og mengder.

Målinger og instrumentering:

Densitet

Det ble tatt densitetsprøver ved utlegging. Prøvene ble tatt med et metallrør som ble presset ned i skumglasslaget. Deretter ble massen inni røret gravd ut. Volumet av røret ble målt.

| Prøvepunkt | Densitet [kg/m ³] |
|------------|-------------------------------|
| 1 | 285 |
| 2 | 310 |

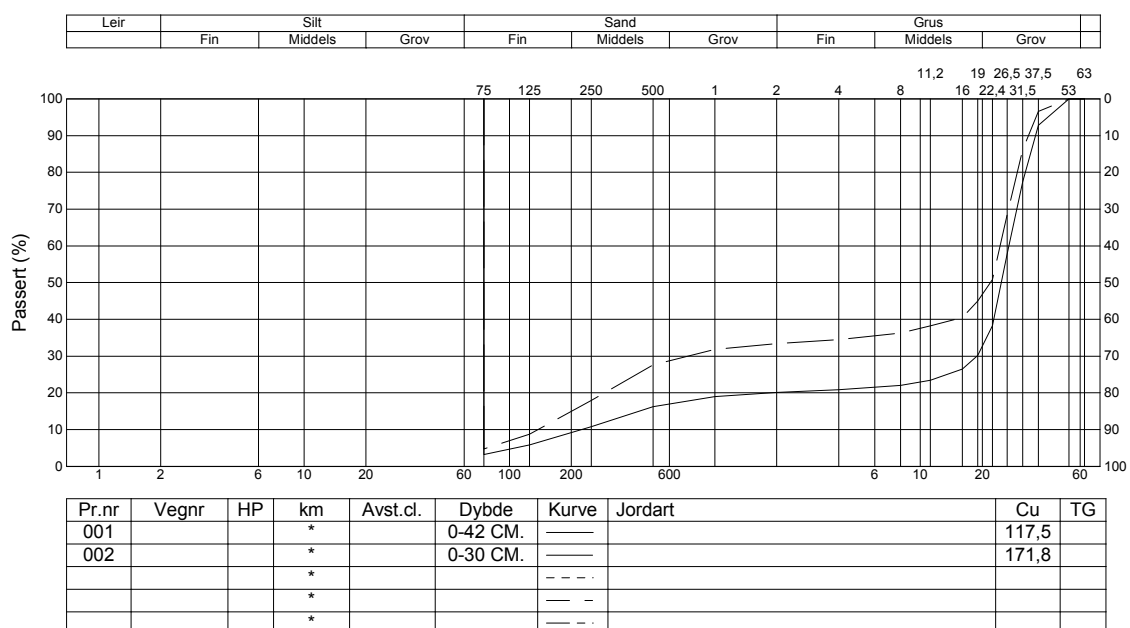
Figur 93: Densitetmålinger, E6 Mulekrysset

Vurdering

Målt densitet på prøvene er ganske like, prøve 1 har noe lavere densitet enn prøve 2. Ut fra disse prøvene kan det virke som densiteten for fyllingen er ganske jevn. Vanninnholdet er ikke målt slik at densiteten kan vurderes mot vanninnholdet.

Kornfordeling

Kornfordelingen for prøvene fra skumglassfyllingen på E6 Mulekrysset er vist i Figur 94. Prøve 1 hadde 22 % mens prøve 2 hadde 36 % materiale < 8 mm. Prøve 2 har noe høyere finstoffinnhold enn prøve 1, og det forklarer at også densiteten er høyest for prøve 2.



Figur 94: Siktetekurver for Hasopor fra E6 Levanger

Langtidsvirkninger:

Det er ikke gjort setningsmålinger på dette prosjektet og det foreligger ikke andre informasjonen om eventuelle deformasjoner i fyllingen.

3.2.5 E6 Klemetsrud

Årstall: 2003

Materiale: ®HASOPOR lett

Formål og bakgrunn:

Det ble brukt skumglass til fylling for en midlertidig omkjøringsveg i forbindelse med anleggsarbeidet på E6 Klemetsrud. Skumglass ble valgt som fyllingsmateriale for omkjøringsvegen skulle gå over en vannledning, og det var viktig å skåne denne i størst mulig grad for setninger. Skumglassmasene er senere brukt i et kryssområde med bløte grunnforhold.

Anleggstekniske detaljer:

Materialet ble lagt ut med gravemaskin i lag opp til 4 meter og komprimert lett med et beltetrykk på 45 kN/m². Dette ga en komprimeringsgrad på omtrent 20 %.

Målinger og instrumentering:

Densitet og vanninnhold

| Stadium | Densitet (gj.snitt) [kg/m ³] | Vanninnhold (gj.snitt) [vekt-%] |
|---------------------------|---|------------------------------------|
| Ved utlegging | 271 | 0,5 |
| Ved fjerning (pr. 2 og 3) | 360 | 12 |
| Ved fjerning (pr. 4 og 5) | 197 | 5 |

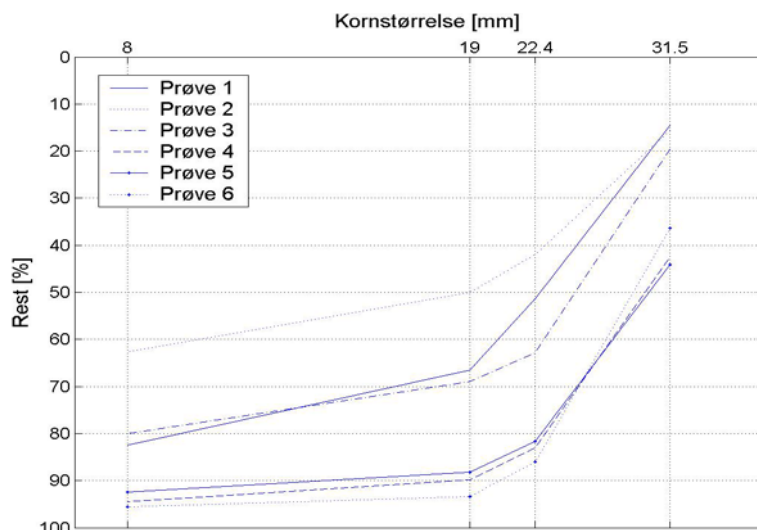
Figur 95: Densitetsmålinger, E6 Klemetsrud

Vurdering

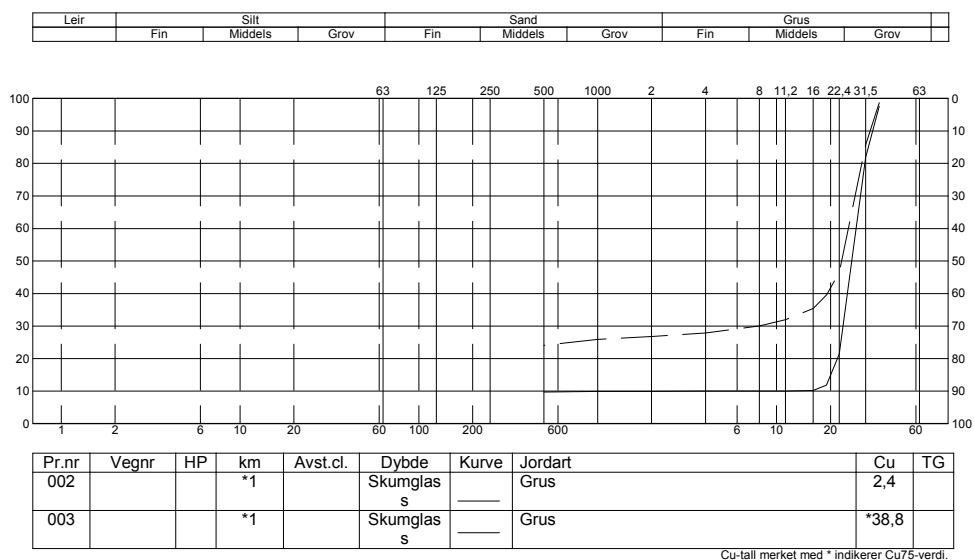
Den gjennomsnittlige densiteten ved utlegging er forholdsvis lav sammenlignet med andre prosjekter. Det ekstremt lave vanninnholdet bidrar også til å holde densiteten nede. Gunstige værforhold under utlegging kan nok ha stor innvirkning. Ved fjerning av fyllingen er det tatt densitets- og vanninnholdsprøver som viser svært varierende resultater, særlig med tanke på densitet. Vanninnholdet er høyere ved fjerning, men verdiene er fremdeles lave.

Kornfordeling

Kornfordelingen for materialet fra E6 Klemetsrud er vist i Figur 96 og Figur 97. Det er også vist siktekurver etter fjerning av fyllingen i Vedlegg 4. Ved utlegging varierer andel materiale mindre enn 8 mm mellom 5 og 37 %. Det er ingen identifikasjon på prøvene, men prøvene med høyt finstoffinnhold er trolig fra områder der trafikkeringen eller komprimeringen har vært sterk. Ved fjerning viser prøvene svært varierende finstoffinnhold. Prøve 4 og 5 som i følge densitetsmålingene skulle ha lav densitet, har uvanlig og oppsiktsvekkende stor finstoffandel. Dette er uventet, og det er nærliggende å tro at det må ha skjedd en målefeil ved et av forsøkene.



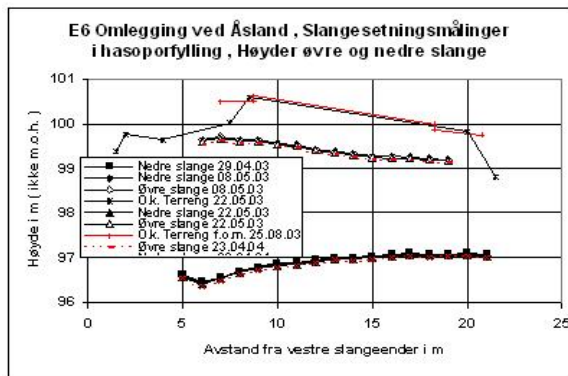
Figur 96: Siktetekurver for Hasopor fra E6 Klemetsrud ved utlegging



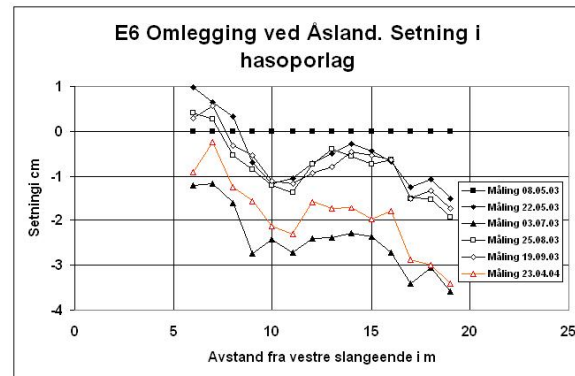
Figur 97: Siktetekurver for Hasopor fra Klemetsrud ved fjerning av fyllingen

Setninger

Det ble etablert slangesetningsmålinger i et tverrsnitt av fyllingen. Her ble det lagt en slange over og en slange under de lette massene. Plasseringen av slangene er vist i Figur 98 og deformasjonsforskjellen mellom slangene er vist i Figur 99.



Figur 98: Slangesetningsmålinger, E6 Klemetsrud



Figur 99: Setninger i skumglassfylling, E6 Klemetsrud

Vurdering:

Figur 99 viser deformasjonsforskjell mellom øvre og nedre slange. Deformasjonene er noe variable over snittet, og det tyder på noe forskjellig komprimering og trafikkering.

Korttidsdeformasjon: 1 %

Nedre slange har fått noe deformasjon, men ikke i så stor grad at det er kritisk for den underliggende vannledningen

Langtidsvirkninger:

Fyllingen vil ikke ligge så lenge at det kommer fram noen langtidsvirkninger

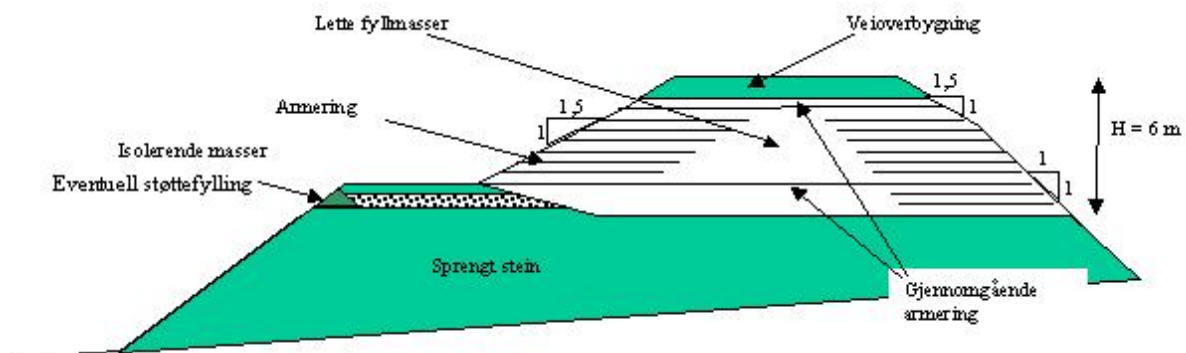
3.2.6 E6 Steinkjer, Eggemarka

Årstall: 2002

Materiale: ®HASOPOR standard

Formål og bakgrunn:

Den lette fyllingen i Eggemarka var som nevnt i 3.1.6 et prøveprosjekt for Gjenbruksprosjektet. I forbindelse med bygging av tunnel for den nye E6 gjennom Steinkjer, måtte eksisterende E6 midlertidig legges om på en vegfylling over en betongkulvert. Fyllingen bestod av sprengstein nederst og lette masser øverst som vist i Figur 100. De lette massene bestod av 9000 m³ lettklinker og 1000 m³ skumglass. Lettklinkeren ble armert med duk på grunn av den bratte skråningsvinkelen, mens skumglasset var stabilt nok til å stå uten sidestøtte. Det er også her delt inn i tre felt, der felt A og B har lettklinkerfylling med noe forskjellig overbygging, mens felt C har skumglassfylling, se Figur 52. Tverrsnitt av fyllingen og oversiktsbilde av fyllingen er vist i hhv. Figur 100 og Figur 101.



Figur 100: Tverrsnitt av fyllingen i Eggemarka


Figur 101: Oversiktsbilde over fyllingen i Eggemarka

Anleggstekniske detaljer:

Utleggingen av fyllingen ble noe spesiell i og med at store deler av fyllingen ble armert med fiberduk. De lette massene ble lagt i lag på 1-2 meter mellom hver komprimering. Materialet ble lagt ut med beltegående gravemaskin, avrettet og komprimert med bulldoser med beltetrykk $\leq 40 \text{ kN/m}^2$. Det ble utført komprimering direkte på skumglasset med omtrent 3 overfarer. Mellom hver komprimering ble store deler av fyllingen trafikkert av lastebil, gravemaskin og doser ettersom det kun var atkomst fra en retning. Dette ga både større nedknusing og komprimering enn forutsatt.

Erfaringer:

Siden det viste seg at det ble såpass mye nedknusing og ekstra komprimering av å trafikkere materialet i anleggsperioden, vil det være ønskelig å hindre dette ved senere prosjekter. Trafikk på de lette massene under utleggingen bør også begrenses.

Målinger og instrumentering:

Densitet, vanninnhold og kornfordeling

Det ble gjort densitets- og vanninnholdsmålinger og kornfordelingsanalyse av skumglass og lettklinker ved tre stadier:

1. I løs tilstand før utlegging
2. I komprimert tilstand under utlegging
3. Ved fjerning av fyllingen omtrent 1 år og tre måneder etter utlegging. Beskrivelse av arbeidet finnes i Vedlegg 5.

Resultatene fra alle densitets- og vanninnholdsforsøk er vist i Vedlegg 6. Hensikten med å måle densiteten på tre forskjellige stadier var å sjekke i hvor stor grad materialet ble komprimert og til en viss grad få inntrykk om nedknusingen og vanninnhold hadde endret seg fra utlegging til fjerning av fyllingen. Figur 102 viser en sammenstilling av prøver tatt på samme punkt i skumglassfyllingen ved alle tre stadier.

| Prøve | Våt densitet [kg/m^3] | Vanninnhold [vekt-%] | Tørr densitet [kg/m^3] |
|---|----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Før utlegging ®HASOPOR (gj.snitt) | 278,4 | 12 | 248,8 |
| Etter komprimering: ®HASOPOR (topplag, pr. 231) | 300,3 | 19,3 | 251,8 |
| Ved fjerning: ®HASOPOR (topplag, pr. 230) | 376,2 | 15,5 | 325,7 |

Figur 102: Densitet og vanninnhold, E6 Eggemarka

Kornfordelingsanalyser for prøvene fra alle stadier på E6 Steinkjer Eggemarka er vist i Vedlegg 7. Figur 103 viser en oversikt over finstoffandel for alle stadier.

| Stadium | Finstoffandel (% < 8 mm) |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Før utlegging (gj.snitt) | 5,2 |
| Etter komprimering (topplag pr. 230) | 15,9 |
| Ved fjerning (topplag pr. 231) | 13,4 |

Figur 103: Finstoffinnhold, E6 Eggemarka

Vurdering

Densiteten har økt noe fra løs tilstand til komprimert tilstand. Her har det både vært en økning i vanninnhold og finstoffandel, så denne økningen virker naturlig. Fra komprimert tilstand til fjerning av fyllingen har densiteten økt mens vanninnholdet og finstoffandelen er redusert. Den økte densiteten kommer da antakelig av at materialet har blitt tettere pakket uten at det har blitt knust ned.

Spørsmål

Det ble ikke utført spørsmål.

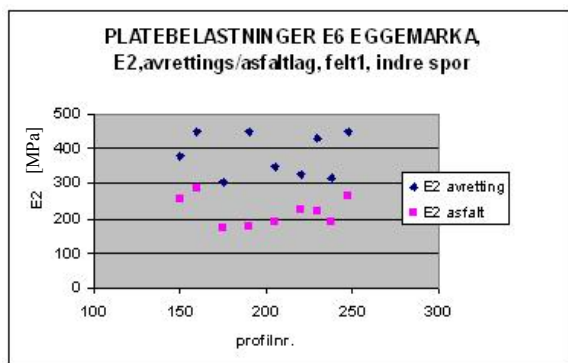
Platebelastning

Platebelastning ble gjort av Sør-Trøndelag Distriktsvegkontor. Platebelastningene ble gjennomført i to omganger.

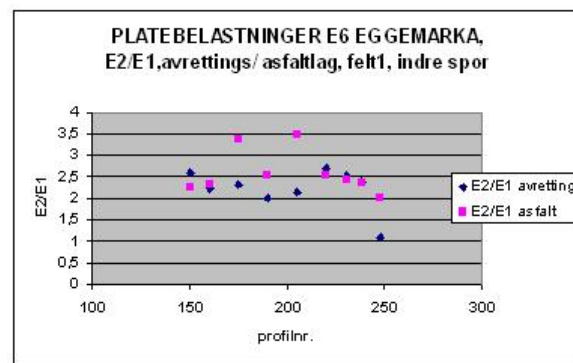
- etter at bærelaget over de lette fyllmassene var utlagt
- etter utlegging av fast dekke

Det ble gjennomført tre platebelastningsforsøk for hver seksjon av fyllingen.

Platebelastningsforsøkene ble utført i indre hjulspor på høyre side av fyllingen.



Figur 104: E2 på avrettingslag/asfalt, E6 Eggemarka



Figur 105: E2/E1 på avrettingslag/asfalt, E6 Eggemarka

Vurdering

Verdiene for E2 er over den anbefalte grensen i Hb 018 (1999) på minimum 150 MPa. Forskjellene i verdiene mellom avrettingslaget og asfaltlaget skyldes mest sannsynlig at asfalten ikke er like stiv som avrettingslaget.

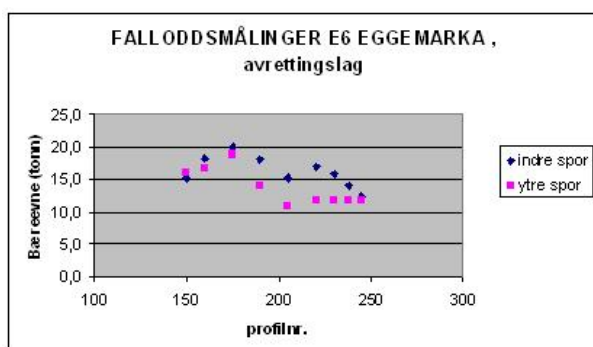
Med unntak av to verdier i asfaltdekket er verdiene innenfor det som er anbefalt for forholdet E2/E1 (maksimum 2,5). Med unntak av de to nevnte verdiene er det også små avvik mellom målingene gjort på avrettingslaget og asfaltlaget.

Fallodd

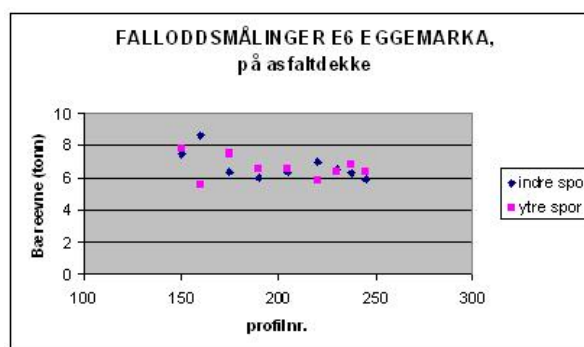
Det ble utført konvensjonelle falloddmålinger for å dokumentere bæreevnen og stivheten til fyllingen/vegen. Falloddmålingene ble utført i samkjøring med platebelastningsforsøkene

- etter at bærelaget over de lette massene ble lagt ut
- etter utlegging av fast dekke

Målingene ble utført i både indre og ytre hjulspor på høyre side av fyllingen.



Figur 106: Falloddsmålinger på avrettingslag, E6 Eggemarka



Figur 107: Falloddsmålinger på asfalt, E6 Eggemarka

Vurdering

Fyllingen og overbygningen har en tilfredsstillende bæreevne, med alle verdier over 10 tonn for testing på avrettingslaget. Det er en viss forskjell på de ulike feltene, og lettklinkerfeltene viser til dels høyere bæreevne enn skumglassfeltet. De lavere verdiene for asfaltlaget kommer antakeligvis av at avrettingslaget er stivere enn asfalten.

Lett fallodd (FWD-Iett)

Det var planlagt å prøve ut et nyutviklet falloddsutstyr fra Danmark. Dette kunne brukes direkte på de lette massene og frostsikringslaget. Dette utstyret fungerte dårlig under de gjeldende forhold på anlegget. Registreringen ble hindret på grunn av for lav temperatur, og datamengden ble for liten og usikker til at det gikk an å trekke fornuftige konklusjoner.

Cone Penetration Test (CPT)

Det ble utført seks CPT-sonderinger på fyllingen, og to av dem på skumglassfeltet. Utvalgte resultater fra disse to sonderingene er vist i Vedlegg 8.

For den aktuelle fyllingen vil det være mulig å se en sammenheng mellom spissmotstanden og komprimeringsgraden av materialet. Verken densitetsprøver etter komprimering eller ved fjerning vil gi et bilde av dette, etter som materialet blir trafikkert og dermed ytterligere komprimert før og etter disse prøvene. CPT-undersøkelser kan også gi et visst bilde av bæreevnen til materialet, og vil gi et bedre bilde av permanente deformasjoner enn andre bæreevneundersøkelser som kun tar i betraktning elastisk deformasjon. CPT-utstyret blir vanligvis brukt på naturlige jordarter, og vil muligens ikke gi helt riktige resultater for skumglass. Den koniske spissen som presses ned vil knuse noe av skumglasset istedenfor å skyve det til side, noe som kan gi lavere uttrykk for friksjonsvinkelen.

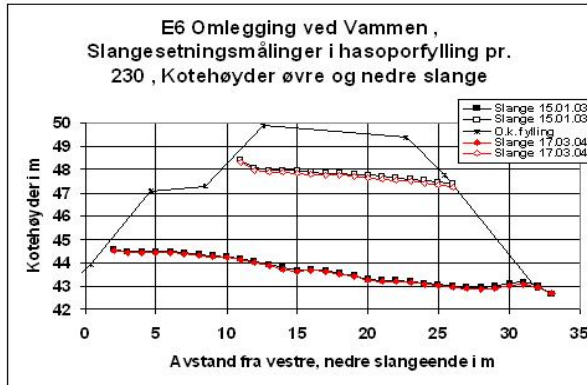
I profil 231 er det overbygning ned til 1,5 meter under vegbanen. Det kan se ut som spissstrykket er ganske stort rett under overbygningen. Det kan også observeres et stort spissstrykk ved 2,7 meters dybde. Det vitner om at materialet er spesielt godt komprimert der. Videre nedover vises det mer motstand ved 4,5 meter. Ellers holder spissstrykket seg rundt samme nivå. Det var ventet at spissstrykket ville vise forskjell for hver meter ettersom materialet ble lagt ut i lag på rundt en meter, og deretter komprimert. Det er ikke mange spor av komprimering langt nede i fyllingen, mens det ser ut til at de to øverste lagene er veldig godt komprimert. Det kan være at materialet har blitt trafikkert på de to øverste lagene, og det er det som kommer fram av figurene.

I profil 235 er det også overbygning ned til 1,5 meter under vegbanen. Under dette starter CPT-sonderingen, men det viste seg at sprengsteinfyllingen går skrått innover i skumglasset. CPT stopper i

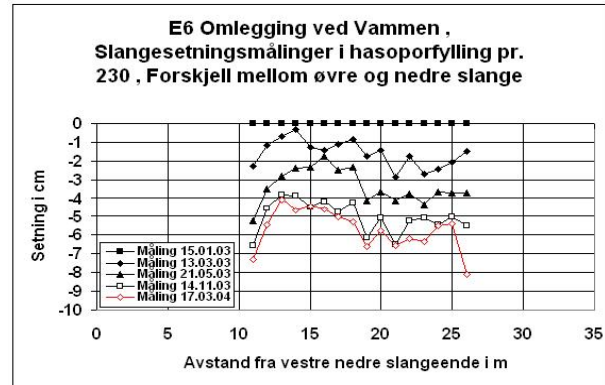
spregsteinfyllingen. Spisstrykket er også i dette profilet høyere rett under overbygningen enn lenger ned i fyllingen.

Slangesetningsmålinger

Det ble lagt inn slanger/rør (PEL 50*4,6) i 2 profiler, hhv ett profil i fylling med lettklinker og ett i profil i fylling med skumglass. Det ble også lagt inn en slange i underkant av lette fyllmasser og en slange i overkant av lett fyllmasser i hvert profil. Plasseringen av slangene i skumglasseksjonen er vist i Figur 108, mens forskjellene mellom øvre og nedre slange er vist i Figur 109.

