

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en avslutning på min femårige mastergrad i Byggeteknikk og arkitektur, ved Universitet for miljø- og biovitenskap. Oppgaven tilsvarer 30 studiepoeng og har strukket seg over fem måneder, fra januar til mai.

Det var hovedveilederen min, Jan Vaslestad, som inspirerte meg til valg av tema. Selv om temaet var nytt for meg virket det veldig spennende å skrive om noe som brukes i dag og som kan videreutvikles.

Dette semesteret har vært både lærerikt og utfordrende. Jeg har vært så heldig å få sitte på kontoret til Statens vegvesen Region øst på Brynseng i Oslo. Det har vært uvant å bruke et helt semester til kun å omfatte selvstendig arbeid, men med god hjelp og støtte av de ansatte i kontoret på Brynseng har det vært fem hyggelige måneder.

Jeg vil rette en stor takk til Jan som ordnet det slik at jeg fikk skrive masteroppgaven min om EPS i det rette miljøet. Sammen med Geir Refsdal har Jan vært en stor støtte under arbeidet med gode tilbakemeldinger og mange ideer. Geir Berntsen har vært til stor hjelp når det kommer til ekspertise på vegteknologi. Nina Utne, Arnulf Olson og Borger Kojedahl på Bruseksjonen har vært viktig i spørsmål om broer. Sist, men ikke minst, takk til Helene for korrekturlesning, støtte og oppmuntring underveis.

Alt i alt vil jeg si at mitt siste semester som student har vært en fin start på arbeidslivet og en verdig avslutning på IMT og UMB.

Oslo, 13. mai 2012

Simen Hermansen

Sammendrag

Oppgaven er delt i to deler.

Del A

Del A gir en innføring i produksjonen av materialet, materialeegenskaper, retningslinjer for bruk av materialet og bruksområder.

Norge var først ute i verden med bruk av EPS i vegfyllinger i 1972, siden det har teknikken spredd seg verden over. EPS er den letteste av de lette massene som brukes i vegfyllinger med 1 % av egenvekten til konvensjonelle fyllmasser. Materialet avlaster grunn med dårlig bæreevne på en god måte. Senere har flere andre land blitt med i utviklingen av nye bruksområder og tar stadig teknologien til nye høyder. I jordskjelvutsatte Japan bygger de opp til 17 meter høye EPS- fyllinger med vertikale vegger i bratt, rasutsatt terreng. Oppgavens første del viser også eksempler på nye bruksområder for EPS-blokkenes anvendelighet.

Del B

I den siste delen ses det nærmere på to lite brukte brobyggingsmetoder med EPS; Bro fundamentert direkte på EPS-fylling og en EPS-myrbro.

Broer som er direkte fundamentert på EPS er noe Statens vegvesen har hatt gode erfaringer med. Det har blitt bygget til sammen seks av denne typen i Norge, hvor alle har fungert som vegvesenet hadde beregnet, både på kort og lang sikt.

Verdens eneste EPS-myrbro finnes på fv. 610 i Sogn og Fjordane. Lite har blitt skrevet om denne type myrbro siden den ble bygget som i 1983. Dataprogrammene PMS2010 og NVDB123, samt fotoverktøyet ViaPhoto, har blitt benyttet for å kunne gi en analyse av vegstrekningens holdbarhet og utvikling over flere år. EPS-myrbroen har klart seg bra gjennom snart 30 år, både når det gjelder kvaliteten på EPS-blokkene og tilstanden ellers.

Begge brotypene fungerer veldig tilfredsstillende i sine funksjoner, i forhold til byggetid, økonomi og holdbarhet. Derfor burde det være gode muligheter å bygge flere broer som benytter seg av denne EPS-teknologien.

Abstract

The thesis is split into two parts.

Part A

The first part gives an introduction of the history of EPS in road use, the production, material properties and guidelines for use of the material and applications.

In 1972 the Norwegian Public Road Administration (NPRA) started using EPS in light road embankments, since then the technology has spread around the world.

EPS is the lightest of the light aggregates used in road construction, with only 1 % of the weight of conventional filling materials. It reduces the weight on ground with bad bearing capacity in a good way.

A number of other countries have taken part in the development of new application areas.

In earthquake-prone Japan they have built up to 17 meter high EPS-fills in steep terrain with a high landslide risk. The first part of the thesis will also show examples of EPS use in different infrastructure projects.

Part B

The last part takes a closer look on a marsh bridge of EPS and bridges founded directly on EPS. These two bridge types have been built and are still in use after several years in service. The bridges that are founded directly on EPS have functioned as NPRA had calculated and they were relatively cheap to build and are still cheap to maintain.

The EPS-marsh bridge were built in 1983 in the western part of Norway, and it is the only one of it's kind in the world. The thesis gives a technical description and a condition assessment of the almost 30 years old bridge. It's been taken samples of the EPS to see how the condition of the material is today. To assess the bridge itself computer programs as ViaPhoto, PMS2010 and NVDB123 have been used. The EPS-marsh-bridge seems to be in a good condition after almost 30 years in service.

Both of the EPS bridge types have been a success both in construction time, financially (short and long term) and durability. Because of this one should consider to apply more of this kind of EPS-technology in the future.

Innholdsfortegnelse

FORORD	1
SAMMENDRAG	3
ABSTRACT	5
1 INNLEDNING	9
1.1 PROSJEKTBEKRIVELSE	9
1.2 PROBLEMSTILLING	10
1.3 OMFANG OG BEGRENSNINGER	10
1.4 METODEVALG	10
2 GENERELT OM EPS	12
2.1 HISTORISK	12
2.2 EKSPANDERT POLYSTYREN (EPS)	14
2.3 PRODUKSJONSPROSESSEN	14
2.4 MATERIALEGENSKAPER	16
2.4.1 MATERIALKRAV	16
2.4.2 MILJØASPEKTER	20
2.4.3 PRIS PÅ ULIKE LETTE MASSER	20
3 LETTE MASSER	22
3.1 GENERELT	22
3.1.1 LETTKLINKER	22
3.1.2 SKUMGLASS	23
3.2 FARER OG UHELL	24
3.2.1 BRENNBARHET	24
3.2.2 OPPDRIFT	25
3.2.3 SETNINGSSKADER	26
3.2.4 VIND	27
3.2.5 BESTANDIGHET OVERFOR KJEMIKALIER	27
3.3 ANDRE METODER FOR Å STABILISERE GRUNN I NORGE	28
4 SLIK BYGGES EN EPS-FYLLING OPP – BILDESERIE	30
5 EKSEMPLER PÅ BRUKSOMRÅDENE TIL EPS I NORGE	35
5.1 VERTIKALE AVSLUTNINGER OG STØTTEMURER	35
5.1.1 FV.156 (GAMLE E6) VASSUM	36
5.1.2 KRYSNING AV GAUSTADBEKKDALEN I OSLO	36
5.2 UTVIDELSE AV EKSISTERENDE VEG PÅ EPS-FYLLING	37
5.3 LASTREDUKSJON OVER RØR	38
6 INTERNASJONAL BRUK AV EPS	40
6.1 JAPAN	40
6.1.1 GENERELT	40
6.1.2 YAMAGATA EXPRESSWAY	40
6.1.3 OTARI ROAD	41
6.1.4 NISHINOMIYA CITY, JERNBANEPLATTFORM	42
6.1.5 OPPDRIFTSMOTSTANDSDYKTIGE EPS-BLOKKER	42
6.2 HELLAS	45

6.2.1	EN AV VERDENS STØRSTE EPS-FYLLINGER	45
7	TILFELLER HVOR EPS IKKE BLE VALGT	47
7.1	RENOVERING AV STUBBERUDMYRA BRO	47
7.2	UTRASING AV FYLLING PÅ DOVREBANEN	50
8	EPS-IDEER OG MULIGHETER	52
9	NY RV.510 SOLASPLITTEN	54
9.1	GENERELT OM RV.510 SOLASPLITTEN	54
9.1.1	FAKTA OM SOLASPLITTEN	54
9.2	LENSMANNSBROEN	55
9.3	FYLLING BAK MUR	56
10	BROFUNDAMENTERING DIREKTE PÅ EPS	58
10.1	LØKKEBERGET BRO	58
10.2	HJELMUNGEN BRO	60
10.3	GANG- OG SYKKELBROER FUNDAMENTERT DIREKTE PÅ EPS	61
10.4	MIDLERTIDIG BRO	67
11	EPS-MYRBRO	68
11.1	BAKGRUNN	68
11.1.1	GRUNNFORHOLD	69
11.2	FYLLINGENS OPPBYGNING	70
11.2.1	VEKTBALANSE AV MYRBROEN PÅ EPS	70
11.2.2	TEKNISK BESKRIVELSE AV MYRBROEN	72
11.2.3	OBSERVASJONER ETTER FERDIG STILLELSE	74
11.3	OPPGAVER AV FYLLING HØSTEN 1992	74
11.4	OPPGAVER AV EPS-FYLLING VÅREN 2012	76
11.4.1	OBSERVASJONER FRA MYRBROEN	77
11.4.2	BRUDD I BETONGDEKKET	78
11.4.3	TILTAK PÅ NÅVÆRENDE VEG	79
11.4.4	TILTAK PÅ FREMTIDIGE MYRBROER PÅ EPS	79
11.5	RESULTATER FRA PRØVETAKING	80
11.6	TILSTAND ETTER SNART 30 ÅRS BRUK	82
11.6.1	BILDER FRA VIAPHOTO	82
11.6.2	SPORDYBDEUTVIKLING MED PMS2010 OG NVDB123	85
11.7	TANKER RUNDT MYRBROKONSEPTET	88
12	DISKUSJON	90
13	KONKLUSJON	93
13.1	ANBEFALINGER TIL VIDERE ARBEID	94
14	REFERANSER	95
14.1	MUNTLIGE REFERANSER	95
14.2	LITTERATURREFERANSER	95

1 Innledning

1.1 Prosjektbeskrivelse

Store avsetninger av marinleire forekommer hyppigst i de mest befolkningsrike delene av landet, da spesielt på Østlandet og i Trøndelag. Det faktum at slike grunnforhold er konsentrert til folkerike områder byr på utfordringer i vegbygging og gode metoder for å løse dette har lenge vært et fokus i bransjen. Vegbygging på dårlig grunn kan by på problemer i forhold til stabilitet og setninger. Opp i gjennom årenes løp har dette blitt løst på mange forskjellige måter, blant annet ved hjelp av lette masser. Tidligere brukte man lettklinker, lettbetong avfall og organiske materialer.

Som et forsøksprosjekt i 1972 brukte Veglaboratoriet blokker av ekspandert polystyren (EPS) til å bygge opp en vegstrekning over en myr i Akershus. Dette skulle vise seg å være særdeles vellykket. Veglaboratoriet hadde nå tatt i bruk et materiale som hadde trykkstyrken til å kunne bære en veg og samtidig bare hadde 1% av vekten til konvensjonelle fyllmasser.

Norge ble det første landet som tok i bruk den nye teknologien i vegbyggingsformål. Ut over 70-, 80- og 90-tallet kom mange land etter, som USA, Canada, Japan, Frankrike, Nederland med flere. EPS brukes ikke bare som rene vegfyllinger, men også som bakfyll bak murer, brofundamenter, avlastning over nedgravde rør og så videre. Det vil bli flere eksempler på dette i del A av oppgaven.

I del B ses det nærmere på EPS-løsninger på to typer broer. Broer fundamentert direkte på EPS-blokker og en EPS-myrbro. De to brotypene har allerede blitt bygd og fungerer godt i sin funksjon. Felles for broene, foruten at de består av mye EPS, er at de står i områder med dårlige grunnforhold og at det har blitt bygd få av dem. Både i form av byggetid, økonomi, setninger, miljøhensyn og holdbarhet har disse EPS-broene fordeler i forhold til konvensjonelle løsninger.

1.2 Problemstilling

I denne masteroppgaven skal det ses på hvilke anvendelser og bruk vi har av EPS i Norge, samt noe internasjonalt. Produksjonsmetoden, materialegenskaper og eksempler på EPS i vegkonstruksjoner vil bli presentert.

Et hovedfokus i oppgaven vil være å se nærmere på utvidet EPS-bruk til to forskjellige broløsninger; brofundamentering direkte på EPS og en EPS-myrbro. Det har allerede blitt bygget eksempler av disse brotypene som er i daglig drift.

For å tilstandsvurdere EPS-myrbroen vil det bli brukt fotoverktøyet ViaPhoto for å visuelt vurdere brostrekningen fra år til år. Dataprogrammene PMS2010 og NVDB123 vil også bli brukt for å se på spordybde og jevnhetsmålinger (IRI) på strekningen for å vurdere brostrekningen i forhold til tilstøtende strekninger.

Som feltarbeid skal det tas ut materialprøver fra EPS-blokkene i fyllingen til EPS-myrbroen.

Det skal også ses nærmere på flere broer som er fundamentert direkte på EPS. Det har blitt bygd seks broer av denne typen siden 1989, noen midlertid og andre permanente. Er dette en fundamenteringsmetode som det er verdt å satse videre på?

1.3 Omfang og begrensninger

Opgavens omfang begrenser seg i all hovedsak konsentrere seg om EPS i vegkonstruksjoner, med noen unntak hvor eksempler er hentet fra *jernbanesektoren* hvor det er funnet hensiktsmessig.

1.4 Metodevalg

I denne oppgaven ses det nærmere på EPS bruk i vegbygging i dag og hvilke muligheter det finnes ved bruk av materialet. Materialet til oppgaven har blitt hentet fra bachelor-, master- og hovedoppgaver fra 1979 og frem til i dag, i tillegg til håndbøker fra Statens vegvesen og internrapporter fra Statens vegvesen, produktbrosjyrer, internett, notater, konferansepresentasjoner og muntlige kilder. Det er hentet data fra felt og Statens vegvesen dataprogrammer, PMS2010 og NVDB123. Materiale og idèer har også kommet gjennom muntlig kommunikasjon med oppgavens veiledere og andre ansatte i Statens vegvesen.

DEL A

2 Generelt om EPS

2.1 Historisk

I Norge er et flere utfordrende grunnforhold som myr og marine avsetninger. Disse er ømfintlige for belastning. Det finnes flere løsninger for å løse dette problemet, de tre mest vanlige er masseutskiftning, peler under fylling og lette masser. En veldig dyr løsning er å bygge en bro over problemområdet.

Hvordan fant Statens Vegvesen, som første i verden, på å bygge en vei på EPS?

Lette fyllinger er ikke noe nytt i vegbyggingssammenheng. Vanlige vegbyggingsmasser som grus, stein osv. har ofte en vekt på 2000 kg/m^3 . Det kan gi en alt for stor belastning på grunnen, noe som kan føre til grunnbrudd og setninger. Lette fyllinger kan defineres som et lettere alternativ til tradisjonell vegfyllmasse. For å bygge opp en vegkropp med lettere masser enn dette har man tidligere brukt treavfall som bark og sagflis, lettklinker(Leca) eller lettbetong der hvor grunnforholdene har krevd det.

Etatsprogrammet «Frost i jord»

EPS i vegbygging startet med at Vegvesenet hadde et stort forskningsprosjekt kalt «Frost i jord» fra 1970 til 1976, et prosjekt som resulterte i stor materialkunnskap rundt bruk av XPS og EPS, både i forhold til styrke, deformasjon, utmatting og durabilitet. Under prosjektperioden ble det jobbet med blant annet både ekstrudert og ekspandert polystyren og materialets styrke ble vurdert under repeterende last og vannabsorpsjon.

Polystyrenplatene hadde en størrelse på mellom 5 og 10 cm, men det ble i løpet av prosjektet konkludert med at tykkelsen ikke spilte noen rolle (Ref.17 og m.k. G.Refsdal).

Figur 2.1 viser et bilde fra prosjektet hvor et tynt lag EPS blir brukt som frostsikring av vegen (Ref.17).



Figur 2.1 Fra prosjektet «Frost i veg», hvor et tynt lag av EPS blir brukt til frostsikring av veggen (Ref. 17).

Flombroer

På den tungt trafikkerte riksveg 159 mellom Oslo og Lillestrøm har Statens vegvesen tidligere hatt store problemer med setninger over et myrområde. Vegstrekningen lå på et tre meter tykt lag av torv som igjen lå over et 10 meter tykt lag av myk marin leire. Før ombygging hadde vegen sunket til sammen 80 cm, med setninger som hadde økt fra ca.5 cm til 20 cm per år. Vegkontoret i Akershus ba Statens vegvesens forskningslaboratorium om å se på problemstrekningen. Geir Refsdal brukte kunnskapen han opparbeidet seg med “Frost i veg”-prosjektet og tegnet opp en skisse av hvordan dette kunne se ut. Skissen utviklet seg til å bli noe en kunne bruke i praksis. Utover året 1972 tok prosjektet form og på høsten ble verdens første EPS-fylling bygget, et bilde fra dette anlegget er vist i figur 2.2 (Ref. 18).



Figur 2.2 Den første EPS-fyllingen tar form på rv. 159 sør for Lillestrøm (Ref. 18) .

2.2 Ekspandert polystyren (EPS)

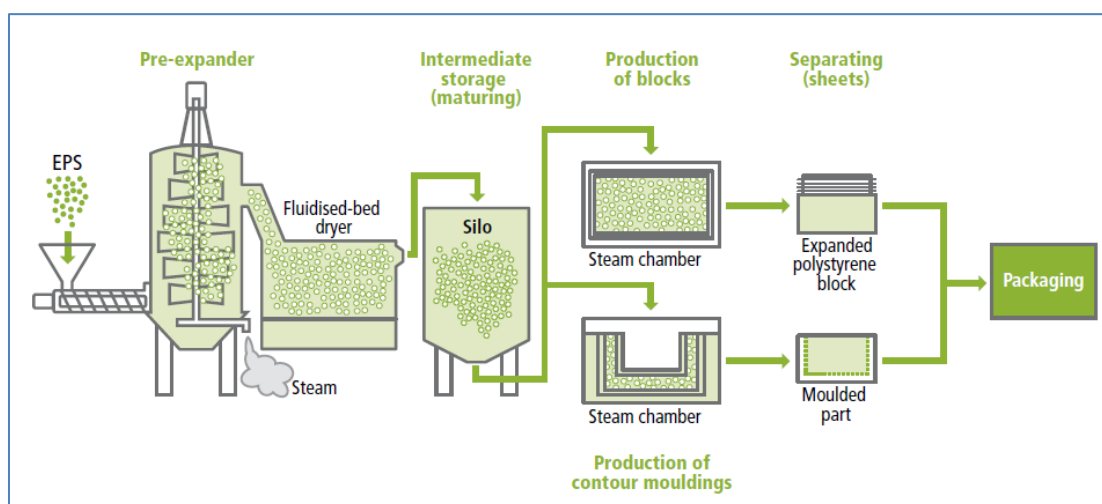
EPS, ekspandert polystyren, er et petroleumsprodukt. Produktet er kjent under mange navn, men i Norge betegnes det oftest som "isopor". Isopor er egentlig merkenavnet/varemerket til produsenten Brødrene Sunde AS. I dag kaller Brødr. Sunde sin EPS for Sundolitt. I denne oppgaven blir isopor eller ekspandert polystyren omtalt som EPS.

EPS består av plast som blir skummet opp, helt til blandingen består av 2% plast og 98% luft. Dette er grunnen til at produktet tidligere ble kalt for skumplast (Ref. 5).

Styren får en ved å raffinere og kjemisk behandle råolje. Det blir tilsatt en liten mengde av ekspansjonsstoffet pentan før stoffene gjennomgår en polymeringsprosess hvor det blir dannet granulat. Granulat er råstoffet til EPS og finnes som bittesmå perler (Ref.41).

2.3 Produksjonsprosessen

Selve produksjonen av EPS er en relativ enkel prosess som består av fem trinn vist i figur 2.4. Disse trinnene er forskumming, lufting, modning, forming, stabilisering og utskjæring. Under figuren følger en nærmere beskrivelse av hvert enkelt trinn.



Figur 2.4 Produksjonsprosessen av EPS, fra granulet til ferdig produkt (Ref. 13).

Forskumming

Her blir granulatet forskummet ved å bruke damp. Pentanet blir flytende ved romtemperatur og over 30°C fordampes det og ekspanderer med varmen. De opprinnelige

perlene øker sin størrelse opp til 50 ganger takket være pentanen. Densiteten går fra ca. 630kg/m^3 til mellom 10 og 35kg/m^3 (Ref.41).

Lufteseng

Her blåses de forskummede EPS-kulene rene for overfløydige gasser, før de blir sendt til midlertidig lagring (Ref.13).

Midlertidig lagring(modning)

Kulene blir lagret i store tekstilsiloer. Lagringen varer i et visst antall timer, avhengig av ønsket kvalitet. Dersom lagringstiden blir for kort kan det føre til at EPS-blokken ikke vil oppnå de rette produktspesifikasjonene. Da kulene er relativt skjøre er lagringen nødvendig i forhold til at undertrykket i cellene skal utlignes ved opptak av luft og dermed styrke kula (Ref.41).

Forming av blokker

Perlene blir så blåst inn i en høy metallform. Her blir luften fjernet og perlene blir for siste gang utsatt for damp. Siste rest av utvidelsesstoffet gjør at perlene blir ytterligere større, lufta blir fjernet og de kleber seg sammen. Nå har det blitt en EPS-blokk. I denne prosessen oppnås det som tidligere nevnt ca. 98% «luft» i produktet. Det er i denne prosessen en også kan forme EPSen i alle mulige fasonger, avhengig av hva den skal brukes til (Ref.41).

Stabilisering

Før oppskjæring av blokka må EPSen få stabilisert seg og stivnet for å oppnå ønsket form og dimensjon, akkurat som nystøpt betong. I tillegg må fuktigheten i blokka fordampe. Sist, men ikke minst, skal utvidelsesstoffet, pentan, fordampe, grunnet dets høye brennbarhet (Ref.41).

Utskjæring

Til å skjære ut de endelige dimensjonene brukes varmetråd (Ref.41).

Eventuell lagring og innpakking i plast er siste stopp før blokkene er klar til bruk.

2.4 Materialelegenskaper

Eurostandarden

Eurostandarden NS-EN 14933:2007 er den tekniske spesifikasjonen som beskriver materialelegenskaper, klasser og metoder. I Norge er bruken av denne eurostandarden mer veiledende, da det foreløpig ikke er krav om å følge den. Standarden brukes som veiledning i produksjonen. Statens vegvesen forholder seg til håndbok 274 (Ref. 2).

Krymp etter produksjon

Etter produksjon trenger EPSen en viss herdetid, slik som for betong, før materialet får de riktige egenskapene. Lagringen er ofte to uker. Ifølge eurostandarden skal tester bli utført først 48 timer etter å ha blitt lagret under følgende forhold: temperatur ved 23 ± 2 grader C og relativ luftfuktighet 90 ± 5 %. De relative forandringene i lengde ($\Delta\epsilon_l$), bredde ($\Delta\epsilon_b$) og høyde ($\Delta\epsilon_h$) skal ikke overstige 1% (Ref.14). Blir krympingen over dette tyder det på at materialeegenskapene ikke er som de skal.

2.4.1 Materialkrav

Trykkstyrke

Trykkstyrken til EPS-blokkene er viktig. Spesifikasjonene under finnes i Håndbok 274:

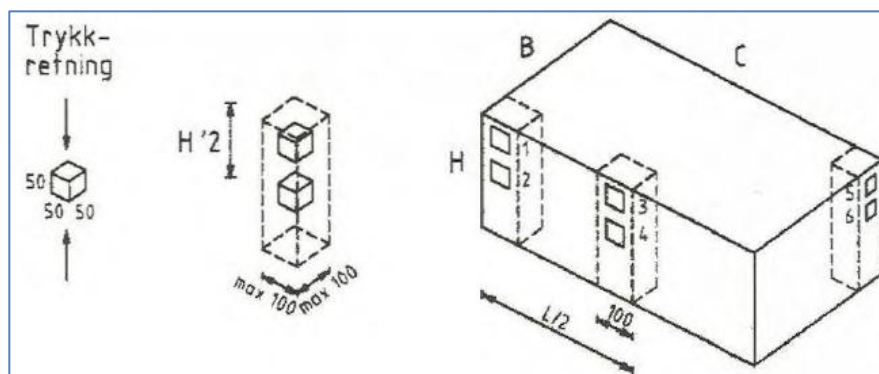
- Dimensjonerende trykkstyrke (dersom ikke annet er spesifisert): $\geq 100 \text{ kN/m}^2$
- Gjennomsnitt for alle blokkene: $> 100 \text{ kN/m}^2$
- Gjennomsnittet for en enkelt blokk (6 målinger): $\geq 90 \text{ kN/m}^2$
- Ingen enkeltmåling: $\leq 80 \text{ kN/m}^2$

Dersom en sterkere EPS-kvalitet benyttes:

- Gjennomsnittlig målt trykkstyrke skal minst være lik dimensjonerende trykkstyrke.
- Enkeltplokker skal i gjennomsnitt ha 90 % av dimensjonerende trykkstyrke.
- Ingen enkeltmålinger skal være mindre enn 80 % av dimensjonerende trykkstyrke (Ref.2).

Kontroll av styrkeegenskaper

“Trykkfastheten skal angis som spenning ved 5 % deformasjon, målt med enaksialt trykkapparat. Målingene skal foretas på prøver med størrelse 50 x 50 x 50 mm”, se figur 2.5 (Ref.2).



Figur 2.5 Slik skal prøver tas fra tilfeldig utvalgte blokker, for kontroll av styrke (Ref. 2).

Dimensjoner

EPS kan som kjent formes/støpes til så å si alle mulige former. I vegbyggingsformål forholder vi oss til en standard/krav. Disse kravene står beskrevet i Håndbok 274 (Ref. 2):

- Sidekant bør være minst 0,5 m,
Lenden bør være minst 2,5 m
Typisk EPS-blokk til vegfyllingfylling: h x b x l – 0,5 x 1 x 2 m
- Blokkene skal være rettvinklet og ha plane overflater. Maksimalt tillatt avvik fordimensjon(høyde, bredde og lengde) er $\pm 1\%$.
- Maksimalt tillatt avvik for jevnhet er 5 mm med 3 meter rettholt.

Termisk isolasjonsevne

Cellene i materialet er tette, de inneholder 98 % luft og 2 % polystyren. Luft er som kjent dårlig til å lede varme, det gir materiale svært gode isolerings egenskaper.

Byggebransjen bruker materialets meget gode isoleringsegenskaper til blant annet å frostsikre grunnmurer og murgulv.

Vannabsorpsjon

EPS er et ikke-kapillær eller ikke-sugende materiale. Materialet består av mange sammensmeltede celler. Cellene absorberer ikke vann, men derimot kan de små kanalene mellom cellene fylles opp. Siden kanalene er relativt små i forhold til cellene har tester vist at materialet maksimalt vil tiltrekke seg 5 % av sitt eget volum etter 28 dager (Ref. 41).

Brennbarhet

Ekspandert polystyren er et oljeprodukt og dermed brennbar. Det finnes to typer EPS, den vanlige og ikke-brennbar, såkalt SE-kvalitet. Den ikke-brennbare typen inneholdt et selvslukkende stoff som bestod av flammehemmende bromider. De siste årene har ikke SE-kvaliteten blitt benyttet i vegbygging i Norge, da det har blitt forbudt grunnet miljøhensyn (Ref.2).

Ifølge Håndbok 274 (Ref.2) ble SE-kvaliteten benyttet dersom:

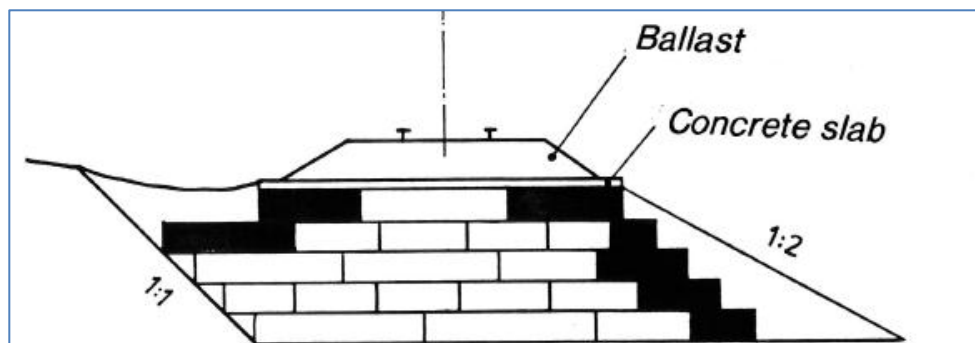
- Fyllingen var større enn 1500 m³.
- Hele eller deler av fyllingen ble liggende utildekket over lengre tid.
- Fyllinger nær konstruksjoner som trues ved evt.
- Fyllinger i tettbebygde område (barn som leker etc.).

Ved tilsvarende forhold i dag har Håndbok 274 følgende tiltak for å hindre brann i EPS-fyllinger i anleggsperioden:

- Vakthold ved fyllingen, gjerne i en flerskiftordning.
- Inngjerding eller annen sikring av byggeplassen og selve fyllingen.
- Forsiktighet ved bruk av skjære- og sveiseutstyr.

Da SE-kvaliteten ble brukt var denne 5 – 10 % dyrere enn EPS-blokkene av den brennbare kvaliteten (Ref.22).

Ved bruk av SE-kvalitet ble de brannsikre blokkene plassert ytterst, slik som vist i figur 2.6.



Figur 2.6 Tegningen viser en vanlig oppbygning av en fylling, hvor de sorte blokkene består av selvslykkende materiale. Slike selvslykkende blokker tillates ikke lenger i Norge (Ref.22).

Selv om EPS består av 98 % luft er ikke det nok for å opprettholde en brann, så en EPS-fylling er i prinsippet kun sårbar mot brann når den er utildekket og mottakelig for ekstern oksygentilførsel (Ref. 22). Med dagens byggemetode med en betongplate på toppen og membran med overdekning på sidene, skal en EPS-fylling være sikker mot antenning. Det er ingen kjente episoder fra Norge hvor en EPS-fylling i full drift har tatt fyr (m.k. Vaslestad/Refsdal). Dersom en brann likevel skulle oppstå vil det ikke frigjøres noen farlige gasser, det er i prinsippet det samme som når trevirke tar fyr. (Eksempler på brann i EPS er beskrevet i 3.3.1.)

Bestandighet

Polystyren er et meget bestandig materiale med egenskaper som kan forventes å forbli stabile over lang tid dersom behandlet som foreskrevet i bla. Håndbok 274 (Ref. 2).

I tiden som har gått siden den første EPS-fyllingen ble lagt i 1972 har det blitt foretatt flere målinger med hensyn på trykkstyrke og densitet, i drenert og neddykket tilstand. Generelt viser disse målingene at materialet klarer seg veldig bra (Ref.9).

EPS er et helsyntetisk materiale. Materialet er også svært bestandig mot aldring, dersom det blir utsatt for sollys vil overflaten gulne etter 14 dager. Dette laget er av sprø kvalitet, men grunnet den tynne tykkelsen har ikke dette noe å si for styrken til materialet (Ref.11).

EPS har ingen næringsverdi for dyr og insekter, dog yter ikke materialet noen motstand mot dyr og insekter som ønsker å bruke EPS som en lun bolig. EPS-fyllingene blir grundig tildekket med blant annet armert betong på toppen og membran på sidene. Oppspising av EPS er

generelt ikke et stort problem (Ref. 11).

2.4.2 Miljøaspekter

Produksjonsutslipp

I produksjon blir ingen miljøgifter sluppet ut i atmosfæren. Bruk av KFK (klorfluorkarbon) eller HKFK (hydroklorfluorkarbon) i produksjonen er forbudt (Ref. 11).

Brann

Ved en eventuell brann er som nevnt tidligere brennende EPS ikke mer forurensende enn vedfyring til tross for at det er et petroleumsprodukt (Ref. 16).

Avrenning

Vann som har vært i kontakt med EPS-blokker blir ikke utsatt for miljøgifter (m.k. G. Refsdal, 2012).

Gjenbruk

EPS-blokker som har vært brukt i en fylling kan fint brukes om igjen flere ganger. Små overflate skader, som avrevne hjørner, spiller liten rolle for en ny fylling.

Mange av blokkene som var i Løkkeberge bro over gamle E6 i Halden ble senere brukt i Hjelmungen bro lenger nord på E6, da førstnevnte bro ble revet (m.k. G.Refsdal, 2012).

2.4.3 Pris på ulike lette masser

Pris er alltid viktig i bygg- og anleggsbransjen og er svært ofte utslagsgivende i anbudskonkurranser. De forskjellige lette massene har til dels overlappende bruksområder, men EPS skiller seg ut med flere ulike bruksområder.

Prisutvikling

En bacheloroppgave fra 2011 (Ref. 11) sammenliknet priser på tre forskjellige lette masser fra 2011 og 1979. Sammenlikningen som er oppsummert i tabell 2.1 viser at EPS er dyrest sammenliknet med lettklinker (Leca) og skumglass. I forhold til kroneverdi har EPS og lettklinker blitt betydelig billigere siden 1979 og prisgapet mellom disse to har også blitt

mindre; I 1979 var EPS 56 % dyrere enn Leca, en forskjell som i 2011 var redusert til 41 % (Ref. 11).

Tabell 2.1 Prissammenlikning av lette fyllmaterialer (Ref. 11)

Materiale	Skumglass (Glasopor)	Lettklinker (Leca)	EPS (Standard, trykkstyrke 100 kN/m ²)
Pris pr. m ³ (2011)	320 kr	255 kr	360 kr
Pris pr. m ³ (1979)	-	157 kr	245 kr
1979 pris i nåverdi pr. m ³	-	577 kr	900 kr

Prissammenlikning

I bygging av fyllinger med lette masser er kostnaden for de lette massene bare én del av totalkostnaden. De forskjellige typene lette masser krever ulik type forarbeider. EPS skiller seg ut som den som krever flest arbeidstimer til bygging av fylling.

I en masteroppgave fra UMB, «Kostnader ved bruk av fylling med lette masser og kalk- og sementpeler» fra 2009 (Ref. 10), ses det blant annet på kostnadsnivået på ulike former for lette masser. Tall fra de utvalgte prosjektene viser at EPS-fyllinger er mellom 0,9 og 1,5 dyrere pr. m³ fylling enn lettklinker og skumglass.

Masteroppgaven fra 2009 (Ref.10) konkluderer ikke med et entydig svar da prisene i stor grad varierer fra prosjekt til prosjekt. Kostnadene per m² og løpemeter avhenger av fyllingshøyde- og bredde. Oppgaven har heller ikke tatt hensyn til forskjeller i grunnforhold, setninger og stabilitet (Ref. 10).

3 Lette masser

3.1 Generelt

Av de lette massene vi bruker i dag bruker til vegbygging er det EPS, lettklinker (Leca) og skumglass som dominerer. Prinsippet for lette masser er at vekten av de skal være lavere enn de opprinnelige massene (Ref.2).

Noen klare fordeler ved bruk av lette masser er en enkel og rask byggetid, redusert jordtrykk som forhindrer setninger og en frostisolerende funksjon. Oppdrift være til både fordel og ulempe, temaet blir nærmere belyst i kapittel 11.

3.1.1 Lettklinker

Lettklinker, også kalt *Leca*, produseres av leire som har blitt omdannet til et keramisk, kuleformet materiale med et hardt ytre skall og luftfylte innvendige celler (Ref.2).

Vekt

Lettklinker fås i flere sorteringer, den mest brukte i vegformål er 0/32mm. Dimensjonerende tyngdetetthet er for usortert materiale (0/32mm) 550 kg/m^3 og for sortert materiale (10/20mm) 500 kg/m^3 (Ref.2).

Fyllingsvinkel

Lettklinker har en rund form, maks fyllingsvinkel er 1:2 eller 30° . For å sikre god intern stabilitet og samtidig oppnå tilstrekkelig bæreevne i vegens ytterkant er det nødvendig å ha støttefyllinger av stabile masser (Ref.2).

Utlegging

Utlegging av en lettklinkerfylling foregår maskinelt. En trailer tømmer lettklinkeren på rett plass før en doser jevner det ut. Ved mindre og vanskelig tilgjengelig steder blåses lettklinkeren på plass. Komprimering kan blant annet utføres med en vibroplate (Ref.2). Figur 3.1 viser et bilde fra utleggingen av leca ved E18, Spydeberg (Ref. 42).



Figur 3.1 Utlekking av lettklinker (Leca) ved brokar ved E18 i Spydeberg (Ref.42).

3.1.2 Skumglass

Skumglass har blitt brukt i vegbygging i Norge siden 1990-tallet. Materialet blir laget ved å knuse returglass til et fint pulver som tilsettes en aktivator. Denne blandingen sendes så inn i en ovn hvor pulveret smelter og ekspanderer ved hjelp av aktivatorer, hvilket gir resultatet skumglass som består av 92% luft. Grunnet temperaturspenninger i skumglasset sprekker de opp og blir til granulat med en størrelse på 10 - 50 mm (Ref.2).

Vekt

Det skiller mellom to typer skumglass; lett (10/50mm) og standard (10/50mm). Disse variantene har henholdsvis 350 og 400 kg/m³ beregningsmessig tyngdetetthet i fyllingen (Ref.2).

Fyllingsvinkel

Skumglassgranulat har en fyllingsvinkel på maks 1:1 eller 45° (Ref.2). Sammenliknet med lettklinker har det en stor fordel da det ikke er nødvendig med støttefyllinger for å opprettholde den interne stabiliteten og tilstrekkelig bæreevne. Med dette spares både tid, penger og landareal.

Utlekking

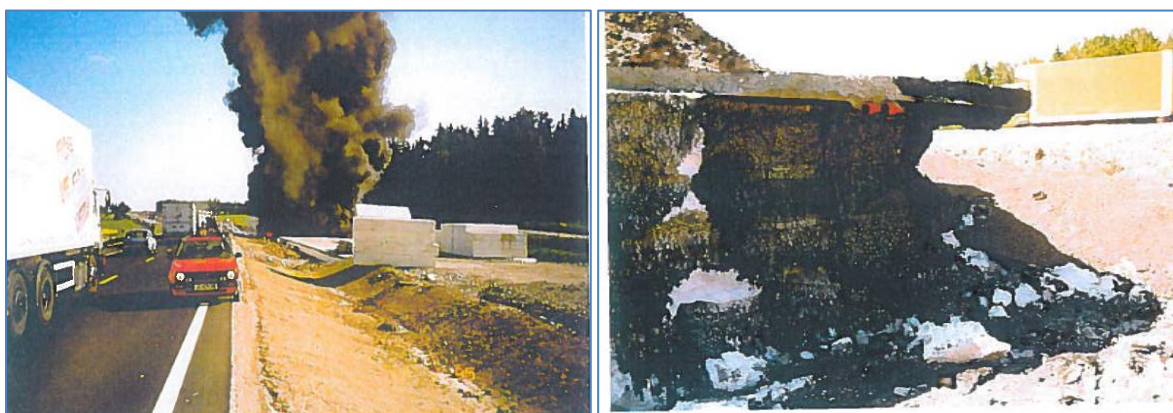
Utlekking av skumglass gjøres som med lettklinker. Utlekking og komprimering bør gjøres med gravemaskin, lett doser og/eller vibroplate (Ref.2). Å skille de lette massene er viktig, dette gjøres med fiberduk, i både over- og underkant, slik som vist i figur 3.2 (Ref.2).



Figur 3.2 Utlegging av skumglass over dårlig grunn over jernbanens nye driftsgård i Halden. (Ref. 43).

3.2 Farer og uhell

3.2.1 Brennbarhet



Figur 3.3 T.v.: EPS i full fyr på E6 i Vestby. T.h.: Skader etter brannen (Ref.9).

EPS er et petroleumsprodukt og er i seg selv svært brennbar. I Norge er det registrert noen få branner i EPS-fyllinger. To branner har blitt forårsaket av sveisearbeider på nærliggende brolandkar under anleggsfasen, den ene brannen var på E6-utbyggingen i Vestby i 1995, se figur 3.3. Her gikk flere hundre kubikkmeter med EPS opp i røyk i løpet av få minutter. Dette førte til varmeskader på betongkonstruksjonen. I begge tilfeller var det entreprenøren som ikke hadde fulgt retningslinjene ved arbeidet og måtte erstatte EPS-blokkene og reparere broen (Ref.9).

Det har vært tre tilfeller der forbipasserende til anleggsplasser og lekende barn har tent på EPS-fyllinger, når anleggsplassen har vært tom. (m.k. Vaslestad).

Antall EPS-branner siden 1972 har vært lite i forhold til antall EPS-fyllinger som i dag finnes. I 2012 er det i underkant av 1000 EPS-fyllinger i Norge. Brann i EPS-fyllinger ses ikke på som et problem i dag.

3.2.2 Oppdrift

Vann veier betydelig mer enn ekspandert polystyren, derfor har EPS en oppdrift i vann. I Norge har vi bare hatt ett kjent uhell hvor oppdriftsegenskapene til EPS har ødelagt en vegstrekning med.

Høsten 1987 kom det ekstremt mye nedbør i Osloområdet. Like før den kraftige nedbøren hadde det kommet et lite lag med tye i bakken, noe som førte til at regnet som falt ikke ble drenert i grunnen, men liggende over. Fyllingen hadde blitt dimensjonert for høyeste flomvannstand i området. På grunn av alle de uheldige omstendighetene som falt sammen den høsten gikk flommen 0,85 m over dimensjonert høyde. Dette resulterte i at fyllingen ved Flom broer mellom Oslo og Lillestrøm fløt opp, se figur 3.4 (Ref.9).



Figur 3.4 T.v.: EPS-blokker tyter opp. T.h.: Vannet hever vegfylling på rv. 159 sør for Lillestrøm (Ref.9).

3.2.3 Setningsskader

I 2008 ble det observert setninger i landkarene til Skullerudkrysset bro på E6 i Oslo, her viste det seg at EPS-fyllingene hadde satt seg med omtrent 50 cm. I for- og bakkant av Skullerudkrysset bro består landkarene av EPS-fyllinger, mens selve broen er pelefundamentert til fjell og har ikke blitt utsatt for setninger. Setningen i fyllingen førte til at fordelingsplata fra brofundamentet og over EPS-fyllingen hang i "løse lufta" og buet nedover. For bilistene på E6 følte setningene som en "dump" på begge sider av broen. Krummingen av midtrabatten førte til at pyntesteinen ble sprengt ut og havnet i vegbanen, dette er vist i figur 3.5 (m.k. A.G. Olsen).



Figur 3.5 Skader på midtdeler på landkar pga. setninger i Skullerudkrysset (A G. Olsen, 2008).

Grunnforholdene i dette området består av avsetninger av bløt og kvikk leire over fjell. Største dybde er opp til 50 meter (Ref.30).

Grunnen til at fyllingen satt seg var at den nye vegkonstruksjonen veide mer enn de tidligere massene. Nettopp dette bryter med hovedregelen om at nye konstruksjoner på grunn med dårlig bæreevne må veie like mye eller mindre enn den opprinnelige massen.

I dette tilfellet var tilleggsbelastningen på grunnen $35 - 45 \text{ kN/m}^2$, hvilket førte til setninger. Beregninger viser at de største setningene påløp i starten (Ref.30).

Mellom det øverste og det nest øverste EPS-laget oppstod det et tomrom på $7,5 \text{ m}^3$. For å tette igjen dette gapet ble 500 liter med stoffet Uretek-resin sprøytet inn, i tillegg til at et lag med EXS-plater, se figur 3.6.

Uretek-resin ble valgt på grunn av ønsket om så lav tilleggsvekt som mulig. Sammenliknet med Leca er dette materialet fem ganger så lett (Ref.31).

Uretek er mest kjent for Floorlift-metoden som fyller tomrom under bla. grunnmurer og hever grunnen (Ref.32).



Figur 3.6 T.v.: Setningsskader i Skulleruddumpa på E6 sør i Oslo. Det øverste EPS-laget henger igjen i taket, etter at resten av fyllingen har satt seg (A. G. Olsen, 2008). T.h.: Tomrommet er fylt opp igjen med XPS-plater Uretek-resin (S. Hermansen, 2012).

3.2.4 Vind

På grunn av materialets lave vekt kan vind potensielt skape problemer, men dette er i praksis ikke et stort problem. Til tross for manglende bakstøtte vil det være liten fare for at en høy fylling blåser over ende dersom gjeldende oppbygging- og tildekkingskrav er opprettholdt.

Under byggingen av en tilbakefylling på Solasplitten sør for Stavanger fikk et vindkast tak i en EPS-blokk i full størrelse og blåste den mange titalls meter over fyllingen. Problemet med vind ble senere løst med å legge H-bjelker av jern over utildekkede blokker (m.k. H. Poulsen). I anleggsfasen kan sterk vind være et problem på svært vindutsatte steder, men jevnt over er dette et lite relevant problem.

3.2.5 Bestandighet overfor kjemikalier

EPS er oppløselig i sprit, bensin og oljerelaterte produkter. Når alle forskrifter i bla. Håndbok 274 (Ref. 2) blir fulgt skal ferdige fyllinger være godt beskyttet mot bensin- og oljesøl.

Fyllingen er beskyttet på toppen av et betongdekke og på sidene av en membranduk. Det er ifølge (Ref. 9) ingen kjente tilfeller der en EPS-fylling i drift har blitt ødelagt eller skadet av løsemidler.

3.3 Andre metoder for å stabilisere grunn i Norge

Når en skal anlegge en veg over grunn med dårlig bæreevne er det viktig å ikke overstige grunnens bæreevne. Dersom vegkroppen blir for tung kan det føre til grunnbrudd og setninger i vegen. Det finnes mange løsninger å forsterke grunnen på. Punktene under finnes oppsummert i tabell 3.1 (Ref. 2).

Ifølge Håndbok 274 (Ref. 2) er følgende metoder mest brukt:

- Motfylling
- Masseutskiftning
- Lette masser
- Forbelastning
- Peling under fylling
- Myrbro/lavbro

Mindre vanlige metoder, men som er mer aktuelle i dag:

- Kalk- og sementpeler
- Armering under fylling
- Vertikale dren
- Grunnvannssenkning

Spesielle metoder som er lite brukt i vegbygging i Norge:

- Injisering
- Grunnfrysning
- Dypkomprimering
- Elektroosmose
- Saltbrønner

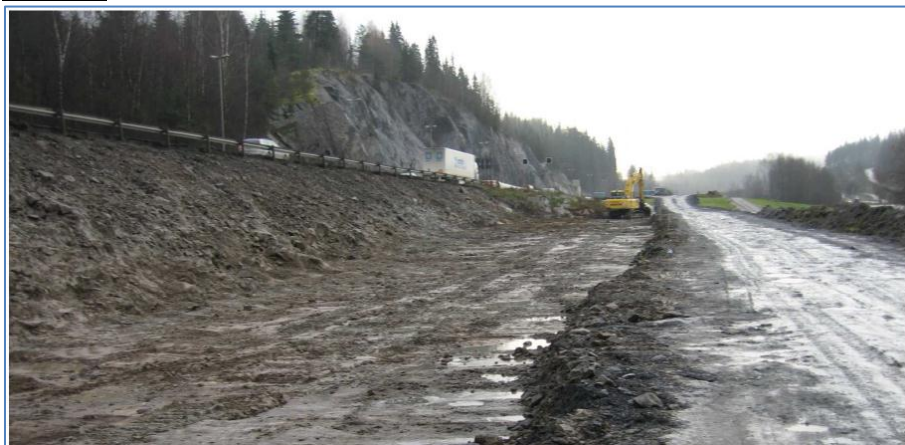
Tabell 3.1 viser kort hovedprinsippene, fordeler, ulemper og relativ kostnad ved hver enkelt metode (Ref.2).