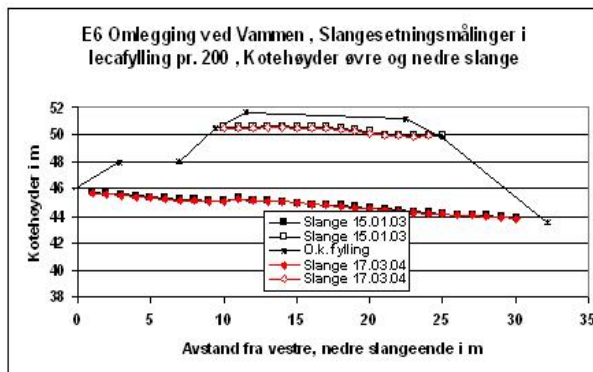


Figur 108: Slangesetningsmålinger i profil 230, E6 Eggemarka

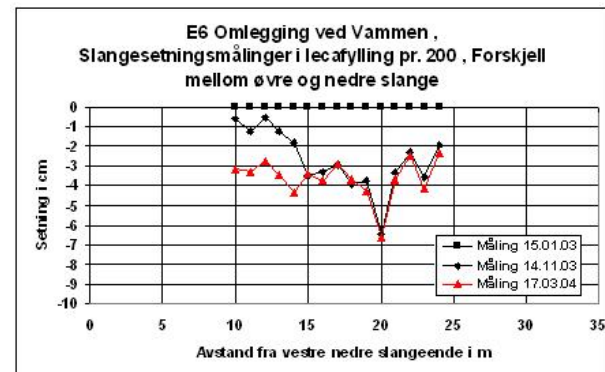


Figur 109: Setninger i skumglassfylling i profil 230, E6 Eggemarka

For lettklinkerfyllingen er slangenes plassering i profilet vist i Figur 110, mens forskjellen mellom øvre og nedre slange er vist i Figur 111.



Figur 110: Slangesetningsmålinger i profil 200, E6 Eggemarka



Figur 111: Setninger i lettklinkerfylling i profil 200, E6 Eggemarka

Vurdering

Forskjell mellom øvre og nedre slange viser i hvilken grad fyllingen har deformert.

Skumglassfyllingen har deformert noe mer enn lettklinkerfyllingen. Særlig på kantene har ytterdelen av skumglasset sunket sammen. Dette kommer av at skumglasset har ligget åpent mens lettklinkeren har ligget innbrettet i filterduk. Det vises ingen spesielle hjulspormerker.

Kortidsdeformasjon for skumglass: 1 %

Langtidsdeformasjon for skumglass: ytterligere 1 %

Deformasjon i skråning for skumglass: 2-3 %

3.2.7 Oppsummering

Densitet, kornfordeling og vanninnhold

For å kontrollere om opptredende densitet stemmer overens med dimensjonerende densitet, har det i de fleste tilfellene blitt tatt kornfordelingsanalyse, densitets-, og vanninnholdsmålinger like etter utlegging og komprimering. Denne densiteten kan endre seg over tid, og det burde også tas tilsvarende undersøkelser etter et visst tidsrom. Midlertidige fyllinger er særlig aktuelle for slike prøver.

Figur 112 viser en sammenstilling av vanninnholdet, densiteten og finstoffinnhold som er målt på de undersøkte fyllingsstrekningene. Forutsetningene for prøvene varierer ettersom de er tatt opp etter forskjellig tidsrom, består av forskjellig type skumglass og er tatt fra ulike lag av fyllingen.

| Vegprosjekt | Materialtype | År | Test utført | Volum [m ³] | Vanninnhold [vekt-%] | Densitet [kg/m ³] | Materiale < 8 mm [%] |
|------------------|---------------|------|-------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| Rv 17 Rosendal | ®HASOPOR tung | 1999 | 2002 | 310 | 18 | 530 * | 30 |
| G/S-veg Lodalen | ®HASOPOR std | 2001 | 2001 | 1500 | 3-18 | 325 | |
| Rv 120 Nannestad | ®HASOPOR lett | 2001 | 2001 | 2900 | | 500 ** | 15-65 |
| E6 Mulekrysset | ®HASOPOR lett | 2002 | 2002 | 550 | | 295 | 25-35 |
| E6 Klemetsrud | ®HASOPOR lett | 2003 | 2003 | 1100 | 0,5 | 271 | 5-20 |
| E6 Steinkjer | ®HASOPOR std | 2002 | 2003 | 1000 | 15-20 | 345 | 20 |
| E6 Steinkjer | ®HASOPOR std | 2002 | 2004 | 1000 | 16-29 | 409 | 7-13 |

* ®HASOPOR type tung som ikke produseres lenger ** Overkomprimering på grunn av anleggstrafikk

Figur 112: Sammenstilling vanninnhold, densitet og finstoffinnhold

®HASOPOR lett har på de tre forskjellige stedene (rv 120 Nannestad, E6 Mulekrysset og E6 Klemetsrud) svært forskjellig densitet. Alle disse målingene er tatt rett etter utlegging og komprimering. Materialet på E6 Klemetsrud har ekstremt lite vann- og finstoffinnhold. Dette kommer av værforhold ved utlegging og at materialet ble lagt i tykke lag (opp til 4 meter) før det ble komprimert lett. Materialet på E6 Mulekrysset ble lagt i tynnere lag (40- 50 cm) og ble komprimert en del tyngre. Værforholdene ved utlegging er ikke kjent, og vanninnholdet ble ikke målt. Materialet på rv 120 Nannestad har oppsiktsvekkende høy densitet. Dette materialet ble lagt ut i lag på minimum 1 meter og komprimert av beltegående doser under utlegging. Deler av fyllingen ble imidlertid trafikkert av flisbilene som leverte skumglasset og annen anleggstrafikk og de høyeste densitetsverdiene skyldes antagelig nedknusning. På denne strekningen ble det ikke målt vanninnhold, så dets innvirkning på densiteten kan ikke vurderes.

®HASOPOR standard er brukt i to fyllinger (G/S-veg Lodalen og E6 Steinkjer). Disse har forholdsvis lik densitet etter utlegging og komprimering. Dette kommer trolig av at de har blitt lagt ut i omtrent like tykke lag og komprimert på nokså lik måte. Vanninnholdet for disse to fyllingene er noe forskjellig, og der densiteten er lavest er også vanninnholdet lavest. Prøven fra Steinkjer i 2004 viser en noe høyere densitet, noe som mest sannsynlig har skjedd i forbindelse med ytterligere trafikkering av anleggskjøretøy under utlegging og fjerning av overbygning. Det kan imidlertid ikke utelukkes at noe av densitetsøkningen har skjedd i form av egendeformasjon, nedknusning eller vanninnholdsøkning mens fyllingen har fungert som underbygning for E6.

@HASOPOR tung er brukt på rv 17 Rosendal, men produseres ikke lenger. Den har i utgangspunktet høyere densitet og annen porestruktur enn de andre to skumglasstypene, noe som svekker sammenligningsgrunnlaget for densitet og vanninnhold. Prøvene er tatt tre år etter at fyllingen ble etablert, men finstoffandelen er ikke spesielt høy. Dette tyder på at nedknusing av fyllingen etter etablering er lite trolig.

Opptredende densitet etter utlegging og komprimering avhenger av en rekke faktorer. Særlig vanninnhold, komprimeringsgrad, komprimeringsmåte, lagtykkelse, anleggsmaskiner og transport på materialet påvirker densiteten. Ved fastsettelse av en dimensjonerende densitet for de forskjellige typene skumglass må det legges føringer for hvordan materialet skal behandles ved utlegging. Forsøkene så langt indikerer at **@HASOPOR std** vil ha en opptredende densitet på **300-350 kg/m³** og vanninnhold i underkant av 20 vekt-% etter utlegging og komprimering mens **@HASOPOR lett** vil ha opptredende densitet i **underkant av 300 kg/m³**. Densiteten varierer i sterk grad innad i en og samme fylling. Observasjonene er ennå for få til å si noe om hvordan densiteten og vanninnholdet utvikler seg over tid.

Deformasjon

Det er viktig hvordan fyllingen og materialet utvikler seg med tanke på deformasjoner. Dette vil både virke inn på konstruksjoner som plasseres på fyllingen og fyllingens densitet.

| Prosjekt | Maksimal fyllingsh. [m] | Lagtykkelse ved utlegging [m] | Komprimeringsfaktor | Korttidsdeformasjoner [%] | Langtidsdeformasjoner [%] | Deformasjon i skråning [%] |
|------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| G/S-veg Lodalen | 2 | 2 | 1,25 | 1,5 – 2,5 | +0,5 – 1,0 | 4 |
| Rv 120 Nannestad | 3 | 1 | 1,60 | 1 | +0 – 0,5 | 2 – 3 |
| E6 Klemetsrud | 3 | Opp til 4 | 1,20 | 1 | - | |
| E6 Steinkjer | 4 | 1 - 1,5 | - | 1 | +1,0 | 2 - 3 |

Figur 113: Sammenstilling komprimering, lagtykkelse og deformasjon

Etter utlegging og komprimering er slangesetningsmålerne brukt til å kartlegge egendeformasjon i skumglassfyllingene. På korttidsbasis er egendeforrasjonen på grunn av påsatte laster i de testede fyllingene rundt 1 %, noe som ikke er spesielt mye. Settningene øker heller ikke betydelige over tid, noe som tyder på at nedknusing og deformasjoner over tid kan neglisjeres. Skråningene deformeres opp til to ganger så mye som resten av fyllingen. Disse deformasjonene skjer i den første fasen. Det er lavere innspenning dess brattere skråningen er, og skumglass har på grunn av kornformen og overflatestruktur høy rasvinkel og ligger stabilt i bratte skråninger.

Fra setningskurvene i de forskjellige snittene kan det leses at hjulsporene til anleggskjøretøyene virker inn på slangesetningsmålerne. Dette tyder på nedknusing under tung last. Setningskurvene viser også at deformasjonen skumglassfyllingen har påført undergrunnen, har vært minimale på de fyllingene som er undersøkt.

Det oppstår små deformasjoner etter utlegging og komprimering av skumglassfyllinger, og deformasjonene avtar med tiden. Anleggskjøretøy påvirker egendeforrasjonen til fyllingen ved at materialet knuses i hjulsporene. Av de få forsøkene er det observert en viss sammenheng mellom lagtykkelse, komprimeringsgrad og deformasjon, men det er gjort for få forsøk til å kvantifisere denne sammenhengen.

Anleggsteknisk

Skumglass er lagt ut med forskjellige lagtykkelser, og har blitt komprimert på forskjellige måter for å finne ut hva som gir best resultater med materialet. Det har uheldigvis vært en del trafikkeringsproblemer på materialet av anleggskjøretøy, mye fordi man i tidlig fase ikke visste hvor mye nedknusing det ville føre til og fordi materialet var stabilt å kjøre på. I forhold til andre lett fyllingsmaterialer har skumglass større egenstabilitet og trenger i liten grad sidestøtte. Problemet for granulære lette fyllmasser er i stor grad at de knuses ned ved for stor belastning. I forhold til blokker med lett fyllmasse (EPS) er tidsbruk ved utlegging en stor fordel for granulære lette fyllmasser.

Lett fylling av skumglass bør legges ut i lag på 1-2 meter. Komprimeringsgrad bør ligge rundt 1,2. Utleggingsteknikk er viktig, slik at materialet ikke trafikkeres av tunge anleggskjøretøy.

3.3 Drensmasser

Våren 2004 ble det installert dreneringspølser med skumglass i jordskjæringer med grunnvannutstrømning på nye E6 ved Melhus. Årsaken var at utstrømmende grunnvann forårsaket erosjon i skråningene og reduserte stabiliteten i de stedlige massene som består av ensgradert sandig silt og siltig leire. Som et alternativ til mer konvensjonell bruk av dreneringsgrøfter fylt med pukk pakket inn i filterduk ble det besluttet å benytte dreneringspølser av HASOPOR pakket inn i en Flexitex-duk levert fra Tele Textiles. Det ble i denne sammenheng opprettet et pilotprosjekt som et samarbeid mellom Statens vegvesen, SINTEF og HasGroup Technology.

Dette prosjektet vil bli fulgt opp med forsøksvirksomhet av SINTEF. Forsøksfeltet er delt opp i fem mindre felt på 40 meter. I disse feltene vil forskjellige løsninger med avstand mellom dreneringspølsene og erosjonssikring med kokosmatt bli prøvd ut. Det er anbefalt steinplastring på de nederst 1-2 meterne av skråningen.

| Forsøksfelt | Løsning |
|-------------|--|
| 1 | Dreneringspølser med innbyrdes avstand på 5 meter |
| 2 | Dreneringspølser med innbyrdes avstand på 5 meter. Overflaten dekkes med kokosmatt |
| 3 | Dreneringspølser med innbyrdes avstand på 7,5 meter |
| 4 | Dreneringspølser med innbyrdes avstand på 7,5 meter. Overflaten dekkes med kokosmatt |
| 5 | Ingen dreneringspølser. Overflaten dekkes med kokosmatt |

Figur 114: Forsøksfelt med dreneringspølser, E6 Melhus

Skråningen har en gjennomsnittlig helning på 1:2. Dreneringspølsene har en diameter på 30-40 cm, og de er lagt diagonalt i skråningen som vist på Figur 115. Det graves en grøft med 50 cm dybde for pølsene og de skal ha overdekning på 10-20 cm, slik at overflaten bli jevn. Pølsene skal føres ned under steinplastringen og ned i dreneringssystemet.



Figur 115: Utlegging av dreneringspølser, E6 Melhus

4 Konklusjoner

Granulert skumglass er et produkt basert på resirkulering av avfallsglass bestående av emballasjegglass, elektrisk og elektronisk avfall, bygningsglass og bilglass. I produksjonsprosessen renses avfallsglasset for miljøskadelige elementer og skumglass bidrar dermed til å løse et avfallsproblem samtidig som det utgjør et alternativt byggemateriale. Resirkulert skumglass er således en gjenbruksressurs som tilfredsstillende foreligger krav til samfunnsnyttig gjenvinning. I dag er det to produsenter av resirkulert skumglass i Norge; Miljøtek HASOPOR AS på Meråker i Trøndelag som produserer [®]HASOPOR skumglass på lisens fra Misapor i Sveits og Glasitt AS i Skjåk som produseres Glasopor. Miljøtek Hasopor startet produksjonen i 1998 mens Glasitt startet produksjonen i 2004.

Siden skumglass har en relativt lav densitet kan det utgjøre et alternativ som lett fyllmasse til i første rekke lettklinker men også til enda lettere fyllingsmaterialer som blokker av ekspandert polystyren. Her vil valg av materiale gå på en kombinasjon av pris pr. volumenhet og dimensjonerende tyngdetetthet. Skumglas har også god isolasjonsevne og kan derfor også være interessant som frostsikringsmateriale både i vegsammenheng og ved andre typer byggeprosjekter som alternativ til lettklinker og isolasjonsplater. Med flere alternative materialer tilgjengelig i markedet vil dette også føre til større prismessig konkurranse.

Siden granulert skumglass er et relativt nytt materiale, er det i regi av Statens vegvesen utført flere prøveprosjekter med tanke på å få vurdert de materialtekniske og anleggstekniske sider ved bruk av granulert skumglass til vegformål som frostisolasjon og lett fyllmasse slik at en best mulig anvendelse av produktet oppnås. Resultatet av disse prøveprosjektene utgjør grunnlaget for de krav som så langt er satt til dimensjonering og utførelse.

Til vegbygging er det tradisjonelt benyttet stein- og grusmaterialer som har stor trykkstyrke og behandlingen av materialer på anlegg er tilrettelagt for det. Skumglass er et materiale med gode egenskaper når det gjelder isolasjonsevne og lav densitet, men materialet har relativt liten trykkfasthet og tåler ikke behandling i samme grad som øvrige vegbyggingsmaterialer. Anleggsarbeidene må derfor tilpasses spesielt ved bruk av skumglass, særlig med tanke på maskinvalg ved transport, utlegging og komprimering.

Utlegging av frostsikringslag og lett fylling av skumglass bør skje med beltegående gravemaskin som den mest skånsomme måten for å begrense nedknusning av materialet i anleggsfasen i størst mulig grad. Ved utlegging vil gravemaskinen trafikkere materialet noe, og dette vil normalt kunne gi tilstrekkelig komprimering. All annen trafikkering av anleggsmaskiner og andre kjøretøy på skumglasset bør unngås. For bruk som lett fyllmasse bør lagtykkelsene ikke overstige 1 meter for at komprimeringen skal bli tilstrekkelig. Ved behov for ekstra komprimering og inn mot landkar og støttemurer kan materialet komprimeres med lett vibroplate, men lagtykkelsen bør da ikke overstige 0,6 m. Ved bruk som frostsikring i overbygning bør lagtykkelsen ikke overstige 0,6 m og komprimering kan eventuelt utføres på laget over skumglasset. Komprimeringsgraden bør ligge rundt 1,2.

Vanninnhold er viktig for isolasjonsevnen i frostsikring og for densiteten i lett fylling. Vanninnholdet ved utlegging vil være avhengig av lagringsmåte og værforhold under utlegging. Vanninnholdet forventes over tid å stabilisere seg mellom 15-25 vekt-%. I volum-% vil dette ligge fra 7-9 %. Isolasjonsevnen vil med vanninnhold av denne størrelsesorden opprettholdes på et akseptabelt nivå.

Densitet er avhengig av bl.a. kornfordeling og vanninnhold. Der det er tatt densitetsprøver over tid, er det en tendens til at densiteten har økt etter utlegging. For [®]HASOPOR std antas langtidensdensiteten å ligge rundt 300-350 kg/m³ og [®]HASOPOR lett rundt 300 kg/m³. Den økte densiteten antas å være forårsaket av både økt vanninnhold, noe etterkomprimering og nedknusning. Kornfordelingsanalysene viser også at det er målt større andel finstoff i løpet av måleperioden. For dimensjonerende

tyngdetetthet er det derfor i tabell Figur 24 angitt 3,5 kN/m³ for ®HASOPOR lett og 4,0 kN/m³ for ®HASOPOR std.

Densitet, vanninnhold og kornfordeling varierer i stor grad lokalt i fylling og frostsikringslag av skumglass. Grunnen til dette er ulik trafikkering og komprimering.

Deformasjonsmålingene i fyllingene viser at det er egendeformasjon på rundt 1-2 %, mens den i skråninger er omtrent dobbelt så stor.

Spormålingene tilsier ikke at bruk av skumglass skaper økt sporutvikling, men den er i større grad avhengig av andel tungtrafikk og overdekning over skumglasset.

Jevnhetsmålinger tilsier at vegbanens jevnhet i de fleste tilfeller har en mer positiv utvikling etter at isolering med skumglass er utført, men dette er også avhengig av mange andre faktorer. Dessuten er grunnlaget lite, med kun fire strekninger, og utvikling kun siden 1998 og 2000.

5 Figurliste

| | |
|---|----|
| Figur 1: Krav til samfunnsmessig gjenvinning av materialer..... | 6 |
| Figur 2: Materialstrøm hos Miljøtek HASOPOR AS i 2005 | 11 |
| Figur 3: Glassavfallskilder og mengder glass mottatt av Miljøtek HASOPOR AS | 12 |
| Figur 4: Volum produsert skumglassgranulat hos Miljøtek HASOPOR AS | 12 |
| Figur 5: Oversikt over noen skumglassprodusenter i Norge og utlandet | 13 |
| Figur 6: Miljøsystemanalyse for produkter med like bruksmuligheter | 14 |
| Figur 7: Densitet av HASOPOR levert fra fabrikk | 15 |
| Figur 8: Trykkstyrke..... | 15 |
| Figur 9: Varmekonduktivitet ved 10 °C | 16 |
| Figur 10: Varmekonduktivitet | 16 |
| Figur 11: Materialeegenskaper for frostisolering | 17 |
| Figur 12: Modell for frostanalyser | 17 |
| Figur 13: Andel ufrosset vann i leire..... | 18 |
| Figur 14: Dimensjoneringsdiagram for frostmotstand i veg ved bruk av skumglass. | 18 |
| Figur 15: Kornfordelingskurver for Hasopor | 19 |
| Figur 16: Anvisninger for utlegging og komprimering av skumglass..... | 20 |
| Figur 17: Opptak av vann i neddykket tilstand | 20 |
| Figur 18: Ødometermodul og tøyning ved varierende spenningsnivå. | 21 |
| Figur 19: Karakteristisk ødometermodul..... | 21 |
| Figur 20: Tøyninger og langtids kryp for ulike spenningsnivåer | 22 |
| Figur 21: Prøver etter testing..... | 23 |
| Figur 22: Testresultat i treaks for Hasopor Lett, komprimeringsfaktor 1,2 | 23 |
| Figur 23: Friksjonsvinkel | 24 |
| Figur 24: Materialtekniske egenskaper for skumglass | 25 |
| Figur 25: Miljødeklarasjon for Hasopor..... | 27 |
| Figur 26: Oversikt over vegstrekninger hvor skumglass er benyttet som frostisolasjon..... | 28 |
| Figur 27: Overbygningens lagdeling etter frostsikring, fv 133 | 29 |
| Figur 28: Utlegging av skumglass, fv 133..... | 30 |
| Figur 29: Avretting av skumglass, fv 133 | 30 |
| Figur 30: Maksimal frostdybde, fv 133..... | 30 |
| Figur 31: Resultater fra oppgravingsprøver, fv 133 | 31 |
| Figur 32: Sporutvikling, fv 133..... | 32 |
| Figur 33: Jevnhetsutvikling, fv 133..... | 32 |
| Figur 34: Frostisolert overbygning, fv 531..... | 33 |
| Figur 35: Maksimal frostmengde fv 531 | 33 |
| Figur 36: Frostdybde vinteren 2001/2002, fv 531..... | 34 |
| Figur 37: Sporutvikling, fv 531 | 34 |
| Figur 38: Jevnhetsutvikling, fv 531..... | 35 |
| Figur 39: Frostisolert overbygning, rv 31 | 36 |
| Figur 40: Utlegging av skumglass, rv 31..... | 36 |
| Figur 41: Platebelastningsresultater, rv 31 | 36 |
| Figur 42: Falloddsmåling, rv 31 | 37 |
| Figur 43: Sporutvikling, rv 31 | 38 |
| Figur 44: Jevnhetsutvikling, rv 31..... | 38 |
| Figur 45: Frostisolert overbygning, rv 219..... | 39 |
| Figur 46: Utlegging av overbygning, rv 219 | 40 |
| Figur 47: Sporutvikling, rv 219..... | 40 |
| Figur 48: Jevnhetsutvikling, rv 219..... | 41 |
| Figur 49: Frostisolert overbygning, fv 192..... | 42 |
| Figur 50: Vanninnhold i oppgravingsprøver, fv 192..... | 42 |
| Figur 51: Modell over midlertidig E6 i Eggemarka | 43 |
| Figur 52: Plantegning av midlertidig E6 i Eggemarka | 43 |

| | |
|--|----|
| Figur 53: Skumglassisolert overbygning, G/S-veg Eggemarka | 44 |
| Figur 54: Lettklinkerisolert overbygning, G/S-veg Eggemarka | 44 |
| Figur 55: Plassering av temperatursensorene, G/S-veg Eggemarka | 44 |
| Figur 56: Temperaturmålinger i Eggemarka | 45 |
| Figur 57: Beregning av varmeledningsevne i skumglass | 45 |
| Figur 58: Telegrensemåler, G/S-veg Eggemarka | 46 |
| Figur 59: Frostdybde vinteren 2003/2004, G/S-veg Eggemarka | 46 |
| Figur 60: Frostdybdeberegning med frostsikring av skumglass | 47 |
| Figur 61: Frostdybdeberegning med frostsikring av lettklinker | 47 |
| Figur 62: Vanninnhold i oppgravingsprøver, G/S-veg Eggemarka | 48 |
| Figur 63: Platebelastninger, G/S-veg Eggemarka | 48 |
| Figur 64: Vanninnhold i frostsikringslag, sammenstilling | 49 |
| Figur 65: Faktorer som påvirker vanninnhold | 49 |
| Figur 66: Sporutvikling mot overdekning, sammenstilling | 50 |
| Figur 67: Sporutvikling mot tungtrafikkandel, sammenstilling | 51 |
| Figur 68: Sporutvikling mot ÅDT, sammenstilling | 51 |
| Figur 69: Jevnhetsutvikling mot overdekning, sammenstilling | 52 |
| Figur 70: Jevnhetsutvikling mot tungtrafikkandel, sammenstilling | 52 |
| Figur 71: Jevnhetsutvikling mot trafikkmengde, sammenstilling | 52 |
| Figur 72: Vegstrekninger med lett fyllmasse som er undersøkt | 54 |
| Figur 73: Oppbygging av rv 17 | 56 |
| Figur 74: Utlegging av skumglass, rv 17 | 56 |
| Figur 75: Densitet og vanninnhold, rv 17 | 56 |
| Figur 76: Siktekurve av Hasopor fra Rv 17 Rosendal | 57 |
| Figur 77: Oppbygging av G/S-veg Lodalen | 58 |
| Figur 78: Densitet og vanninnhold, Lodalen | 58 |
| Figur 79: Densitetsprøve, G/S-veg Lodalen | 59 |
| Figur 80: Vannvo lumeter, G/S-veg Lodalen | 59 |
| Figur 81: Setningsmålinger i vestre snitt G/S-veg Lodalen | 59 |
| Figur 82: Setninger i skumglassfylling i vestre snitt, G/S-veg Lodalen | 59 |
| Figur 83: Setningsmålinger i østre snitt G/S-veg Lodalen | 59 |
| Figur 84: Setninger i skumglassfylling i østre snitt G/S-veg Lodalen | 59 |
| Figur 85: Utlegging av skumglassfylling, rv 120 | 60 |
| Figur 86: Densitet og vanninnhold, rv 120 | 60 |
| Figur 87: Siktekurver av prøver fra Rv 120 | 61 |
| Figur 88: Slangesetningsmålinger i profil 6381, rv 120 | 61 |
| Figur 89: Setninger i skumglassfylling i profil 6381, rv 120 | 61 |
| Figur 90: Slangesetningsmålinger i profil 6345, rv 120 | 62 |
| Figur 91: Setninger i skumglassfylling i profil 6345, rv 120 | 62 |
| Figur 92: Densitetsprøve i skumglass, E6 Mulekrysset | 62 |
| Figur 94: Densitetmålinger, E6 Mulekrysset | 63 |
| Figur 95: Siktekurver for Hasopor fra E6 Levanger | 63 |
| Figur 95: Densitetmålinger, E6 Klemetsrud | 64 |
| Figur 96: Siktekurver for Hasopor fra E6 Klemetsrud ved utlegging | 65 |
| Figur 97: Siktekurver for Hasopor fra Klemetsrud ved fjerning av fyllingen | 65 |
| Figur 98: Slangesetningsmålinger, E6 Klemetsrud | 66 |
| Figur 99: Setninger i skumglassfylling, E6 Klemetsrud | 66 |
| Figur 100: Tverrsnitt av fyllingen i Eggemarka | 66 |
| Figur 101: Oversiktsbilde over fyllingen i Eggemarka | 67 |
| Figur 102: Densitet og vanninnhold, E6 Eggemarka | 67 |
| Figur 103: Finstoffinnhold, E6 Eggemarka | 68 |
| Figur 104: E2 på avrettingslag/asfalt, E6 Eggemarka | 68 |
| Figur 105: E2/E1 på avrettingslag/asfalt, E6 Eggemarka | 68 |
| Figur 106: Falloddsmålinger på avrettingslag, E6 Eggemarka | 69 |
| Figur 107: Falloddsmålinger på asfalt, E6 Eggemarka | 69 |

| | |
|--|----|
| Figur 108: Slangesetningsmålinger i profil 230, E6 Eggemarka..... | 70 |
| Figur 109: Setninger i skumglassfylling i profil 230, E6 Eggemarka | 70 |
| Figur 110: Slangesetningsmålinger i profil 200, E6 Eggemarka..... | 70 |
| Figur 111: Setninger i lettklinkerfylling i profil 200, E6 Eggemarka | 70 |
| Figur 112: Sammenstilling vanninnhold, densitet og finstoffinnhold..... | 71 |
| Figur 113: Sammenstilling komprimering, lagtykkelse og deformasjon | 72 |
| Figur 114: Forsøksfelt med dreneringspølser, E6 Melhus | 73 |
| Figur 115: Utlegging av dreneringspølser, E6 Melhus | 74 |

Figur- og tabelliste vedlegg

Vedlegg 5

- Figur 1: Overflate skumglass 1
- Figur 2: Overflate av skumglass 2
- Figur 3: Frosset lag i lettklinker
- Figur 4: Nedpressing av prøvetakingsrør
- Figur 5: Utgraving av masse fra røret
- Figur 6: Prøvetakingsrøret presset ned til fiberduk

Tabell 1: Ytre feilkilder

Tabell 2: Feilkilder ved prøvetaking

Vedlegg 9

- Figur 1: Leca Lettklinker til venstre, Hasopor skumglass til høyre
- Figur 2: Frostmengde (luft)
- Figur 3: Oversikt over forsøksfeltene
- Figur 4: Installerte temperaturfølere
- Figur 5: Installasjon av XPS isolasjonsplater
- Figur 6: Legging av lettklinker og skumglass
- Figur 7: Legging av separasjonsduk og tildekking med knust stein
- Figur 8: Temperaturfølere lagt mellom asfaltlagene
- Figur 9: Temperatur ved traubunnen, 61 cm under vegbanen
- Figur 10: Akkumulert frostmengde basert på overflatetemperaturer [h°C].
- Figur 11: Temperaturprofiler den 13. mars 2006.