Metode	Prinsipp	Spesielle fordeler/ulemper	Relativ kostnad
Grunnfrysning	Frysing av jord for å øke stryken i anleggsfasen.	Kan gi lavere udrenert skjærstyrke og økte setninger etter opptining. Uegnet i jord med sterk vannstrømning. Gir vanntett konstruksjon.	Høy
Injisering	Forsterkning av bløt grunn ved injisering.	Bruker ved vanskelige plass og grunnforhold f. eks. refundamentering av konstruksjoner.	Middels til høy.
Myrbro/lavbro	Last overføres til fast grunn eller fjell ved bruk av peler.	Ingen setninger eller bæreevneproblemer. Unngår barrierer. Vurdere eventuelle påhengskrefter på peler.	Middels til høy.
Lette masser	Bruke masser med lavere tyngdetetthet enn stedlige masser.	Enkel og rask byggeteknikk. Reduserer setninger. Oppdrift.	Middels
Vertikale dren	Dren installeres for å påskynde setninger.	Omrøring av masser ved nedsetting av dren kan gi stabiliseringsproblemer og økte setninger. Lite egnet i leire med lav krympotstandstall.	Middels
Peling under fylling	Lastkapasitet økes ved bruk av peler og betongplater/striper.	Vil kunne medføre poretryksøkning (og terrengheving).	Middels
Kalk- og sementpeler	Kalk/semest blandes med bløt bunn for å øke styrken.	Effekten av stabiliseringen skal dokumenteres ved laboratorieanalyser og eventuelt prøvepeling. Kalk og sement er kjemiske, etsende materialer.	Middels
Dypkomprimering	Komprimering for å øke densiteten i løst lagrede masser.	Enkel og rask utførelse. Øker bæreevnen og reduserer setninger etter utførelsen. Krever en viss avstand fra annen bebyggelse. Egnet i de fleste masser bortsett fra leirfraksjonen.	Middels
Grunnvannsenking	Senkning av grunnvann med ulike metoder.	Gir økt bæreevne og mindre setninger etter grunnvannsenkingen. Kan medføre setninger på områder i nærheten.	Middels
Masseutskiftning	Skifte ut dårlige masser med friksjonsmasser (graving/fortrengning).	Sikker metode. Ved store lagtykkelser vil kostnadene øke.	Lav til middels
Motfylling	Utlekking av støttefylling for å øke stabilitet.	Kan føre til økte setninger på grunn av belastningen.	Lav
Forbelastning	Påføring av last for å påskynde setning.	Tidkrevende	Lav
Armering under fylling	Strekkarmering legges inn under fyllingen.	Gir økt bæreevne. Reduserer ikke totalsetningene. Enkel og rask utførelse.	Lav

4 Slik bygges en EPS-fylling opp – bildeserie

For å illustrere på en enkel og forståelig måte hvordan en EPS-fylling blir til, vises det til bildeserien nedenfor.

Steg én:



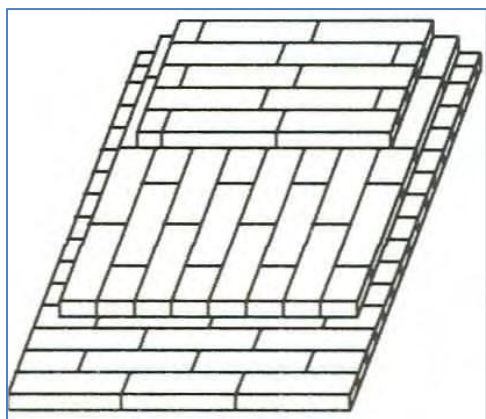
Figur 4.1 Forberede utleggingsstedet maskinelt, slik at det blir en relativ jevn overflate (Ref. 20).

Steg to:



Figur 4.2 Grunnen planeres ytterligere med et utjevningsslag, ofte sand, for så å legge på en geotekstil for å skille EPS-blokkene fra underlaget. Utjevningsslaget må komprimeres med vegvals eller «hoppetusse» (Ref. 20).

Steg tre:



Figur 4.3 Stabling av EPS-blokker. Når det blir stablet i flere høyder, er det viktig at blokkene blir lagt slik at stabiliteten blir størst mulig, det gjøres blant annet ved å legge blokkene i forband Lagene legges i forband (Ref. 2).

Steg fire:



Steg fem: Figur 4.4 Fiberduk i skråningen for å skille massene i skråningen fra avrettingslaget som kommer mellom EPS-blokkene og skråningen. Fyllmassen mellom skråningen og blokkene er ofte lettklinker (Ref. 20).

Steg fem:



Figur 4.5 Sprekker mellom blokkene som ikke er større enn 5 cm kan fylles opp med tørr sand eller lettklinker. Sprekker over 5 cm aksepteres ikke (Ref. 2) (S. Hermansen, 2012).

Steg seks:



Figur 4.6 Sideskråningen av EPS-fyllingen er dekket av membran (den svarte plastfolien) som følger blokkenes overflate. Membranen er tett for å beskytte skumplasten fra eventuelle løsemidler som bensin. Over membranen ligger en fiberduk som skal beskytte membranen. Over membranen og fiberduken ligger en overdekning av steinfri masse, med minimum 25 cm dybde (Ref.2). Bilde: (Ref. 20)

Steg syv:



Figur 4.7 For beskyttelse mot bla. løsemidler og for å få en god lastfordeling, støpes det et armert betongdekke direkte oppå EPS-fyllingen. En betongplate med en tykkelse på 10 cm vil ha en lastfordelingkoeffisient på 3,0 som er tre ganger som større som for et tilsvarende tykt grusdekke (Ref. 20).

Steg åtte:



Figur 4.8 Legging av forsterkningslag, komprimeres med vegvals eller vibratorplate. På grunn av betongoverdekning på 10 cm kan forsterkningslaget reduseres med 20 cm (Ref. 20).

Steg ni:



Figur 4.9 Ferdig med asfaltering, skråningene blir jevnet ut med gravemaskin (Ref. 20).

Steg ti:



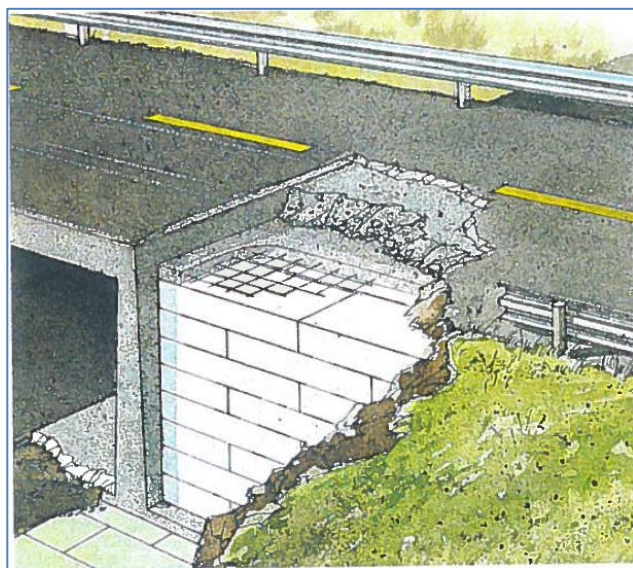
Figur 4.10 Ferdig veg (Google street view, 2009).

5 Eksempler på bruksområdene til EPS i Norge

5.1 Vertikale avslutninger og støttemurer

Normalt får EPS-fyllinger en sideavslutning med en helning 2:1. Sidene blir dekket med membran og fiberduk for å beskytte EPS-blokkene. I byområder hvor arealene må utnyttes mer effektivt, samt ved utbedring av ras i vegfyllinger i bratte områder, er vertikale avslutninger en god mulighet (Ref. 9).

Forholdet mellom vertikal- og horisontalbelastningen i EPS-materialet er omtrent 0,1 ved riktig utført tilstøtende jordfylling. Det vil si at horisontalkreftene mot tilstøtende brolandkar eller støttemur er betydelig redusert, en slik situasjon er illustrert i figur 5.1. EPS-stabelen er så stabil at det er mulig å ha en glippe til brofundament. Dermed blir det ingen horisontalbelastning på brofundamentet (Ref.9).



Figur 5.1 EPS som tilbakefyll reduserer kraftig, eller eliminerer, horisontaltrykk mot brokar (Ref.9).

I intern rapport nr. 1864 (Ref.24) blir følgende fordeler listet opp som fordeler ved å bygge vertikale avslutninger av EPS:

- Plassbesparende
- Enkelt å bygge i vanskelig terreng
- Sikrer stabilitet og reduserer setningene

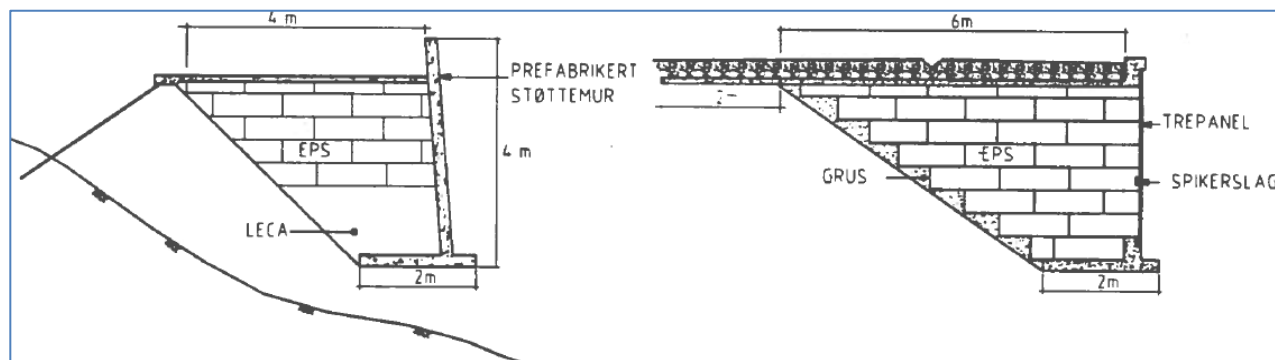
Det finnes tre hovedbruksområder for vertikale avslutninger (Ref. 24):

- EPS-konstruksjoner som står alene hvor den vertikale enden kun er tildekket for å beskyttes mot mekaniske skader, løsemidler osv.
- Bak landkar og inntil støttemurskonstruksjoner for å redusere jordtrykk.
- Som fundament til blant annet brukonstruksjoner.

5.1.1 Fv.156 (gamle E6) Vassum

Vertikale vegger

Gamle E6 slynger seg langs Bunnefjorden. Her er fjorden og dens langsliggende bebyggelse plassbegrensende faktorer. Da vegen skulle utvides med gang- og sykkelveg ble flere konstruksjoner med EPS benyttet, både som vertikale fronter, støttemur og bakfyllmasse. Prinsipptegninger er vist i figur 5.2. Som et ekstra tiltak mot horisontalkrefter ved kollisjon ble muren delvis forankret til fjell (Ref.9).



Figur 5.2 Prinsipptegninger fra gamle E6 langs Bunnefjorden. T.v.: Tilbakefyllmasse inntil støttemur. T.h.: EPS-fylling med kun trepanel som beskyttelse på sidene (Ref.9).

5.1.2 Krysning av Gaustadbekkdalen i Oslo

Vertikale vegger

Ved Gaustadbekkdalen i Oslo skulle det bygges en ny trikkelinje og en parallell veg på et område med dårlige grunnforhold. Byggherren, Oslo kommune, valgte en løsning med en EPS-fylling istedenfor en noe dyrere broløsning (Ref.9).

I denne fyllingen ble det benyttet 13 000 m³ EPS og høyeste fyllingshøyde var 6 m. De relativt store vertikale flatene fikk et beskyttende lag av sprøytebetong. Estetisk sett er

vanligvis ikke dette en foretrukket kledning, men i dette tilfellet ble det valgt da et fremtidig parkeringshus ville dekke flatene (Ref.9).

5.2 Utvidelse av eksisterende veg på EPS-fylling

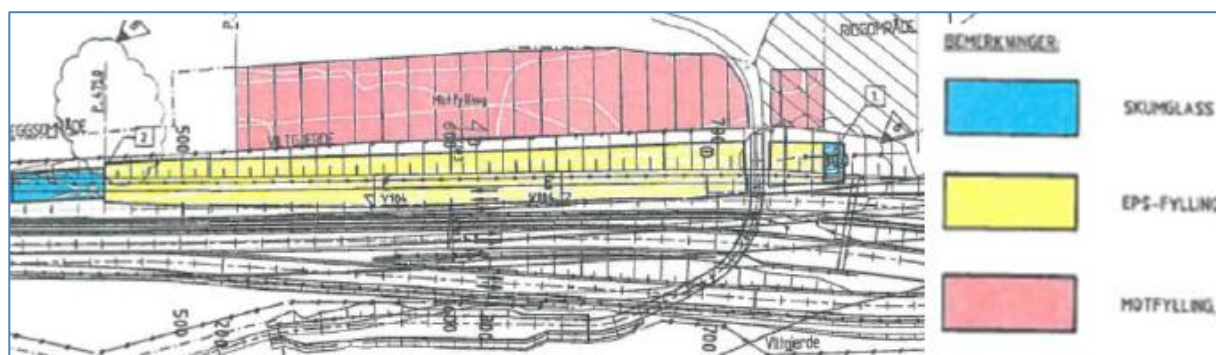


Figur 5.3 Bilde fra byggetiden på E6/E18 Vinterbro (Ref. 20).

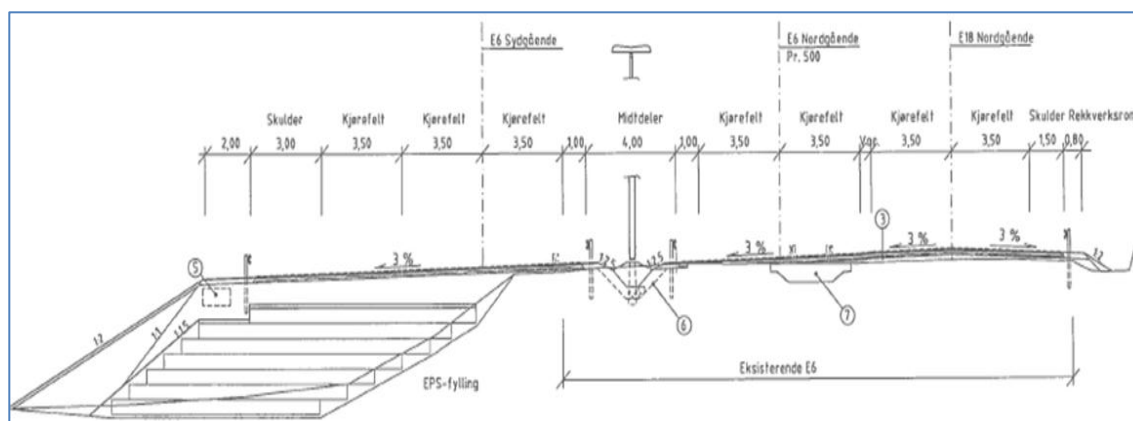
Vegfylling

I perioden 2007-2009 ble E6/E18 utvidet fra en firefelts motortrafikkveg til en seksfelts motorvegsom et ledd i motorvegprosjektet E6 Vinterbro- Klemetsrud. Arbeidet strakk seg over en drøy kilometer, figur 5.3 viser EPS-fyllingen på Vinterbroletta.

En 250 m lang EPS-fylling var en del av prosjektet, se figur 5.4 for plantegning.



Figur 5.4 Plantegning over motorvegutvidelse, E6/E18 på Vinterbro (Ref. 20).



Figur 5.5 Prinsipp-tegning fra utvidelsen med en EPS-løsning av E6/E18 på Vinterbro (Ref.20).

Den eksisterende vegen var bygd opp av tradisjonelle fyllingsmaterialer, stein og grus, som lå på fjellgrunn. Utvidelsen av vegen skulle i hovedsak skje på den ene siden av eksisterende veg, se figur 5.5. Grunnen under de nye filene bestod av bløt leire og det var langt ned til fjell da fjellet under utvidelesesområdet skrådde bratt nedover etter eksisterende fylling. Dersom en skulle brukt tradisjonelle fyllmaterialer kunne dette ha skapt setningsproblemer på grunn av grunnens dårlige bæreevne. For å unngå slike problemer falt valget på EPS grunnet den lave vekten (Ref.20).

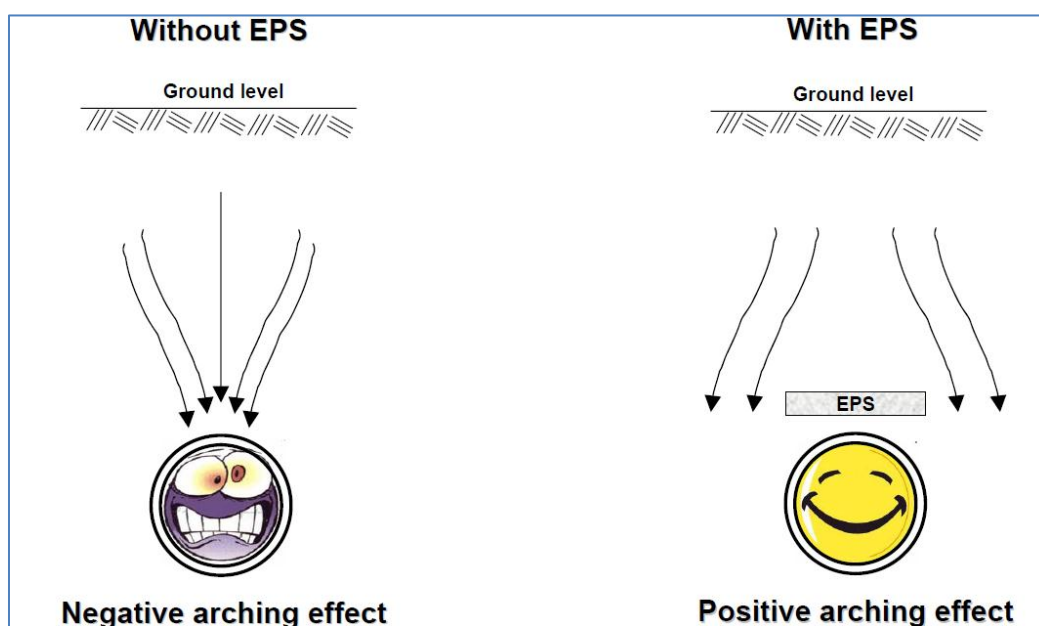
Høyeste EPS-fyllingshøyde var opp mot 6 m. For å oppnå en bedre drenering i grunnen ble det brukt stein av størrelse 8/12 mm som underlag for fyllingen. Det har ikke blitt registrert setninger i vegen i ettertid (Ref.20).

5.3 Lastreduksjon over rør

Lastreduksjon over stive rør eller kulverter med bruk av EPS, også kalt Vaslestad-metoden, er en teknikk som ble utviklet i Norge av Jan Vaslestad og Vegdirektoratet.

Stive og fleksible rør reagerer forskjellig når de blir utsatt for vertikalt jordtrykk. På grunn av at stive rør har en høyere stivhet enn omfyllingsmassene rundt, får røret omtrent dobbelt så høyt jordtrykk over røret i forhold til grunnen i ytterkant. Fleksible rør derimot har mindre stivhet enn omfyllingsmassene og får ca. halvparten så høyt trykk over røret som utenfor (Ref.19).

Det høye trykket fra massene rundt stive rør, kan over tid ødelegge rørene/kulvertene. For å forhindre dette kan en ganske enkelt plassere et EPS-lag over røret eller kulverten, noe som vil redusere jordtrykket betraktelig. Dette kalles "hvelveeffekten"; Mykt (kompressibelt) materiale tar opp kreftene og dermed reduserer kreftene på røret, se figur 5.6. Tidligere ble det brukt organisk materiale som høyballer og sagflis for å oppnå den samme effekten. For rør med diameter under 5 meter har tester med bruk av EPS vist seg å være god, med hensyn på redusert jordtrykk over tid (Ref.19).



Figur 5.6 Hvelveeffekt. Smilefjesene illustrerer trykkforskjeller i nedgravde rør med eller uten et lag EPS over (Ref. 38).

6 Internasjonal bruk av EPS

6.1 Japan

6.1.1 Generelt

Etter at Norge var først ute med å bruke EPS i vegkonstruksjoner på starten av 1970-tallet kom japanerne etter på 80-tallet. De så fordelene med å bruke EPS i områder med dårlige grunnforhold hvor det er viktig å redusere lastene (Ref.9). 11 100 japanske prosjekter har til sammen brukt over 5 millioner m³ med EPS frem til 2010 (Ref.39).

Etter at den første EPS-fyllingen ble bygget i Sapporo i 1985 har japanerne blitt en stor bruker av teknologien og landet har etter hvert tatt EPS-teknologien til nye høyder. Eksempelvis finnes det her fyllinger hvor største høyde er opp mot 17 m, Norge har til sammenlikning ingen høyere enn til 8 -9 m.

Japanske erfaringer viser at når EPS-konstruksjoner er bygget riktig har de god motstandsevne mot de belastningene jordskjelv påfører konstruksjonen. Eksempelvis hadde EPS-konstruksjoner etter jordskjelvet i 1995 ingen store tegn på feil/ødeleggelser (Ref.7).

6.1.2 Yamagata Expressway

Yamagata Expressway ble i 2010 bli utvidet i et område som tidligere hadde blitt utsatt for jordskred. Området lå i et bratt terreng (helningsvinkel 15° -18°) med høytliggende grunnvann. Her ble EPS valgt fordi det ville gi en kort byggetid, få og små tiltak ville sikre stabiliteten i skråningen, noe som til sammen gav en lav total kostnad (Ref.34).

Figur 6.1 viser et bilde fra byggetiden. Maksimal fyllingshøyde var 16 m, total lengden var 135 m og kravene for trykkstyrke var satt til 140 kN/m³ i øverste lag og 50 kN/m³ for resten.

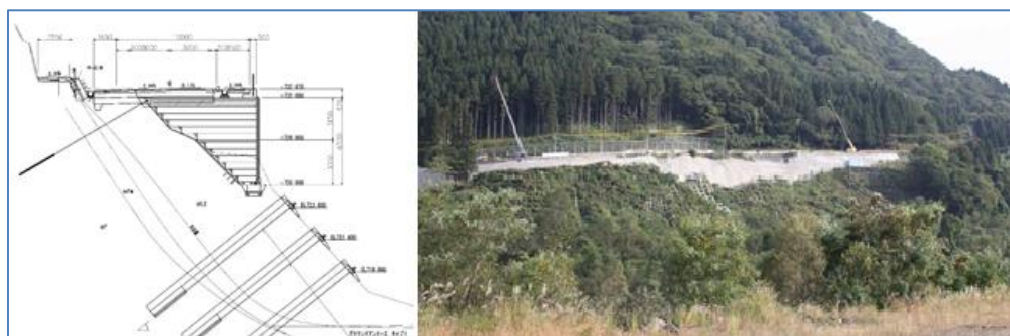


Figur 6.1 Yamagata Expressway, bilde fra byggetiden (Ref.34).

6.1.3 Otari Road

Otari road hadde mange av de samme problemstillingene som Yamagata Expressway, dårlig grunn med 10 - 20 meter tykt lag med leire og skråning med 40° helning, se figur 6.2. I tillegg var dette området jordskjelvutsatt. EPS ble valgt på grunn av materialets fordeler med hensyn på stabilitetsproblemer, tids- og kostnadsbesparelser og ikke minst sikkerhet mot jordskjelv (Ref.34).

I dette prosjektet var den maksimale høyden 17 m, totallengden 1200 m og det samlede EPS-volumet 30 000 m³.



Figur 6.2 T.v.: Ontari Road med tverrsnittegning (Ref. 34). T.h.: EPS-fyllingen under bygging (Ref. 34).

6.1.4 Nishinomiya city, jernbaneplattform

På grunn av sikkerhets- og tidshensyn ble EPS brukt til utvidelse av en jernbaneperrong i Nishinomiya city. Ved arbeider ved plattformer må arbeidene gjennomføres raskt, ofte i ferier når det er mindre trafikk. Arbeidet må bli unnagjort i løpet av få dager.

Foruten dets letthet har EPS også den fordelen at det er klart til bruk når det ankommer byggeplassen og blokkene kan plasseres raskt på plass, noe som var avgjørende i dette prosjektet.

Figur 6.3 viser bilder fra byggetiden. For dette prosjektet var maksimal høyde 1 m, totalengden 60 m og det samlede EPS-volumet 110 m³.



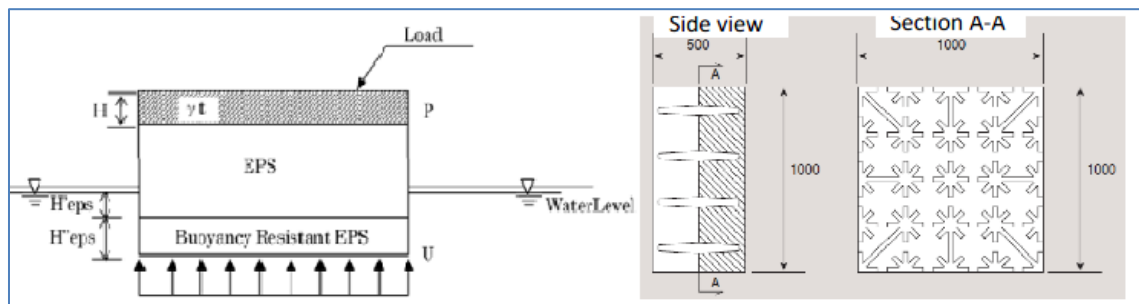
Figur 6.3 T.v.: Jernbaneplattform i Japan, under bygging (ref.39). T.h.: Ferdig plattform (ref.39).

6.1.5 Oppdriftsmotstandsdyktige EPS-blokker

Standard EPS er 50 ganger lettere enn vann, så dersom vannet kommer høyt nok opp på en EPS-fylling vil den flyte opp. I de tilfellene hvor en EPS-fylling ikke greier å møte sikkerhetsfaktoren mot oppdrift, som blant annet innebærer at fyllingen skal kunne motstå en 200 års flom (Ref. 2), kan bruk av oppdriftsmotstandsdyktige EPS-blokker løse problemet. Figur 6.4 viser en skisse som illustrerer dette prinsippet.

I kryssing av myrområder kan dette være en aktuell problemstilling. En konvensjonell løsning er å øke overbygningen på fyllingen. Ved ekstrem flom er det en vanlig løsning, men som en

permanent løsning vil det fungere dårlig. Økes egenvekten for mye kan fyllingen overstige sin grunnens kapasitet og setninger og/eller grunnbrodd vil forekomme (Ref.38).



Figur 6.4 T.v.: Høydesnitt av en EPS-fylling med oppdriftsmotstandsdyktig EPS-blokk i bunn (ref.38). T.h.: BR-EPS blokk sett ovenfra (Ref.38).

I Japan har en funnet en løsning på problemet, blant annet ved å lage ekstra dreneringsgrøfter og ved bruk av BR-EPS-blokker. BR-EPS-blokker er en forkortelse for "Buoyancy-Resistant EPS-Blocks". BR-EPS blokker er noe lavere enn vanlige EPS blokker (25 cm høye) med flere gjennomgående hull som sørger for at grunnvannet kan renne fritt gjennom fyllingen og dermed minske oppdriftseffekten, se figur 6.4. Vekten og trykkstyrken for øvrig er lik som standard EPS.

Der BR-EPS blokker er brukt under hele fyllingen kan oppdriften senkes med 60 %, se figur 6.5, 6.6 og 6.7 for en kort bildeserie over hvor denne teknikken brukes (Ref. 38).



Figur 6.5 En myr i Japan før ny veg (Ref.38).



Figur 6.6 Fylling med oppdrifts-motstandsdyktig EPS i en myr i Japan (Ref. 38).



Figur 6.7 Ferdig veg på fylling med OM EPS-blokker i Japan (Ref. 38).

6.2 Hellas

6.2.1 En av verdens største EPS-fyllinger

Fyllingen, som ble bygget i 2008, er en del av motorvegen E75 mellom Athen og Thessaloniki og den første og hittil eneste EPS konstruksjonen i Hellas (2011). Det er en av verdens største fyllinger av EPS, med et volum på 65 000 m³, se figur 6.8 (Ref.35).

Motorvegen ligger i et myrområde i et elvedelta, hvor bakken kun ligger 1 meter over havnivå og grunnvannet ligger like under overflaten. Myra ligger over myk og normalkonsolidert leire ned til 25 meters dybde. Denne delen av Hellas er også utsatt for sterke jordskjelv (Ref.35).

Før EPS-fylling ble valgt forsøkte en å styrke grunnforholdene ved hjelp av steinsøyler. Det ble satt i gang bygging av fyllinger av normale masser til blant annet broramper og fyllinger over kulverter. Da byggingen av fyllingene nådde 4 – 4,5 meters høyde utløste det et 200 m langt grunnbrudd. Det viste seg at steinsøylene ikke hadde bidratt til å forsterke grunnen, da det øverste laget av myk leire ga liten eller ingen sidestøtte (Ref.35).

I dette tilfellet måtte det tenkes nytt og raskt da store trafikkproblemer gjorde at den nye motorvegen ikke kunne bli forsinket. En ny konstruksjon måtte beregnes for kort- og langtids stabilitet og motstå jordskjelv.

En EPS-fylling møtte alle disse kravene og byggetiden ble kun på 2,5 måneder (Ref.35).

Fyllingen har en lengde på 1030 m, største høyde er på 8,5 m og har et totalvolum på hele 65 000 m³ (Ref.35). Det enorme volumet førte til at det ble opprettet en egen EPS-fabrikk på anlegget. Fabrikken hadde en gjennomsnittsproduksjon på 1000 m³ om dagen. Å legge produksjonen av EPS til anleggsstedet var logistisk fordelaktig, samtidig som det var besparende både økonomisk og miljømessig (Ref.35).

I hele fyllingen ble det brukt standard EPS, altså vekt 20 kN/m³ og trykkstyrke på 100 kN/m².

Tre år etter at konstruksjonen var ferdig blir prosjektet regnet som en suksess, både med hensyn på byggetid, sikkerhet og setningsutvikling (Ref.35).



Figur 6.8 En 65 000 m³ stor EPS-fylling i Hellas. (Ref.35).

7 Tilfeller hvor EPS ikke ble valgt

7.1 Renovering av Stubberudmyra bro

På slutten av 1960-tallet hadde ikke EPS i vegbygging blitt oppfunnet enda, dersom myra skulle krysses av en veg i dag hadde et EPS-alternativ vært et godt alternativ.

I Stubberudmyra ligger grunnvannet stabilt høyt hele året. I flere uker sommeren 2011 og 2012 blir motorvegen innsnevret fra åtte- til firefelt under renoveringsarbeidet. Den totale kostnaden for jobben blir ca. 70 millioner kroner.

Dersom EPS-teknologien i vegbygging fantes på slutten av 1960-tallet, hadde Statens vegvesen og samfunnet spart mye penger og trafikkaos i dag.

På den høyt trafikkerte motorvegen E6, nord for Oslo, ligger Stubberudmyra bro. Dette er en gammel myrbro fra 1969 med en lengde på 315 meter og en bredde på 38,5 meter. 825 betongpeler er pelet til fjell eller fast morene og overbygningen består av 1500 prefabrikkerte trekantede skallelementer i betong, se figur 7.1 (Ref.28).



Figur 7.1 Legg merke til karakteristiske skallene i Stubberudmyra bro på E6 nord for Oslo (A. Håkonsen, 2011).

Behov for reparasjoner

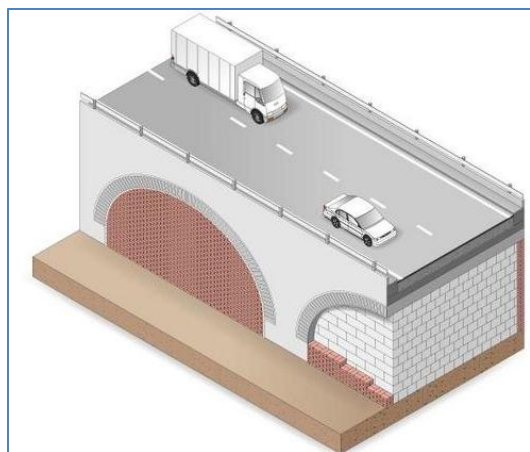
Frem til 2004 lå myra rett oppunder selve brodekket. For at Statens vegvesen enklere skulle kunne inspisere undersiden av broen ble store mengder myrmasse fjernet fra undersiden av brokonstruksjonen. Etter utgravningen ble høyden under skallelementene mellom 2,5 – 3 meter. Det ble også lagt inn drenering for å holde vannstanden nede. (Ref.28/29)

Det ble avdekket at de gamle skallelementene var i en dårlig forfatning og at broen hadde et sterkt behov for oppgradering. Det var ikke holdbart å kun reparere enkelte skallelementer lenger og flere alternative metoder ble vurdert.

Ulike løsninger

Det ble vurdert to EPS-løsninger i utredningsfasen. Den ene gikk ut på at overbygningen (skallelementene) og pelene ned til bakkenivå skulle rives. Det skulle støpes en betongplate på bakkenivå over alle pelene som igjen skulle dekkes med en lettfylling av EPS-blokker. Skallelementene skulle rives og erstattes med et betongdekke over pelene, over dette ville det komme en vanlig vegoverbygning (Ref. 29).

En annen EPS-løsning som ble vurdert var å legge opp en lettfylling under eksisterende konstruksjon, (se figur 7.2 hvor Sundolitt har tegnet en prinsipiell løsning på problemet), hvor full kontakt til brotaket ville oppnås ved å fylle injeksjonsslanger med egnede masser. Dersom skallelementene kollapset ville lettfyllingen overta vekten, for så å føre den ned til undergrunnen.



Figur 7.2 Slik ser Sundolitt for seg at gamle broer kan rahabiliteres (Ref. 45).

Dette forslaget ble forkastet på grunn av grunnens dårlige bæreevne. Dersom fyllingen setter seg vil det skapes et tomrom mellom fyllingen og brodekket, noe som vil kreve etterinjisering.

De gamle skallelementene kan kollapse, dette vil føre til ujevnheter i veggen da det blir vanskelig å rette opp styrken under det ødelagte skallelementet (Ref. 29).

De forskjellige EPS-løsningene ble forkastet blant annet av den grunn at det ville skape problemer for drencsystemet lagt inn i myra, kostnaden ville bli høyere og trafikkavviklingen under anleggsperioden ville ikke kunne blitt gjennomført på en tilfredsstillende måte (m.k. A. Olsen, 2012).

Valgte løsning

Den valgte løsningen går ut på å fjerne asfalten, kulden og sanden som ligger over skallelementene, for så å bruke elementene en siste gang som forskaling til en armert betongplate med tykkelse 28 - 60 cm. Pelene er i god stand, så de blir brukt videre.

Det vil si at skallelementbroen blir gjort om til en vanlig (myr)brokonstruksjon (Ref. 28).

Å stenge motorvegen nord for hovedstaden kan ikke gjøres uten videre. Vedlikeholdet av broen blir derfor foretatt over to somre når trafikken er betydelig redusert. Én og én side blir tatt av gangen og veggen snevres inn fra åtte- til firefelt, se figur 7.3. Broen renoveres somrene 2011 og 2012.



Figur 7.3 Fra åtte til fire felt under byggeperioden (H. Skjebstad, 2011).

7.2 Utrasing av fylling på Dovrebanen

Våren 2012 ble Dovrebanen i Soknedalen sør for Trondheim tatt av jordras. Jordskredet rev med store mengder masse og lot omtrent 30 m spor henge i løse lufta, se figur 7.4 (Ref. 47).

For å reparere skadene må det kjøres inn flere 10 000 m³ masse. Hele jernbanens underbygning må bygges opp med sprengstein i 180 meters høyde. Selv med døgkontinuerlig drift regnet Jernbaneverket med å bruke flere uker før jernbanen kan åpnes igjen (Ref. 46).

Hvorfor benytter ikke Jernbaneverket seg av en EPS-løsning? Eksempler fra utlandet viser at utraste vegger i bratt terreng har blitt gjenoppbygd på svært kort tid og gjort permanent.

Ingeniørgeolog Roar Nålsund i Jernbaneverket kunne gi en utfyllende forklaring på dette spørsmålet (12.04.12):

”Dalen jernbanen her går gjennom er svært krevende. På hver sin side av elven i dalen ligger Dovrebanen og E6. Dalskråningen er bratt og består av finkornet morene masser.

Jernbanefyllingen er bygget opp av de lokale massene. Der fyllingen er vasket ut skal erstatningsmassen bestå av sprengstein, dette skal gi bedre friksjon mot de omliggende massene.

På grunn av den bratte hellingen så går fyllingen helt ned til elva, over 60 høyde meter med en hellingsvinkel på 35°. Fyllingen skal bygges opp på nytt så raskt som mulig, da blir kjente metoder brukt. Skulle en EPS-løsning blitt brukt hadde det gått med mye tid på utredning og beregninger. I Norge finnes det lite erfaringer med dette i bratt terreng.

Raset har gått i en bekkedal. En EPS-fylling her kunne blitt laget med drenering.

Et nytt jordras ville kunnetette dreneringen, det ville da bygd seg opp vanntrykk mot de lettemassene. På grunn av EPS sin meget lette vekt ville være svært utsatt for utrasing.

En jernbane er mye mer setningsømfintlig enn veger. Setninger på noen få millimeter kan føre til avsporing. Den nye stivheten en EPS-fylling representerer er ikke kjent for Jernbaneverket og hvilke konsekvenser det vil få for setningene over tid.

Hadde det vært et nytt prosjekt med en ny banestrekning kunne det vært aktuelt med EPS-fyllinger i vanlige skråninger utenom bekkedaler.

Nålsund konkluderer med at det ikke var tid eller sted for et eksperiment. Derfor ble det brukt kjente metoder som kunne bli satt i gang, så fort skadeomfanget ble kjent.

I tillegg å skaffe til veie flere tusen m³ med EPS-blokker på få dagers varsel kan være problematisk.”

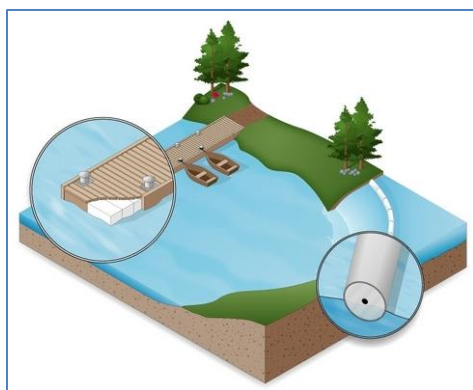


Figur7.4 Et enormt jordras på Dovrebanen i Sør-Trøndelag. En EPS-løsning ble ikke valgt (O. J. Kjellmark, 2012).

8 EPS-ideer og muligheter

Flytebroer

Nedenfor vises et eksempel fra Sundolitt sin nettside, hvor EPS har blitt tenkt brukt i en flytebrygge og i pontonger, se figur 8.1. En benytter seg da av materialets gode oppdriftsegenskaper. Når EPS blir brukt i flytebrygger er det en nærliggende å tenke at materialet kan bli brukt i en flytende bro. I første omgang kan det bli brukt på mindre midlertidige broer av flytepontonger over små vassdrag og liknende.



Figur 8.1 Figuren som er hentet fra Sundolitt sine hjemmesider viser EPS tenkt i flytebrygger og pontonger. Videreutvikling av denne ideen kan være EPS-bruk i flytende broer (Ref.15).

Støyvoller

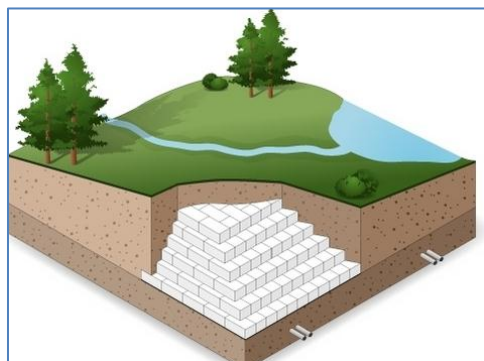
I områder med dårlig grunn og/eller infrastruktur i bakken som ikke vil tåle større tilleggsbelastninger, vil en voll bygd opp av EPS-blokker være et godt alternativ, se figur 8.2. En annen fordel i urbane områder vil være at man sparer vegnettet for mange store lastebiler under anleggsperioden, fordi et lastebillass kan ta opp mot 100 m^3 , sammenliknet med $15\text{-}20 \text{ m}^3$ ved konvensjonelle masser (Ref. 45).



Figur 8.2 Støyvoll bygd opp av EPS (Ref 45).

Landscaping

Med EPS kan en forme landskapet på en rask og effektiv måte, eksempelvis ved utforming av golfbaner eller parkanlegg, slik som vist i figur 8.3.

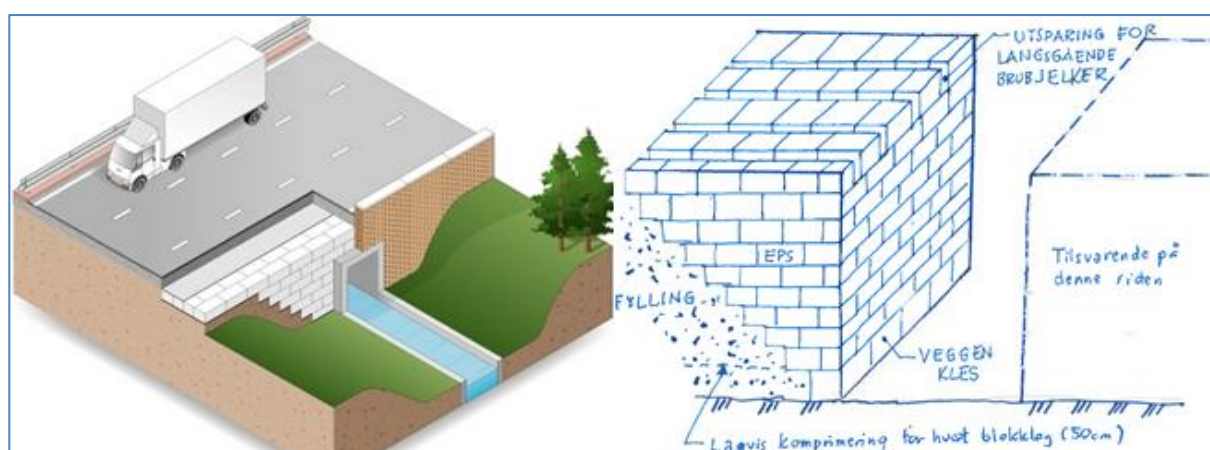


Figur 8.3 Golfbaner eller parkanlegg bygd opp av EPS-blokker (Ref. 45).

Kulvert/Gang- og sykkelvegundergang av EPS

Kulverter er relativt dyre å bygge i dag, spesielt på områder med dårlig grunn. Tanken er at sidene på en kulvert kan bygges opp med EPS, en urealisert idé av Geir Refsdal i Statens vegvesen. Som tegningen til høyre på figur 8.4 viser vil det i det øverste EPS-laget bli holdt av åpne spalter hvor betongbjelker skal støpes/plasseres.

Til venstre i figur 8.4 vises hvordan EPS blir fylt opp rundt en kulvert av betong, hentet fra Sundolitt sine nettsider. Ideen til Refsdal går ut på at kulverten skal klare seg med et tak av betong.



Figur 8.4 T.v.: Sundolitt sin løsning med EPS-fylling rundt en betongkulvert (Ref.45). T.h.: G. Refsdals forslag til en kulvert hvor også veggene består av EPS.

9 Ny Rv.510 Solasplitten

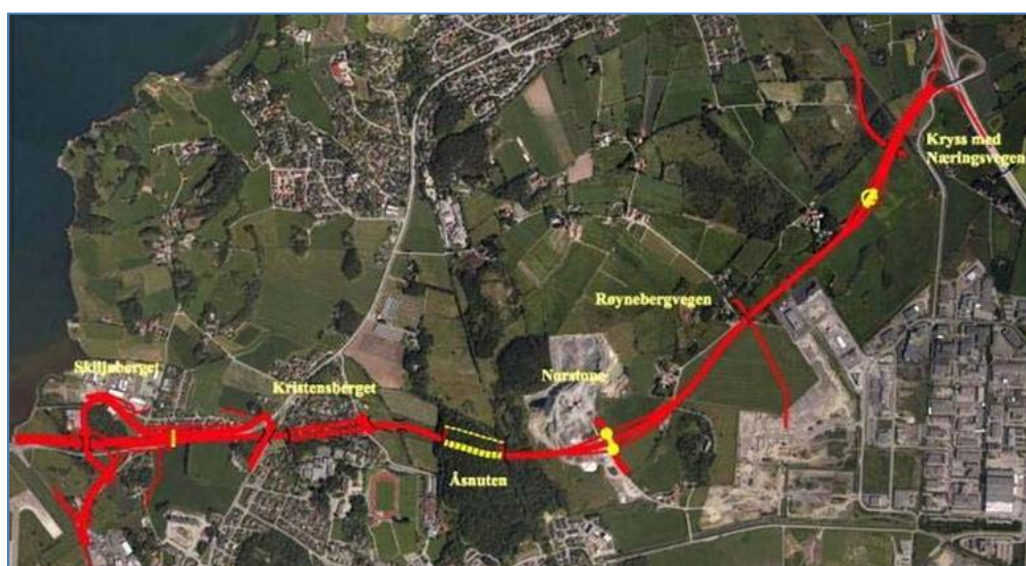
9.1 Generelt om Rv.510 Solasplitten

Riksveg 510 Solasplitten er en ny forbindelse mellom motorvegen E39 og Stavanger lufthavn Sola. Den nye vegen avlaster den gamle flyplassvegen, rv. 510 Nesbuvegen, som stort sett går gjennom tettbebygde områder. Den nye vegen skal gi positive ringvirkninger til blant annet nærområdet, næringsliv, trafikkstøy og trafiksikkerhet. Figur 9.1 viser kart over strekningen.

Rv. 510 Solasplitten var nær ved å bli planlagt som en firefelts veg med planskilte kryss. I siste øyeblikk ble det imidlertid bestemt at den skulle kun ha to felt med midtdeler, derfor er alle broer i og over veglinjen tilpasset fire felt. Kulverten er bygget ut for fire felt, mens tunnelen kun får ett løp. De to ytterste feltene i vegen blir beplantet.

9.1.1 Fakta om Solasplitten

Prosjektet omfatter: 4 km riksveg, 2,5 km lokalveger, 3 broer i veglinjen, 5 broer som krysser over vegen, en ca. 300 m lang løpsfjelltunnel og en ca. 300 m lang firefeltsbetongkulvert. I dette prosjektet inngår det tre EPS-fyllinger; To til rampene til gang- og sykkelvegbroen "Lensmannsboren", samt én bak en støttevegg.



Figur 9.1 Kart over Solasplitten (Aftenbladet.no, 29.03.2012).

9.2 Lensmannsbroen

Lensmannsbroen er en betongbro fundamentert på fire peler i hver ende, se figur 9.2 og 9.3. Rampene til broen blir bygd opp av EPS for å unngå setninger på grunn av dårlige grunnforhold (m.k. H. Paulsen).

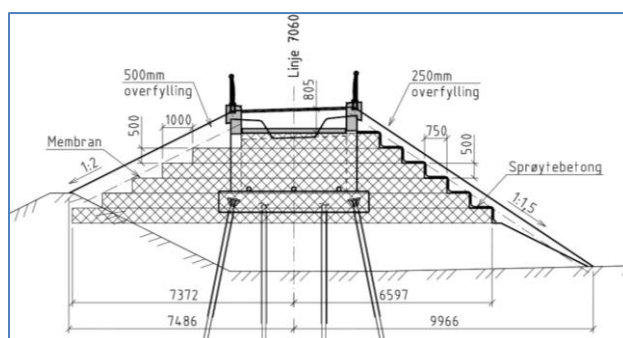


Figur 9.2 Lensmannsbroen i over Solasplitten med ramper av EPS (S. Hermansen, 2012).

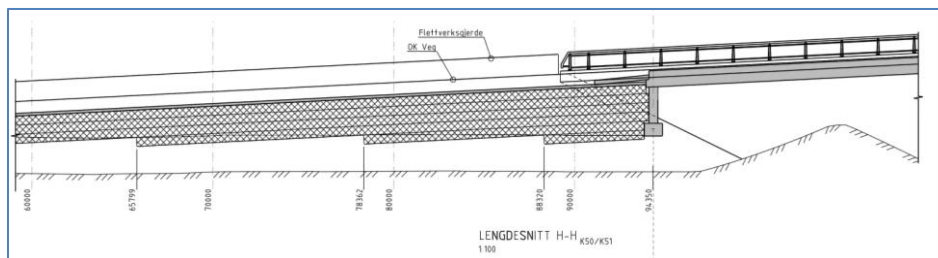
Sidene på fyllingene skal stort sett dekket med sprøytebetong som et beskyttende lag over EPS-blokkene. Sprøytebetong blir brukt da det gir en ru og tett overflate, dette er fordelaktig da det skal festes et geonett i betongen. Over betongen kommer et lag med torvblokker.