6 Referanseliste

- ¹ Statens vegvesen, Håndbok 018 Vegbygging, desember 2005
- ² Statens vegvesen, Håndbok 018 Vegbygging, Oslo 1980
- ³ Statens vegvesen, Håndbok 018 Vegbygging, Oslo 1999
- ⁴ Berntsen, Geir, Dr., Reduksjon av bæreevnen under teleløsningen, Dr.ing. avhandling, Inst. For veg- og jernbanebygging NTH, Trondheim 1993
- ⁵ Statens vegvesen, Håndbok 016 Geoteknikk i vegbygging, Oslo 1992
- ⁶ Statens vegvesen, Håndbok 188 Veg på bløt grunn, Oslo 1995
- ⁷ Statistisk sentralbyrå: Avfallsregnskap, glass (www.ssb.no/emner/01/05/40/avfregnglass) Lest 13. juni 2004
- ⁸ Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall, 15. februar 2001 (www.okbygg.no/default.asp?V_DOC_ID=1043) Lest 13. juni 2004
- ⁹ Peterson, Anna, Miljøsystemanalyse for alternative lettfyllingmateriale i veger, KTH Kemiteknikk, Stockholm 2004
- ¹⁰ Vegdatabankens sporregister
- ¹¹ Vegdatabankens jevnhetsregister
- ¹² Statens vegvesen Buskerud, Frostsikring med skumglassgranulat, Laboratorieserien Rapport nr. 103, April 2000
- ¹³ Vegdatabankens trafikkregister
- ¹⁴ Statens vegvesen, Håndbok 111 Standard for drift og vedlikehold, Oslo 2003
- ¹⁵ Måledata fra Statens vegvesen Sør-Trøndelag
- ¹⁶ Aksnes, Jostein, Notat: Isolering med skumglass på Rv 31 v/Steinsåsen, Statens vegvesen Sør-Trøndelag, 2000
- ¹⁷ Frydenlund, T.E., Aabøe, R., Use of waste materials for lightweight fills, artikkel
- ¹⁸ Gjenbruksprosjektets database
- ¹⁹ Aabøe, R., Øiseth, E., Artikkel til konferanse ved Kingston University, Foamed glass – an alternative lightweight and insulating material, Oslo/Trondheim, mai 2004
- ²⁰ Øiseth, E., Aabøe, R., Lettklinker og skumglass i midlertidig vegfylling for E6 Steinkjer – jordarmert fylling med lettklinker. BERGMEKANIKK/GEOTEKNIKK 2003
- ²¹ Glåmen, Mai G., Notat: Bruk av dreneringspølser i vegskjæring sør for Hofstad-tunnelen, utbygging av nye E6 gjennom Melhus, SINTEF Bygg og miljø Berg og geoteknikk, Trondheim 2004
- ²² Bakløkk, L., m. fl., HASOPOR Skumglass Undersøkelser av [®]HASOPOR skumglass til bruk i vegbygging og som lett isolerende materiale ved fundamentering etc., SINTEF Bygg og miljø Veg og samferdsel, Trondheim 2001
- ²³ Skogstad, H.B., Oppdragsrapport Varmemotstand og varmekonduktivitet [®]HASOPOR skumglass, Byggforsk 2004
- ²⁴ NS-EN 12667:2001 Byggematerialers og produkters termiske egenskaper – Bestemmelse av varmemotstand ved skjernet og uskjernet varmestrømåler – Produkter med høy og middels varmemotstand
- ²⁵ Gjenbruksprosjektet, Prosjektrapport Nr. 14, Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging



VEDLEGG 1

VEGPROSJEKTER MED GRANULERT SKUMGLASS

Vegprosjekter med granulert skumglass

| År | Prosjektnavn | Volum [m ³] | Formål | Leverandør |
|------|-------------------------|-------------------------|--------------------|------------|
| 1998 | Fv 133 Sigdal | Ca 160 | Frostisolering | Glasopor * |
| 1999 | Fv 63 Bingen | Ca 200 | Frostisolering | Glasopor * |
| 1999 | Rv 17 Rosendal | 330 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2000 | Ev 8/04 Nordkjosbotn | 85 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2000 | Fv 531 Røros | 85 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2000 | Rv 31 Røros | 500 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2000 | Rian bru | 330 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2000 | Rv 219 Atna | 420 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2000 | Väg 322, Sverige | 1085 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2001 | G/S-veg Lodalen | 1825 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2001 | Väg 321, Sverige | 160 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2001 | Rv 120 Nannestad | 3900 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2001 | Rena Leir | 110 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2002 | Hemmingsskaret, Namsos | 660 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2002 | Väg 504, Sverige | 600 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2002 | G/S-veg Bollnäs Sverige | 420 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2002 | Ev 6 Mulekrysset | 550 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2002 | Fv 868 Troms | 200 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2002 | Fv 192 Noresund | 300 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2002 | Ev 6 Steinkjer | 1000 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2002 | G/S-veg Ev 6 Steinkjer | 100 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2002 | Fylkesveger, Buskerud | 1070 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2002 | Kai Levanger | 340 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2003 | Tautravegen | 190 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2003 | Ev 6 Klemetsrud | 1210 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2003 | Ev 18 Ørje | 1430 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2003 | Tunnel E6 Steinkjer | 880 | Frostisolering rør | ®HASOPOR |
| 2003 | Rv 868 Troms | 990 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2003 | Kom. veger, Åre Sverige | 500 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2003 | Sjøgata, Nordfjardeid | 440 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2003 | E14 Duved Sverige | 100 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2003 | E14 Undersåker Sverige | 110 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2003 | Renbjørbrua, Namdal | 155 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2003 | E14 Torvalla Sverige | 100 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2003 | Väg 321 Sverige | 110 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2004 | Ev 6 Klemetsrud | 2750 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |

| | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| 2004 | Ev 6 Melhus | 100 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2004 | Ev 6 Melhus | 78 st. | Drainbags | ®HASOPOR |
| 2004 | E12 Vännäs Sverige | 550 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2004 | Ljungby Sverige | 170 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2004 | N4 Irland | 770 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2004 | Väg 90 Sverige | 150 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2004 | Grusveg Sverige | 280 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2005 | Ev 6 Røra, trinn 2 | 2300 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2005 | E14 Åre Sverige | 120 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2005 | Veger Borlänge Sverige | 1300 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2005 | E14 Nälden Sverige | 390 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2005 | E4 Ljungby Sverige | 140 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2005 | Ev 6 Røra trinn 3 | 2560 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2005 | Fv 119 Levanger | 670 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2005 | P-areal Sollefteå Sverige | 320 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2005 | Gyllevegen, Melhus | 20 | Frostisolering | ®HASOPOR |
| 2005 | Fv 61 Frosta | 990 | Lett fyllmasse | ®HASOPOR |
| 2005 | E 18 Holmen i Asker | 500 | Lett fyllmasse | Glasopor ** |
| Volum fra år 1998-2005: | | 34 700 m³ | | |

* Firmaet Glasopor opphørte i 2001.

** Firmaet Glasitt markedsfører fra 2004 Glasopor



VEDLEGG 2

TEMPERATUROBSERVASJONER EGGEMARKA

Temperaturobservasjoner Eggemarka

| DØGNVERDIER | | | | | | |
|-------------|------------------------|--------------------------|------|------|------|--------------|
| Stasjon | | | | | | |
| Stnr | Navn | Kommune | | | | |
| | STEINKJER - SØNDRE | Fylke | | | | |
| 71000 | EGGE | STEINKJER NORD-TRØNDELAG | | | | |
| Elementer | | | | | | |
| Para | Beskrivelse | Enhet | | | | |
| RR | Nedbør | mm | | | | |
| TAM | Midlere lufttemperatur | grader C | | | | |
| TAN | Laveste lufttemperatur | grader C | | | | |
| TAX | Høyeste lufttemperatur | grader C | | | | |
| Stnr | Dato | RR | TAM | TAN | TAX | Frostmengde |
| 71000 | 01.10.2003 | 1,4 | 6,5 | 3,8 | 9,6 | |
| 71000 | 02.10.2003 | 2,2 | 7 | 5,1 | 11,3 | |
| 71000 | 03.10.2003 | 0,6 | 7,2 | 5,1 | 11,3 | |
| 71000 | 04.10.2003 | 7,6 | 7 | 2,3 | 11,7 | |
| 71000 | 05.10.2003 | 0,2 | 6,4 | 3,7 | 9,5 | |
| 71000 | 06.10.2003 | 1,1 | 8 | 2,9 | 12,8 | |
| 71000 | 07.10.2003 | 0,2 | 5,4 | 2,5 | 10,9 | |
| 71000 | 08.10.2003 | . | 4,6 | -1,5 | 10 | |
| 71000 | 09.10.2003 | . | 5,3 | 0,1 | 8,4 | |
| 71000 | 10.10.2003 | 0,9 | 5,4 | 2,2 | 8,8 | |
| 71000 | 11.10.2003 | 2,3 | 6,1 | 4 | 10,1 | |
| 71000 | 12.10.2003 | 7,2 | 3,8 | 2,4 | 6,4 | |
| 71000 | 13.10.2003 | 1,3 | 3,2 | -0,1 | 7,4 | |
| 71000 | 14.10.2003 | . | 1,2 | -2,9 | 3,2 | |
| 71000 | 15.10.2003 | . | 5,1 | 3,1 | 7,2 | |
| 71000 | 16.10.2003 | 0,9 | 6,7 | 4,9 | 7,5 | |
| 71000 | 17.10.2003 | 0,8 | 7,4 | 6,1 | 9,2 | |
| 71000 | 18.10.2003 | 1,3 | 0,8 | -1,8 | 6,1 | |
| 71000 | 19.10.2003 | . | -0,4 | -3,2 | 3,4 | 9,6 |
| 71000 | 20.10.2003 | 0,3 | -0,6 | -2,2 | 2,5 | 14,4 |
| 71000 | 21.10.2003 | . | -2,4 | -5,3 | 2 | 57,6 |
| 71000 | 22.10.2003 | . | -5,4 | -9,2 | 0,4 | 129,6 |
| 71000 | 23.10.2003 | . | 0,3 | -5,8 | 2,7 | |
| 71000 | 24.10.2003 | 8,1 | 1,2 | -0,9 | 3,6 | |
| 71000 | 25.10.2003 | 3,1 | -0,6 | -4,2 | 2,9 | 14,4 |

| | | | | | | | |
|-------|------------|------|------|------|------|--|--------------|
| 71000 | 26.10.2003 | 0,4 | -1 | -5 | 1,7 | | 24 |
| 71000 | 27.10.2003 | 10 | 6 | 0,1 | 9,3 | | |
| 71000 | 28.10.2003 | 4,7 | 5,2 | 4,4 | 8,8 | | |
| 71000 | 29.10.2003 | 12,2 | 3,2 | 1,5 | 5,4 | | |
| 71000 | 30.10.2003 | . | -0,4 | -4,5 | 2,9 | | 9,6 |
| 71000 | 31.10.2003 | . | 3,1 | 1,5 | 4,9 | | |
| 71000 | 01.11.2003 | 0,4 | 4,7 | 2,6 | 6,8 | | |
| 71000 | 02.11.2003 | 0,7 | 3,8 | 1,4 | 7,2 | | |
| 71000 | 03.11.2003 | 0,4 | 6,3 | 1,9 | 9 | | |
| 71000 | 04.11.2003 | 1,2 | 4 | -0,4 | 6,9 | | |
| 71000 | 05.11.2003 | 0,4 | 3,7 | 0,1 | 5 | | |
| 71000 | 06.11.2003 | 3 | 2,5 | -1,1 | 9,5 | | |
| 71000 | 07.11.2003 | 0,2 | 2,5 | 0,1 | 9,6 | | |
| 71000 | 08.11.2003 | . | -3,4 | -4,9 | 0,1 | | 81,6 |
| 71000 | 09.11.2003 | . | -2,5 | -6 | 1,6 | | 60 |
| 71000 | 10.11.2003 | 0,1 | 0,4 | -4,2 | 5,4 | | |
| 71000 | 11.11.2003 | 0,1 | -3,1 | -5,7 | -1,2 | | 74,4 |
| 71000 | 12.11.2003 | 0,3 | -2,8 | -6 | -1,5 | | 67,2 |
| 71000 | 13.11.2003 | 0,1 | -5,9 | -7,3 | -3,3 | | 141,6 |
| 71000 | 14.11.2003 | 1,2 | -1,3 | -6,8 | 0 | | 31,2 |
| 71000 | 15.11.2003 | 0,7 | -1,3 | -2,8 | 0,2 | | 31,2 |
| 71000 | 16.11.2003 | . | -5,7 | -8,3 | -0,2 | | 136,8 |
| 71000 | 17.11.2003 | . | -3 | -8,9 | -1,7 | | 72 |
| 71000 | 18.11.2003 | . | -1,3 | -3,2 | 0,1 | | 31,2 |
| 71000 | 19.11.2003 | . | 0 | -0,7 | 0,5 | | |
| 71000 | 20.11.2003 | 9,3 | -2,5 | -4,3 | 0,8 | | 60 |
| 71000 | 21.11.2003 | . | -1,8 | -6,1 | 0,1 | | 43,2 |
| 71000 | 22.11.2003 | 1 | -0,1 | -1,3 | 1,5 | | 2,4 |
| 71000 | 23.11.2003 | 2,4 | -1,1 | -3,8 | -0,2 | | 26,4 |
| 71000 | 24.11.2003 | . | -2,3 | -3,8 | -0,2 | | 55,2 |
| 71000 | 25.11.2003 | 0,5 | -1 | -9,2 | 0,6 | | 24 |
| 71000 | 26.11.2003 | . | 2,9 | 0,5 | 4,3 | | |
| 71000 | 27.11.2003 | . | 4 | 2,4 | 5,1 | | |
| 71000 | 28.11.2003 | 4,7 | -0,8 | -3,7 | 3,9 | | 19,2 |
| 71000 | 29.11.2003 | 0,2 | -2 | -7,4 | 2,4 | | 48 |
| 71000 | 30.11.2003 | . | 5,9 | 0,8 | 8 | | |
| 71000 | 01.12.2003 | 0,3 | 2,6 | -0,5 | 6,1 | | |
| 71000 | 02.12.2003 | 0,4 | -1 | -2,3 | 2 | | 24 |
| 71000 | 03.12.2003 | . | -2,1 | -4,1 | -0,3 | | 50,4 |
| 71000 | 04.12.2003 | 3,2 | 4,8 | -2,8 | 7,8 | | |
| 71000 | 05.12.2003 | 7,4 | 0,3 | -1,5 | 3,7 | | |
| 71000 | 06.12.2003 | 14,4 | -2,3 | -5,1 | 0,3 | | 55,2 |
| 71000 | 07.12.2003 | 4,1 | 5,5 | 0,2 | 8 | | |
| 71000 | 08.12.2003 | 4,2 | 2,4 | 0,4 | 5,6 | | |
| 71000 | 09.12.2003 | 4 | 0,4 | -1 | 1,6 | | |
| 71000 | 10.12.2003 | 0,8 | 1,6 | -0,8 | 2,9 | | |
| 71000 | 11.12.2003 | 7,2 | 0 | -1,5 | 5,4 | | |
| 71000 | 12.12.2003 | 4,1 | -1,5 | -4,9 | -0,4 | | 36 |

| | | | | | | | |
|-------|------------|------|-------|-------|-------|--|--------------|
| 71000 | 13.12.2003 | 2,5 | 0,9 | -7 | 3 | | |
| 71000 | 14.12.2003 | 3,6 | 0,8 | -0,2 | 2,3 | | |
| 71000 | 15.12.2003 | 9,8 | 0,4 | -0,9 | 2,1 | | |
| 71000 | 16.12.2003 | 6,5 | -2,9 | -7,1 | 0,5 | | 69,6 |
| 71000 | 17.12.2003 | 18,3 | 2,9 | -2,5 | 6,3 | | |
| 71000 | 18.12.2003 | 28,7 | 4,5 | 0,1 | 5,9 | | |
| 71000 | 19.12.2003 | 10 | 3,2 | 1,3 | 5,9 | | |
| 71000 | 20.12.2003 | 1 | -2,9 | -5,4 | 1,6 | | 69,6 |
| 71000 | 21.12.2003 | 2,8 | -9,7 | 13,8 | -2,8 | | 232,8 |
| 71000 | 22.12.2003 | . | -8,4 | -15,2 | -5,7 | | 201,6 |
| 71000 | 23.12.2003 | 7 | -4,8 | -8,3 | -2,2 | | 115,2 |
| 71000 | 24.12.2003 | 10 | 1,1 | -4,6 | 3,4 | | |
| 71000 | 25.12.2003 | 11 | 2,6 | 1,6 | 4,7 | | |
| 71000 | 26.12.2003 | 4,9 | 1,4 | 0,3 | 2,3 | | |
| 71000 | 27.12.2003 | . | 0,9 | -0,2 | 1,9 | | |
| 71000 | 28.12.2003 | 5 | -1,1 | -4,6 | 0,8 | | 26,4 |
| 71000 | 29.12.2003 | . | -8,1 | 12,6 | -1 | | 194,4 |
| 71000 | 30.12.2003 | 6 | -1,3 | -4,4 | -0,1 | | 31,2 |
| 71000 | 31.12.2003 | 3 | -1,3 | -8,7 | 1 | | 31,2 |
| 71000 | 01.01.2004 | 1,7 | -3,6 | -5,4 | -1,2 | | 86,4 |
| 71000 | 02.01.2004 | . | -7,4 | -9,2 | -5,3 | | 177,6 |
| 71000 | 03.01.2004 | 7,4 | -1,7 | -6,5 | -0,8 | | 40,8 |
| 71000 | 04.01.2004 | 6,4 | -2,8 | -4,7 | -1,1 | | 67,2 |
| 71000 | 05.01.2004 | . | -5,8 | -10,1 | -4,5 | | 139,2 |
| 71000 | 06.01.2004 | . | -0,8 | -6,8 | 0,6 | | 19,2 |
| 71000 | 07.01.2004 | 2,4 | 0,4 | -1,1 | 2,6 | | |
| 71000 | 08.01.2004 | 2,5 | -6,9 | -9 | 2,3 | | 165,6 |
| 71000 | 09.01.2004 | . | -3,7 | -9,5 | -2 | | 88,8 |
| 71000 | 10.01.2004 | . | -6,1 | 10,1 | -0,7 | | 146,4 |
| 71000 | 11.01.2004 | . | -0,2 | 10,2 | 2,5 | | 4,8 |
| 71000 | 12.01.2004 | . | 0,3 | -1,1 | 2,3 | | |
| 71000 | 13.01.2004 | 0,2 | -1,6 | -3,3 | -0,1 | | 38,4 |
| 71000 | 14.01.2004 | 0,2 | -10,5 | -14,1 | -2,7 | | 252 |
| 71000 | 15.01.2004 | 1,2 | -5,7 | 12,1 | -4,1 | | 136,8 |
| 71000 | 16.01.2004 | 1 | -6 | -8,3 | -3,4 | | 144 |
| 71000 | 17.01.2004 | 0,2 | -6,5 | 11,6 | -2,1 | | 156 |
| 71000 | 18.01.2004 | 9,7 | -1,7 | -4,6 | -0,1 | | 40,8 |
| 71000 | 19.01.2004 | . | -6,2 | 10,5 | -2,2 | | 148,8 |
| 71000 | 20.01.2004 | 0,1 | -9 | 11,3 | -6,8 | | 216 |
| 71000 | 21.01.2004 | 0,2 | -17,2 | -19,9 | -10,5 | | 412,8 |
| 71000 | 22.01.2004 | . | -7,8 | 20 | -5,8 | | 187,2 |
| 71000 | 23.01.2004 | 0,2 | -4,5 | -8,7 | -1,4 | | 108 |
| 71000 | 24.01.2004 | 0,2 | -6,7 | 11 | -3,6 | | 160,8 |
| 71000 | 25.01.2004 | . | -4,4 | -8,3 | -2,6 | | 105,6 |
| 71000 | 26.01.2004 | . | -3 | -7,5 | -0,2 | | 72 |
| 71000 | 27.01.2004 | 1,9 | -5,1 | -8,5 | -1,7 | | 122,4 |
| 71000 | 28.01.2004 | 2,3 | -8,2 | 14,6 | -5,4 | | 196,8 |
| 71000 | 29.01.2004 | . | -5,1 | -8,3 | -2,3 | | 122,4 |

| | | | | | | | |
|-------|------------|------|-------|-------|------|--|--------------|
| 71000 | 30.01.2004 | . | -3,2 | -8 | -1,7 | | 76,8 |
| 71000 | 31.01.2004 | . | -4,5 | -8,2 | -2 | | 108 |
| 71000 | 01.02.2004 | . | -8,9 | 17 | -6,4 | | 213,6 |
| 71000 | 02.02.2004 | 2,3 | -10,6 | -14,8 | -5,9 | | 254,4 |
| 71000 | 03.02.2004 | . | -0,4 | -7,1 | 1,3 | | 9,6 |
| 71000 | 04.02.2004 | 6,6 | 3 | 0,4 | 4,6 | | |
| 71000 | 05.02.2004 | 4,1 | 1,6 | 0,7 | 4,3 | | |
| 71000 | 06.02.2004 | 1,2 | -2,5 | -4,4 | 1,2 | | 60 |
| 71000 | 07.02.2004 | 0,2 | -4,4 | -7,2 | -2,4 | | 105,6 |
| 71000 | 08.02.2004 | 1,8 | -8,1 | 10,7 | -4,6 | | 194,4 |
| 71000 | 09.02.2004 | 4,8 | -4,6 | -8,4 | -2,5 | | 110,4 |
| 71000 | 10.02.2004 | 7,5 | -6,7 | -9,4 | -3 | | 160,8 |
| 71000 | 11.02.2004 | 0,2 | -7,8 | 10,2 | -5,5 | | 187,2 |
| 71000 | 12.02.2004 | 13,2 | -1,1 | -7 | 3,1 | | 26,4 |
| 71000 | 13.02.2004 | 2,2 | 3,9 | 1,7 | 5,6 | | |
| 71000 | 14.02.2004 | 2,1 | 2 | 0,4 | 4,9 | | |
| 71000 | 15.02.2004 | 0,9 | 2,2 | 0,5 | 4,2 | | |
| 71000 | 16.02.2004 | 1 | 2,1 | 0,6 | 3,5 | | |
| 71000 | 17.02.2004 | 5,8 | 0,8 | -0,3 | 3,5 | | |
| 71000 | 18.02.2004 | 2,8 | -0,4 | -1,6 | 1,2 | | 9,6 |
| 71000 | 19.02.2004 | 0,3 | 3,2 | -0,8 | 5,4 | | |
| 71000 | 20.02.2004 | 0,9 | 5 | 3,9 | 6,2 | | |
| 71000 | 21.02.2004 | . | 2,3 | -0,3 | 5,2 | | |
| 71000 | 22.02.2004 | 4,3 | -2,7 | -5,9 | 2 | | 64,8 |
| 71000 | 23.02.2004 | 3,1 | -3,2 | -7,4 | 0,2 | | 76,8 |
| 71000 | 24.02.2004 | 5,2 | -1,3 | -4,1 | 1 | | 31,2 |
| 71000 | 25.02.2004 | 5,3 | -2,5 | -4,7 | 0,2 | | 60 |
| 71000 | 26.02.2004 | 1,3 | -4,8 | -8 | -2,4 | | 115,2 |
| 71000 | 27.02.2004 | . | -7 | 10,1 | -1,4 | | 168 |
| 71000 | 28.02.2004 | . | -10,1 | 13,8 | -3,3 | | 242,4 |
| 71000 | 29.02.2004 | . | -4,1 | 12,4 | 1,7 | | 98,4 |
| 71000 | 01.03.2004 | 11,3 | 3,5 | 1,6 | 4,6 | | |
| 71000 | 02.03.2004 | 3 | 0,2 | -3,3 | 4,9 | | |
| 71000 | 03.03.2004 | . | -4,7 | -9,1 | -0,3 | | 112,8 |
| 71000 | 04.03.2004 | . | -3,9 | -7,8 | 0,6 | | 93,6 |
| 71000 | 05.03.2004 | 0,2 | -5,1 | 11 | -0,6 | | 122,4 |
| 71000 | 06.03.2004 | 3,1 | -1,4 | -4,2 | 1,2 | | 33,6 |
| 71000 | 07.03.2004 | 0,6 | 1,7 | -1,5 | 4,3 | | |
| 71000 | 08.03.2004 | . | 1 | -1,1 | 4,7 | | |
| 71000 | 09.03.2004 | 0,5 | 2,5 | 0,9 | 4,1 | | |
| 71000 | 10.03.2004 | . | 2,5 | 0,9 | 4,2 | | |
| 71000 | 11.03.2004 | . | 2,4 | -1,5 | 7,9 | | |
| 71000 | 12.03.2004 | . | 1,6 | -2,9 | 7,3 | | |
| 71000 | 13.03.2004 | . | 0,4 | -1,7 | 3,9 | | |
| 71000 | 14.03.2004 | . | 3,3 | -0,9 | 6,8 | | |
| 71000 | 15.03.2004 | . | 4,4 | 0,5 | 8,2 | | |
| 71000 | 16.03.2004 | 0,4 | 1,5 | -0,8 | 3,5 | | |
| 71000 | 17.03.2004 | 9,9 | 4,3 | 1,4 | 7,3 | | |

| | | | | | | | |
|-------|------------|------|------|------|-----|--|-------------|
| 71000 | 18.03.2004 | 10,5 | 4,6 | 1,4 | 7,1 | | |
| 71000 | 19.03.2004 | 4,8 | 4,9 | 1,3 | 8,7 | | |
| 71000 | 20.03.2004 | . | 3,9 | 2,2 | 7,1 | | |
| 71000 | 21.03.2004 | . | 2,7 | -0,2 | 6,2 | | |
| 71000 | 22.03.2004 | . | 0,8 | -1,7 | 5,2 | | |
| 71000 | 23.03.2004 | . | -0,5 | -4,7 | 3,6 | | 12 |
| 71000 | 24.03.2004 | 0,2 | -1,6 | -5,9 | 3,5 | | 38,4 |
| 71000 | 25.03.2004 | 0,2 | -1,3 | -4,6 | 3,4 | | 31,2 |
| 71000 | 26.03.2004 | . | -1,8 | -5,3 | 0,6 | | 43,2 |
| 71000 | 27.03.2004 | 14,2 | 1,7 | -0,2 | 3,6 | | |
| 71000 | 28.03.2004 | 4,7 | 1,9 | -0,6 | 5 | | |
| 71000 | 29.03.2004 | 2,1 | 3,4 | -0,3 | 7,3 | | |
| 71000 | 30.03.2004 | 1,7 | 5,2 | 3,1 | 7 | | |
| 71000 | 31.03.2004 | 2,5 | 4,7 | 2,6 | 9,5 | | |

Disse dataene kommer fra Meteorologisk institutt.