På oversiden av fyllingen skal det støpes et beskyttende betongdekke. Det brukes til sammen 5 000 m³ standard EPS (trykkstyrke=100 kN/m³) på fyllingene til Lensmannsbroen (m.k. H. Paulsen).

Fyllingene til gang- og sykkelvegbroen er bygget opp såkalt «omvendt terrassert», se figur 9.4. Dette er en nokså dyr løsning, grunnet mye for- og etterarbeid med grunnen. Metoden kunne vært gjort enklere med en tradisjonell fyllingsoppbygning hvor grunnen planeres ut i én høyde med en gang, for så å stable blokker i etterkant (m.k. H. Paulsen).



Figur 9.3 Tversnitt av fyllingen ved pelefundamenteringen (Multiconsult, 2011).



Figur 9.4 Lengdesnitt av fyllingen til Lensmannsbroen på Solasplitten (Multiconsult, 2011).

9.3 Fylling bak mur

Den tredje EPS-fyllingen i vegprosjektet ligger bak en betongvegg hvor den nye vegen har blitt bygd opp på en steinfylling relativt nærme en stor høyspentmast, se figur 9.5. Da skråningen av steinfyllingen ville kommet i konflikt med høyspentmasten ble det bygget en halvmåneformet mur rundt masten, dimensjonert med EPS som bakfylling for best mulig sikring. Forholdet mellom vertikal- og horisontalspenninger er på 0,1, hvilket gir et så lavt horisontaltrykk som mulig mot murveggen og høyspentmasta (m.k. H. Paulsen).

Totalt volum EPS i bakfyllingen er 2500 m^3 , den største høyden er på 5 m. Hoveddelen av fyllingen bygges med styrke på 100 kN/m^2 , mens de to øverste lagene har en noe større styrke, 140 kN/m^2 (m.k. H. Paulsen).



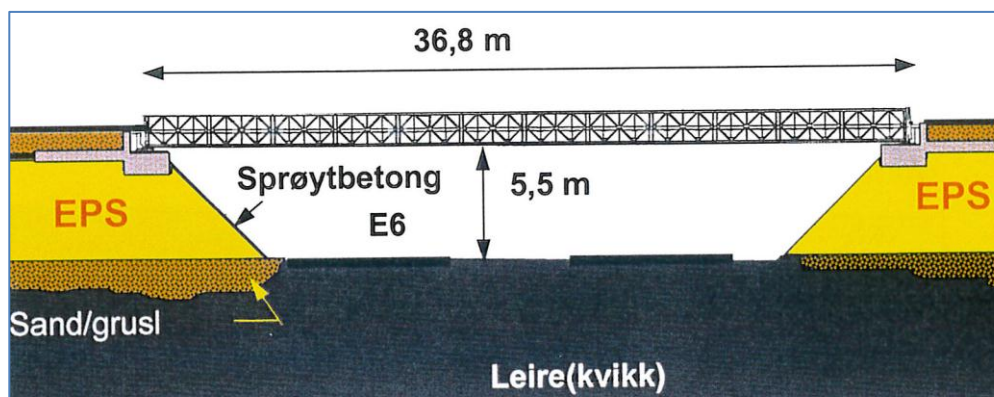
Figur 9.5 Mur med EPS-oppfylling bak (S. Hermansen, 2012).

DEL B

10 Brofundamentering direkte på EPS

10.1 Løkkeberget bro

Løkkeberget bro var ment til å være en midlertidig løsning i krysset mellom Rv.21 mot Halden og E6. Det var i utgangspunktet meningen at vegen skulle stå i tre til fem år, i forbindelse med at E6 skulle gjøres ferdig med ny trasé mot Sverige. Broen ble bygget i 1989, men ble ikke tatt ned før i 2005/2006 da E6 åpnet som motorveg over Iddefjorden (Ref.9).



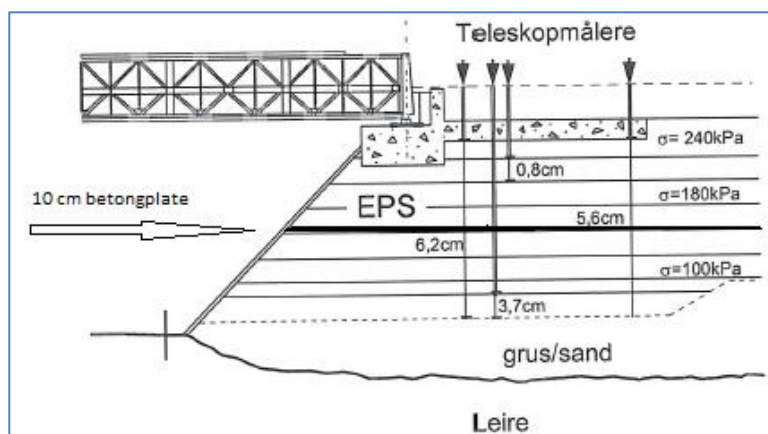
Figur 10.1 Prinsipptegning av Løkkeberget bro i Halden (Ref.9).

Første i sitt slag

Broen var den første hvor landkar ble fundamentert direkte på høye EPS-fyllinger. Tilløpsfyllingene ble også bygget opp av EPS. Broen hadde ett kjørefelt og et spenn på 36,8 meter, se figur 10.1 (Ref.9).

Broens to fundamenter var henholdsvis 4,5 og 5 meter høye. For å kunne tåle en vertikalbelastning på 60 kN/m^2 ble det benyttet EPS med høyere trykkstyrke enn standarden på 100 kN/m^2 . I det øverste laget under fundamentet ble det benyttet trykkstyrke på 240 kN/m^2 , i mellomste del ble 180 kN/m^2 brukt, mens det i nederste del ble benyttet 100 kN/m^2 (Ref.9).

Som avretting ble det støpt en 10 cm tykk betongplate midt i fyllingen, se figur 10.2. På toppen av fyllingen ble det støpt en betongplate på $7,4 \times 7,5 \text{ m}$ som var 100 cm tykk under brolagrene og 50 cm tykk ellers (Ref.9).

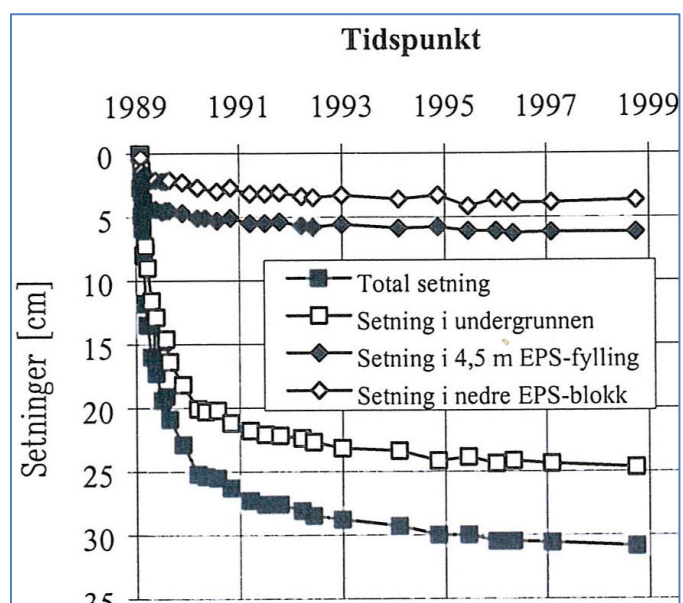


Figur 10.2 Brofundamentets oppbygning med plassering av måleinstrumenter, Løkkeberget bro i Halden (Ref. 9).

Grunnforhold

I området hvor bro og ramper skulle stå var det dårlig grunn med mye kvikkleire av en tykkelse på 6 til 16 meter. For å sikre stabilitet og unngå uakseptable setninger ble de lette egenskapene til EPS brukt, alternativet ville vært å benytte peler til fjell (Ref.9).

For å følge broens utvikling ble den instrumentert. Måleinstrumentene ble plassert på flere forskjellige høyder i konstruksjonen. 12 år etter at broen ble ferdigstilt ble det kun målt små deformasjoner i EPS-laget på til sammen 6 cm, tilsvarende 1,3 % av hele fyllingens høyde. Det meste av deformasjonene kom i løpet av det første halve året etter lastpålegging. Figur 10.3 viser at de største setningene kommer raskt og er sterkt avtagende de neste årene før det nesten opphører (Ref. 9).



Figur 10.3 Setningsbevelelsene i forskjellige høyder i fyllingen, fra Løkkeberget bro i Halden (Ref. 9).

Det konkluderes i Intern rapport nr. 2209 (Ref. 9) med at brofundamenteringen i denne EPS-fylling ser ut til å være vellykket teknisk sett etter 12 år med målinger.

Det finnes ingen dokumentasjon på at den tekniske standarden ikke var av tilsvarende kvalitetet også de siste årene av broens levetid, fram til 2005/2006.

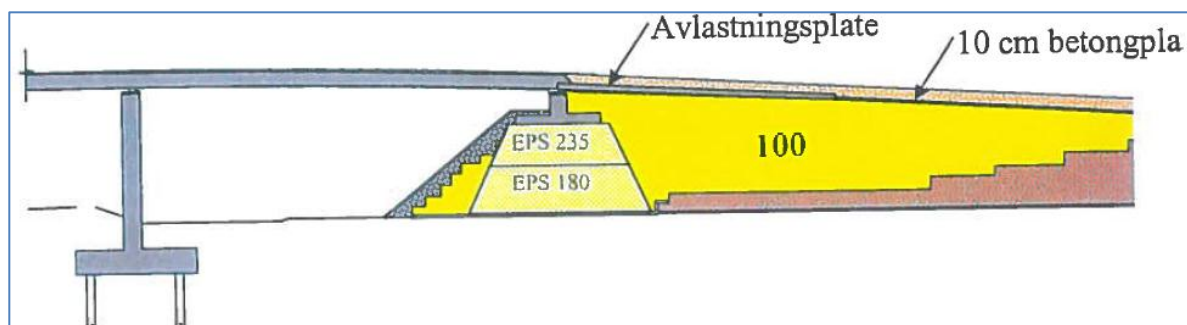
10.2 Hjelmungen bro

Basert på de gode erfaringene gjort på Løkkeberget bro har også overgangsbroen over E6, Hjelmungen, blitt fundamentert direkte på EPS. I 1992 ble broen først konstruert på rammede betongpeler til fastgrunn, hvor de 5 m høye tilløpsfyllingene ble bygget opp av vanlige masser, samt lette masser i form av avfallsmasser fra Leca-blokk produksjon. Vekten til de lette massene var 800 kg/m^3 (Ref.9).

Hjelmungen bro ligger kun få kilometer nord for Løkkeberget bro i Halden kommune og grunnforholdene var derfor noenlunde like. Undergrunnen bestod av 11-14 m med bløt, sensitiv marin leire, delvis kvikk og med høyt vanninnhold (Ref.9).

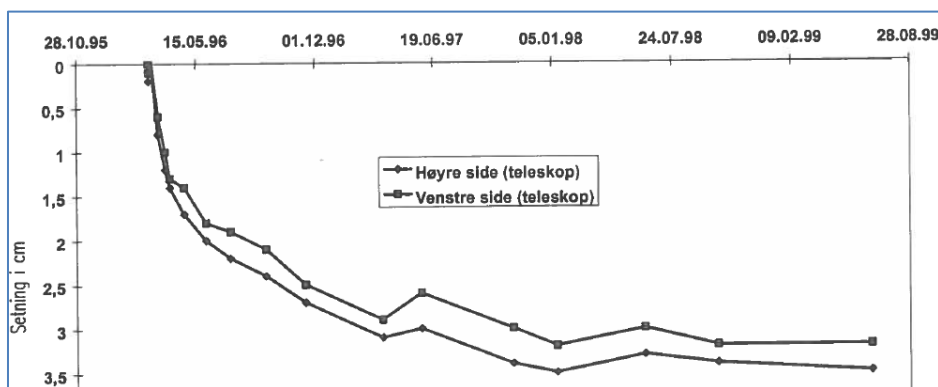
I løpet av omtrent tre år hadde det blitt registrert skader på broen grunnet 600 mm setninger i brolandkarene. Setningene så ikke ut til at de ville stabilisere seg, grunnen tålte ikke vekten av massene. Lasten på grunnen måtte derfor reduseres for å gjenopprette den tidligere spenningstilstanden i leirmassene. Det ble bestemt at brofundamentene skulle stå på EPS og rampene skulle bygges opp av samme materiale, se figur 10.4. Det faktum at EPS er en rask metode var også grunnlag for at valget falt på det (Ref.9).

Det ble benyttet EPS med tre forskjellige trykkstyrker i fyllingen. 235 kN/m^2 rett under brofundamentet og 180 kN/m^2 som lag nummer to under fundamentet. I resten av fyllingen ble det brukt den vanlige kvaliteten på 100 kN/m^2 (Ref.9).



Figur 10.4 Prinsippskisse for refundentering av Hjelmungen bro (Ref.9).

Fyllingen til Hjelmungen bro ble instrumentert. Av totalsetninger har det blitt registrert opp til 8 cm setning, hvilket forklares med at det har blitt lagt ut 0,5 m for lite EPS i fyllingen. Ellers er setningene mellom 2 -4 cm. Figur 10.5 viser deformasjon i EPS-fyllingen, hvor grafen flater ut ved i underkant av 3,5 cm. Fyllingen er 5 meter høy (ref.9).



Figur 10.5 Viser deformasjoner i EPS-fyllingen til Hjelmungen bro (Ref. 9).

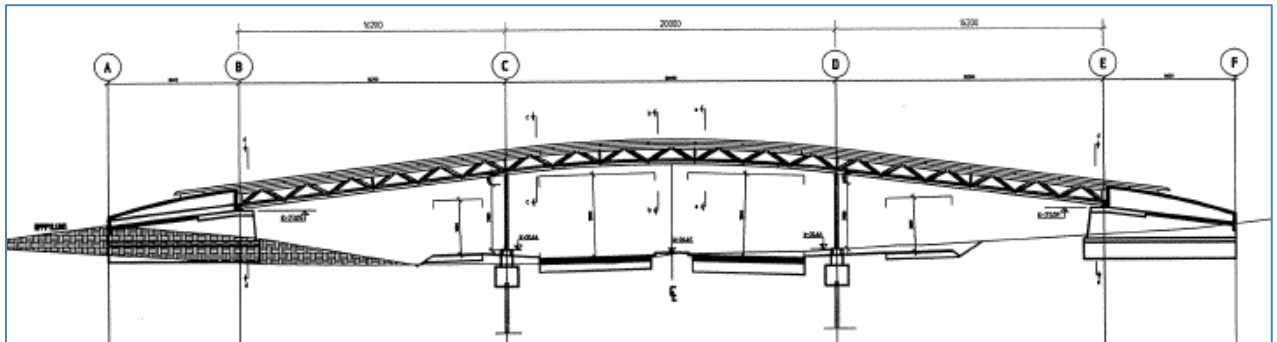
Ifølge Intern rapport nr. 2209 har det blitt større setninger enn det som var forventet i fyllingen, likevel blir reparasjonen med bruk av EPS ansett som vellykket (Ref.9)

10.3 Gang- og sykkelbroer fundamentert direkte på EPS

På midten av 1990-tallet ble fire gang- og sykkelbroer bygget i Fredrikstad i forbindelse med utvidelse av fylkesveg 109 fra to- til firefelt med sykkelvei. En av disse, Leie bro, er vist i figur 10.6. Figur 10.7 viser den tekniske tegningen av samme bro.



Figur 10.6 Leie gang- og sykkelvegbro over fv.109 i Fredrikstad (Google street view, 2012).



Figur 10.7 Teknisk tegning av Leie gang- og sykkelvegbro over fv.109 i Fredrikstad (SVV, 1994).

Generelle data

Navn: Skovbøle, Leie og Høiendal

Byggeår: 1995

Funksjon: Gang- og sykkelbro

Total lengde: 48 – 64,6 m

Total bredde: 2,8 – 3,32 m

Antall spenn: 3 – 4 stk.

Brukonstruksjon: Fagverk av limtre og stål

Grunnforhold

Firefeltsvegen følger bunnen av en liten og trang dal. Grunnen består av meget bløt marin leire som også var delvis kvikk. Det meget setningsømfintlige leirlaget var mellom 10 – 50 m tykt (Ref.9).

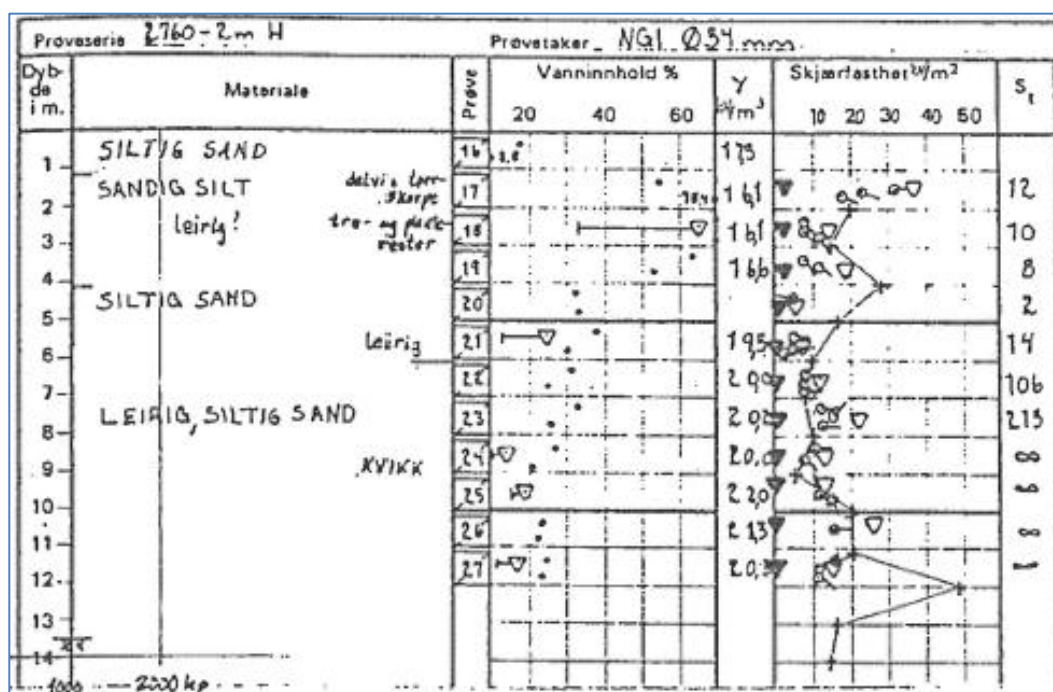
Fundamenteringsanbefalinger

Referanse 27 er en geoteknisk rapport fra 1979 som på generelt grunnlag gir anbefalinger om hvordan gangbroer bør fundamenteres i dette området. Rapporten sier at setningene blir uakseptable i en bro fundamentert direkte på såler så er spissbærende peler til fjell alternativet. Ned gravde betongfundamenter vil gi for store setninger (Ref.27).

Tilløpsfyllinger kan maksimalt være 2,5 meter høye med konvensjonelle masser (20 kN/m²) eller 5 meter med lettemasser som Leca-grus med en vekt på 10 kN/m².

Setningene fra konvensjonelle fyllinger vil komme i de bløte lagene i dybden (Ref.27).

Figur 10.8 viser at de øverste meterne i grunnen bestod av sand (fra lite til middels sensitiv leire). Fra ca. 6 meters dybde bestod grunnen av meget sensitiv leire.

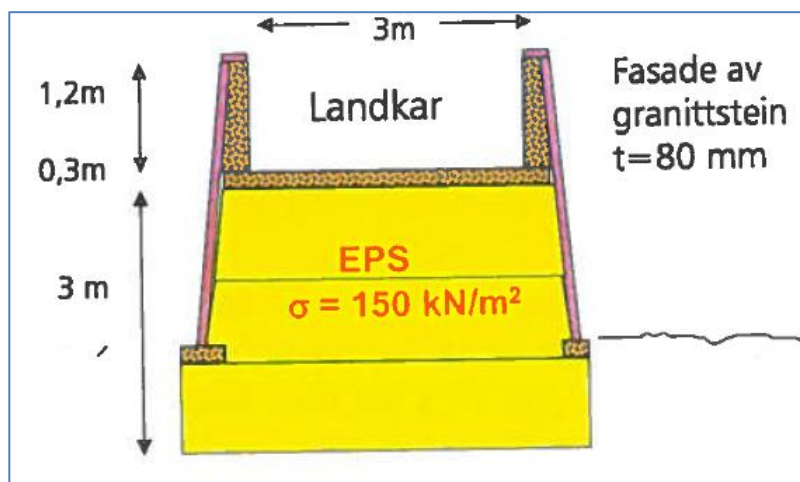


Figur 10.8 Fra fv. 109 i Fredrikstad. Prøven viser at det er kvikkleire i grunnen, (Ref.27). S_t : sensitivitet, S_t > 30 : meget sensitiv leire (kvikkleire) (Ref. 19).

Gode erfaringer

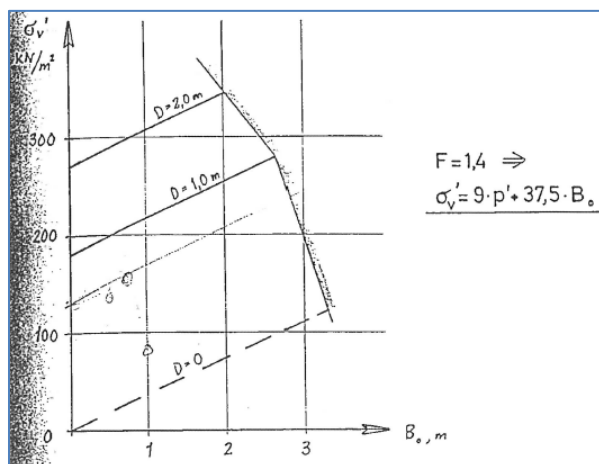
Østfold er kjent for områder med dårlig grunn og Statens vegvesen hadde fra tidligere god erfaringer med bygging av Løkkeberget bro i Halden.

På tre av de fire av gangbroene ble landkarene fundamentert direkte på EPS-fyllingene (Ref.9). Den totale høyden på EPS-fundamentene var 3 m, hvorav 1 m var under bakkenivå, se figur 10.9. Valget om å ha 1 m med EPS under bakkenivå ble tatt for å ha ekstra sikkerhet mot setning, samt at det var nødvendig for å få et riktig masseforhold (Ref.9).



Figur 10.9 Tverrsnitt av landkarene, tre EPS-lag, G/S-broer fv.109 i Fredrikstad (Ref.9).

Figur 10.10 illustrerer hvordan dypere plassering av fundamentet gir bedre marginer. I dette tilfellet kunne ikke grunnen tillate et større fundamenttrykk enn 150 kN/m^2 , mens det beregnede opptredende fundamenttrykk var 36 kN/m^2 . Dette ga en meget god sikkerhetsmargin (Ref.40).

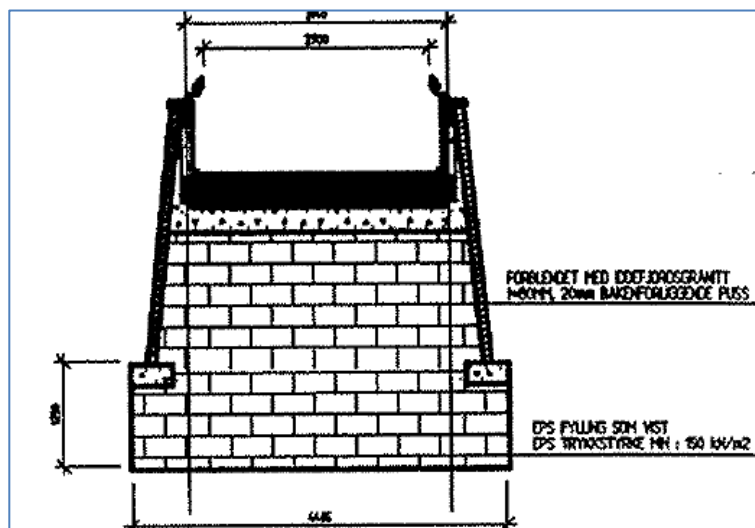


Figur 10.10 Grafen viser at dypere plassering av fundament gir bedre marginer (Ref. 27).

For å ta opp reaksjonskreftene fra betongplata ble det benyttet EPS med 50 % større trykkstyrke enn standarden. EPS-blokkene hadde en trykkstyrke på 150 kN/m^2 og sideveggene en helning på 10:1. Som beskyttelse ble de dekket med 20 mm murpuss og som fasade ble det brukt 80 mm tykk iddefjordsgranitt, se figur 10.11 og 10.12. Over EPS-fundamentet er det støpt betongplate med sidevanger (Ref.9).



Figur 10.11 Ferdig fundament med kledning, fra G/S-broer i Fredrikstad (S. Hermansen, 2012).



Figur 10.12 Tegning av standard EPS-fundamentet til Skovbøle, Leie og Høiendalgang- og sykkelbroer i Fredrikstad (Statens vegvesen Bruseksjonen, 1994).

Ingen gamle rapporter = ingen problemer med konstruksjonen

Ifølge Nina Utne, seksjonsleder ved Bruseksjonen i Statens vegvesen Region øst, finnes det ingen rapporter fra disse fire gangbroene. Hun mener at det kan ses på som et positivt resultat. Hadde det eksistert rapporter fra broene hadde det vært fordi det var feil ved de, noe det ikke er.

Befaring 21.02.2012

De 16/17 år gamle brofundamentene ser ut til å ha klart seg bra, se figur 10.13.

Det var imidlertid én feil som gikk igjen og det var at granittplatene på enden av sidevangene var løse og flere hadde falt av, noe som ikke så ut til å ha noe med setninger i fundamentet å gjøre. Frostsprengning i kombinasjon med ytre påvirkning kan være en mulig årsak.



Figur 10.13 Østre fundament på Høiendal G/S (Hermansen, 2012).

Setninger så ikke ut til å ha forekommet på gang- og sykkelvegbroene hvor EPS er benyttet. Denne konklusjonen baseres ut i fra observasjoner av at overgangen fra veg til brolandkar på samtlige broer var jevne. Det var kun på den fjerde og sørligste gang- og sykkelvegbroen, Hassingen, at det var synlige setninger. Denne broen har ikke et fundament av EPS, men av betongpeler.

10.4 Midlertidig bro

Gimsøyveien bro

Under utvidelsen av E6 gjennom Østfold fra to til fire felt måtte flere broer rives da de var for korte for utvidelsen. For å opprettholde lokalvegforbindelsen på tvers av motorvegen ble en midlertidig bro bygd, hvor broen var direkte fundamentert på EPS-fyllinger (Ref.20).

I den midlertidige Gimsøyveien bro ble det gjenbruk av EPS-blokkene fra Løkkeberget bro som fundament for selve brukonstruksjonen. Det ble valgt en EPS-løsning på grunn av dårlige grunnforhold, bløt leire til varierende dybde. Fyllingens lave vekt skulle sikre mot utglidning og setninger i grunnen. I tillegg var det fordelaktig at byggetiden var kort, økonomien god og at konstruksjonen raskt kunne plukkes ned igjen og resirkuleres (Ref. 21).

EPS-fyllingen var 4,5 m høy på vestsiden og 5,0 m høy på østsiden. Det ble stablet 8 - 9 blokkhøyder à 50 cm, se figur 10.14. For å ta opp den ekstra belastningen selve broen representerte ble det brukt EPS med en kvalitet på 300 kN/m^2 i de øverste tre lagene. Blokkene ble dekket av en fiberduk og sprøytebetong ble brukt på vertikale vegger og skrånende fronter. Under EPS-fyllingen bestod avretningslaget av sand over pukk (Ref.33). Det ble målt mindre enn 5 cm ($< 1\%$) setninger i fundamentene gjennom broens levetid, noe som var mindre enn beregnet på forhånd (Ref.33/20).



Figur 10.14 Gimsøyveien bro, en midlertidig bro fundamentert direkte på EPS, stod over E6 i Halden kommune (Ref.33).

11 EPS-myrbro

I 1983 ble det for første gang bygget en myrbro på EPS. Denne ble bygget på fv.610 i Sogn og Fjordane, nærmere bestemt i Sygna, Gaular kommune i Sunnfjord. Myrbroen er fortsatt i daglig drift etter snart 30 år uten vedlikehold.

Fra Intern rapport nr. 1160 (Ref. 6) blir profilnr. 5939 – 6130 brukt som koordinater for hvor myrbroen ligger, dette stemmer imidlertid ikke i dag. Profilnumrene har forskjøvet seg da vegstrekninger på fylkesvegen har blitt kurveutrettet. Ut i fra kart og beskrivelser i Intern rapport nr. 1160 ligger flytebroen i dag mellom profilnr. 5865 – 6065, se figur 11.1.



Figur 11.1 (T.v.): Kart over EPS-myrbroen fra 1983 (Ref. 6). (T.h.): Ortofoto over myrbroen (www.norgebilder.no, 2012).

11.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for byggingen av myrbroen var at tidligere riksveg 610 (nå fylkesveg 610) skulle bli oppgradert. Den nye vegen skulle få en mer moderne profil, hvilket blant annet innebar at vegen skulle bli bredere, få bedre linjeføring, bli lagt utenom gårdsbruk og ikke minst øke bæreevnen.

Den gamle vegen var preget av dårlig bæreevne, spesielt i teledøsningsperioden, noe som ga utslag i vegen av spordannelse og setninger. I 1980 ble det utført målinger for å finne hvilken

bæreevne vegen hadde, resultatene viste at det over flere strekninger var så lite som 3 tonn tillatt aksellast (Ref.6).

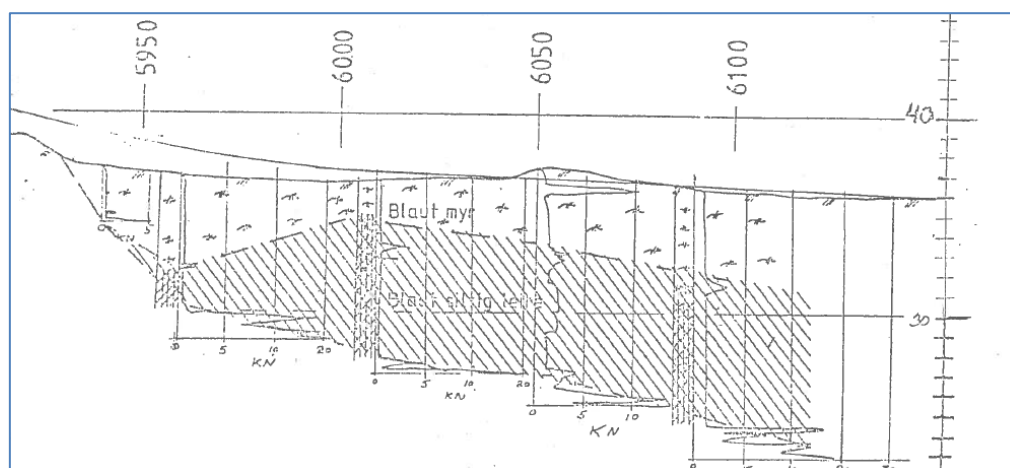
Delparsell Sygna – Leirsand

Delparsellen hvor myrbroen ligger skulle legges om for å bedre linjeføringen da den gamle vegen ikke lenger hadde god nok kapasitet og for å redusere kostnadene grunnet mindre volum av masseutskiftning (Ref.6).

11.1.1 Grunnforhold

Grunnundersøkelser viste at 200 meter av vegen gikk over et myrområde med svært dårlig grunn bestående av et øvre lag med torv. Under selve myra var det bløt siltig leire med en dybde på 10 – 12 meter, se figur 11.2 (Ref. 6).

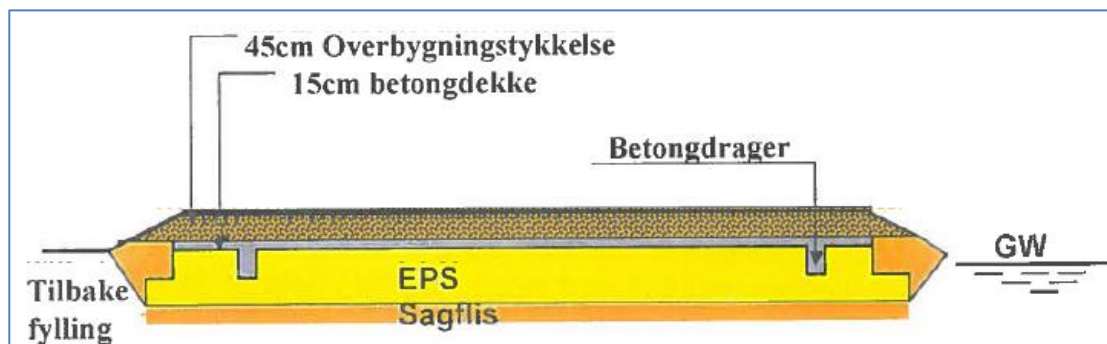
Flere metoder ble vurdert for å passere myra. Masseutskiftning, fylle på med sprengstein, legge vegen på treflåte, legge vegen på en halvt neddykket EPS-fylling eller en kombinasjon av de to foregående. Masseutskiftningsalternativet ble forkastet, fordi veggene i anleggsfasen i en myr vil rase sammen. Massefortrengning med sprengstein vil heller ikke være et godt alternativ fordi det kan føre til skader på nærliggende hus. Valget falt til slutt på alternativet med en halvt neddykket fylling av EPS. (Ref.6)



Figur 11.2 Lengdeprofil av myra hvor EPS-myrbroen ligger i dag, fv. 160 i Sogn og Fjordane (Ref.6).

11.2 Fyllingens oppbygning

En myr tåler ingen tilleggslast, en ny veg bør derfor veie like mye eller mindre enn den tidligere massen som lå der. I en vanlig EPS-fylling vil dette kunne gi setninger og grunnbrodd i dersom grunnen under setter seg. En myrbro på EPS er imidlertid en avansert EPS-fylling hvor det er støpt to langsgående bjelker under betongplata hvilket gjør plata betydelig stivere og fyllingen mindre utsatt for setninger, se figur 11.3. Anleggsgropa i Sygna ble gravd ut med 1,2 meter dybde og 9 meter bredde. Beregnet tyngdetetthet i fyllingen er hentet fra Håndbok 274(Ref. 2) og høyder fra (Ref. 6).



Figur 11.3 Tverrprofil av myrbroen på fv.610 i Sogn og Fjordane (Ref.9).

11.2.1 Vektbalanse av myrbroen på EPS

Beregningen under viser vektbalansen mellom opprinnelig myr og ny veg.

Vekt myr:

$$1,10 \text{ kN/m}^3 * 1,20 \text{ m} = \mathbf{13,20 \text{ kN/m}^2}$$

Vekt av ny veg:

- **Vegoverbygning**

Asfalt	$20 \text{ kN/m}^3 * 0,20 \text{ m} = 4,00 \text{ kN/m}^2$
Forsterkningslag	$20 \text{ kN/m}^3 * 0,25 \text{ m} = 5,00 \text{ kN/m}^2$
Armert betong	$25 \text{ kN/m}^3 * 0,15 \text{ m} = 3,75 \text{ kN/m}^2$

SUM vegoverbygning **12,75 kN/m²**

- **Betongdragere**

$$\frac{\frac{25 \text{ kN}}{\text{m}^3} * b * h}{\text{platebredde}} = \frac{\frac{25 \text{ kN}}{\text{m}^3} * 0,25 \text{ m} * 0,5 \text{ m}}{7,5 \text{ m}} \quad 0,83 \text{ kN/m}^2$$

SUM betongdragere **0,83 kN/m²**

- **EPS**

Halvt over H.G.V: $0,5 \text{ kN/m}^3 * 0,51 \text{ m} = 0,26 \text{ kN/m}^2$
 Halvt under H.G.V: $1,0 \text{ kN/m}^3 * 0,51 \text{ m} = 0,51 \text{ kN/m}^2$
SUM EPS **0,77 kN/ m²**

- **Avrettingslag**

Sagflis (våt) $10 \text{ kN/m}^3 * 0,2 \text{ m} = 2,0 \text{ kN/m}^2$
SUM avrettingslag **2,0 kN/m²**

Vekt ny veg: $(12,75 + 0,83 + 0,77 + 2,0) \text{ kN/m}^2 =$ **16,35 kN/m²**

Vektbalanse

Myrmasse – ny veg = **13,20 – 16,35 = - 3,15 kN/m²**

Tallene viser at den nye vegkroppen er tyngre enn hva myrmasse veide. Dette blir helt feil i forhold til kompensert fundamentering med EPS-prinsippet som sier at lette fyllinger og konstruksjonen skal veie like mye (eller mindre) enn materialet den erstatter (Ref.27).

Løsningen på dette var ikke å grave dypere for å erstatte tyngre myrmasse med lett EPS, men å benytte seg av EPS-blokkenes oppdriftsegenskaper. Oppdriften av neddykket EPS i vann skulle være med på å bære vekten av vegkroppen, altså en flytebro av EPS (Ref.9).

Beregnet høyde på nødvendig vannstand i EPS-fyllingen for å kunne bære de ekstra 3,15 kN/m² eller 300 kg/m²:

Oppdrift pr volumenhet EPS-blokk $F_{op} = 9,8 - 0,2 = 9,60 \text{ kN/m}^3$

$$H = \frac{9,6 \text{ kN/m}^3}{3,15 \text{ kN/m}^2} = 0,328 \text{ m}$$

Resultatet viser at vannstanden må stå omtrent 33 cm opp på den nederste EPS-blokka for at vegkonstruksjonen skal komme i likevekt med de tidligere myrmassene.

Fra Intern rapport nr. 1160 ble det beregnet at grunnvannet ikke kunne variere mer enn +/- 20 – 30 cm. Dersom dette ble oversteget kunne broen/vegen flyte opp og tilsvarende motsatt hvis det ble for lite vann; da kunne vegen få for dårlig bæreevne og uakseptable setninger. For å unngå oppflyting ble det i det øverste EPS-laget lagt inn permanent drenering, 23 cm under betongplaten (Ref.9).

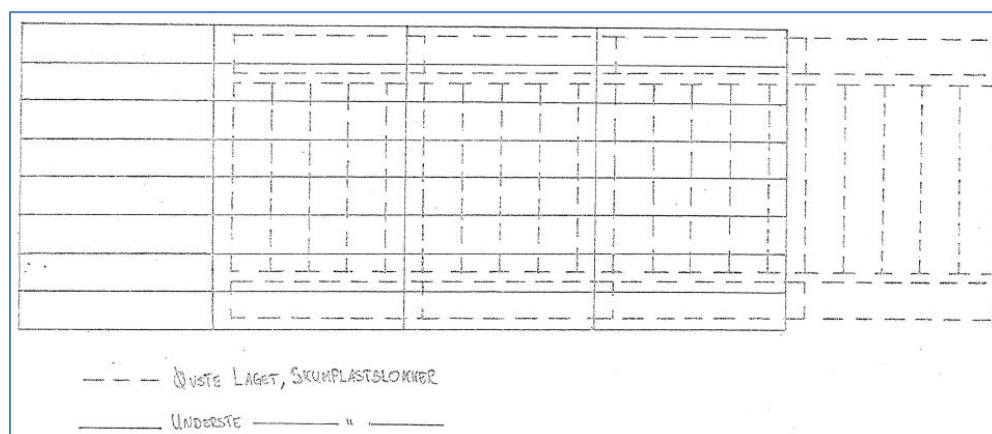
11.2.2 Teknisk beskrivelse av myrbroen

EPS

Underst er det et avrettingslag på 20 cm av sagflis (Ref.6). Sagflis er benyttet istedenfor sand pga. vektfordelen, se figur 10.6 (m.k. Refsdal).

Deretter er det benyttet to lag med EPS-blokker med dimensjonene (B x H x L) 1010 x 510 x 5050 mm og 1000 x 510 x 2500 mm. I det underste laget ble lagt åtte blokker i bredden, langs vegretningen. Det underste laget fikk en bredde på omtrent 8 m. I det andre laget ble blokkene i midten lagt på tvers av veien, mens det ytre laget ble lagt langs med vegen, se figur 11.4.

Mellom det ytre og de midtre blokkene ble det holdt av en spalte på 25 cm. Det øverste laget ble ca. 7,5 meter bredt, med to hyller på hver side på 25 cm. Det ble benyttet tømmerforbindere(bulldoger) for å få en stabil kobling mellom første og andre lag, én bulldog per m². Det underste laget ble omtrent 8 m bredt (Ref. 6).



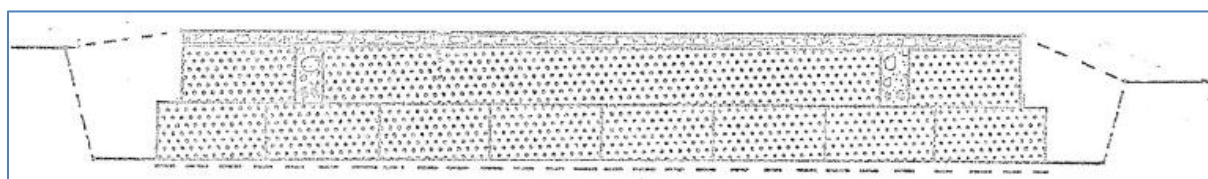
Figur 11.4 Legge plan av EPS-blokker i nordre av myrbroen, fv. 610 i Sogn og Fjordane (Ref. 6).

Betongbjelker

På toppen av det andre EPS-laget ble det støpt en 15 – 17 cm tykk armert betongplate, samtidig ble de 25 cm brede spaltene fylt med betong. EPS-blokkene fungerte på den måten som forskaling og EPS-fyllingen hadde nå fått en slags brukonstruksjon over seg; Betongplata som brodekke med betongdragere under, se figur 11.5 (Ref.6).

Betongen som ble benyttet var av kvalitet C25(tilsvarer dagens B20 kvalitet, Ref.25).

Det som skiller en konvensjonell EPS-fylling og en myrbro på EPS er nettopp disse bjelkene.



Figur 11.5 Et tverrsnitt av myrbroen, legg merke til bjelkene i plata. Myrbuva ligger på fv. 610 i Sogn og Fjordane (Ref.6).

Armering

Bjelkene ble armert med to armeringsjern KS40 à diameter 12 mm, ca. 10 cm over bunnen. Platen ble armert med to lag med armeringsnett som gikk over hele det øverste lagets bredde. Armeringsnettet hadde ruter på 10 x 10 cm med jerdiameter på 3,4 mm. Det underste nettet lå ca. 5 cm over bunnen, det neste lå 6 cm over dette igjen.

Mellom armeringsnettene ble det stukket bøyler med 50 cm senteravstand. Bøylene var bøyd 90°, hvor den korte enden på 30 cm stakk ned i bjelken og den lange enden på 60 cm lå på de langsgående blokkene (Ref.6).

Ifølge Håndbok 274 (Ref. 2) skal en konvensjonell overbygning ha minimum 10 cm tykk svinnarmert betonglag, med betongkvalitet B35 MF45. Det skal være et armeringsnett midt i betonglaget med stangdiameter 5 mm med 15 x 15 cm eller 3 mm med 10 x 10 cm ruter. Flytebroen har betong med noe dårligere kvalitet en hva håndboka krever, men de andre kravene er overoppfyllt.

Myrbroen av EPS som ligger i Fv.610 er den eneste av sitt slag i Norge. Det er støpt inn to langsgående bjelker i det øverste EPS-laget for å stive av fyllingen i lengderetningen, se

spaltene til bjelkene på figur 11.6. En betongplate på toppen er standard på EPS-fyllinger ifølge Håndbok 274 (Ref. 2). Betongkonstruksjonen er ikke sterk nok i seg selv til å være en bro alene, men ved hjelp av de flytende EPS-blokkene til å holde konstruksjonen oppe blir det en bro. Betongbjelkene under plata stiver av konstruksjonen i lengderetning hvilket sørger for at veggen ikke vil bølge seg under forskjellige grunnforhold.



Figur 11.6 Utlegging av EPS, legg merke til mellomrommet mellom blokkene hvor betongbjelka skal støpes (Ref.9).

11.2.3 Observasjoner etter ferdig stillelse

I løpet av det første året ble det observert setninger på mellom 4 og 10 cm, noe som er noe mer enn beregnet. En antar at en årsak til dette kan være en noe lavere grunnvannsstand enn først antatt, men hovedsakelig skyldes det at veggen fløt opp under konstruksjonsfasen. Før vegoverbygningen ble lagt og veggen fikk sin dimensjonerte tyngde, fløt veggen opp og førte til utvasking og dårlig komprimering under fyllingen. Dette har ført til setninger i flislaget. Disse første setningene har stabilisert seg og ikke økt senere (Ref.8).

11.3 Oppgraving av fylling høsten 1992

Fyllingen etter 9 år

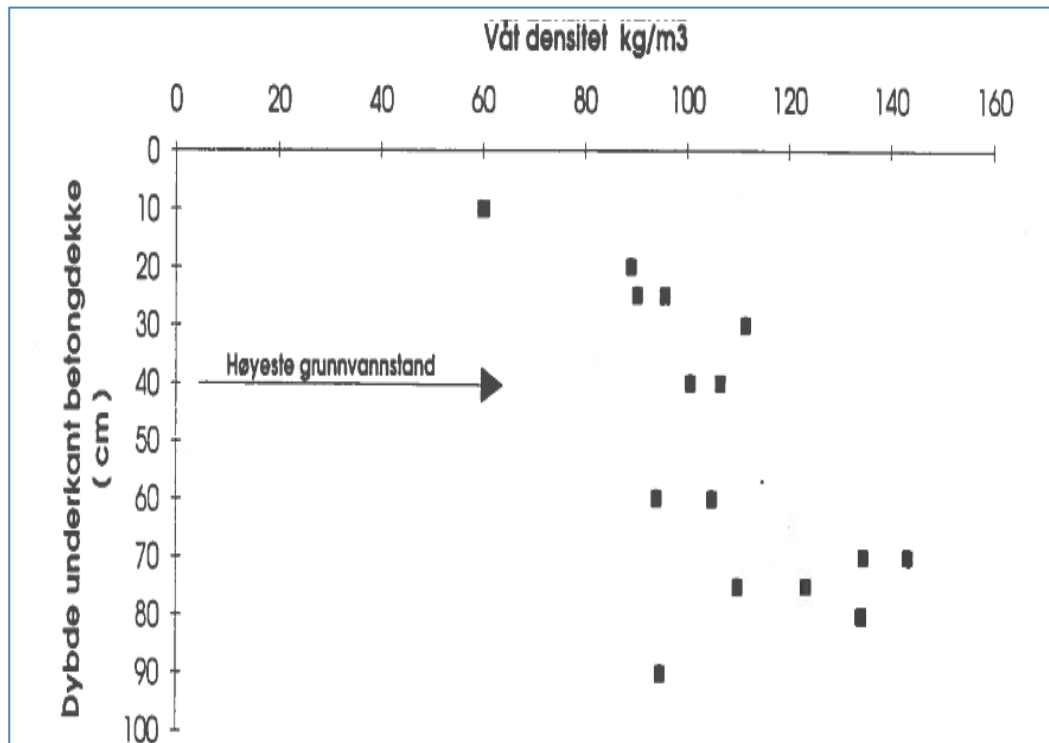
Det ble i 1992 utført graving ved siden av vegstrekningens laveste punkt, profilnr. 5980, og skåret ut prøver fra begge blokklagene. Vegoverbygningen ble målt til 55 cm, noe som var 10

cm mer enn hva som ble lagt ut på starten når vegen var ny. På grunn av mer ising på flytebroen ble det lagt på et 10 cm tykt dekke som var mer motstandsdyktig mot ising (Ref.8).

Prøver ble tatt ut fra hele fyllingens høyde, disse viste et gjennomsnittlig vanninnhold på 8,6 %. Snittet var henholdsvis 6,9 %, og 9,9 % over og under grunnvannstanden, se figur 11.7.

I denne EPS-fyllingen var gjennomsnittlig trykkstyrke 133 kN/m^2 på 31 prøver. I Intern rapport nr. 1646 antar en at trykkstyrken ble såpass mye bedre enn kravet på 100 kN/m^2 fordi EPS-blokkene var relativt ferske da de ble lagt. Dette skyldes at EPS øker sin trykkstyrke spesielt de første ukene etter produksjon.