Perioden som er regnet med i frostmengden er merket med blått og lyseblått.

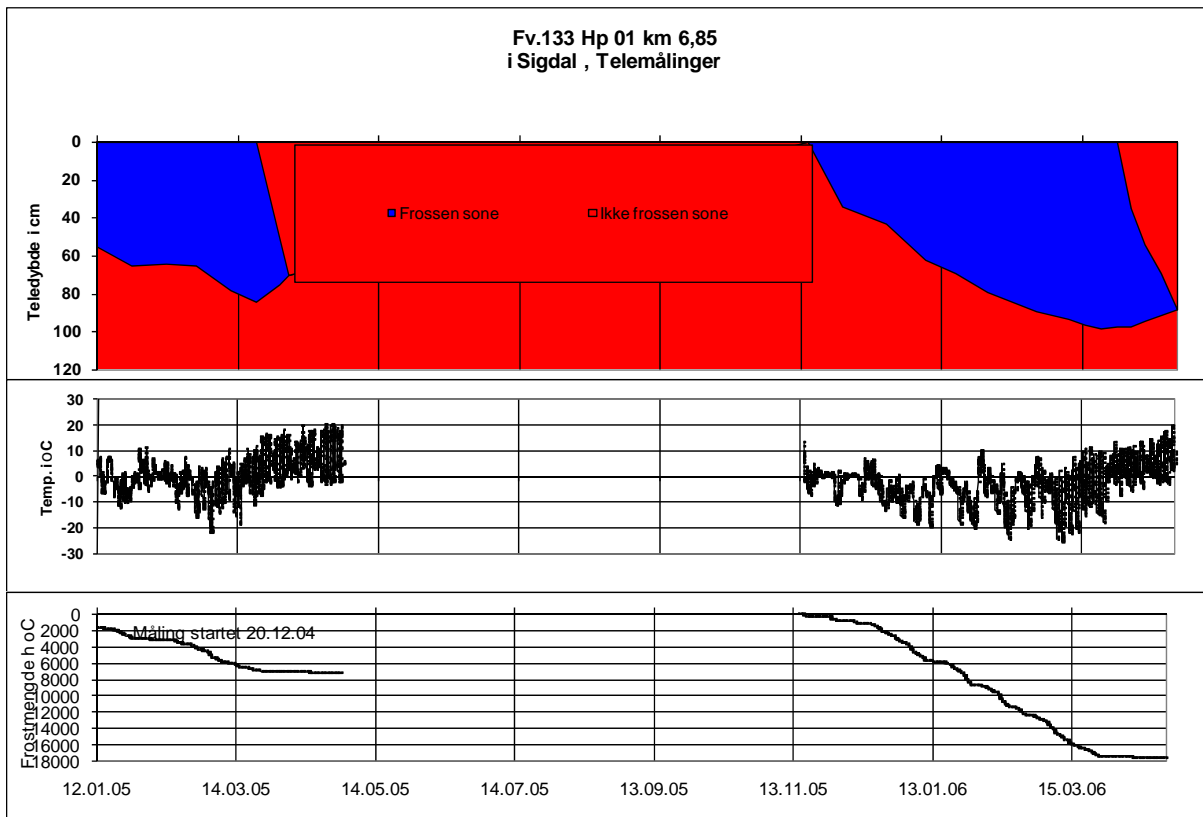
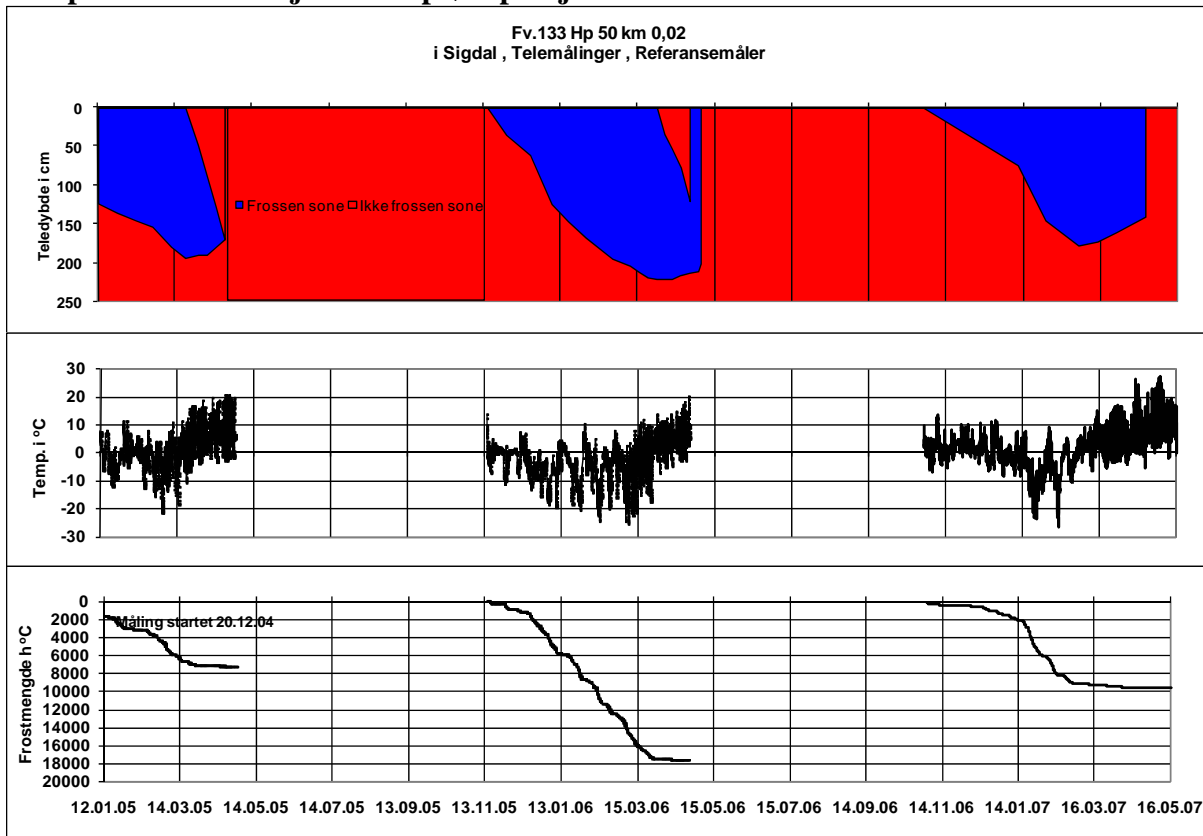
Perioden med frostmengde fram til 22. januar er merket med lyseblått.



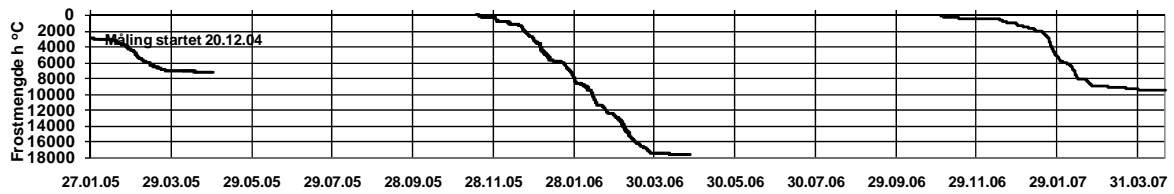
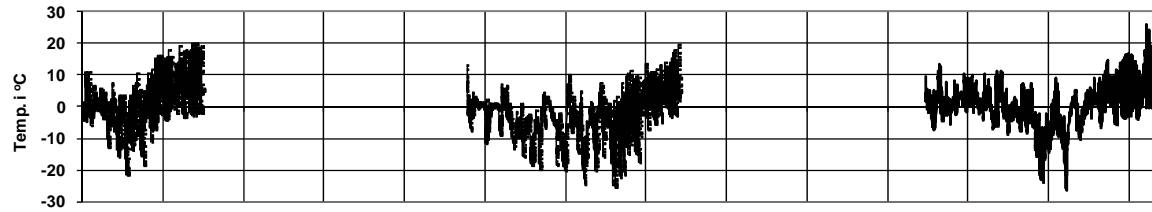
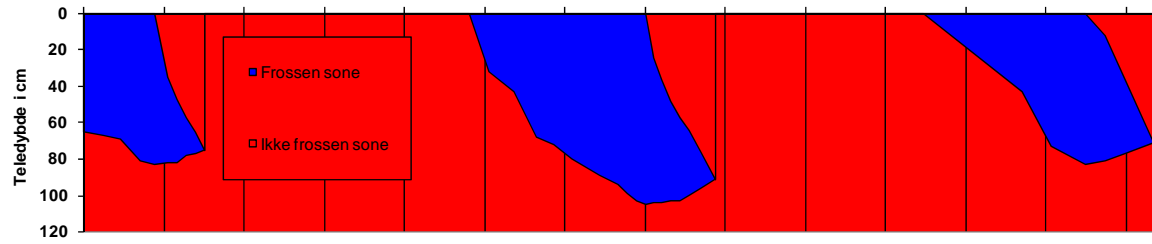
VEDLEGG 3

TEMPERATUROBSERVASJONER FOR PRØVEPROSJEKT

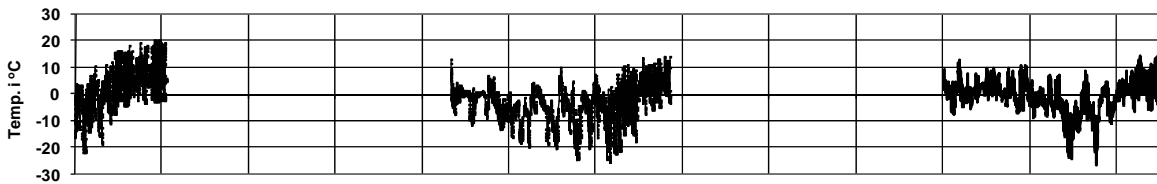
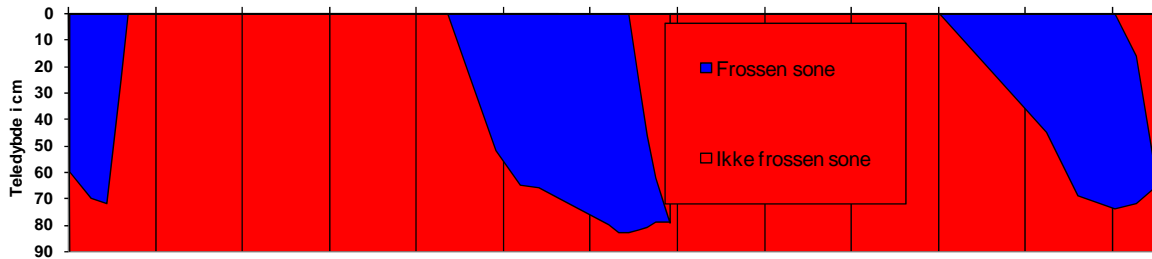
Temperaturobservasjoner for prøveprosjekt



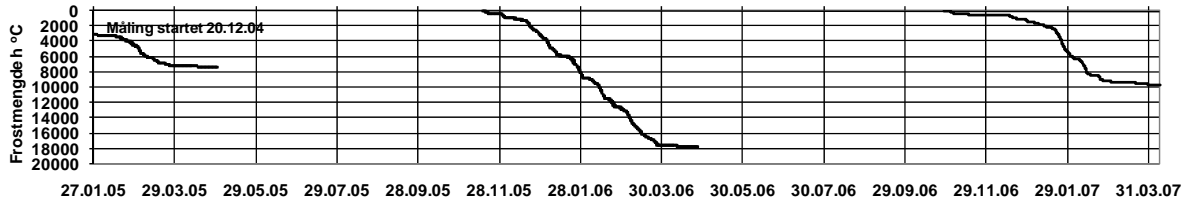
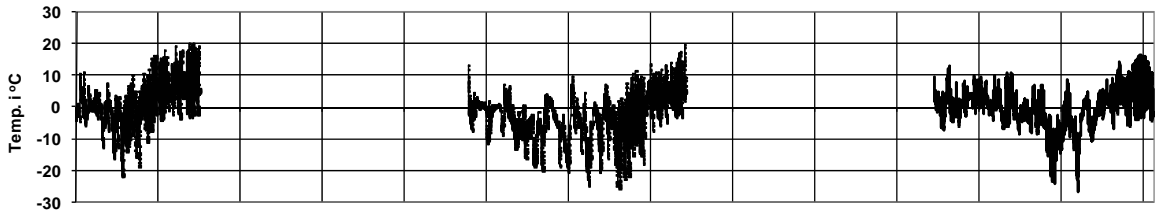
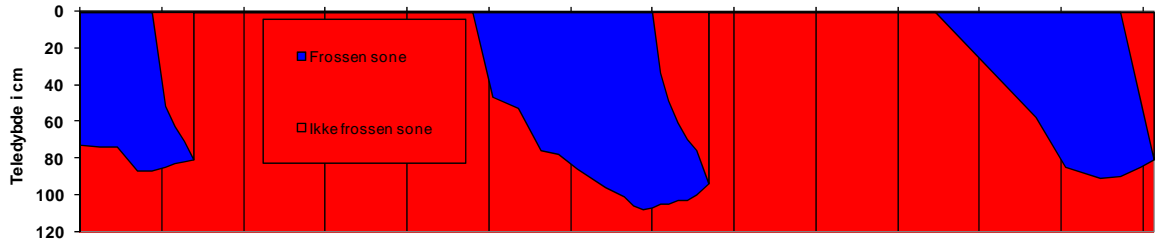
Fv.133 Hp 01 km 6,985
i Sigdal , Telemålinger , 8 cm leca



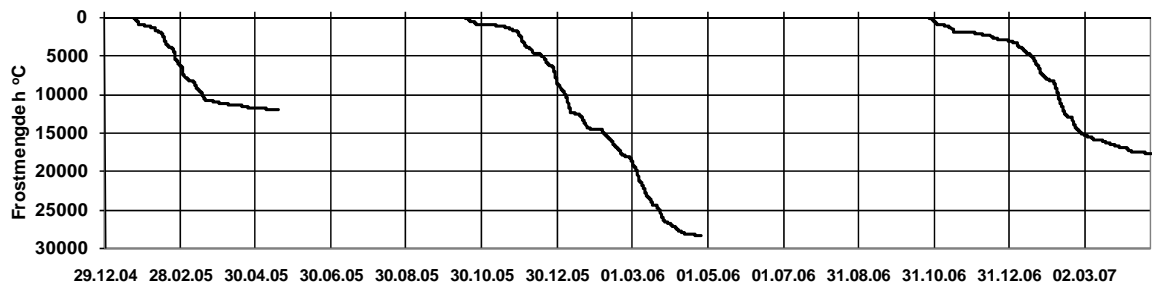
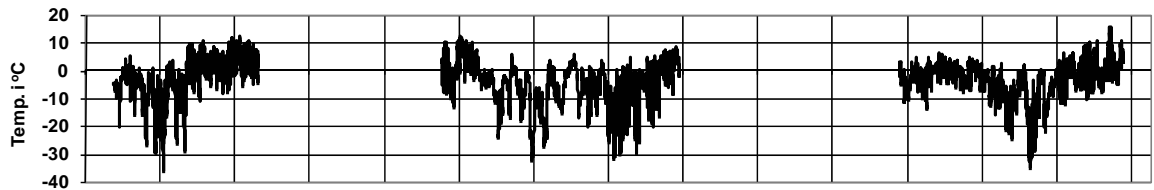
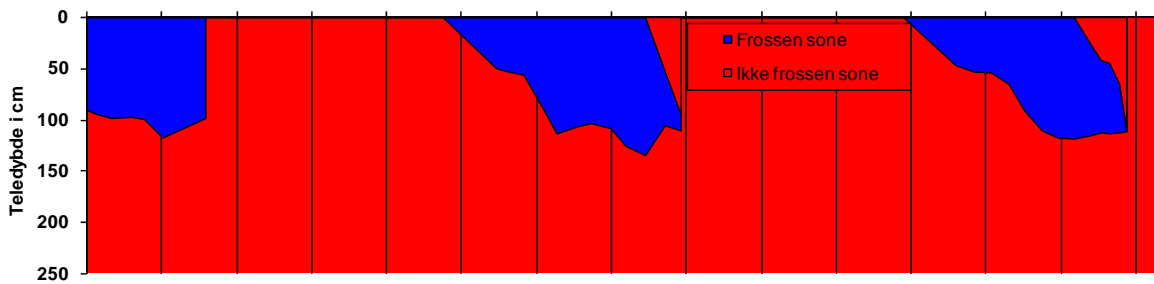
Fv.133 Hp 01 km 8,85
i Sigdal , Telemålinger , 20 cm leca



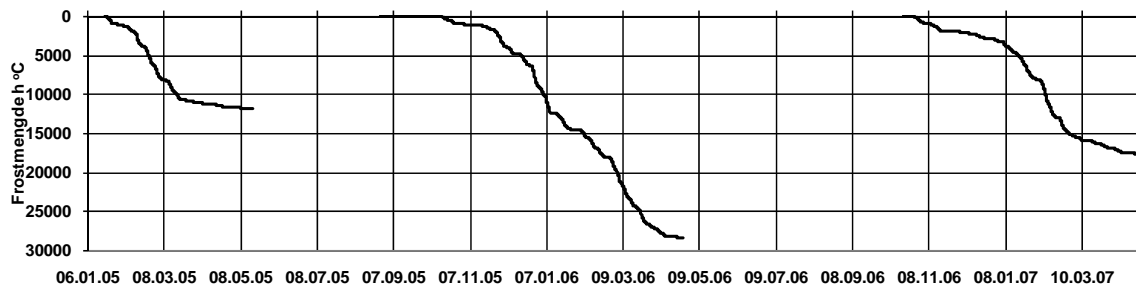
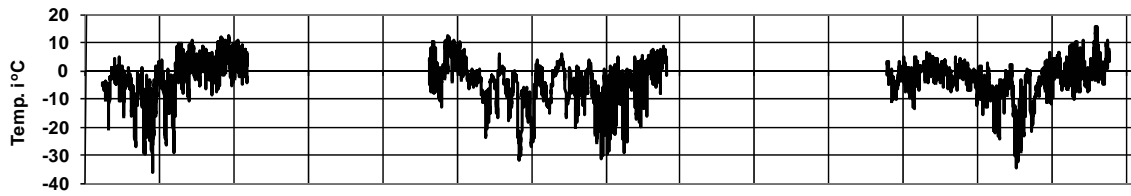
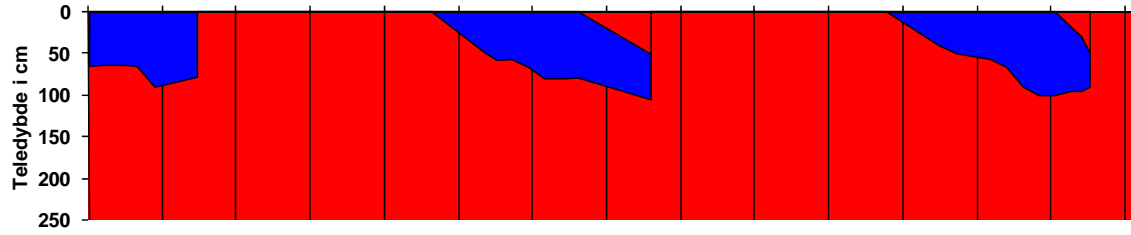
Fv.133 Hp 01 km 9,295
i Sigdal , Telemålinger , 6 cm leca



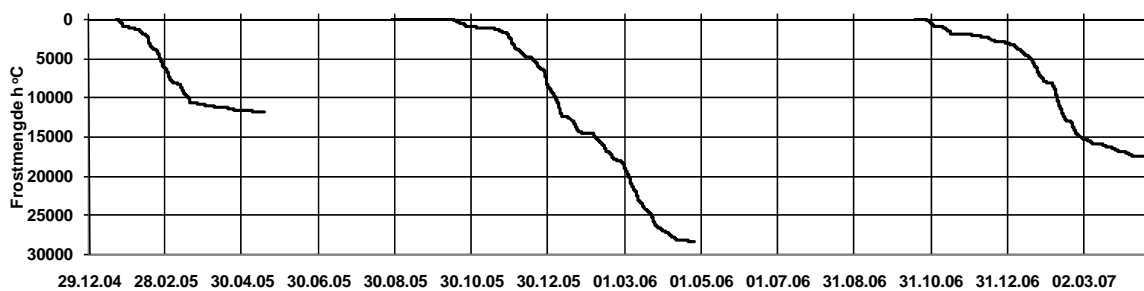
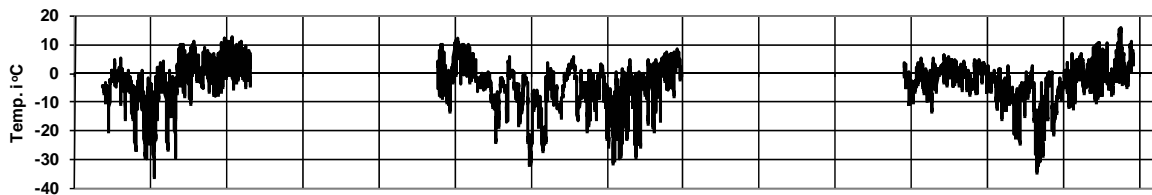
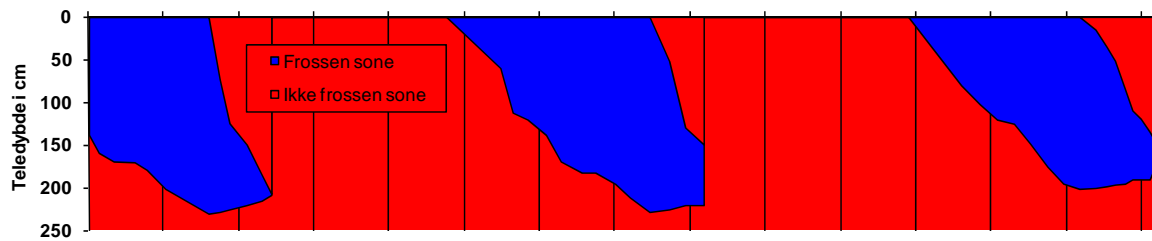
Fv.531 , Telemålinger km 1,166



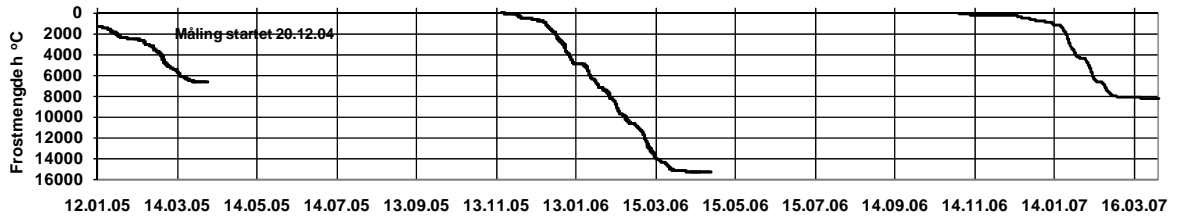
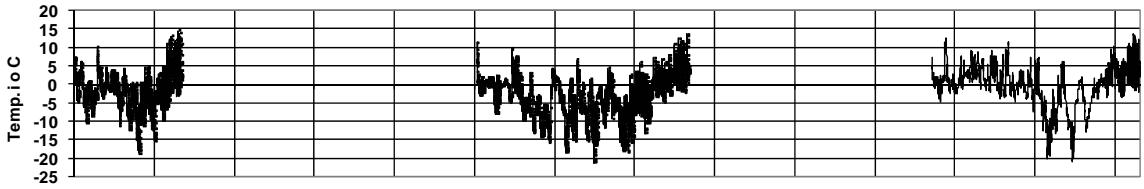
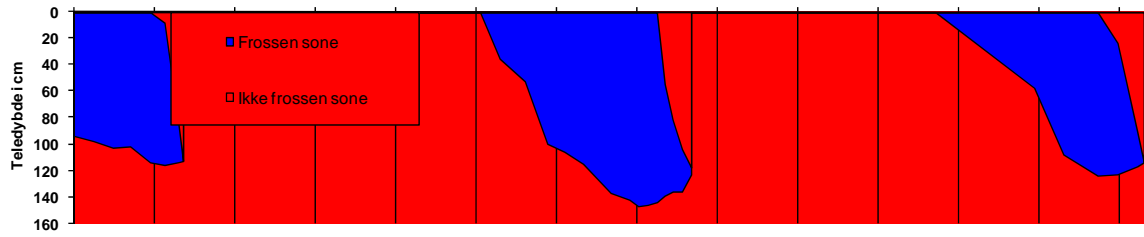
Fv.531 , Telemålinger km 1,175



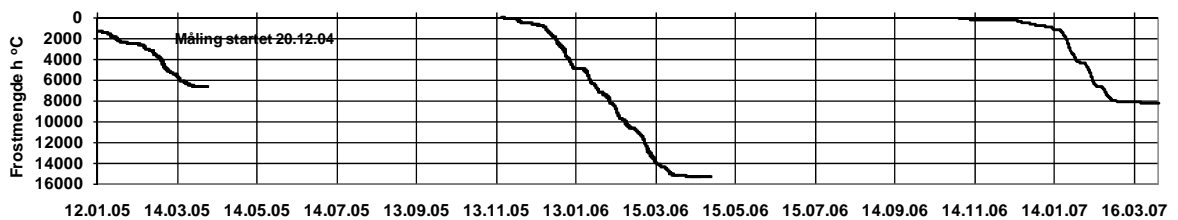
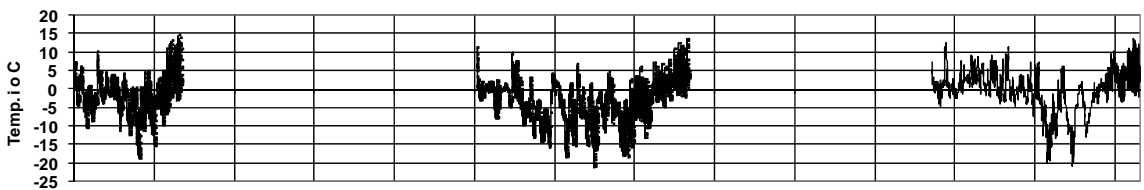
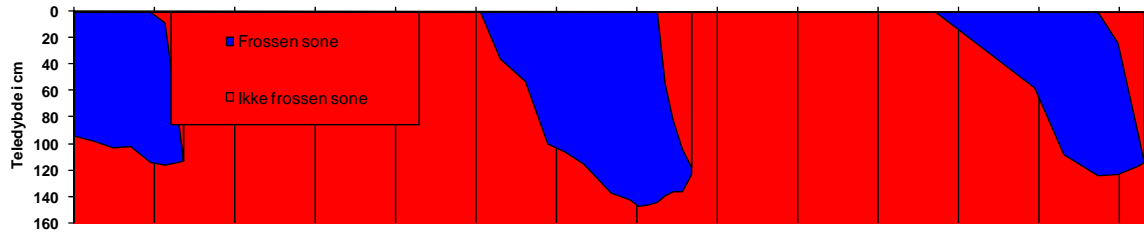
Fv.531 , Telemålinger km 1,203



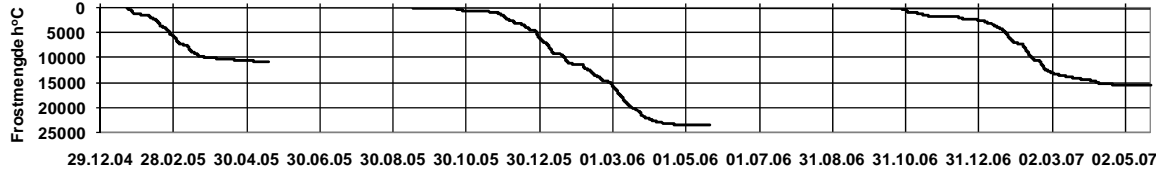
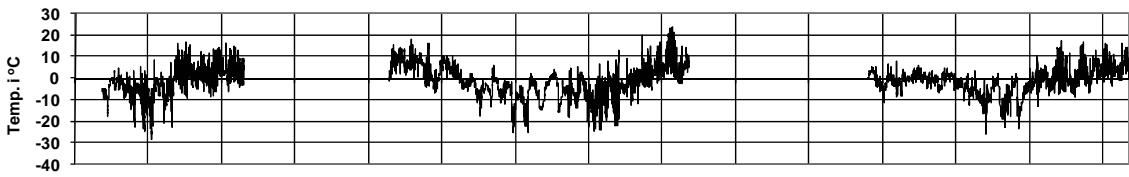
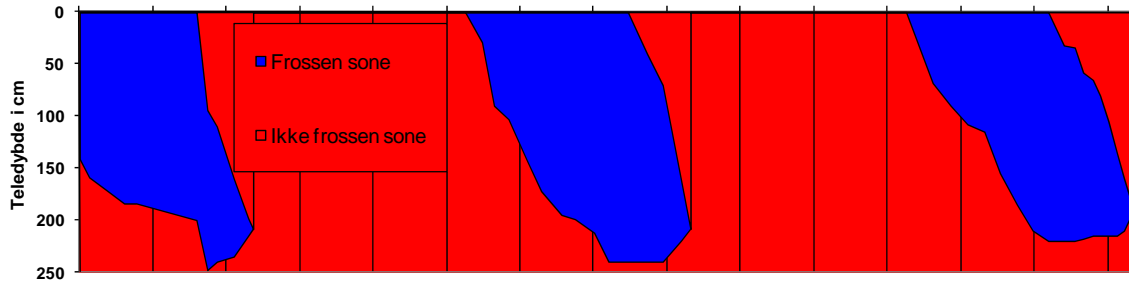
Fv.192 Hp 01 km 4,178
i Noresund , Telemålinger , Referansemåler



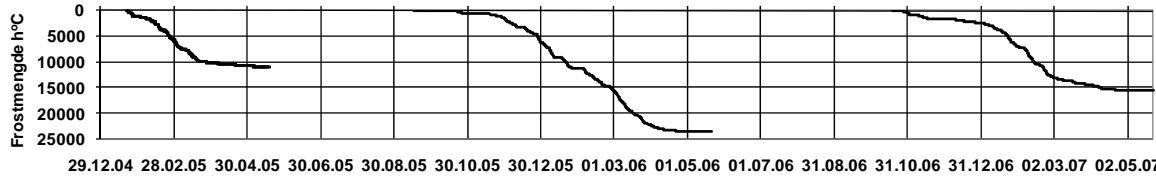
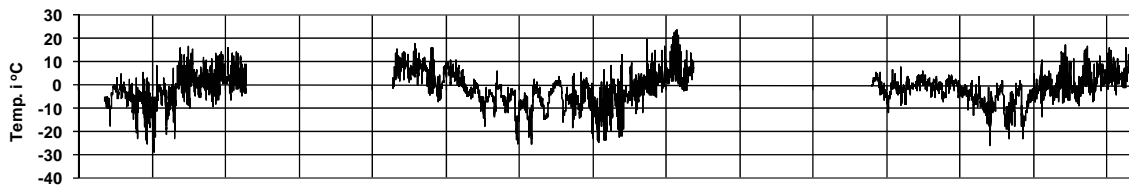
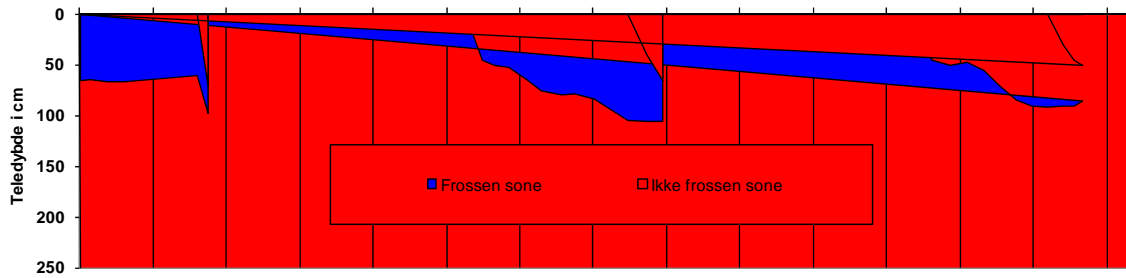
Fv.192 Hp 01 km 4,178
i Noresund , Telemålinger , Referansemåler



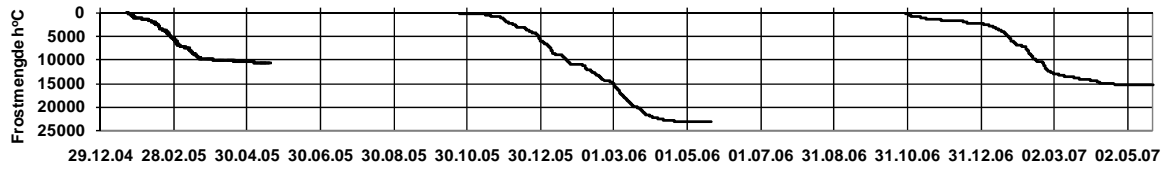
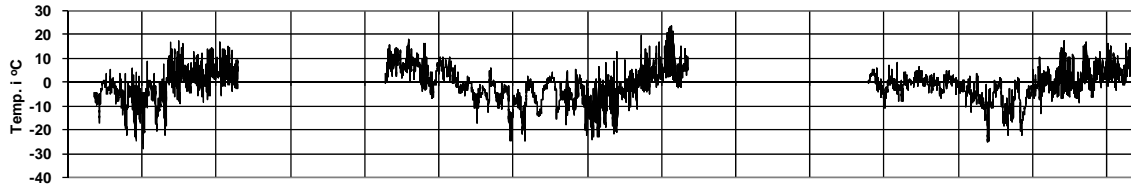
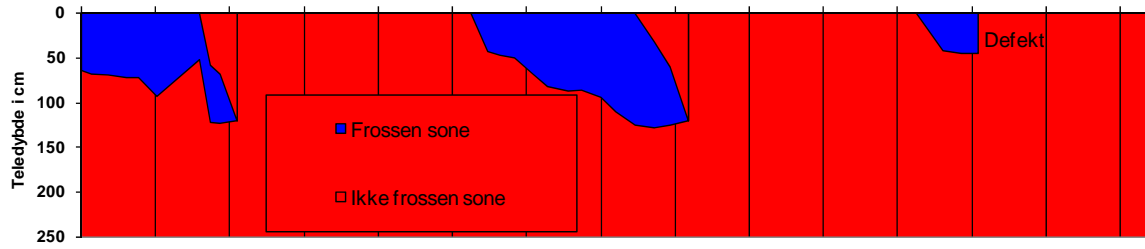
Rv.31 , Telemålinger km 23500



Rv.31 , Telemålinger km 23700



Rv.31, Telemålinger km 23800





VEDLEGG 4

KORNGRADERING E6 KLEMETSRUD

Korngradering E6 Klemetsrud



Statens vegvesen

Korngradering

**KORNGRADERING,
E6 KLEMETSRUD
VED FJERNING AV
FYLLINGEN**

Oppdragsnr **N040002**

Oppdragsnavn **Vektstasjon E6 klemetsrud**

Prosjektnr **101039**

Prosjektnavn **ARBEID VEGDIREKTORATET**

Ansvarsområde

Ansvarlig

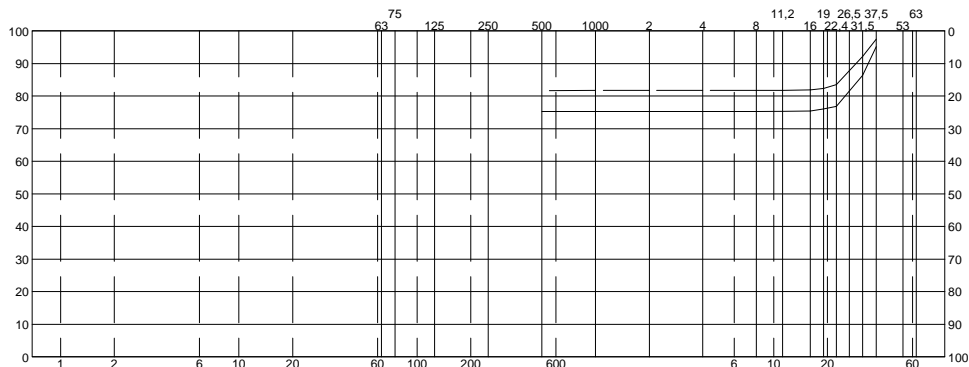
Prøvedata

| | | | | | |
|---------------------|------------|------------|--|--|--|
| Prøvenr | 004 | 005 | | | |
| Uttaksdato | 20040610 | 20040610 | | | |
| Utakssted | Veg | Veg | | | |
| Analysetype | Kont. sikt | Kont. sikt | | | |
| Massetaknr | | | | | |
| Prøven består av | | | | | |
| Reseptnr | | | | | |
| Vanninnhold(%) | 1,0 | 9,0 | | | |
| Humus(%) (NaOH) | | | | | |
| Humus(%) (glødetap) | | | | | |
| Fraksjon (mm) | | | | | |
| % <75µm av <19mm | | | | | |
| % <20µm av <19mm | | | | | |
| Godkjent siktekurve | | | | | |

Sikte-data

| Pr.nr. | µm | | | | | mm | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| | 75 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2 | 4 | 8 | 11,2 | 16 | 19 | 22,4 | 26,5 | 31,5 | 37,5 | 53 | 63 |
| 004 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 24,8 | 24,7 | 24,7 | 24,7 | 24,7 | 24,7 | 24,5 | 23,9 | 23,2 | 18,5 | 13,7 | 4,8 | 0,0 | 0,0 |
| 005 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 18,3 | 18,3 | 18,3 | 18,3 | 18,3 | 18,3 | 18,2 | 17,7 | 16,5 | 12,2 | 7,8 | 2,5 | 0,0 | 0,0 |

| Leir | Silt | | | Sand | | | Grus | | |
|------|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|
| | Fin | Middels | Grov | Fin | Middels | Grov | Fin | Middels | Grov |
| | | | | | | | | | |



| Pr.nr | Vegnr | HP | km | Avst.cl. | Dybde | Kurve | Jordart | Cu | TG |
|-------|-------|----|----|----------|----------|-------|------------------|-----|----|
| 004 | | | * | | Skumglas | — | Grusig Materiale | 0,0 | |
| 005 | | | * | | Skumglas | — | Materiale | 0,0 | |

Cu-tall merket med * indikerer Cu75-verdi.

| Pr.nr | Notat |
|-------|---|
| 004 | Vekt av hele prøven+wt+kg Nedre prøvehull ca.12-14 til 24-26cm ned. |
| 005 | Vekt av hele prøven+wt+kg |

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



VEDLEGG 5

PRØVETAKING E6 EGGEMARKA

FORSØK UTFØRT PÅ E6 STEINKJER AV MASTERSTUDENT SIGNE HOLDHUS

DENSITET, VANNINNHOLD OG KORNFORDELING

Beskrivelse av forsøk

Fjerningen var opprinnelig planlagt til å starte i uke 13 (23. mars 2004), og overbygningen ble fjernet noen dager i forkant av dette. Grunnet uklarheter i kommunikasjonen mellom Distriktsvegkontoret i Steinkjer og entreprenøren, var entreprenørens ressurser opptatt andre steder og fjerningen ble utsatt til uke 14 (30. mars). Det medførte at fyllingen ble liggende åpen og eksponert for både sol og nedbør i en periode på omtrent to uker før prøvene ble tatt. Overflaten av fyllingen var oppkrafset, og det lå en del stein igjen fra fjerningen av overbygningen. Flere steder i fyllingen måtte et frosset lag på rundt 20 cm fjernes før prøvene kunne tas. Prøvetakingen av skumglass ble gjort mens entreprenørens maskiner sto og ventet, derfor ble det kun tatt to prøver av skumglasset. Prøvene av lettklinker ble tatt foran gravemaskinen, slik at det ikke ble forsinkelser i entreprenørens arbeid.



Figur 1: Overflate skumglass 1



Figur 2: Overflate av skumglass 2

Målet med prøvetakingene var å ta en prøve i topplaget og en prøve i et lag lenger ned i de samme profilene som ble testet ved utlegging. Det var ønskelig å ta mest mulig uforstyrrede prøver av det øverste laget i lettfyllingen. Men mange faktorer tilsa at prøvene i dette laget i høyeste grad er forstyrret. Det var stor variasjon i nedknusningsgraden på både lettklinker og skumglass. Det var lett å se hvilke områder av fyllingen som hadde blitt trafikkert mest under utleggingen. Det viste seg at det bare var en del av fyllingen som skulle fjernes i denne omgang, så det ble ikke mulig å gjennomføre prøvetaking i et lavere lag i alle profil i denne serien.

Tabell 1: Ytre feilkilder

| Feilkilde | Påvirkning av resultatet |
|---|---|
| Åpen fylling eksponert for nedbør og sol | Våt densitet og vanninnhold blir representativt for hvordan forholdene virkelig var i fyllingen |
| Oppkrafset fylling fra overbyggningsfjerningen | Det øverste laget i fyllingen blir forstyrret og prøvene blir ikke representative |
| Fylling belastet av anleggsmaskiner ved fjerning av overbygningen | Materialet blir ytterligere nedknust, og det blir usikkert hvor mye av nedkningen som er forårsaket av reel trafikk |
| Frosset lag måtte fjernes for å få presset ned prøvetakningsrøret | Prøvene blir ikke representative for det øverste laget |
| Variabel nedknusning av materialet | Prøvene blir ikke representative for hele massen |

Forsøksprosedyre

Utstyr:

Prøvetakingsrør av metall (d: 0,40 m, h: 0,55 m (gammelt)/0,57 m (nytt))

Svarte plastsekker

Oppgravningsutstyr

Målestokk

Hjelpemiddel:

Gravemaskin

Utførelse:

Prøvetakingene ble gjort ved at et metallrør av bestemt størrelse ble presset ned i fyllingen ved hjelp av en gravemaskinskuffe. På noen av prøvetakingene hadde vi tilgang på GPS-utstyr, andre ikke. Når ikke røret ble presset helt ned, ble avstanden målt fra topp av røret til nivået av massen. Deretter ble massen inni røret gravd ut og puttet i en dobbel plastsekk. Hvis ikke all massen ble gravd ut, ble avstanden målt ned til nivået av massen. I lettklinkeren ble røret i de fleste tilfeller presset ned til neste fiberduk. Dette gjorde det lett å få med den bestemte massen. Deretter ble plastsekken lukket og tatt med til laboratoriet.



Figur 3: Frosset lag i lettklinker



Figur 4: Nedpressing av prøvetakingsrør



Figur 5: Utgraving av masse fra røret



Figur 6: Prøvetakingsrøret presset ned til fiberduk

På laboratoriet ble plastsekken med innhold veid, slik at densiteten på materialet kunne beregnes. Deretter ble det målt vanninnhold og utført kornfordelingsanalyse.

Tabell 2: Feilkilder ved prøvetaking

| Feilkilde | Påvirkning av resultatet |
|--|---|
| Måling av nivået ned til massen | Beregnet volum av prøven blir usikkert |
| Finstoffet drysser nedover i massen ved utgraving av røret | Reell sammensetning av ulike kornstørrelser blir feil |



VEDLEGG 6

DENSITET OG VANNINHOLD E6 EGGEMARKA

DENSITET OG VANNINNHOLD AV HASOPOR FØR UTLEGGING E6 STEINKJER

| Prøve nr. | Dato | Våt densitet [kg/m ³] | Vanninnhold [vekt-%] | Tørr densitet [kg/m ³] |
|-----------|----------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| 1 | 10/12/02 | 267,1 | 12,6 | 237,3 |
| 2 | 10/12/02 | 269,0 | 13,4 | 237,2 |
| 3 | 10/12/02 | 324,4 | 10,9 | 292,6 |
| 4 | 16/12/02 | 261,8 | 6,5 | 245,7 |
| 5 | 17/12/02 | 269,6 | 16,6 | 231,1 |

DENSITET OG VANNINNHOLD AV KOMPRIMERT HASOPOR I PROFIL 230 E6 STEINKJER

| Prøve nr./ lag | Dato | Våt densitet [kg/m ³] | Vanninnhold [vekt-%] | Tørr densitet [kg/m ³] |
|----------------|----------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| 1/C1 | 16/12/02 | 352,7 | 15,6 | 305,1 |
| 2/C2 | 16/12/02 | 375,2 | 14,5 | 327,8 |
| 3/C3 | 17/12/02 | 367,5 | 17,4 | 313,2 |
| 4/C4 | 18/12/02 | 348,1 | 20,3 | 289,4 |
| 5/C5 | 19/12/02 | 300,3 | 19,3 | 251,8 |

DENSITET OG VANNINNHOLD AV HASOPOR VED FJERNING AV FYLLING E6 STEINKJER

| Prøve nr./ lag | Profil | Dato | Våt densitet [kg/m ³] | Vanninnhold [vekt-%] | Tørr densitet [kg/m ³] |
|----------------|--------|----------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| 1/C5 | 238 | 30/03/04 | 441,0 | 28,6 | 342,9 |
| 2/C5 | 231 | 30/03/04 | 376,2 | 15,5 | 325,7 |



VEDLEGG 7

KORNGRADERING E6 EGGEMARKA

Korngradering E6 Eggemarka

KORNGRADERING
FOR LØS
HASOPOR FØR
UTLEGGING, E6
STEINKJER

Forsøgslaboratorium: Fallås Steinkjer, Nord-trendelag vegkontor 7737 Steinkjer



Statens vegvesen

Korngradering

Oppdragsnr **K02E06** Oppdragsnavn **E-6 SNEPPEN-SELLI.**
 Prosjektnr **11439** Prosjektnavn **BYGGERRE SNEPPEN - SELLI**
 Ansvarsområde **1171** Ansvarlig **Utb. E6 Steinkjer AM**

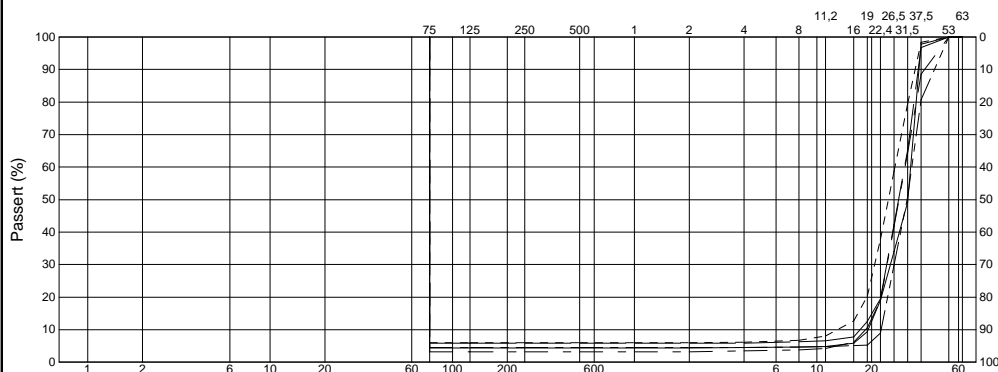
Prøvedata

| Prøvenr | H01 | H02 | H03 | H04 | H05 |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Uttaksdato | 20021210 | 20021210 | 20021210 | 20021216 | 20021217 |
| Uttakssted | | | | | |
| Analysetype | Kont. sikt | Kont. sikt | Kont. sikt | Kont. sikt | Kont. sikt |
| Massetaknr | | | | | |
| Prøven består av | | | | | |
| Fraksjon (mm) | - | - | - | - | - |
| Reseptnr | | | | | |
| Vanninnhold(%) | | | | | |
| Humus(%) (NaOH) | | | | | |
| Humus(%) (glødetap) | | | | | |
| % <75µm av <19mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| % <20µm av <19mm | | | | | |
| Godkjent siktekurve | | | | | |

Sikte-data

| Pr.nr. | µm | | | | mm | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| | 75 | 125 | 250 | 500 | 1 | 2 | 4 | 8 | 11,2 | 16 | 19 | 22,4 | 26,5 | 31,5 | 37,5 | 53 | 63 |
| H01 | 95,7 | 95,7 | 95,7 | 95,7 | 95,7 | 95,7 | 95,5 | 95,4 | 95,2 | 94,2 | 90,6 | 81,0 | 65,9 | 50,8 | 2,3 | 0,0 | 0,0 |
| H02 | 94,2 | 94,2 | 94,2 | 94,2 | 94,2 | 94,1 | 93,7 | 93,5 | 92,2 | 87,5 | 80,5 | 57,6 | 34,8 | 3,3 | 0,0 | 0,0 | |
| H03 | 94,0 | 94,0 | 94,0 | 94,0 | 94,0 | 93,8 | 93,3 | 91,9 | 87,4 | 79,8 | 62,2 | 41,3 | 20,5 | 1,6 | 0,0 | 0,0 | |
| H04 | 96,8 | 96,8 | 96,8 | 96,8 | 96,8 | 96,6 | 96,3 | 95,8 | 93,8 | 89,4 | 80,9 | 58,3 | 35,7 | 11,4 | 0,0 | 0,0 | |
| H05 | 95,5 | 95,5 | 95,5 | 95,5 | 95,5 | 95,5 | 95,3 | 95,2 | 94,9 | 94,7 | 91,0 | 70,1 | 49,1 | 19,3 | 0,0 | 0,0 | |

| Leir | Silt | | | Sand | | | Grus | | |
|------|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|
| | Fin | Middels | Grov | Fin | Middels | Grov | Fin | Middels | Grov |
| | | | | | | | | | |



| Pr.nr | Vegnr | HP | km | Avst.cl. | Dybde | Kurve | Jordart | Cu | TG |
|-------|-------|----|----|----------|-------|-------|---------|-----|----|
| H01 | | | * | | | --- | | 1,7 | |
| H02 | | | * | | | --- | | 1,7 | |
| H03 | | | * | | | --- | | 2,0 | |
| H04 | | | * | | | --- | | 1,6 | |
| H05 | | | * | | | --- | | 1,5 | |

Cu-tall merket med * indikerer Cu75-verdi.