I Intern rapport nr. 1646 (Ref. 8) konkluderes det med at vegen og EPS-materialet har klart seg bra, både med hensyn til vanninnhold, densitet og trykkstyrke/nedbrytning, se tabell 11.1. Visuelt viste heller ikke blokkene noen tegn til nedbrytning og aldring (Ref.8).



Figur 11.7 Punktdiagrammet viser hvor mye blokkene tiltrukket seg av vann etter dybde i fyllingen (Ref. 8).

Tabell 11.1 Tabellen viser de gode måledataene fra prøvene høsten 1992, fra myrbroen på fv. 610 (Ref.8).

Lag nr.	Prøve nr.	Dybde under topp EPS lag cm	Våt vekt g	Tørr vekt g	Vanninnhold Volum %	Vekt %	Tørr densitet kg/m ³	Våt densitet Målt kg/m ³	Våt densitet * kg/m ³	Gj.snittlig trykkstyrke kN/m ²
1	1A	10	97,6	34	3,9	187,1	21	60,3	57,4	114,0
		20	116,3	31,6	6,5	268,0	24,2	89,1	73,6	
		30	132,8	25,6	9,0	418,8	21,5	111,5	103,8	
		40	135,2	25	8,7	440,8	19,7	106,5	108,2	
	1B	10	220	79	3,8	178,5	21,5	59,9	55,7	132,8
		25	358	90	6,8	297,8	22,7	90,3	79,6	
		40	398	83	8,0	379,5	21	100,7	95,9	
	1C	25	4042	925	7,4	337,0	21,9	95,7	87,4	101,8
	2	2A	60	720	147	7,5	389,8	19,2	94,0	98,0
70			1170	206	11,1	468,0	23,7	134,6	113,6	
80			1000	172	11,1	481,4	23,1	134,3	116,3	
90			638	140	7,4	355,7	20,8	94,8	91,1	
2B		75	1830	381	8,7	380,3	22,9	110,0	96,1	168,0
2C		60	820	154	8,5	432,5	19,7	104,9	106,5	145,3
		70	1024	160	12,1	540,0	22,4	143,4	128,0	
2D		75	875	139	10,4	529,5	19,6	123,4	125,9	113,1

11.4 Oppgraving av EPS-fylling våren 2012

Fyllingen etter 29 år

Utgravningsdato: 7.mars 2012

Utstyr: Gravemaskin, elektrisk sag ,krafse, plastfolie, svarte søppelsekker, fotoapparat.

På befaring den 7.mars 2012 ble fyllingen gravd opp i profil 5925. De nye prøvene ble tatt ut på samme side og kun to meter sør for stedet for prøveuttakingen i 1992. Ved hjelp av gravemaskin ble fyllingen blottlagt. Det ble gravd ut en større grop enn nødvendig slik at graveren kunne holde gropa fri for vann. Selve utskjæringen av blokkene ble gjort med en elektrisk sag, dette skjedde vekselvis med utøsing av gropa da grunnvannet steg raskt.

For at prøvene skulle holde på fuktigheten ble de pakket inn i plastfolie og svarte søppelsekker.



Figur 11.8 Myrbrofyllingen av EPS etter prøveuttak, fra fv.610 i Sogn og Fjordane (S. Hermansen, 2012).

11.4.1 Observasjoner fra myrbroen

I forhold til tilstøtende strekninger ser brostrekningen bra ut. Figur 11.9 viser tilstøtende strekning nord for broen, her ser vi oppsprekking av asfaltdekket som kan tyde på ujevn kvalitet i oppbygningen av veggen. Bildet viser overgangen fra myrbro til vanlig veg, kun en smal tversgående sprekk i asfaltdekket avslører skillet.



Figur 11.9 Fra fv. 610 i Sogn og Fjordane, den nordlige enden av EPS-myrbroen. Myrbroen går innover i bildet (S. Hermansen, 2012).

En prat med entreprenøren som drifter vegen kunne bekrefte at brostrekningen ikke var noe dårligere enn tilstøtende strekninger, når man ser bort ifra at det ises lettere på vegbanen. På grunn av ising er vegstrekningen skiltet med varsel om glatt vegbane, se figur 10.10.



Figur 11.10 Nord for myrbroen på fv.610. Skiltet varsler om glattere forhold over broen (S. Hermansen, 2012).

11.4.2 Brudd i betongdekket

I asfalten er det tre tverrgående sprekker. Én i hver ende av broen og en omtrent ved profil 5925. Sprekkene var smale og vil ikke merkes av bilistene. Det ble først gravd opp på vestre side av vegen for å se hva som var årsaken til sprekken.

Betongdekket hadde sprukket kraftig opp like over stedet hvor det ble fjernet EPS høsten 1992. Sprekken så ut til å gå et stykke innover i plata. Den andre siden av vegen ble også gravd opp for å sjekke om sprekken i betongplata var gjennomgående, noe som ble bekreftet, se figur 11.11. Det er med dette også grunn til å tro at det er brudd i de to langsgående bjelkene som er støpt under betongdekket.

Hva kan årsaken til dette være?

Kan prøveuttaket av EPS-blokken på 90-tallet ha forårsaket en spenningskonsentrasjon i betongdekket som har ført til oppsprekking?

Eller er det to forskjellige plater som møtes akkurat der?



Figur 11.11 Brudd i betongdekket sett fra hhv. øst- og vestsiden. Fra myrbroen på fv.610 (S. Hermansen, 2012).

Geir Refsdal var ikke overrasket over at en over 200 meter lang betongplate har sprukket opp. Vegen går over en myr hvor grunnforholdene kan variere en del. Dette vil kunne gi store konsentrerte belastinger på visse steder i konstruksjonen. Et lite område uten støtte under, som et prøveuttak av EPS representerer, skal ikke kunne føre til oppsprekking av betongdekket.

11.4.3 Tiltak på nåværende veg

Broen er fundamentert på solide steinfyllinger i begge ender. Overgangen mellom bro og vanlig vegoverbygning fører likevel til oppsprekking i overgangen. For å unngå oppsprekkingen kan entreprenøren ved neste asfaltering frese ned en to meter bred stripe over overgangen, for så å legge inn et svinnarmeringsnett under et 6 cm tykt lag med asfalt. Dette vil hindre den tverrgående sprekken i asfalten. Et enkelt tiltak for å hindre vanninntregning i vegkroppen er å tette igjen sprekken med bitumen.

11.4.4 Tiltak på fremtidige myrbroer på EPS

På fremtidige flytebroer på EPS av en viss lengde bør det legges inn sprekkanvisninger i betongdekket, eventuelt i de underliggende bjelkene, hver 20. - 50. meter. Over

sprekkanvisning skal det armeres ekstra. (Dette følger prinsippet til betongveger som er delt inn i plater på ca. fem meter i lengderetningen, hvor dybler midt i betongplata overfører kreftene mellom platene. Platene er delt opp for å blant annet forhindre ukontrollert oppsprekking.)

11.5 Resultater fra prøvetaking

Gjennomgangen av laboratorieprøvene gjøres noenlunde likt med Intern rapport nr. 1646 (Ref. 8) som beskriver samme fylling fra høsten 1992.

Vi antar at høyeste grunnvannstand er den samme som for 20 år siden, 40 cm under betongkant.

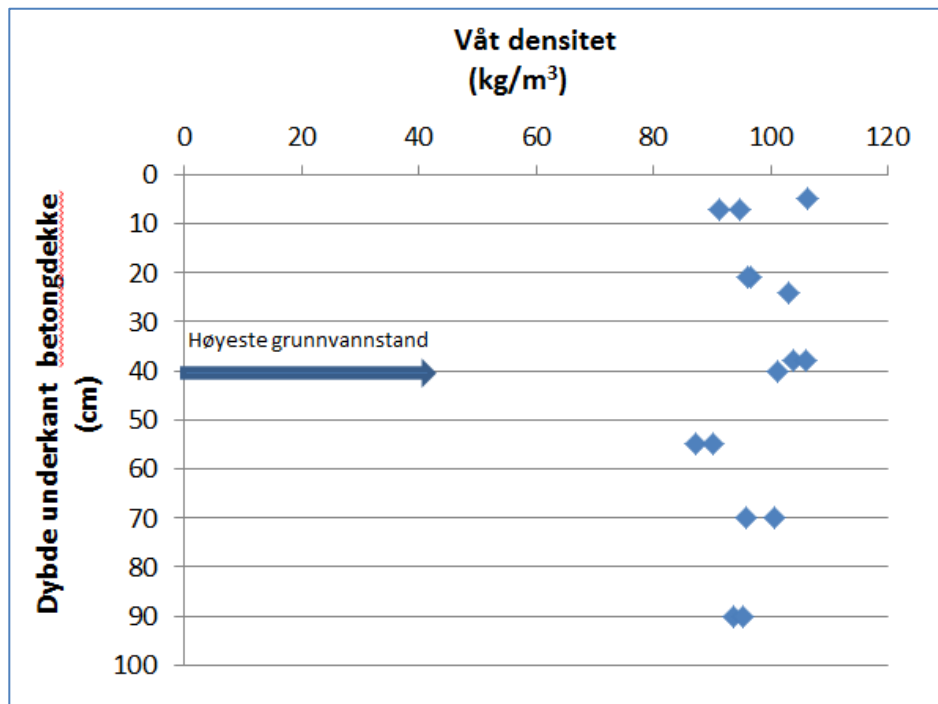
Det ble tatt ut tre prøveblokker fra hele høyden i fyllingen, to prøveblokker fra øverste lag og ett fra det nederste laget. Det ble til sammen tatt ut 15 prøveterninger, seks terninger over høyeste grunnvannstand og ni prøveterninger under høyeste grunnvannstand.

Tabell 11.2 Resultatene fra lab etter prøver fra EPS-myrbroen på fv. 610 i Sogn og Fjordane (Vedlegg 1).

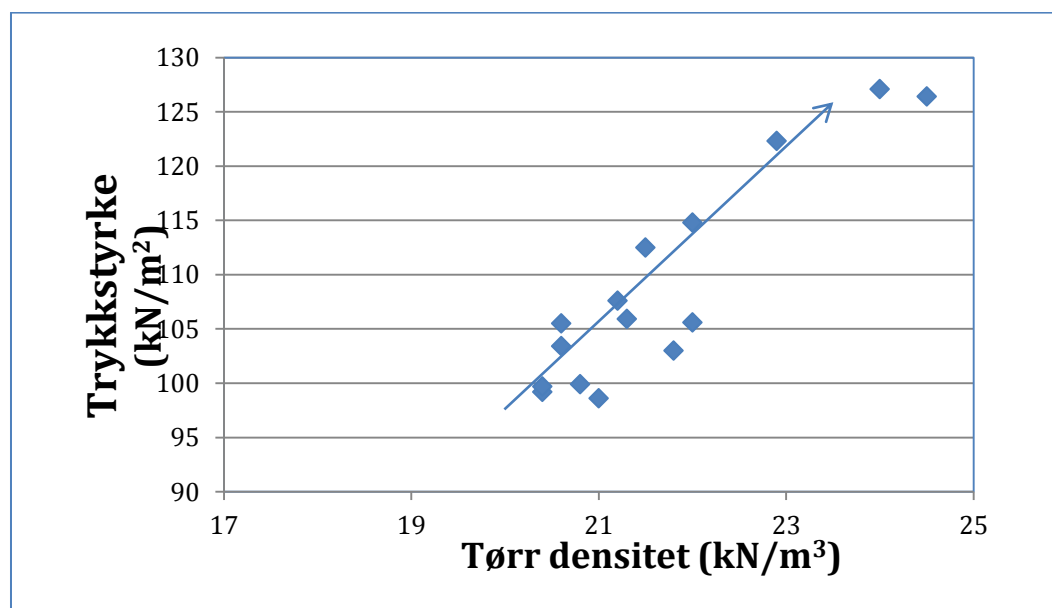
Blokknr.	Dybde under betgdekke cm	Masse våt gram	Masse tørr gram	Volum cm ³	Våt densitet kN/m ³	Start dybde u. gr.vannst. cm	Densitet kN/m ³	Tr.styrke 5% def. kN/m ²	Vanninnhold %
1	7-12	11,41	2,62	125	91,3	7	21	98,6	7
	7-12	12,45	2,68	131,3	94,8	7	20,4	99,2	7,4
	21-26	12,45	2,65	128,8	96,7	21	20,6	105,5	7,6
	21-26	12,25	2,63	127,5	96,1	21	20,6	103,4	7,5
	38-43	13,11	2,63	126,3	103,8	38	20,8	99,9	8,3
	38-43	13,24	2,55	125	105,9	38	20,4	99,7	8,6
2	55-60	11,43	2,78	131,3	87,1	55	21,2	107,6	6,6
	55-60	11,38	2,69	126,3	90,1	55	21,3	105,9	6,9
	70-75	12,22	2,8	127,5	95,8	70	22	114,8	7,4
	70-75	12,95	2,95	128,8	100,5	70	22,9	122,3	7,7
	90-95	11,93	3,06	127,5	93,6	90	24	127,1	6,9
	90-95	11,91	3,06	125	95,3	90	24,5	126,4	7,1
3	5-10	13,56	2,8	127,5	106,4	5	22	105,6	8,4
	24-29	12,49	2,61	121,3	103,0	24	21,5	112,5	8,1
	40-45	12,38	2,67	122,5	101,1	40	21,8	103	7,9

Resultatene her er kanskje omvendt av hva man kunne forvente seg. Da grunnvannet lå svært høyt under prøveuttaket kan det ha påvirket resultatet, se figur 11.12.

I tillegg tok det omtrent én uke fra prøvene ble tatt ut til de ble målt på laboratoriet i Oslo.



Figur 11.12 Grafisk fremstilling av EPS-prøver fra myrbroen på fv. 610. Våt densitet over dybde underkant btg.dekke (Ref. Vedlegg 1).



Figur 11.13 Grafisk fremstilling tørr densitet over trykkstyrke i EPS-prøvene fra EPS-myrbroen på fv.610 (Ref. vedlegg 1) .

Trykkstyrken har blitt målt for å se om materialet har blitt brott ned eller har fått en kjemiskforandring over tid. Figur 11.13 viser et diagram med tørr densitet over trykkstyrke. Trykkstyrken øker med økende densitet, noe som er som forventet.

Gjennomsnittet av 15 prøver viser en trykkstyrke på $108,8 \text{ kN/m}^2$, dette er godt over kravet til standard EPS på 100 kN/m^2 (Ref.2).

Det er kun 4 av 15 terninger som har en fasthet under 100 kN/m^2 , laveste verdi er $98,6 \text{ kN/m}^2$. Alle prøvene er fra samme blokk. De 31 prøvene som ble tatt ut høsten 1992 viser en gjennomsnittlig trykkstyrke på 133 kN/m^2 .

At prøvene som ble tatt ut i 2012 er over 22 % svakere enn prøvene fra 1992 betyr ikke at EPS-blokkene har begynt å nedbrytes. Det er vanlig at det kan være store variasjoner av kvaliteten i produksjonen av EPS. Etter 40 års erfaring med EPS i vegbygging har ingen andre EPS-fyllinger vist tegn på at plastmaterialet har begynt å nedbrytes eller fått en kjemisk forandring over tid.

Konklusjon

Bortsett fra de tidligere omtalte tverrgående sprekkene ser vegen bra ut. Det var ingen tegn til nedbrytning av materialet.

11.6 Tilstand etter snart 30 års bruk

11.6.1 Bilder fra ViaPhoto

Statens vegvesen har i dag et fotoverktøy, ViaPhoto, som har et bilde av vegen for hver 20. meter, i begge retninger. Dette er noe som gjøres på alle norske fylkes- og riksveger. Hvert år blir de forskjellige vegene fotografert og lagret i ViaPhoto og hvert eneste bilde blir merket med fylke, kommune, hp-, veg- og profilnummer. Fotoverktøyet, som har mange likheter med Google Street View, er et glimrende verktøy for å følge tilstandsutviklingen på vegstrekninger fra år til år.

På fylkesveg 610 i Sogn og Fjordane finnes det bilder fra 2002 til 2011. I løpet av denne perioden har det blitt asfaltert én gang, i 2009. Før dette hadde det gått nesten 13 år siden forrige asfaltering. Veggen fungerer som den skal og en 13-års dekkelevetid på denne lavtrafikkerte vegen er akseptabelt. Siden det er tatt bilder av vegstrekningen hvert år, kommer veidekkets slitasjeutvikling tydelig frem. Dette vises spesielt når bilder fra samme profilnummer blir sammenliknet.

Bildene som er tatt de første årene etter en ny asfaltering er ikke så veldig interessante da det nye asfaltlaget glatter gamle feil og svakheter, se figur 11.14.



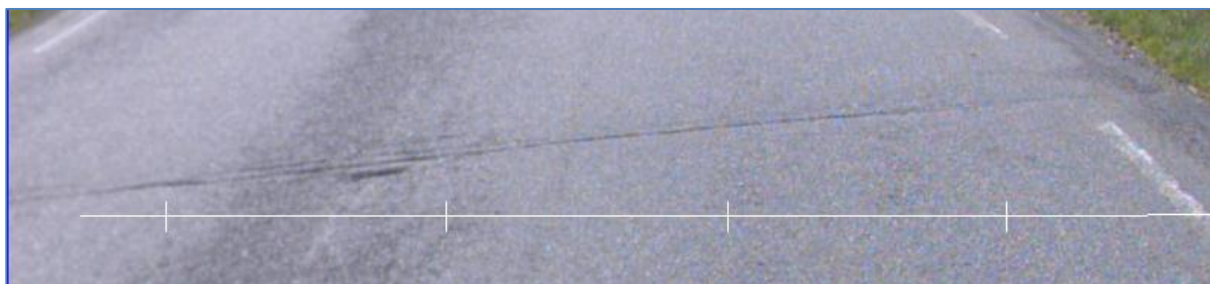
Figur 11.14 T.v.: Fra 2008 med et 12 år gammelt dekke. T.h.: Fra 2009 med nylagt dekke (ViaPhoto).

På bildet over til venstre vises tre tverrgående sprekker i vegen. Den sørligste sprekken (figur 11.15) forholder seg i omtrent samme størrelse hele asfaltdekkes levetid, dette skyldes at den sørlige delen av myrbroen har en stabil sprengsteinsfylling som fundament. De forventede ujevne bevegelsene i overgangen mellom myrbroen og vanlig vegoverbygning er små.



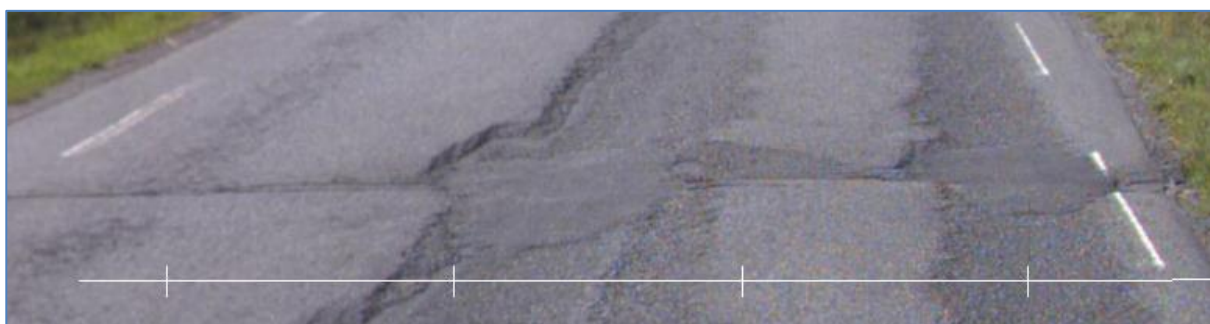
Figur 11.15 Søndre tverrgående sprekke (ViaPhoto, 2008).

Den midtre sprekk i asfaltdekket (figur 11.16) er forårsaket av et brudd i betongdekket og blir noe mer synlig mellom hver gang det asfaltes. At sprekk ligger i en dosert kurve med påfølgende horisontalkrefter kan nok ha en del å si i forhold til sprekkutviklingen over tid. Oppsprekkingen er noe større i innersvingen enn yttersvingen, dette kan skyldes at vegoverbygningen er omtrent halvparten så høy i yttersvingen som i innersvingen.



Figur 11.16 Midtre tverrsprekk (ViaPhoto, 2008).

Ved den nordligste sprekk (figur 11.17) går myrbroen over på et “fundament” av en gammel vegoverbygning. Denne er ikke like stabil som sprengsteinfyllingen og gir større ujevne bevegelser enn på motsatt side, hvilket resulterer i at asfalten sprekker mer opp. I overgangsområdet har det blitt dype hjulspor som har krevd asfaltlapping i sprekkområdet.



Figur 11.17 Nordlige tverrgående sprekk, med et 12 år gammelt dekke, EPS-myrbroen på fv.610 i Sogn og Fjordane (ViaPhoto, 2008).

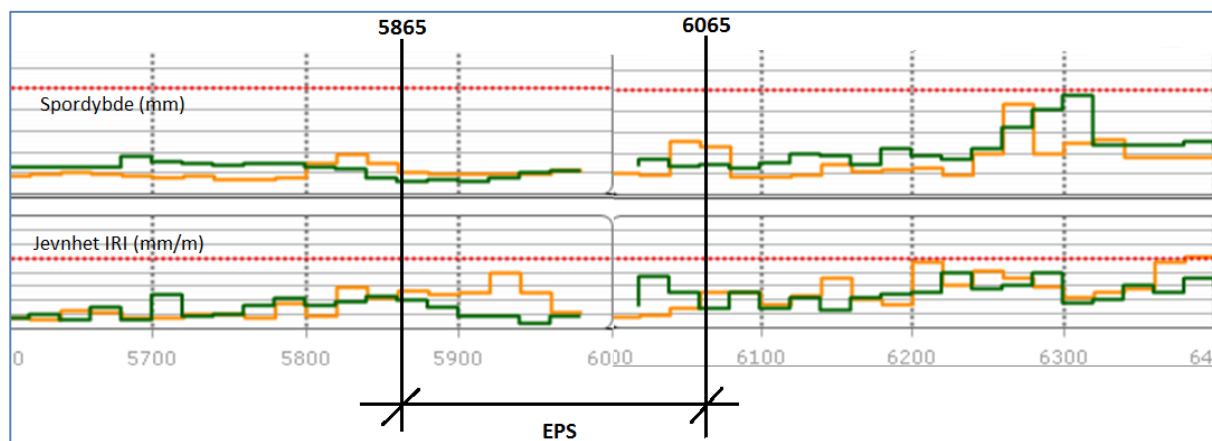
11.6.2 Spordybdeutvikling med PMS2010 og NVDB123

Tilstandsvurdering av vegen over EPS-konstruksjonen

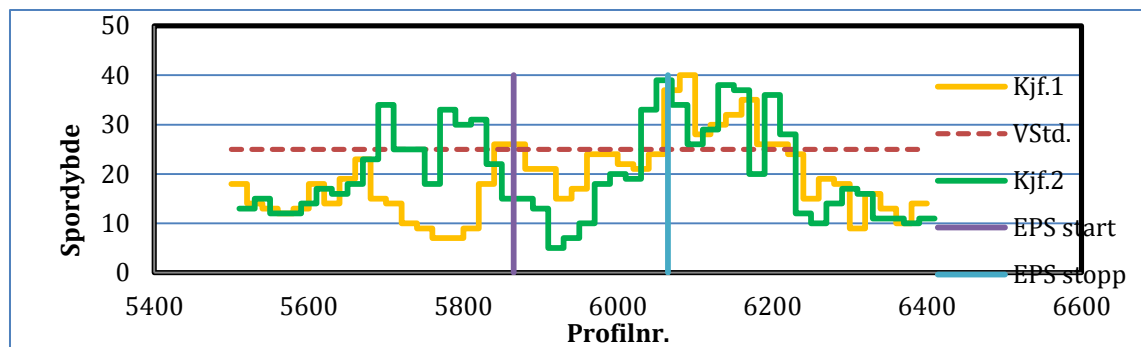
Hvordan har vegen over EPS-konstruksjonen oppført seg i forhold til de tilstøtende strekningene? Ut i fra data fra NVDB123 kan man blant annet se på spordybde- og jevnhetsutvikling (IRI) over flere år.