Sted: _____ Dato: _____ Signatur: _____



Statens vegvesen

Korngradering

KORNGRADERING
FOR KOMPRIMERT
HASOPOR, E6
STEINKJER

Oppdragsnr **K02E06** Oppdragsnavn **E-6 SNEPPEN-SELLI**
 Prosjektnr **11439** Prosjektnavn **BYGGERE SNEPPEN - SELLI**
 Ansvarsområde **1171** Ansvarlig **Utb. E6 Steinkjer AM**

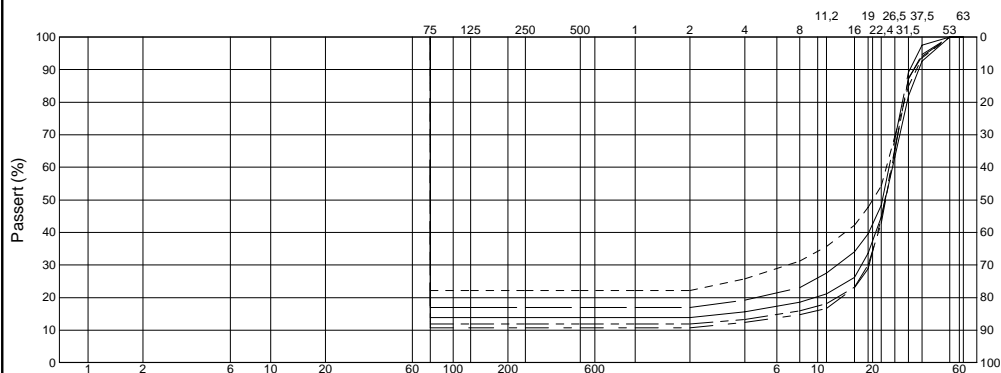
Prøvedata

| Prøvenr | HK1 | HK2 | HK3 | HK4 | HK5 |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Uttaksdato | 20021216 | 20021216 | 20021217 | 20021218 | 20021219 |
| Uttakssted | | | | | |
| Analysetype | Kont. sikt | Kont. sikt | Kont. sikt | Kont. sikt | Kont. sikt |
| Massetaknr | | | | | |
| Prøven består av | | | | | |
| Fraksjon (mm) | - | - | - | - | - |
| Reseptnr | | | | | |
| Vanninnhold(%) | | | | | |
| Humus(%) (NaOH) | | | | | |
| Humus(%) (glødetap) | | | | | |
| % <75µm av <19mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| % <20µm av <19mm | | | | | |
| Godkjent siktekurve | | | | | |

Sikte-data

| Pr.nr. | µm | | | | | mm | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|--|
| | 75 | 125 | 250 | 500 | 1 | 2 | 4 | 8 | 11,2 | 16 | 19 | 22,4 | 26,5 | 31,5 | 37,5 | 53 | 63 | |
| HK1 | 86,1 | 86,1 | 86,1 | 86,1 | 86,1 | 86,1 | 84,4 | 81,4 | 78,9 | 73,8 | 66,4 | 55,3 | 36,8 | 18,2 | 7,4 | 0,0 | 0,0 | |
| HK2 | 83,1 | 83,1 | 83,1 | 83,1 | 83,1 | 83,1 | 80,8 | 77,0 | 72,5 | 66,0 | 60,5 | 51,7 | 31,3 | 10,9 | 2,6 | 0,0 | 0,0 | |
| HK3 | 77,8 | 77,8 | 77,8 | 77,8 | 77,8 | 77,8 | 74,2 | 68,7 | 64,3 | 57,8 | 52,3 | 45,7 | 30,5 | 15,2 | 6,4 | 0,0 | 0,0 | |
| HK4 | 89,3 | 89,3 | 89,3 | 89,3 | 89,3 | 89,3 | 87,7 | 85,3 | 83,4 | 76,9 | 71,1 | 55,7 | 34,3 | 12,9 | 5,4 | 0,0 | 0,0 | |
| HK5 | 88,1 | 88,1 | 88,1 | 88,1 | 88,1 | 88,1 | 86,7 | 84,1 | 81,8 | 76,8 | 69,9 | 57,2 | 34,9 | 12,6 | 6,0 | 0,0 | 0,0 | |

| Leir | Silt | | | Sand | | | Grus | | |
|------|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|
| | Fin | Middels | Grov | Fin | Middels | Grov | Fin | Middels | Grov |



| Pr.nr | Vegnr | HP | km | Avst.cl. | Dybde | Kurve | Jordart | Cu | TG |
|-------|-------|----|-------------|----------|-------|-------|---------|------|----|
| HK1 | EV6 | 18 | 0,230 CL | C.Lag 1 | | --- | | *2,0 | |
| HK2 | EV6 | 18 | 0,230 CL | C.Lag 2 | | --- | | *3,0 | |
| HK3 | EV6 | 18 | 0,230 CL | C/Lag3 | | --- | | *7,9 | |
| HK4 | EV6 | 18 | 0,230 CL | C/Lag 4 | | --- | | *1,7 | |
| HK5 | EV6 | 18 | 0,230 CL | C/Lag 5 | | --- | | *1,7 | |

Cu-tall merket med * indikerer Cu75-verdi.

Sted: _____ Dato: _____ Signatur: _____



Statens vegvesen

Korngradering

KORNFORDELING FOR HASOPOR VED FJERNING AV FYLLINGEN, E6 STEINKJER

Oppdragsnr **P040009** Oppdragsnavn **Steinkjer-Sneppen-Selli**
 Prosjektnr **400071** Prosjektnavn **BYGGH. SNEPPEN - SELLI**
 Ansvarsområde **41030** Ansvarlig

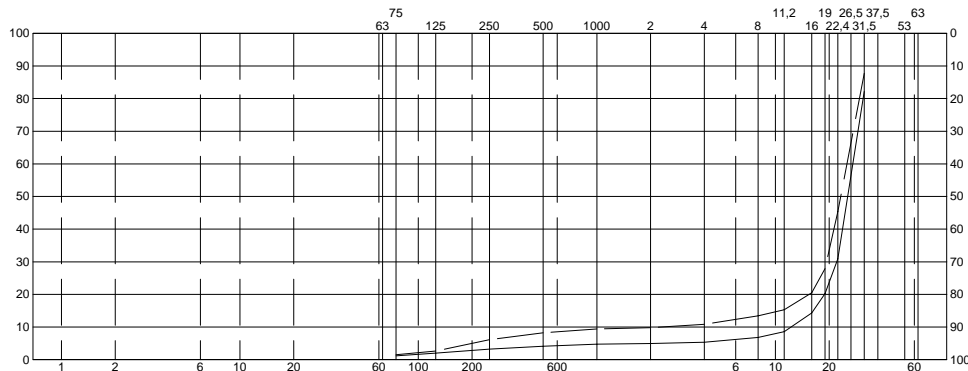
Prøvedata

| | | | | | |
|---------------------|------------|------------|--|--|--|
| Prøvenr | 001 | 002 | | | |
| Uttaksdato | 20040330 | 20040330 | | | |
| Uttakssted | Veg | Veg | | | |
| Analysetype | Kont. sikt | Kont. sikt | | | |
| Massetaknr | | | | | |
| Prøven består av | | | | | |
| Reseptnr | | | | | |
| Vanninnhold(%) | | | | | |
| Humus(%) (NaOH) | | | | | |
| Humus(%) (glødetap) | | | | | |
| Fraksjon (mm) | | | | | |
| % <75µm av <19mm | 5,8 | 5,6 | | | |
| % <20µm av <19mm | | | | | |
| Godkjent siktekurve | | | | | |

Sikte-data

| Pr.nr. | µm | | | | | | mm | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| | 75 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2 | 4 | 8 | 11,2 | 16 | 19 | 22,4 | 26,5 | 31,5 | 37,5 | 53 | 63 |
| 001 | 98,8 | 98,0 | 96,7 | 95,8 | 95,3 | 95,0 | 94,7 | 93,2 | 91,4 | 85,7 | 79,7 | 69,2 | 43,8 | 17,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 002 | 98,4 | 97,3 | 93,9 | 91,8 | 90,6 | 90,2 | 89,2 | 86,6 | 84,7 | 79,5 | 72,1 | 54,6 | 33,7 | 12,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

| Leir | Silt | | | Sand | | | Grus | | |
|------|------|---------|------|------|---------|------|------|---------|------|
| | Fin | Middels | Grov | Fin | Middels | Grov | Fin | Middels | Grov |
| | | | | | | | | | |



| Pr.nr | Vegnr | HP | km | Avst.cl. | Dybde | Kurve | Jordart | Cu | TG |
|-------|-------|----|--------|----------|-------|-------|---------|------|----|
| 001 | | | *238,4 | 3.8 H | | | | 2,2 | |
| 002 | | | *231 | | | | | 10,6 | |

Cu-tall merket med * indikerer Cu75-verdi.

| Pr.nr | Notat |
|-------|--|
| 001 | W%=28,6.Total våt prøve:23,609 kg.Hasopor. |
| 002 | W%=15,5.Total prøve:20,802 kg.Hasopor. |

Sted: _____ Dato: _____ Signatur: _____



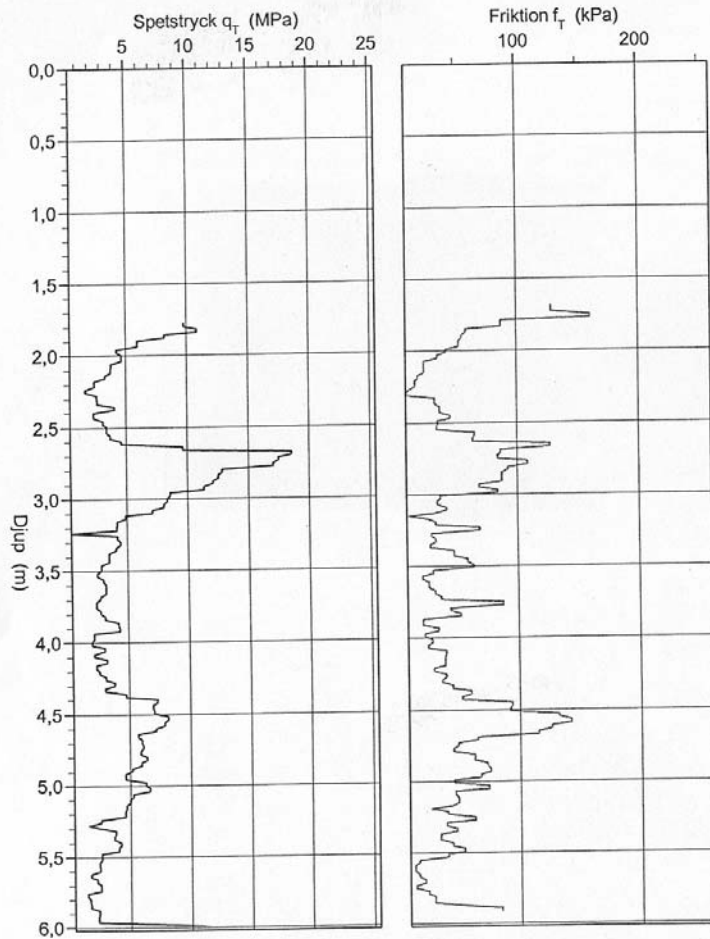
VEDLEGG 8

CPT MÅLINGER E6 EGGEMARKA

CPT målinger E6 Eggemarka

CPT sondering oppmåtta parametrar

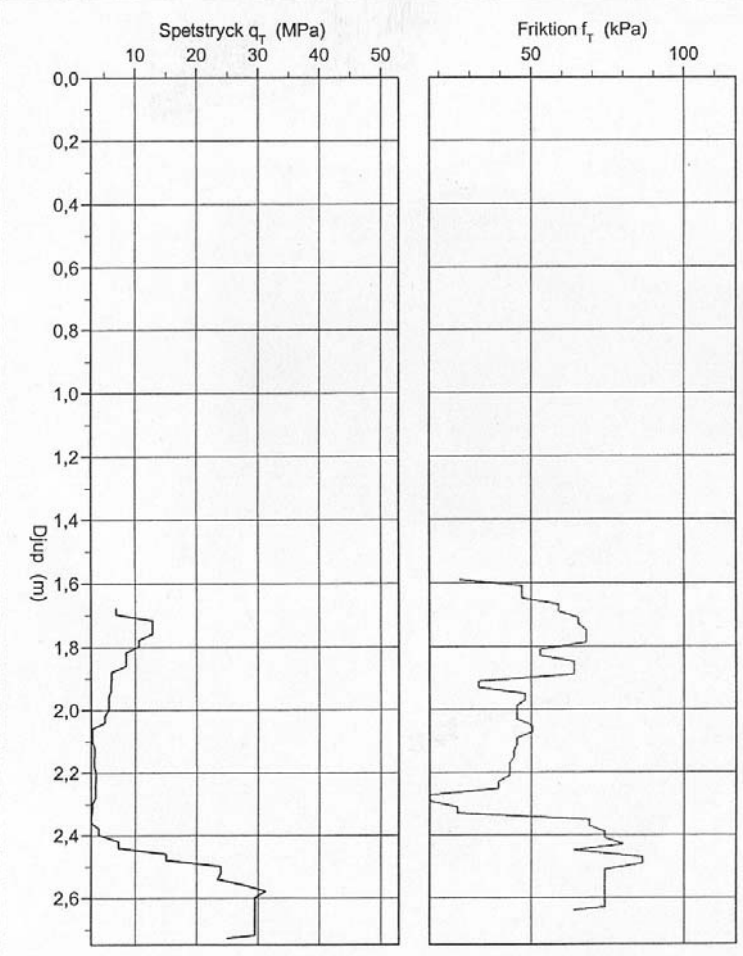
| | | | |
|-------------------|----------|--------------------|--------|
| Referens | Topp veg | Förbormingsdjup | 1,80 m |
| Nivå vid referens | 0,00 m | Förborrat material | |
| Grundvattenyta | 10,00 m | Utrustning | |
| Startdjup | 1,80 m | Geometri | Normal |



CPT SONDERING i
PROFIL 231, E6
STEINKJER

CPT sondering oppm tta parametrar

| | | | |
|-------------------|----------|--------------------|--------|
| Referens | Topp veg | F rborrningsdjup | 1,70 m |
| Nivå vid referens | 0,00 m | F rborrat material | |
| Grundvattenyta | 10,00 m | Utrustning | |
| Startdjup | 1,70 m | Geometri | Normal |



CPT SONDERING i
PROFIL 235, E6
STEINKJER



VEDLEGG 9

**FELTFORSØK MED SAMMENLIGNING AV FROSTSIKRINGSMATERIALER
ANVENDT I VEGBYGGING**

Feltforsøk med sammenligning av frostsikringsmaterialer anvendt i vegbygging

E. Øiseth¹, R. Aabøe² and I. Hoff³

¹SINTEF Byggforsk, Berg og Geoteknikk, NO-7465 Trondheim, Norway; Tlf. +47 73595707; e-post: even.oiseth@sintef.no

²Vegdirektoratet, Teknologivdelingen; Tlf. +47 22073942; e-post: roald.aaboe@vegvesen.no

³SINTEF Byggforsk, Veg- og jernbaneteknikk NO-7465 Trondheim, Norway; Tlf. +47 73594731; e-post: inge.hoff@sintef.no

Summary in English

Three products are presently used in Norway as thermal insulation in roads; lightweight clay aggregate, foam glass aggregate and extruded polystyrene boards (XPS). As an evaluation on the present design guidelines for frost insulation and in order to compare the different insulation products, a field test is established in connection with the construction of a new main road (E6) south of Trondheim in Norway. The test site has four different sections. In addition to three sections where each of the three different insulation products are used, one additional section contains ordinary pavement materials produced from crushed rock.

The measurements the first year indicate that the insulation effect is almost as expected for the foam glass section and the XPS section, requiring about 5 times as thick layer with foam glass than XPS. The insulation effect seems to be slightly lower for the expanded clay section.

Sammendrag

Tre produkter anvendes i dag som termisk isolasjonsmateriale i veger; lettklinker, granulert skumglass og plater av ekstrudert polystyren (XPS). For evaluering av foreliggende retningslinjer for frostsikring av veger og for å kunne sammenligne de ulike isolasjonsproduktene er det utført feltforsøk i tilknytning til bygging av en ny hovedveg (E6) syd for Trondheim. Forsøksfeltet er inndelt i fire ulike seksjoner. I tillegg til tre seksjoner hvor de tre isolasjonsproduktene er benyttet, er det også en seksjon med vanlige overbygningsmaterialer av knust stein.

Isolasjonsmaterialer anvendt i veger – tidligere og i dag

Knust stein er det mest vanlige materialet som benyttes ved vegbygging i Norge, også for frostsikring. Tilgjengeligheten er god, men da tilfredsstillende frostsikring ved bruk av knust stein kan resultere i en meget tykk overbygning (Det bygges maksimalt 1,8 m i Norge uansett frostdyp), så kan bruk av isolasjonsmaterialer for å redusere den totale overbygningstykkelsen være å foretrekke økonomisk. Statens vegvesen har en lang tradisjon med bruk av forskjellige typer isolasjonsmaterialer for vegbygging. Bark ble benyttet i 70-årene og var meget fordelaktig økonomisk på det tidspunktet (materialet var tilgjengelig nesten gratis). Plater av ekstrudert polystyren (XPS) ble anvendt første gang i Norge i 1965. I dag utgjør både lettklinker og granulert skumglass produsert av resirkulert glass alternative løsninger.

Lettklinker

Lettklinker (Figur 1 til venstre) anvendes både som lett fyllmasse og som frostsikring i vegbygging. Materialet anvendes også ofte til andre bygningsmessige formål. Ved å sintre leire i en spesiell ovn dannes det kuler av ulik størrelse (vanligvis 0 – 32 mm). En typisk løs

densitet fra fabrikk er ca. 280 kg/m^3 . Gjennomsnittlig vanninnhold i en vegkropp er målt til å ligge på omtrent 25 % av vekt tørr masse (7,7 volum %). Den tilsvarende varmeledningsevnen ved $10 \text{ }^\circ\text{C}$ er $0,18 \text{ W/mK}$, men kan variere betydelig med temperatur og vanninnhold.



Figur 1 – Leca Lettklinker til venstre, Hasopor skumglass til høyre

Granulert skumglass

Skumglass (Figur 1 til høyre) er produsert av resirkulert glassavfall. Skumglassgranulatet har en maksimal kornstørrelse på omtrent 60 mm med kubisk form og kan produseres med ulike densiteter. Typiske densitetsverdier i løs form varierer i området $180 - 250 \text{ kg/m}^3$. Deformasjoner og variasjoner i vanninnhold, densitet og kornstørrelse har blitt målt på en del nye vaganlegg. Vanninnholdet er her funnet å ligge på rundt 20 % av vekt tørr masse (6 volum %), noe som tilsvarer en varmeledningsevne ved $10 \text{ }^\circ\text{C}$ på $0,155 \text{ W/mK}$. Varmeledningsevnen for skumglass variere også betydelig med temperatur og vanninnhold.

Plater av ekstrudert polystyren (XPS)

Plater av ekstrudert polystyren er tilgjengelig i kvaliteter med varierende trykkstyrke. Materialets densitet er omtrent 50 kg/m^3 , og varmeledningsevnen er ca. $0,04 \text{ W/mK}$.

Materialparametere som påvirker frostdybden

Materialparametrene som påvirker frostnedtrengningen er i hovedsak varmeledningsevnen, vanninnholdet, varmekapasiteten og densiteten. Alle parametrene kan variere for ulike anvendelser, konstruksjonsmetoder og materialkvaliteter. For dimensjonering av vegoverbygninger anvendes beste overslagsverdier. Imidlertid kan meget grove materialer også føre til betydelige konveksjonseffekter som kan overstige og dermed svekke effekten av varmeledningsevnen. Parametere som kornfordeling må derfor også vurderes.

Det er mulig å anslå teoretisk frostnedtrengning for ulike materialer på grunnlag av materialparametere målt i laboratoriet. Frostisoleringseffekten for ulike isolasjonsmaterialer kan sammenlignes ved bruk av numeriske modeller for en standard vegoverbygning.

Klimatiske parametere som påvirker frostdybden

De viktigste faktorene som påvirker frostnedtrengning i undergrunnen er lufttemperatur, stråling fra sola, vind og nedbør. Tidsintegralet av lufttemperatur i frostperioden definert som frostmengde (luft) (F) anvendes ved dimensjonering og dette er den viktigste parameteren. Overflatetemperaturen vil avvike fra lufttemperaturen og påvirkes av stråling fra sola, snødybde, varmestråleutveksling med skyer og gasslag i atmosfæren, nedbør, vind osv. En annen faktor som anvendes ved dimensjonering er årlig

middeltemperatur.

Feltforsøk ved Melhus

Hovedhensikten med feltforsøkene

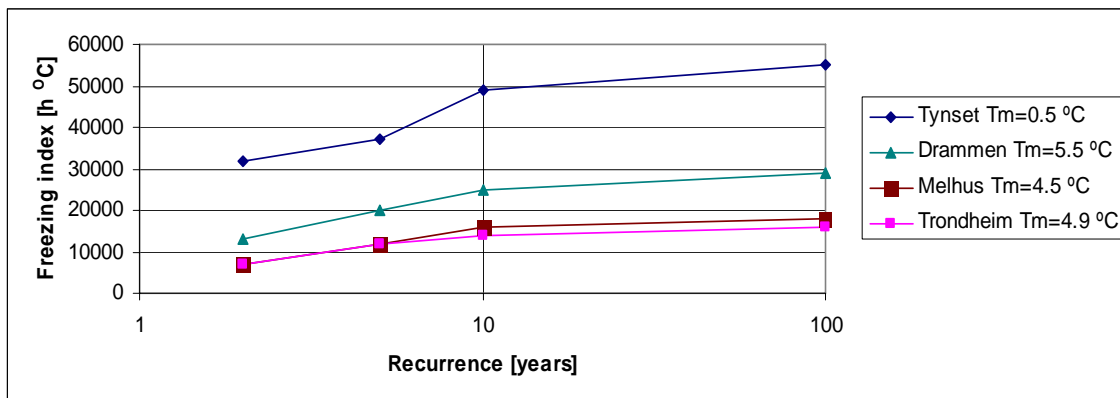
Hovedformålet med forsøkene har vært å sammenligne ulike materialer under like feltforhold både ved å undersøke de relative forskjellene og å sammenligne resultatene med beregninger og foreliggende retningslinjer. Resultatene er viktige både for å sikre at retningslinjene i vegnormalene gir ønsket frostsikring, og for å oppnå et riktig konkurranseforhold mellom ulike materialer og løsninger.

Vegnormalene var inntil 2005 hovedsaklig basert på undersøkelser utført på vegkonstruksjoner med isolasjonsplater. Nye feltforsøk og forskning utført på lettklinker og skumglass indikerer at forholdet mellom nødvendige lagtykkelser er mindre enn det som tidligere er angitt i retningslinjene. En numerisk modell anvendt for å beregne nødvendig lagtykkelse ved bruk av lettklinker viste dessuten at anbefalt tykkelse for isolasjonsplater syntes å være for liten. Feltforsøk med bruk av lettklinker og isolasjonsplater har vært utført tidligere, men det er vanskelig å sammenligne resultatene direkte på grunn av ulike forsøksforhold.

Forsøksområdet ved Melhus

Melhus ligger i Midt-Norge syd for Trondheim. Melhus har et kystklima og det er derfor relativt varmt sammenlignet med Østlandet og Nord-Norge. Årsmiddeltemperaturen ved Melhus er 4.5 °C.

Forsøksområdet er en del av en ny atkomstveg som er bygd i tilknytning til den nye hovedvegen for E6. Frostmengden (luft) angitt i "timer grader Celcius" ved Melhus for ulike returperioder er vist i Figur 2 sammen med data fra enkelte andre steder i Norge (T_m = årsmiddeltemperatur). Data er hentet fra Håndbok 018 Vegbygging 2004.



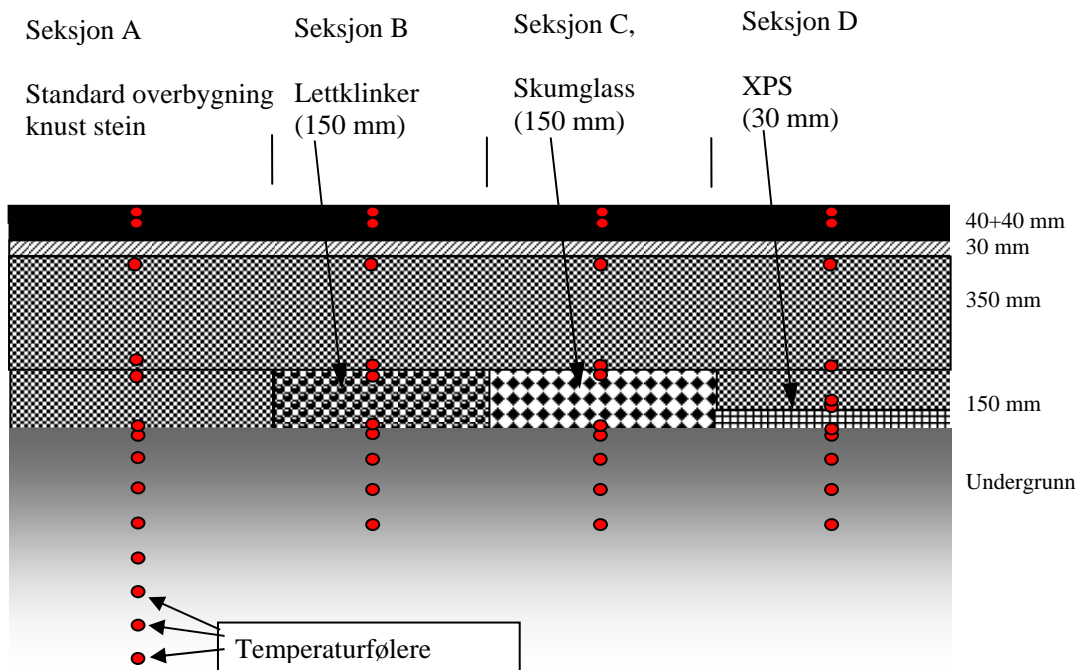
Figur 2 – Frostmengde (luft)

Dimensjonering av vegoverbygning

Dimensjonering av overbygningstykkelse er vanligvis basert på at det oppnås tilstrekkelig bæreevne også i teeløsningen. Feltforsøkene er utført på en lavtrafikkert atkomstveg og nødvendig overbygningstykkelse ble satt til 80 cm for forsøksområdet.

Feltforsøket ble oppdelt i fire ulike seksjoner. En seksjon uten frostisolasjon (som referansefelt) og tre andre seksjoner med henholdsvis XPS, lettklinker og skumglass. Sand ble

benyttet til å heve traubunnen til 61 cm under vegoverflaten på forsøksfeltet. På de isolerte seksjonene er nedre del av forsterkningslaget erstattet med isolasjonsmaterialer. På seksjonen med XPS er det benyttet 3 cm tykke plater, og på seksjonene med lettklinker og skumglass er det anvendt lagtykkelse 15 cm (etter komprimering). Oppbyggingen av vegfundamentene for de fire forsøksstrekningene er vist i Figur 3. Fra vegoverflaten og nedover består vegoverbyggingen av to 40 mm tykke asfaltlag, et 30 mm tykt avrettingslag og 350 mm knuste steinmaterialer med gradering 20 – 100 mm. Den nederste delen er forskjellig for de fire seksjonene; enten 150 mm med knuste steinmaterialer eller 150 mm lettklinker eller 150 mm skumglass eller 120 mm knuste steinmaterialer over 30 mm tykke XPS-plater.



Figur 3– Oversikt over forsøksfeltene

Referanseseksjonen er anslått til å kunne motstå en frostmengde på mellom 1000 og 2000 h°C. De isolerte seksjonene er antatt å kunne motstå en frostmengde på om lag 7000 h°C når en tillater at frosten trenger 5 cm ned i undergrunnen. Dette tilsvarer en gjennomsnittsvinter (2 års returperiode). Basert på beregninger for Trondheim så vil frosten trenge gjennom lettklinkerlaget ved en frostmengde nær 5600 h°C.

På grunn av varmeutveksling med gasslag i atmosfæren ved stråling etc., så er frostmengden basert på overflatetemperaturen vanligvis større enn frostmengden for luft. Fra Frost i Jord publikasjon 17 "Sikring mot teleskader" er forskjellen ved Melhus omtrent 5200 h°C for seksjonen uten isolasjon og omtrent 7000 h°C for de isolerte seksjonene. Det er imidlertid forventet at vegbanen vil være dekket av snø flere ganger gjennom vinteren noe som vil påvirke overflatetemperaturen. Både lufttemperaturen og overflatetemperaturen blir målt og registrert.

Instrumentering

Forsøksstrekningene er instrumentert med 43 temperaturfølere som er koblet til en analog registreringsenhet for automatisk registrering av temperaturen hvert 10. minutt. Måledataene blir automatisk overført til en datamaskin og middelveien pr. time blir lagret

for hver temperaturføler. Tabellen i Figur 4 angir installasjonsdybden for alle temperaturfølerne i alle de fire forsøksfeltene. Følerne plassering er vist i Figur 3.

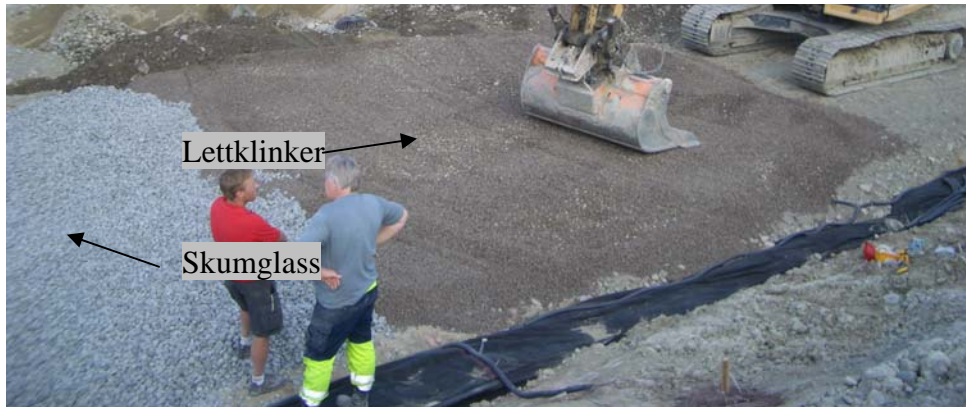
| Std. overbygning | Lettklinker | Skumglass | XPS |
|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Overflate / 2 cm | Overflate / 2 cm | Overflate / 2 cm | Overflate/ 2 cm |
| 4 cm | 4 cm | 4 cm | 4 cm |
| 12 cm | 12 cm | 12 cm | 12 cm |
| 42 cm | 45 cm | 45 cm | 45 cm |
| 47 cm | 47 cm | 47 cm | 58 cm |
| 60 cm | 60 cm | 60 cm | 58+ cm |
| 62 cm | 62 cm | 62 cm | 61+ cm |
| 70 cm | 70 cm | 70 cm | 62 cm |
| 80 cm | 80 cm | 80 cm | 70 cm |
| 90 cm | 90 cm | 90 cm | 80 cm |
| 100 cm | | | 90 cm |
| 110 cm | | | |
| 120 cm | | | |
| 130 cm | | | |

Figur 4 – Installerte temperaturfølere

Figur 5- Figur 8 viser hvorledes legging av isolasjonsmaterialene ble utført. I Figur 5 blir isolasjonsplatene dekket til forsiktig. I Figur 6 er lettklinkeroverflaten plan og vi kan også se skumglass til venstre. Både lettklinker og skumglass ble komprimert etter at materialene var dekket med knuste steinmaterialer (forsterkningslaget), Figur 7. To lag asfalt utgjør toppdekket, Figur 8.



Figur 5 – Installasjon av XPS isolasjonsplater



Figur 6 – Legging av lettklinker og skumglass



Figur 7 – Legging av separasjonsduk og tildekking med knust stein



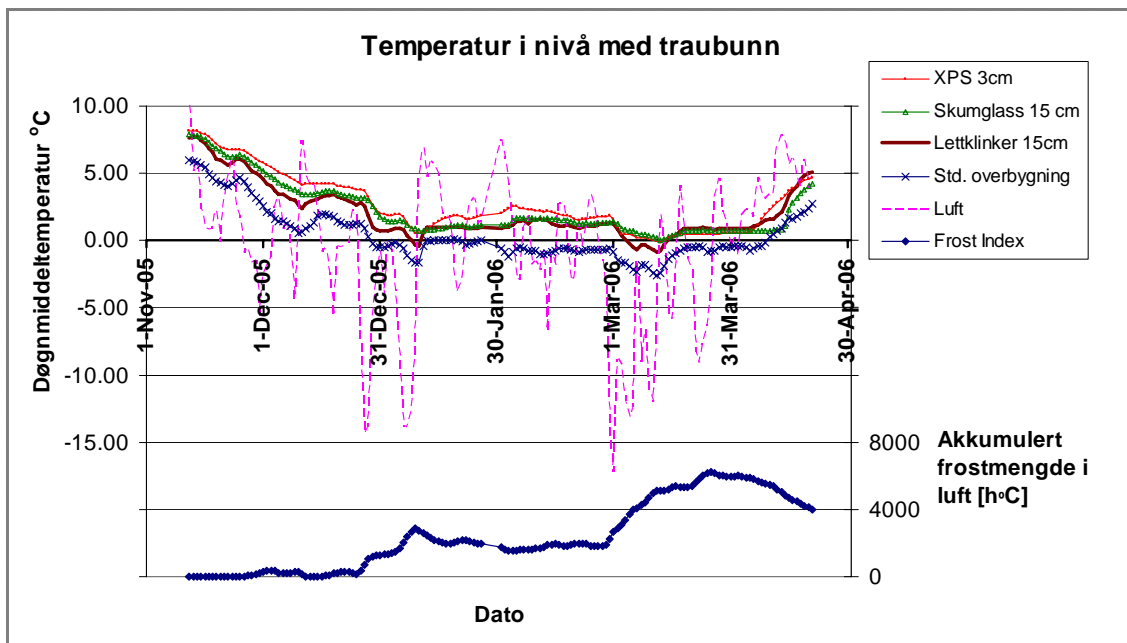
Figur 8 – Temperaturfølere lagt mellom asfaltlagene

Oppfølging

Datainnsamlingen er planlagt å fortsette i minst tre år. For øyeblikket er bare resultater fra den første vinteren tilgjengelig (2005/2006). Under en kuldeperiode i mars 2006 trengte frosten gjennom isolasjonen på alle forsøksfeltene.

Innsamlede data og forløpige resultater

Figur 9 viser gjennomsnittlig døgnmiddeltemperatur i nivå med traubunnen (61 cm under vegoverflaten) for alle forsøksfeltene sammen med lufttemperaturen. Figuren viser også akkumulert frostmengde (luft). Temperaturen er litt lavere i seksjonen med lettklinker enn i seksjonene med skumglass og XPS. Rundt 13. mars 2006 så er temperaturen på frysepunktet under skumglasslaget og XPS-platene ved en frostmengde tilsvarende omtrent 5100 h°C (luft). Dette var samtidig den dagen hvor frostdybden var på det største denne vinteren. Frosten trengte gjennom lettklinkerlaget omlag 10 dager tidligere (for andre gang denne vinteren) ved en frostmengde tilsvarende omtrent 3700 h°C (luft). Målingene indikerer at frostisoleringsvevnen til denne seksjonen kan være noe lavere enn antatt. Totalt akkumulert målt frostmengde i luft for vinteren er 6236 h°C.



Figur 9 – Temperatur ved traubunnen, 61 cm under vegbanen

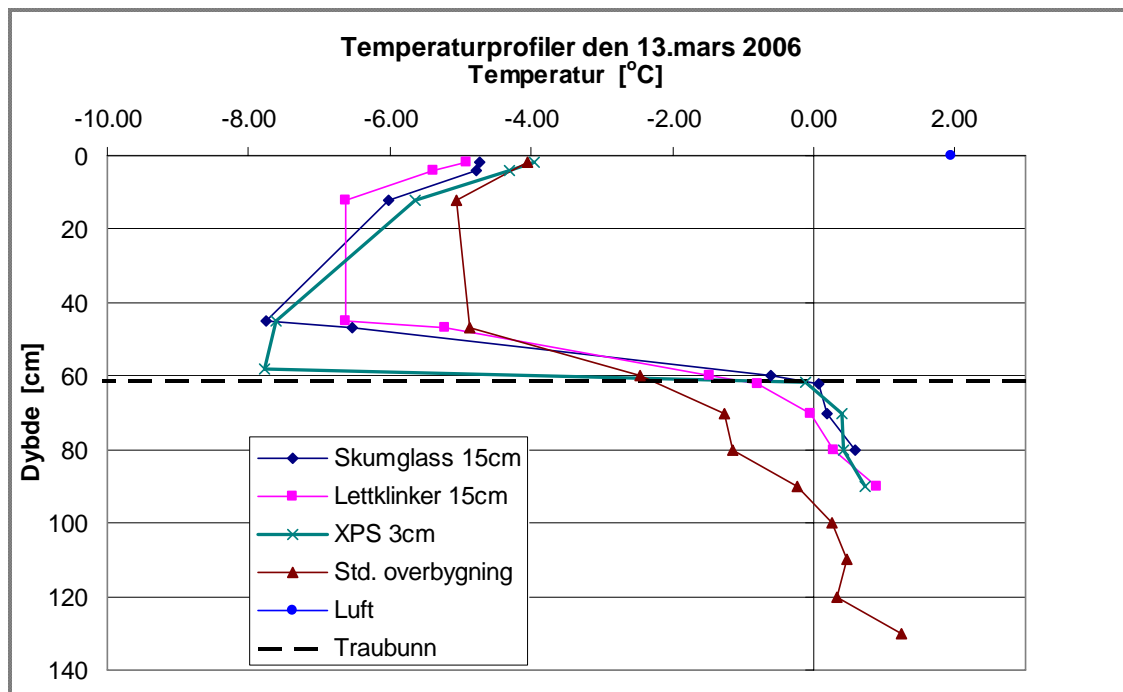
Tabellen i Figur 10 viser akkumulert frostmengde basert på målt overflatetemperatur. Frostmengden målt på XPS-overflaten er lavere enn for overflaten ved standard vegoverbygning og samsvarer ikke med teoretiske antagelser.

| Dato | Seksjon | Luft temp. | Std. overb. | Skumglass | Lettklinke r | XPS |
|------------------------------------|---------|------------|-------------|-----------|-----------------|------|
| 13. mars 2006 | | (5086) | 9494 | 10003 | 10176 | 8473 |
| 26. mars 2006 (maks. FI i 2006) | | 6236 | 9949 | 10523 | 10707 | 8713 |

Figur 10 – Akkumulert frostmengde basert på overflatetemperaturer [h°C].

Figur 11 viser temperaturprofilene for de ulike seksjonene den 13. mars. Fra disse kan vi se at

frosten hadde trengt nesten 10 cm ned i undergrunnen ved lettklinker-seksjonen og omtrent 35 cm ned i undergrunnen ved seksjonen med standard overbygning.



Figur 11 – Temperaturprofiler den 13. mars 2006.

Observasjoner så langt

- Feltene med skumglass og XPS viser isolasjonseffekt tilnærmet teoretisk beregnet verdi (Målt 6236, beregnet 5600)
- Feltet med lettklinker viser noe lavere isolasjonseffekt enn teoretisk beregnet og noe lavere isolasjonseffekt enn XPS og skumglassfeltene.
- Frostdybden ved feltet uten isolasjon samsvarer godt med beregnet frostdybde basert på målt akkumulert frostmengde (luft).
- Frostmengden ved overflaten er nær forventet verdi sammenlignet med frostmengden i luft.

Referanser

- Bakløkk L. et. al. (2001). *Hasopor skumglass (Hasopor foam glass)*. SINTEF report STF22-F01322. (in Norwegian)
- European Technical Approval No. ETA-05/0187 (2005) (Teknisk godkjenning for Hasopor skumglass), NBI
- Furuberg, T. et. al. (2000). *Environmentally friendly insulation products for the construction and building business. Summary report SP1: Leca frost protection in roads, railways and ditches*. SINTEF report STF22 F00601, Trondheim 2000.
- Hoff I. et. al. (2000): *Exclay Internordic Geoproject, Field test at Sandmoen, Norway - Construction and instrumentation*. SINTEF rapport STF22 F00612, Trondheim 2000.
- Horvli I., Øiseth E. and Henry K. (2005): *A review and reliability assessment of frost penetration models*, BCRA 2005, Trondheim
- Håndbok 018 (2005) . *Vegbygging*, Statens vegvesen
- Publikasjon nr. 17 (1976). *Sikring mot teleskader*, NTNF og Statens vegvesen

- Watn A. et. al. (2000): *Light-weight fill aggregates for insulation in roads - strength and stiffness properties*, 13th NGM-2000, Helsinki
- Øiseth E. (2003). *Leca lettklinker som frostisolering i veg – dimensjoneringsdiagram*.
- Øiseth E. (2005). *Hasopor Foamglass, Freeze-thaw resistance, giant oedometer tests*. SINTEF report STF22 F04154.
- Øiseth E. (2005). *Hasopor Foamglass, Long term creep tests in giant oedometer*. Sintef report STF50 F05067.
- Øiseth E. Refsdal G. (2006) *Lightweight aggregates as frost insulation in roads – design chart*. 13th ICCRE, Maine 2006.
- Øiseth E., Aabø R., Hoff I. (2006) *Field test comparing frost insulation materials in road construction* 13th ICCRE, Maine 2006.



VEDLEGG 10

EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL

**Norwegian Building Research
Institute**

P.O.Box 123 Blindern
N-0314 Oslo
Tel. 47 22 96 55 55
Fax 47 22 69 54 38

Authorised and notified according to
Article 10 of the Council Directive
89/106/EEC of 21 December 1988 on
the approximation of laws, regulations
and administrative provisions of Member
States relating to construction products



MEMBER OF EOTA

European Technical Approval No. ETA-05/0187

| | |
|---|---|
| Trade name: | ® HASOPOR |
| Holder of approval: | Has Consult AS Dronningens gt. 9 N-7011 Trondheim Norway Tel. + 47 73 99 19 80 Fax+ 47 73 52 31 90 |
| Generic type and use of construction product: | Cellular glass loose fill for use as thermal and frost insulating layer, water capillary barrier, drainage, and light fill in building foundations and road construction applications |
| Valid from: | 12.10.2005 |
| to: | 12.10.2010 |
| Manufacturing plant: | Miljøtek Hasopor AS N-7531 Meråker Norway Tel. + 47 40 00 57 85 Fax+ 47 74 81 00 45 |
| This European Technical Approval contains: | 13 pages including 1 Annex which form an integral part of the document |



European Organisation for Technical Approvals

I LEGAL BASIS AND GENERAL CONDITIONS

- 1 This European Technical Approval is issued by Norwegian Building Research Institute, in the following called NBI, in accordance with:
 - Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of Member States relating to construction products¹, modified by the Council Directive 93/68/EEC² and Regulation (EC) N° 1882/2003 of the European Parliament and of the Council³
 - Common Procedural Rules for Requesting, Preparing and the Granting of European technical approvals set out in the Annex of Commission Decision 94/23/EC⁴
 - Common Understanding of Assessment Procedure (CUAP) for ETA request no.12.01/08
- 2 NBI is authorised to check whether the provisions of this European Technical Approval are met. Checking may take place in the manufacturing plant. Nevertheless, the responsibility for the conformity of the products to the European Technical Approval and for their fitness for the intended use remains with the holder of the European Technical Approval.
- 3 This European Technical Approval is not to be transferred to manufacturers or agents of manufacturers other than those indicated on page 1 of this European Technical Approval.
- 4 This European Technical Approval may be withdrawn by NBI in particular pursuant to information by the Commission according to Article 5(1) of Council Directive 89/106/EEC.
- 5 Reproduction of this European Technical Approval including transmission by electronic means shall be in full. However, partial reproduction can be made with the written consent of NBI. In this case partial reproduction has to be designated as such. Texts and drawings of advertising brochures shall not contradict or misuse the European Technical Approval.
- 6 The European Technical Approval is issued by the approval body in its official language. This version corresponds fully to the version circulated in EOTA. Translations into other languages have to be designated as such.

¹ Official Journal of the European Communities N° L40, 11.2.1989, p. 12

² Official Journal of the European Communities N° L 220, 30.08.1993, p. 1

³ Official Journal of the European Union N° L 284, 31.10.2003, p. 1

⁴ Official Journal of the European Communities N° L17, 20.1.1994, p. 34

II SPECIFIC CONDITIONS OF THE EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL

1 Definition of product and intended use

1.1 Definition of the product

Hasopor is cellular glass loose fill produced by recirculated waste glass. The typical loose bulk density is in the range of 180 - 250 kg/m³, and the normal grain size is in the range of 10-60 mm (nominal sizes d/D). Hasopor is manufactured in two standard classes; Hasopor Light with a loose bulk density of approximately 180 kg/m³, and Hasopor Standard with a density of approximately 225 kg/m³.

1.2 Intended use

The typical use of Hasopor is thermal and frost insulating layer, water capillary barrier, drainage layer and light fill for in-ground constructions. During installation of Hasopor in load-bearing structures, the loose fill material is compacted to obtain optimal load bearing capacity.

Areas for applications in building constructions

- Frost insulating layer under wall foundation and floor slabs
- Thermal insulation layer under floor slabs
- Water capillary barrier and drainage layer under wall foundation and floor slabs
- Lightweight fill

Areas for applications in road constructions

- Frost insulating layer
- Water capillary barrier and drainage layer
- Lightweight fill

The provisions made in this European Technical Approval are based upon an assumed intended working life of 50 years. The indications given on the working life cannot be interpreted as a guarantee given by the producer, but are to be regarded only as a means for choosing the right products in relation to the expected economically reasonable working life of the works.

2 Characteristics of product and methods of verification

2.1 Mechanical resistance and stability (ER 1)

2.1.1 Load bearing capacity

The oedometer modulus (compression stiffness) is measured in accordance with the Giant Oedometer test procedure described in Annex B of the CUAP for ETA request no.12.01/08. The oedometer modulus and the strain for the current stress levels, determined as the lower value of three test results, are presented in table 2.1.1.

Note:

If the cellular loose fill is to be used under concentrated loads an additional suitability test performed on site according to national application rules may be necessary.

Table 2.1.1
Oedometer modulus and strain at different stress levels

| Product | Loose bulk dry density kg/m ³ | Compacted dry density kg/m ³ | Compaction degree | Stress level kPa | Oedometer modulus MPa | Strain % |
|------------------|--|---|-------------------|------------------|-----------------------|----------|
| Hasopor Light | 180 | 225 | 1.25 | 0 | 7.0 | 0 |
| | | | | 25 | 4.0 | 0.4 |
| | | | | 50 | 3.0 | 1.2 |
| | | | | 80 | 2.5 | 2.4 |
| | | | | 100 | 2.5 | 3.1 |
| | | | | 150 | 2.5 | 5.1 |
| | | | | 250 | 2.5 | 9.0 |
| Hasopor Standard | 230 | 290 | 1.25 | 0 | 10 | 0 |
| | | | | 25 | 10 | 0.3 |
| | | | | 50 | 8.0 | 0.5 |
| | | | | 80 | 7.0 | 0.9 |
| | | | | 100 | 6.5 | 1.2 |
| | | | | 150 | 5.5 | 2.1 |
| | | | | 250 | 4.0 | 4.2 |

2.1.2 Settlement and creep strain

The strain at different stress levels are given in table 2.1.1.

The expected long term creep strain during the design life time is tested in the Giant Oedometer and determined in accordance with Annex C of the CUAP for ETA request no.12.01/08. The instant deformation and the creep strain after one and fifty years together with the total strains are given in table 2.1.2

Table 2.1.2
Instant deformation and creep strain at different stress levels

| Stress level kPa | Instant deformation day 1 % | Creep strain day 1 to 1 year % | Creep strain day 1 to 50 year % | Total strain after 50 years % |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 80 | 2.4 | 0.12 | 0.17 | 2.6 |
| 150 | 5.1 | 0.25 | 0.31 | 5.5 |
| 250 | 9.0 | 0.47 | 0.60 | 9.6 |

2.1.3 Crushing resistance

The crushing resistance is measured in accordance with EN 13055-1, Annex A with modifications described in the CUAP for ETA request no. 12.01/08.

The crushing resistance is presented in table 2.1.3.

Table 2.1.3
Crushing resistance at different degrees of compression.

| Product | Loose bulk dry density kg/m ³ | Compacted dry density kg/m ³ | Compression % | Crushing resistance MPa |
|------------------|--|---|---------------|-------------------------|
| Hasopor Light | 180 | 180 | 0 * | 0 * |
| | | 216 | 20 | 0.77 |
| | | 234 | 30 | 1.09 |
| | | 252 | 40 | 1.50 |
| Hasopor Standard | 230 | 230 | 0 * | 0 * |
| | | 276 | 20 | 0.92 |
| | | 299 | 30 | 1.35 |
| | | 322 | 40 | 1.96 |

* The test started on specimens in unpacked state

2.1.4 Behaviour under cyclic load

The behaviour under cyclic load is tested in accordance with a test method similar to EN 13286-7. The testing was performed on Hasopor Standard. The resilient E-modulus and permanent strain at different stress levels are presented in table 2.1.4.

Table 2.1.4
Resilient E-modulus and permanent strain at different stress levels of dynamic load

| Product | Loose bulk ₃ density kg/m ³ | Compaction degree | Compacted ₃ density kg/m ³ | Mean stress level kPa | Resilient E- modulus MPa |
|---------------------|--|----------------------|---|--------------------------|-----------------------------|
| Hasopor Standard | ~230 | ~1.25 | ~290 | 40 60 80 100 | 75 100 125 150 |

In order to avoid crushing and deformation of the cellular glass the requirements for the overlay must be calculated on the basis of the cellular glass characteristics given in table 2.1.4. The Hasopor should not be exposed for dynamic loads exceeding 75 kPa (vertical load induced stress). Used in structures exposed to high traffic volumes (> 3.5 million standard 100 kN axels) it is recommended not to expose Hasopor for dynamic loads exceeding 50 kPa. The stress distribution in the Hasopor layer may be calculated by using a computer program for stress analyses, e.g. BISAR.

Note:

According to national application rules there may be additional requirements and/or restrictions in case of not predominantly static loading under foundations. (e. g. impact loads or frequently repeating loads, crane loads, loads from fork lift trucks, from vehicles, etc.)

2.2 Safety in case of fire (ER 2)

Reaction to fire of Hasopor is classified without testing as class A1 in accordance with EN 13501-1.

2.3 Hygiene, health and environment (ER 3)

Hasopor is manufactured from glass. Table 2.3 shows the content of selected metals determined in the approval testing. The total content of substances are regularly analysed by X-ray Fluorescence (XRF) spectrometry or Inductive Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES) and declared by the manufacturer according to the quality assurance plan for the production. The element composition in table 2.3 is stated with a “less than” (<) which means that the amount will not be higher than the declared value.

Table 2.3 also shows the leaching of substances determined in the approval testing made according to EN 12457-3. The leaching is regularly analysed and declared by the manufacturer according to the quality assurance plan for the production. The regularly determined total content and leaching of substances is subject to supervisory control by an independent laboratory who performs the testing according to the quality assurance plan of the production.

In addition to the specific clauses relating to dangerous substances contained in this European Technical Approval, there may be other requirements applicable to the product falling within its scope (e.g. transposed European legislation and national laws, regulations and administrative provisions). In order to meet the provisions of the EU Construction Products Directive, these requirements need also to be complied with, when and where they apply.

Table 2.3

Total content and leaching of regulated dangerous substances determined in the approval testing

| Chemical substance | Element composition analysed by XRF or ICP-AES [mg/kg] | Leaching – EN 12457-3 [mg/kg] |
|--------------------|--|-------------------------------|
| As | < 30 (ICP-AES) | 2 |
| Cd | < 2 (ICP-AES) | < 0,005 * |
| Cr | < 400 (XRF) | 0,05 |
| Cu | < 150 (XRF) | 0,1 |
| Hg | < 0,15 (ICP-AES) | 0,002 |
| Pb | < 1000 (XRF) | 0,05 |

* (<) means that the concentration in the leachate is lower than the limit of detection.

2.4 Safety in use (ER 4)

Not relevant

2.5 Protection against noise (ER 5)

Not relevant

2.6 Energy economy and heat retention (ER 6)

2.6.1 Water vapour transmission

The water vapour resistance factor (μ) may be assumed to be in the range from 1 to 3.

2.6.2 Capillary water suction height

The capillary water suction height is measured in accordance with EN 1097-10, with modifications described in the CUAP for ETA request no. 12.01/08. The capillary water suction height is presented in table 2.6.2.

Table 2.6.2

Water suction height and water absorption

| Product | Density after compaction kg/m ³ | Water suction height mm | Water absorption after 50 weeks kg/m ² |
|------------------|---|----------------------------|--|
| Hasopor Light | ~240 | < 120 | 3,9 |
| Hasopor Standard | ~330 | < 170 | 12,3 |

2.6.3 Water absorption

The long term water absorption by total immersion is measured in accordance with EN 12087, with modifications described in the CUAP for ETA request no.12.01/08. The long term water absorption by total immersion is presented in table 2.6.3.

Table 2.6.3

Water absorption by total immersion in percent by weight

| Product | Density kg/m ³ | 28 days of total immersion % (by weight) | 68 weeks of total immersion % by weight | 68 weeks of total immersion % by weight |
|------------------|------------------------------|---|--|--|
| Hasopor Light | 180 | 31 | 70 | 40 * |
| Hasopor Standard | 225 | 30 | 65 | 50 *) |

* Water absorption adjusted for the initial water uptake in the specimens surface during the first 5 minutes

2.6.4 Thermal conductivity

The thermal conductivity is measured in accordance with EN 12667, with conditions described in the CUAP for ETA request no. 12.01/08. Declared value of the thermal conductivity is determined in accordance with EN 10456. Thermal conductivity for moist material is adjusted for phase changes in accordance with the CUAP for ETA request no. 12.01/08. Declared thermal conductivity and corrected thermal conductivity for moist material is presented in table 2.6.4.

Table 2.6.4

Declared thermal conductivity and corrected thermal conductivity

| Product | Compaction degree | Density (dry) ³ kg/m ³ | Declared thermal conductivity dry material λ_D (W/mK) | Correction factor moisture content 25 % by weight F_m | Corrected thermal conductivity moisture content 25 % by weight $\lambda_{10,25\%}$ (W/mK) |
|------------------|-------------------|---|---|---|---|
| Hasopor Light | 1.15 | ~210 | 0,102 | 1.26 | 0.129 |
| Hasopor Standard | 1.25 | ~280 | 0,110 | 1.32 | 0.145 |

2.6.5 Density

The loose bulk density is measured in accordance with EN 1097-3. Densities in wet and dry state are given in table 2.6.5, with varying ratios of compaction as described in CUAP for ETA request no. 12.01/08.

Table 2.6.5

Densities in dry and wet state with varying ratios of compaction

| Product | Density in kg/m ³ | |
|--|------------------------------|------------------|
| | Hasopor Light | Hasopor Standard |
| Dry. Loose bulk, | 180 ±15 | 225 ±15 |
| Dry. Compaction 1.15 | ~210 | ~260 |
| Dry. Compaction 1.25 | ~225 | ~280 |
| Wet, moisture content 30 % by weight. Compaction 1.15 Moisture content obtained after -28 days of immersion in accordance with EN 12087 | ~270 | ~335 |
| Wet, moisture content 30 % by weight. Compaction 1.25 Moisture content obtained after -28 days of immersion in accordance with EN 12087 | ~295 | ~365 |
| Wet moisture content 80 % by weight. Compaction 1.15 Moisture content obtained after -28 days of immersion in accordance with EN 12087 -300 freeze-thaw cycles in accordance with EN 12091 | ~375 | ~465 |
| Wet moisture content 80 % by weight. Compaction 1.25 Moisture content obtained after -28 days of immersion in accordance with EN 12087 -300 freeze-thaw cycles in accordance with EN 12091 | ~425 | ~530 |
| Under uplift in dry state. Compaction 1.0 | ~ -350 | ~ -320 |

2.6.6 Particle size distribution

The particle size distribution is measured in accordance with EN 933-1, applying sieve sizes according to EN 933-2. The particle size distribution for Hasopor Light and Hasopor Standard for actual compaction degrees are shown in figure 2.6.6a and 2.6.6b.

Nominal aggregate size in mm is $d/D = 10/60$. The cleanliness of the aggregate is $G_{85/15}$ which means that the content of oversize material shall not exceed 15 % by mass and the undersize material shall not exceed 15 % by mass.

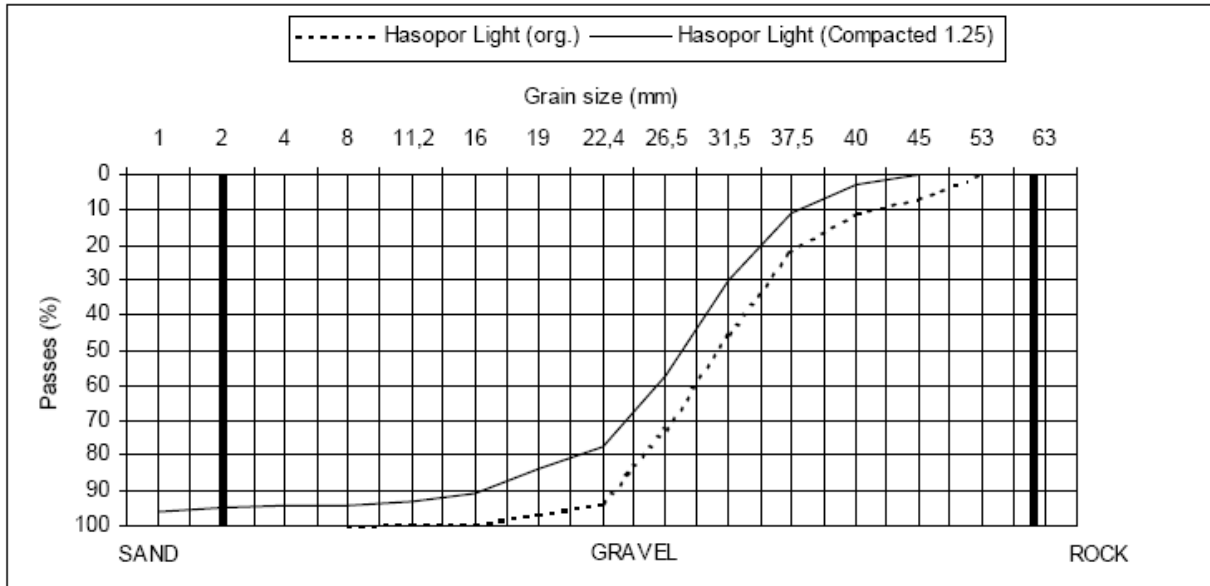


Figure 2.6.6a
Particle Size distribution for Hasopor Light

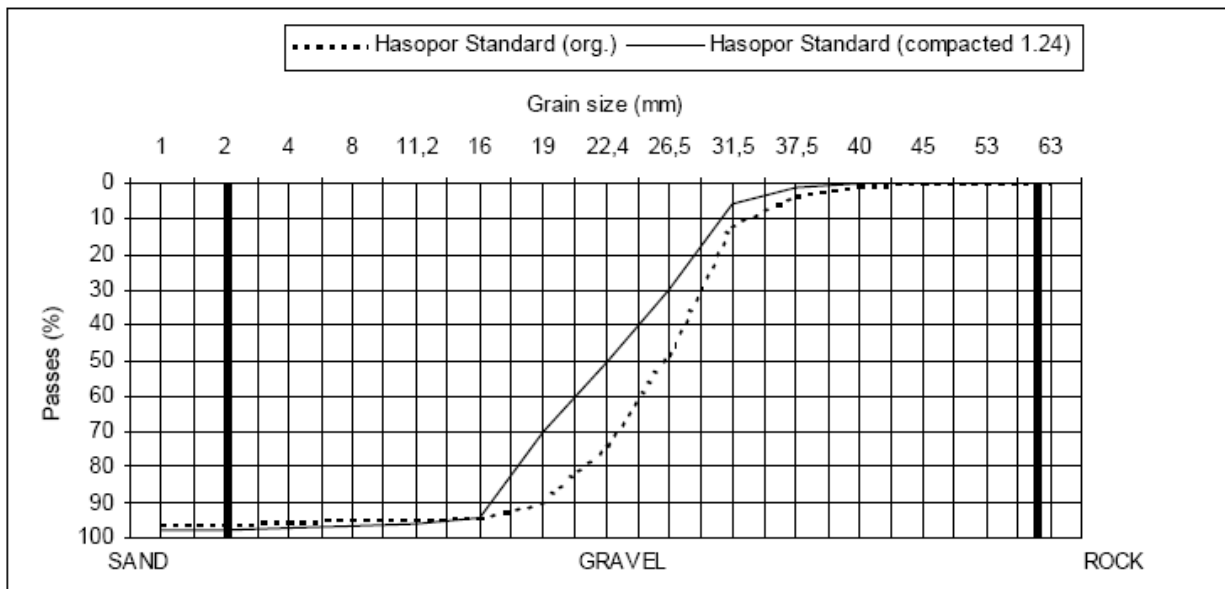


Figure 2.6.6b
Particle Size distribution for Hasopor Standard

2.7 Aspects of durability and serviceability

2.7.1 Resistance to freezing and thawing

2.7.1.1 Building applications

The resistance to freezing and thawing is tested in accordance with EN 12091. The test is performed on Hasopor Standard after long term water absorption by total immersion in accordance with EN 12087. After exposure of 300 freeze-thaw cycles the oedometer modulus are measured on both wet and dry material in accordance with Annex B in the CUAP for ETA request no. 12.01/08. The water absorption during immersion in accordance with EN 12087 and freeze-thaw cycles in accordance with EN 12091 are given in table 2.7.1.

Table 2.7.1
Water absorption

| Product | Density ³ (dry) kg/m ³ | Water absorption by total immersion EN 12087 W_{it} (%) | Water absorption during 300 freeze- thaw cycles EN 12091 W_m (%) |
|------------------|---|--|---|
| Hasopor Standard | ~280 | 30 | 40 |

The oedometer stiffness measured on dry and wet material after exposure of 300 freeze-thaw cycles is at least as high as for the original product.

Freezing and thawing does not reduce the compression stiffness.

No frost cracks or disintegration were observed after exposure of 300 freeze-thaw cycles.

There is no significant difference in the compression stiffness measured on wet and dry samples.

2.7.1.2 Road construction applications

The resistance to freezing and thawing is tested in accordance with EN 13055-2. The percentage loss of mass after 20 freeze-thaw cycles is 0.1 percent. No frost cracks or disintegration were observed.

Note:

In cases where the cellular loose fill may be exposed to freeze/thaw cycles it may be necessary to test the water permeability on material with the actual degree of compaction according to national application rules. Some tests are to be done on compacted material according to the CUAP for ETA request no. 12.01/08. For the use of the product in frost protection layers of road pavements according to national application rules it may be necessary to compact the material with a compaction relation of 1.6 : 1. National application rules may also require additional tests in relation to the relevant traffic loads in order to verify the long term load bearing capacity of the material.

2.8 Attestation of Conformity System

According to letter to EOTA from the European Commission 2004-02-13, regarding CE-marking, the system 3 of attestation of conformity applies. This system of attestation of conformity is defined as follows:

- (a) Tasks of the manufacturer: - Factory production control;
- Further testing of samples taken at the factory by the manufacturer in accordance with a prescribed test plan.
- (b) Tasks of the notified body: - Initial type testing of the product.

2.9 Tasks of the manufacturer

2.9.1 Factory production control

The manufacturer shall exercise permanent internal control of the production. All the elements, requirements and provisions adopted by the manufacturer shall be documented in a systematic manner in the form of written policies, procedures and a control plan, including records of results performed. This production control system shall insure that the product is in conformity with this European technical approval.

2.9.2 Testing of samples taken at the factory

Testing of samples taken at the factory according to a prescribed test plan is part of the manufacturer's control plan. The test plan is deposited at Norwegian Building Research Institute.

The finished product shall be tested for the characteristics and with the frequencies given in table 2.9.2.

Table 2.9.2

Tasks of the manufacturer, testing performed on the finished product

| Clause in CUAP | Characteristic/Title | Minimum frequency of testing |
|----------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 4.1.2 | Crushing resistance | 1 per day * |
| 4.6.2 | Capillary water suction height | 1 per month |
| 4.6.3 | Water absorption by total immersion | 1 per month |
| 4.6.4 | Thermal conductivity, dry material | 1 per 3 month |
| 4.6.5 | Density, loose bulk | 1 per day |
| 4.6.6 | Particle size distribution | 1 per month |

* If the test results show little variation the frequency can be reduced to once per month. This is to be decided by the approval body.

2.10 Tasks of the notified body

2.10.1 Initial type-testing of the product

Approval testing as shown in table 2.10.1 has been conducted by SINTEF Technology and Society, Rock and Soil Mechanics and NBI in accordance with the CUAP for ETA request no. 12.01/08 under the responsibility of NBI as approval body. NBI has assessed the results of these tests, and the product characteristics determined by the test programme have been found acceptable to serve as initial type-testing.

Table 2.10.1


Tests serving as Initial Type Testing

| Clause in CUAP | Characteristic/Title |
|----------------|---|
| 4.1.1 | Load bearing capacity, oedometer modulus |
| 4.1.2 | Crushing resistance |
| 4.1.3 | Behaviour under cyclic load |
| 4.1.4.1 | Creep strain |
| 4.6.2 | Capillary water suction height. Testing over a period of four weeks |
| 4.6.3 | Water absorption by total immersion. Testing over a period of four weeks |
| 4.6.4 | Thermal conductivity, both dry and wet material |
| 4.6.5 | Densities described in the CUAP for ETA request no. 12.01/08, clause 5.4.4. |
| 4.6.6 | Particle size distribution |
| 4.7.1 | Resistance to freezing and thawing |

2.11 CE marking

The product manufactured and controlled in accordance with this European Technical Approval authorizes the manufacturer to affix the CE marking on their packaging and also on the accompanying commercial documents. The initials CE shall be accompanied by the following information:

Example of CE marking and accompanying information for Hasopor:

| | |
|---|--|
|  | |
| Has Consult AS Dronningens gt. 9 NO-7011 Trondheim | Name and address of the responsible supplier |
| Miljøtek Hasopor AS NO-7531 Meråker | Name and address of the manufacturer |
| 05 | Two last digits of year of affixing the CE marking |
| ETA-05/0187 | Number of European technical approval |
| ®HASOPOR Standard | Product name |
| 225 kg/m ³ | Loose bulk density |
| Grading 10/60 G _{85/15} | Grading and cleanliness |

3 Assumptions under which the fitness of the product for the intended use was favourably assessed

3.1 Manufacturing

The European technical approval is issued for Hasopor on the basis of agreed data/information deposited with the Norwegian Building Research Institute, which identifies the product that has been assessed and judged. Changes to the product or production process, which could result in this deposited data/information being incorrect, should be notified to the Norwegian Building Research Institute before the changes are introduced. The Norwegian Building Research Institute will decide whether or not such changes affect the ETA and consequently the validity of the CE marking on the basis of the ETA, and if so whether further assessment or alterations to the ETA is necessary .

3.2 Installation

Hasopor should not be directly exposed for static loads exceeding 75 kPa during installation. During compaction under installation Hasopor should not be exposed for dynamic loads exceeding 50 kPa.

Recommendations for compaction of Hasopor during installation are given in Annex A. The degree of compaction is based on experience, the crushing resistance test, the Giant Oedometer test and the triaxial test. Recommended compaction degrees for the use in different applications are presented in table 3.2.

Table 3.2
Recommended compaction degree

| Product | Applications | Compaction degree |
|------------------|--|-------------------|
| Hasopor Light | - Lightweight fill - Frost insulating layer under wall foundation and floor slabs - Water capillary barrier and drainage layer under wall foundation and floor slabs | 1.15 |
| Hasopor Standard | Frost insulation layer in road construction | 1.25 |

Note:

Concerning installation (e. g. maximum bulk density before compaction and necessary degree of compaction) there may be national requirements and regulations.

3.3 Content of dangerous substances

Acceptable leaching of substances that may be dangerous to health and environment depends on the intended use, and must be determined case by case according to national regulations.

4 Indications to the manufacturer and supplier

4.1 Packaging, transport and storage

Hasopor must be transported and stored in such a way that the material is protected against crushing and dust collection.

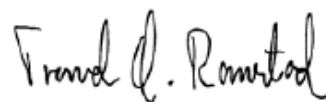
4.2 Use, maintenance, repair

It is the responsibility of the manufacturer to ensure that proper information for the use of Hasopor is available at each delivery, including general guidance on the basis of this ETA.

On behalf of
Norwegian Building Research Institute
Oslo, 12.10.2005



Terje Jacobsen
Director



Trond Ø. Ramstad
Head of product assessments

Recommendations for normal and light compaction of HASOPOR[®] during installation

The recommendations are based on experience and provisions given in Norwegian Standard NS 3458.

When stone aggregates (sub base, road base, gravel, etc.) are used on top of a Hasopor layer the following general rules must be observed:

1. Level and compact the Hasopor layer with a levelling equipment using belts (not wheels). The equipment must result in a ground pressure less than 50 kPa.
2. Level the stone aggregate.
3. Compaction of the stone aggregate with compacting equipment following national standard procedures.

When Hasopor is used as a foundation directly under a building structure (concrete floor, foundation, etc.):

1. If possible; level out and compact the Hasopor layer with levelling equipment using belts with a ground pressure less than 50 kPa.
2. If there are problems using a levelling equipment using belts; use manual equipment for levelling out the Hasopor layer.
3. Compact the Hasopor layer with a vibrating plate.

Avoid unnecessary trafficking directly on the Hasopor layer.

Table A1 shows recommendations according to equipment, maximum layer thickness and total overruns.

Table A1
Recommended normal and light compaction during installation

| Lightweight fill | Frost protection layer | | Trenches |
|-----------------------------------|------------------------|-------------|-------------|
| Track going equipment | ≤ 50 KPa | | ≤ 50 KPa |
| Vibrating plate | 50 – 200 kg | 50 – 200 kg | 50 – 100 kg |
| Maximum layer before compaction | | | |
| - Levelling equipment using belts | 1.0 m | 0.6 m | 0.3 m |
| - Vibrating plate | 0.6 m | 0.6 m | |
| Total overruns during compaction | | | |
| - Light compaction | 2 | 2 | 2 |
| - Normal compaction | 2 | 2 | 4 |

Note:

Concerning installation (e. g. maximum bulk density before compaction and necessary degree of compaction) there may be national requirements and regulations.



VEDLEGG 11

DELPROSJEKT 5 "LETTE FYLLMASSER OG ISOLASJONSMATERIALER"

GJENBRUKSPROSJEKTET

DELPROSJEKT 5 ”LETTE FYLLMASSER OG ISOLASJONSMATERIALER”

Målet er å tilrettelegge og øke gjenbruket av alternative lette materialer som skumglass, oppkuttete bildekk, aske, slagg, EPS blokker o.l. Noen av materialene er også aktuelle til frostsikringsformål. Materialene skal defineres og spesifiseres i størst mulig grad som ferdige produkter, for å lette arbeidet for Vegvesenet eller andre byggherrer (bestillere). Bl.a. skal det etableres ordninger for materialdeklarasjon. Dokumentasjon av miljøegenskaper er vesentlig for å kunne vurdere miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer.

Delprosjekt 5 ”Lette fyllmasser og isolasjonsmaterialer” er delt inn i 4 aktiviteter:

- DP5-1 Bildekk
- DP5-2 Skumglass
- DP5-3 Flyveaske
- DP5-4 Isolering med gjenbruksmaterialer

For alle aktivitetene vil følgende bli utført:

Gjennomgang av aktuelt bakgrunnsstoff

Hoveddelen av arbeidet dekkes av litteraturstudier i forbindelse med universitetsoppgaver (doktorgrad, hovedoppgave og prosjektoppgaver i Norge og Sverige) i tillegg til oppfølging og vurdering av utførte prosjekter i Norge og andre land.

Bedømmelse av materialenes brukbarhet

Aktiviteten skal munne ut i kriterier for vurdering av brukbarhet av materialene. Fysiske, mekaniske og miljøtekniske egenskaper skal dokumenteres og testmetoder angis (laboratorietesting). Gjennom dette arbeidet skal krav til materialene formuleres.

Designforutsetninger, praktisk utførelse, kontroll

Det skal utarbeides grunnlag for dimensjonering av lette fyllinger og frostsikrede vegkonstruksjoner med gjenbruksmaterialer. Retningslinjer for praktisk utførelse og kontroll utarbeides på bakgrunn av erfaringer fra utførte prosjekter.

Feltprosjekter

Det bygges prøvestrekninger med gjenbruksmaterialer i lette fyllinger og isolerte vegkonstruksjoner som instrumenteres og følges opp for å dokumentere at de fungerer som forutsatt. Egenskaper som følges opp er bl.a. langtidsdensitet (for å bestemme dimensjonerende tyngdetetthet), egenetning (nedknusing av materiale), bæreevne, spor og jevnhet på ferdig veg, frosttekniske egenskaper, utlekking samt arbeidsmetoder (utlegging og komprimering av materialene).

Arbeid med produktspesifisering

Aktiviteten omfatter generell produktspesifisering, uttesting av deklarasjonsordning og praktisk miljøgodkjenning av det enkelte materiale.

Delprosjektgruppen for DP5 ”Lette fyllmasser og isolasjonsmaterialer” består av:

- Roald Aabøe, Vegdirektoratet/Teknologiavdelingen (delprosjektleder)
- Arnstein Watn, SINTEF
- Geir Refsdal, Statens vegvesen Region midt
- Kjell Eriksen, Statens vegvesen Region øst
- Øystein Myhre, Vegdirektoratet/Teknologiavdelingen
- Arve Weng, Mesta AS



VEDLEGG 12
RAPPORTOVERSIKT
STATENS VEGVESEN GJENBRUKSPROSJEKTET 2002-2005

GJENBRUKSPROSJEKTET

RAPPORTOVERSIKT

STATENS VEGVESENS GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005

| Prosjekt-rapport nr. | Intern rapport nr. ¹⁾ | Tittel | Del-prosjekt | Utarbeidet av |
|----------------------|----------------------------------|---|--------------|--|
| 1 | 2309 | Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 1: Gjenbruk av knust betong og tegl i vegbygging Testing av mekaniske egenskaper – Erfaringsinnsamling | DP3 | Joralf Aurstad, SINTEF |
| 2 | 2310 | Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 2: Bruk av bildekk i støyvoller – Livsløpsvurdering | DP2 / DP5 | Karin Synnøve Østby, stud. techn. NTNU |
| 3 | 2350 | Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 3: Varm asfaltgjenvinning i verk | DP4 | Olav Ruud, ATI et al. |
| 4 | 2351 | Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 4: Kontroll og dokumentasjon av returafalt | DP4 | Olav Ruud, ATI |
| 5 | 2357 | Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 5: Gjenbruk av bildekk i vegbygging – Tekniske og miljøtekniske vurderinger | DP5 | Arnt-Olav Håøya, Rambøll AS og Roald Aabøe, Statens vegvesen |
| 5A | 2375 | Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 5A: Miljøovervåkning av 3 pilotprosjekter med oppkuttete bildekk 2001-2003 | DP5 | Arnt-Olav Håøya og Guro Thue Unsgård, Rambøll AS |
| 6 | 2408 | Erfaringer fra feltstrekninger med kaldblandet gjenbruksafalt - Vurdering av tilstandsutvikling og dekkelevetid | DP4 | Joralf Aurstad, SINTEF et al. |
| 7 | 2420 | Materialegenskaper for kaldblandet gjenbruksafalt - vannfølsomhet og styrkeparametere | DP4 | Johnny Stenshagen, Mesta as, Øivind Moen, Veidekke ASA et al. |
| 8 | 2421 | Feltforsøk med ubundet asfaltgranulat - Avsluttende undersøkelser på forsøksstrekningene på Fornebu | DP4 | Ragnar Bragstad, ATI et al. |
| 9 | 2410 | Materialstrøm for gjenvunnet asfalt | DP4 | Ragnar Evensen, Via Nova et al. |
| 10 | 2411 | Frostbestandighet av resirkulert tilslag | DP3 | Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, NBI /Standard Norge |
| 11 | 2422 | Gjenbruk av knust betong i vegbygging. Mekaniske egenskaper og testmetoder for resirkulert tilslag | DP3 | Joralf Aurstad, SINTEF et al. |
| 12 | 2423 | Gjenbruksvegen E6 Melhus | DP6 | Jostein Aksnes og Dag Atle Tangen, Statens vegvesen |
| 13 | 2431 | Materialdeklarasjon av resirkulert tilslag. Uttesting av deklarasjonsordning | DP3 | Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, NBI /Standard Norge |
| 14 | 2432 | Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging | DP2 | Gordana Petkovic, Statens vegvesen et al. |
| 14A | 2433 | Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – sementbaserte materialer | DP2 | Christian J. Engelsen, NBI /Sintef Byggforsk et al. |
| 14B | 2434 | Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – asfalt | DP2 | Torbjørn Jørgensen, Statens vegvesen et al. |
| 14C | 2435 | Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – oppkuttete bildekk | DP2 | Arnt-Olav Håøya, Rambøll AS et al. |
| 14D | 2436 | Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – Skumglass | DP2 | Arnt-Olav Håøya, Rambøll As et al. |

| | | | | |
|-----|------|---|----------|--|
| 15 | 2437 | Finstoffinnhold i gjenbruksbetong | DP3 | Joralf Aurstad, Statens vegvesen et al. |
| 16 | 2438 | Kjemisk nedbrytning av resirkulert tilslag. Forsøk med akselerert vanngjennomstrømning | DP3 | Christian J. Engelsen, NBI /SINTEF Byggforsk et al. |
| 17 | 2439 | Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag | DP3 | Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, NBI /Standard Norge |
| 17A | 2440 | Støttemur ved E6 Taraldrud. Anleggstekniske erfaringer med bruk av knust betong i nye betong | DP3 /DP6 | Dag Atle Tangen, Brobyggern AS /Statens vegvesen |
| 18 | 2441 | Gjenbruksvegen E6 Klemetsrud – Assurtjern | DP6 | Dag Atle Tangen, Brobyggern AS /Statens vegvesen |
| 19 | 2442 | Reelle muligheter for gjenbruk – status ved avslutning av Gjenbruksprosjektet | DP7 | Gordana Petkovic, Statens vegvesen |
| 20 | 2377 | Utradisjonelle gjenbrukstiltak – Eksempelsamling | DP8 | Dag Atle Tangen, Brobyggern AS /Statens vegvesen |
| 21 | 2445 | Gjenbruk av avfallsglass som granulert skumglass i vegkonstruksjoner | DP5 | Roald Aabøe, Statens vegvesen et al. |
| 22 | 2446 | Flyveaske fra papirproduksjon brukt i kalksementpeler | DP5 | Guro Brendbekken, Optimal geoteknikk et al. |

¹⁾ Teknologivdelingens rapportserie (Internrapporter, fra juni 2005 Teknologirapporter)