De siste spormålingene før det ble asfaltert er nyttige data. Da er vegen mest slitt og sporene er på sitt dypeste. Figur 11.19 og 11.20 viser spormålinger fra 1995 og 2008, årene før det ble nyasfaltert. Det er store variasjoner i spordybden. Figurene 11.21 og 11.22 viser IRI og bekrefter det en ser i spormålingsdiagrammene. En kan ikke se at EPS-strekningen er noe dårligere eller bedre enn de tilstøtende strekningene.

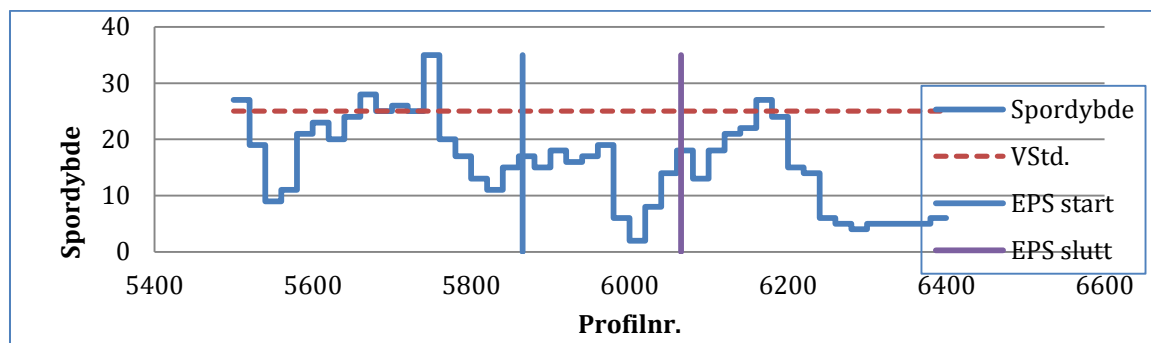
Figur 11.18 viser de samme dataene fra PMS2010 fra 2011, da er ikke dekket mer enn 2 år gammelt. Her er det små variasjoner fordi dekket er relativt nytt. Tallene er ikke like nyttige, men det bekrefter dataene fra NVDB123, at EPS-myrbrostrekningen ikke er noe dårligere enn de tilstøtende.



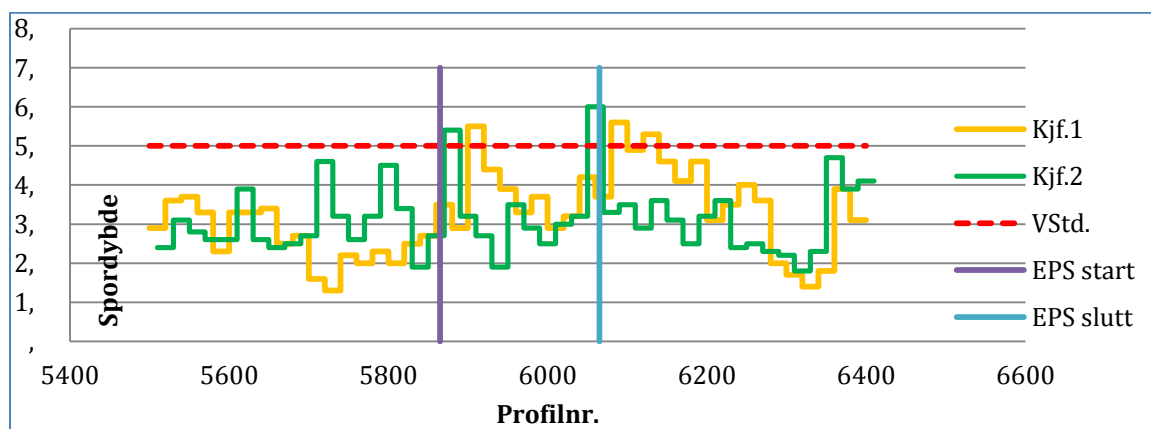
Figur 11.18 Spordybde og jevnhet fra EPS-myrbroen (PMS210, 2011). Den røde stiplede streken viser maksimalt største tillatte spordybde (jevnhetstall).



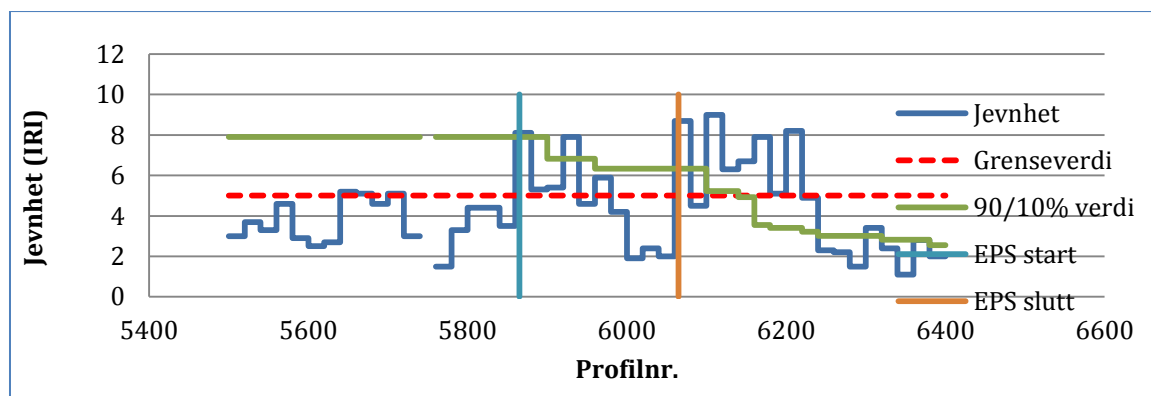
Figur 11.19 Spormålinger fra 2008, dekket er 12 år gammelt (Ref. NVDB123).



Figur 11.20 Spormålinger fra 1995, året før ny asfaltering (ref. NVDB123).

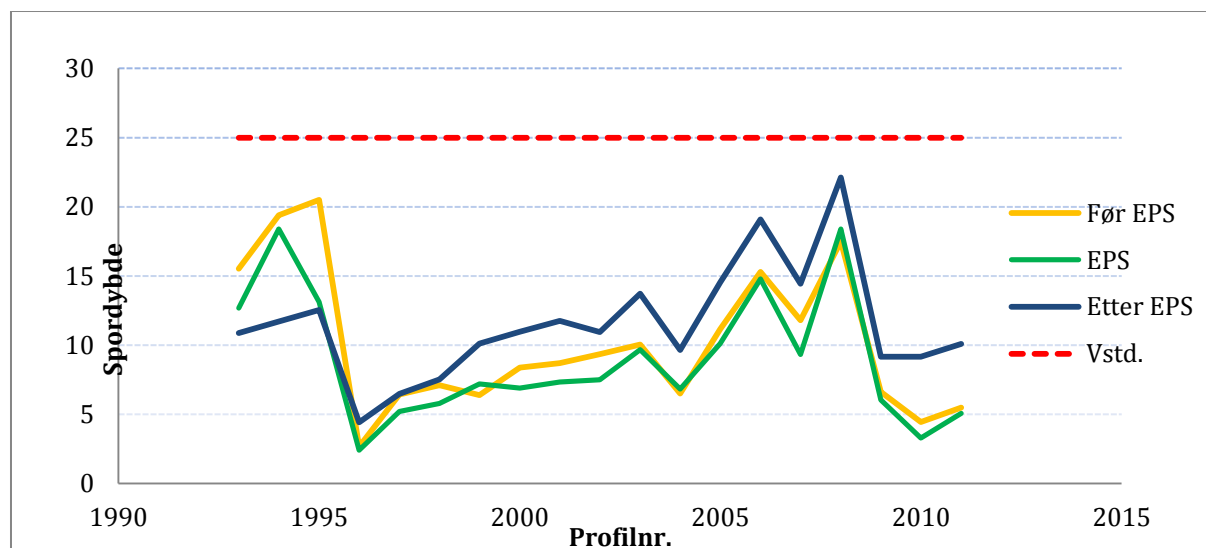


Figur 11.21 Jevnhetsmåling (IRI) fra 2008, dekket er 12 år gammelt (Ref. NVDB123).



Figur 11.22 Jevnhetsmåling (IRI) fra 1995, året før nyasfaltering (Ref. NVDB123).

Den metoden som på best mulig måte sammenlikner en spesiell strekning er økning i spordybde per år (mm/år). I figur 11.23 over har tilstøtende strekninger til flytebroen blitt sammenliknet med flytebroen. Stigningstallet forteller hvor motstandsdyktig strekningen er. Lavt stigningstall er bra, da tar det lengre tid å slite ned vegen i forhold til et høyt stigningstall (m.k. G.Berntsen).



Figur 11.23 Spordybdeutvikling på EPS-myrbroen (NVDB123).

Målingene blir foretatt ved at en bil med et måleinstrument kjører over vegen. Hver meter blir registrert med bla. spordybde. For hver 20. meter blir det registrert et gjennomsnitt av disse spordybdenes på et spesifikt profilnummer. Strekningen "Før EPS" har profilnr. 5500 til 5865, "EPS" har profilnr. fra 5865 til 6065 og "Etter EPS" har profilnr. fra 6065 til 6400. Profilnumrene er omtrentlige fordi dataene kan være forskjellige fra år til år. Gjennomsnittsspordybden på de tre strekningene, før, etter og EPS, ble regnet ut for hvert år fra 1994 til og med 2011. Grønn strek representerer myrbrostrekningen.

Siden tallmaterialet ikke er alt for stort kan vi ikke si hvilken av strekningene som er best/dårligst, men vi kan ut i fra tallene konkludere med at EPS-strekningen ikke dårligere enn de tilstøtende (m.k. G. Berntsen, 2012). Ut i fra bildedatabasen ViaPhoto og spordybder fra NVDB så det ikke ut til av myrbrostrekningen har mer sporslitasje enn tilstøtende strekninger, heller motsatt.

11.7 Tanker rundt myrbrokonseptet

En myrbro kan sies å ligge i grenseland mellom bro og fylling, dog vil det være mest naturlig å klassifisere det som en "avansert fylling" da en bro krever større grad av dokumentasjon.

Problemer med vanlige fyllinger er at de kan bli utsatt for setninger. Er grunnforholdene forskjellig i fyllingen vil det bli setninger. Betongplata på toppen er dimensjonert for å følge underlaget. I motsetning til betongplata på EPS-myrbroen på Fv.610, hvor betongbjelkene stiver av plata så vegen ikke blir utsatt for forskjeller i grunnforholdene.

Hvorfor har ikke denne typen myrbro blitt bygd senere?

Myrbroen på fv.610 i Sogn og Fjordane faller på flere måter mellom to stoler i Statens vegvesens håndbøker, ikke i håndbok 185 Bruprosjektering (Ref. 26) ei heller håndbok 018 Vegbygging. Den kan på en side bli definert som en bro innenfor Vegvesenets definisjoner, på den annen side er det bare en avansert lettfylling.

EPS-myrbroen har flere likheter med vanlige broer:

- Begge endene av broen er fundamentert på steinfyllinger.
- «Brodekket» med innstøpte langsgående bjelker for bedre stivhet.
- I stedet for peler eller søyler til å holde brodekket oppe så holdes det oppe ved hjelp blokker av EPS.

Likevel er det ingen fullverdig bro. Det kan snarere være en fordel enn en ulempe.

Etter erfaringer med EPS-myrbroen på fv.610 så krever den vesentlig mindre vedlikehold enn vanlige myrbroer. Selv etter 30 år. Konvensjonelle myrbroer krever jevnlig tilsyn og vedlikehold.

Når myrbroen er ferdig bygget dekkes den til som en vanlig EPS-fylling og er ikke synlig i terrenget, det vil da heller ikke måtte monteres rekkverk, autovern eller liknende.

En EPS-myrbro er også relativt billig å bygge og byggetiden er kort.

En vanlig bro krever ofte konstruksjons beregninger og godkjenninger, mens en avansert fylling har ikke de samme kravene.

EPS-myrbroen har også sine ulemper, den største er at den er avhengig av å ligge et sted hvor grunnvannstanden er relativt stabil hele året. Fra den eksisterende myrbroen på fv. 610 er det beregnet til at vannstanden kan variere +/- 20 til 30 cm før det får konsekvenser for konstruksjonen. Det er ikke så mye å gå på, blir det for lite vann kan myra bli utsatt for stort grunntrykk, blir det for høyt vann kan myrbroen få oppløft. Det er tatt hensyn til dette med innlagt drenering 23 cm under betongkant, men denne drenering kan bli tettet.

For å få bedre drenering og hindre oppdrift på en bedre måte, kan den japanske teknikken med bruk av et lag med oppdrifts motstandsdyktig EPS-blokker brukes i en EPS-myrbro.

Grunnene til at en myrbro på EPS ikke har blitt videreført har nok flere grunner.

- Dårlig markedsført, ingen større publikasjoner om myrbroen siden den ble bygget og myrbroen er ikke nevnt i håndbøkene til Statens vegvesen.
- Broingeniører i Statens vegvesen og i konsulentbransjen er skeptiske til en EPS-myrbro fordi broen hverken står i Håndbok 185 Broprosjektering (Ref. 26) eller i veghåndbøkene.

12 Diskusjon

Siden 1972 da EPS ble introdusert som vegfyllinger i Norge har teknologien spredd seg til hele verden. Av de ideene som de visjonære oppfinnerne hadde på 1970-tallet har mange blitt til. EPS i vegbygging startet som et tynt frostbeskyttendelag under vegoverbygningen til å bli en superlett masse i fyllinger. Spesielt i jordskjelvutsatte Japan har de brakt EPS-teknologien til nye høyder, med opp til 17 meter høye fyllinger i bratte skrånninger.

Materialelegenskaper

Det er de gode materialelegenskapene som har gjort EPS til en suksess verden over. Lav densitet i kombinasjon med stor trykkstyrke, lang holdbarhet og god tilgjengelighet, gjør materialet lett anvendelig i områder med dårlige grunnforhold. I forhold til lettklinker og skumglass er EPS mange ganger lettere. Materialet er mer omstendig å legge ut, men til gjengjeld kan materialet bli brukt i mer kompliserte løsninger, slik som ved dårlig grunn hvor en bro ofte er alternativet til en EPS-fylling.

Miljøhensyn

Å introdusere et oljeprodukt i naturen kan virke lite miljøhensiktsmessig. De fleste fyllinger skal teoretisk bli dekket inn i overkant og på sidene av enten betong og/eller membran. Dette gjøres ikke for å beskytte vannet fra å bli miljøforgiftet, men for å beskytte EPS-materialet fra mekaniske skader og løsemidler. Det er ikke uvanlig at EPS-fyllinger ligger delvis i vann i hele eller deler av et år, det er ikke miljøskadelig da EPS-blokkene ikke inneholder miljøgifter og heller ikke avgir farlige stoffer ut i naturen. Materialet nedbrytes ikke i naturen, så ved midlertidige EPS-fyllinger rives overbygningen, blokkene fjernes og brukes på nytt ved en senere anledning.

Kostnader

EPS er én av tre typer lette masser som brukes i Norge, ved siden av Lettklinker (Leca) og skumglass (f. eks. Glasopor). Disse tre typene har til dels overlappende bruksområder med hver sine sterke og svake sider. De blir også brukt i kombinasjon med hverandre, da spesielt med EPS som én av to. En masteroppgave fra 2009 (Ref. 10) viser at EPS jevnt over er den

dyreste løsningen av de tre. I vurderingen er det imidlertid ikke tatt hensyn til forskjeller i grunnforhold, setninger og stabilitet, så dette kostnadsbildet blir ikke fullstendig reelt.

Det er ikke bare i oppbygning av vegger EPS har store fordeler. I lastreduksjon over stive nedgravde rør viser EPS seg å være et svært gunstig materialvalg. Ved å plassere myk EPS over nedgravde rør reduseres jordtrykket betraktelig ved at det flyttes fra toppen av røret til utsiden. Dette forlenger levetiden på røret.

Direkte brofundamentering på EPS og EPS-myrbro

Norge og Statens vegvesen har etter oppfinnelsen utviklet sin egen teknologi videre og har siden 1980-tallet hatt stor suksess med bruk av EPS som brofundament og som myrbrokonstruksjon. Sistnevnte finnes det kun én av, mens det er bygget seks broer fundamentert direkte på EPS. Disse seks befinner seg alle i Østfold, hvorav én midlertidig ble bygget på slutten av 1980-tallet, fire permanente på 1990-tallet og en midlertidig på 2000-tallet. Disse seks broene har fungert som planlagt i sin levetid så langt.

I rapportene som finnes om broer direkte fundamentert på EPS har det kommet frem få feil eller mangler. Det som har blitt oppdaget av større setninger har enten vært forventet eller så har årsaken til problemet raskt blitt funnet. Det samme gjelder EPS-myrbroen på fv.610 i Sogn og Fjordane; Broen/fyllingen fungerer i henhold i dag som for snart 30 år siden.

EPS-myrbroen ble bygget til en rimelig meterpris i forhold til hva en konvensjonell myrbro ville ha kostet, da det faktisk "bare" er en avansert fylling som bygges. Driftskostnadene med EPS-myrbroen har også vært betydelig lavere da den driftes som en EPS-fylling.

Hadde flere EPS-myrbroer blitt bygget kunne samfunnet og vegvesenet spart betydelige midler i fremtidig vedlikehold. Årsaken til at det likevel kun er bygget én bro av dette slaget er flere og sammensatt; Til tross for at teknologien er noe kjent i geoteknikkmiljøet er den relativt ukjent blant broplanleggere, broen på fv.610 er dårlig markedsført og konstruksjonsmetoden passer ikke inn i én spesiell håndbok da den "faller mellom to stoler".

Hvorfor blir ikke flere broer bygget med denne teknikken?

Det er synd at denne enkle og relativt billige teknologien ikke har blitt mer brukt enn det den har, som sagt finnes det kun én EPS-myrbro og seks broer fundamentert direkte på EPS. Er broplanleggere ukjent med teknikken eller holder de seg til teknikker de kjenner godt fra før? Kanskje bør Vegdirektoratet komme sterkere på banen og informere bedre gjennom bro- og vegnormalene. Teknikken er vel utprøvd, er økonomisk og den fungerer.

13 Konklusjon

I denne oppgaven har det blitt sett på bruken av EPS i vegbygging. EPS har blitt brukt i vegfyllinger siden 1972 og viser seg å gi gode løsninger på kort og lang sikt, mye på grunn av materialets vektfordel (1 % av konvensjonelle fyllmasser), holdbarhet og trykkstyrke.

EPS løser i dag mange flere problemområder enn hva produktet først var tiltenkt når det ble funnet opp i dagens form på midten av sist århundre.

Statens vegvesen har vært langt fremme med utvikling av bruksområder, spesielt i bruk av EPS i broer. Det er kun laget seks broer som er direkte fundamentert på EPS-blokker, samtlige av disse har blitt bygget på dårlig grunn av marin leire i Østfold. Selv med utfordrende grunnforhold har broene fungert akkurat som beregnet, selv etter snart 20 år. I tillegg har de blitt oppført billigere og raskere enn andre alternative løsninger.

Østfold er langt i fra det eneste fylket i landet som har dårlige grunnforhold, metoden bør derfor benyttes på flere broer i områder hvor tilleggsbelastninger vil utsette grunnforholdene for setninger.

Den eneste EPS-myrbroen i landet, som finnes på fv. 610 i Sogn og Fjordane, ble bygget som et forsøk på å passere en myr på en billig og effektiv måte. Myrbroen har stått siden 1983 og fungerer i dag, snart 30 år senere, like bra. EPS-blokkene viser ingen tegn til nedbrytning og myrbroen ser ut til å holde bra stand til tross for tidens tann. Ute blant prosjekterende er denne teknologien lite kjent og det kreves derfor informasjon og markedsføring for å øke kvantumet av slike broer i Norge.

Hovedkonklusjonen fra denne oppgaven blir at EPS-løsninger har fungert godt de siste 40 årene, både med hensyn på økonomi, tidsbruk og holdbarhet. EPS kan med fordel bli brukt i større grad for å spare kostnader. Til tross for at løsningen ikke alltid er den rimeligste på investeringstidspunktet så vil det lønne seg på lengre sikt. EPS-teknologien har kommet langt siden sin spede start og det ser fortsatt ut som om mulighetene er store for nye og gamle bruksområder.

13.1 Anbefalinger til videre arbeid

EPS i vegbygging har ikke nådd sitt fulle potensiale og gamle oppfinnelser kan bli videreutviklet. For videre arbeid kan det anbefales å utføre beregninger på oppdriftsmotstandsdyktige EPS-blokker og på betongbjelker med armering i EPS-myrbroer.

14 Referanser

14.1 Muntlige referanser

- m.k. G. Refsdal, 2012: Muntlig kommunikasjon med sivilingeniør Geir Refsdal ved Statens vegvesen Region øst, våren 2012.
- m.k. G. Berntsen, 2012: Muntlig kommunikasjon med Dr. Ing. Geir Berntsen ved Statens vegvesen Region øst, Dekkeprosjektet, våren 2012.
- m.k. R. Nålsund, 2012: Muntlig kommunikasjon med ingeniør geolog Roar Nålsund ved Jernbaneverket, våren 2012.
- m.k. H. Paulsen, 2012: Muntlig kommunikasjon med ingeniør Harald Paulsen ved Statens vegvesen Region vest, våren 2012.
- m.k. J. Vaslestad, 2012: Muntlig kommunikasjon med Dr. Ing. Jan Vaslestad ved Statens vegvesen Region øst, våren 2012.

14.2 Litteraturreferanser

1. Statens Vegvesen (1987): Vegdirektoratet, Veglaboratoriet, Meddelelse nr. 61- "Plastic Foam in Road Embankments", side 46 Case history 7.
2. Statens Vegvesen (2008): Håndbok 274 - Grunnforsterkning, fylling og skråninger.
3. Statens Vegvesen (2009): Håndbok 185 – Bruprosjektering.
4. Tor Schmedling (2008): Statens Vegvesen, "Vegen frem til E6 & E18 i Østfold".
5. EPS-gruppen(2012): "Hva inneholder EPS?"
<http://www.eps-gruppen.no/?itemId=1172>, (lest 18.02.2012).
6. N. Skillestad, A. Hillestad, J. Brekke (1984): Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Veglaboratoriet, Intern rapport nr. 1160 - "Veg på EPS Rv.610 Steien – Osen".
7. Tor Erik Frydenlund (1991): Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Veglaboratoriet, Intern rapport nr. 1511 – "Seminar on the use of EPS in road construction", june 21st 1991, Lysebu Oslo.
8. Roald Aabøe (1993): Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Veglaboratoriet, Intern rapport nr. 1646 – "Vurdering av en neddykket EPS-konstruksjon 9 år etter ferdigstilling".
9. Roald Aabøe, Tor Erik Frydenlund (2001): Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk

avdeling, Intern rapport nr. 2209 – "EPS-den lette løsningen".

10. Elisabeth Kotsbak (2009): Universitetet for Miljø- og Biovitenskap - Institutt for matematiske realfag og teknologi, " Kostnader ved bruk av fyllinger med lette masser og kalk-og sementpeler", (masteroppgave).
11. Lars-Marius B. Andersen, Kari Lindquist, Tiril A. Stang og Jon Andreas Tjernsbekk (2011): Høgskolen i Østfold, Statens Vegvesen, VD rapport Vegdirektoratet nr.33, "Ekspandert polystyren i norsk vegbygging -en tilstandsundersøkelse av tidligere EPS-fyllinger", (Bacheloroppgave).
12. Jackon Industriprodukter (2005): (Produktbrosjyre), www.jackon.se/dav/54ffb12b45.pdf, (lest 18.02.2012)
13. European Manufacturers of Expanded Polystyrene (EUMEPS) (2010): "Sustainable Construction with EPS Insulation", (Informasjonsbrosjyre).
14. Standard Norge(2007): Norsk Standard NS-EN 14933:2007.
15. Sundolitt nettside (2012): Floating Docks and pontoons: <http://www.sundolitt.co.uk/default.asp?menu=8622&id=6456>, (lest 07.05.2012).
16. EPS-gruppen (2012): Sammenlikning av EPS og trevirke ved brann, (nettside) <http://eps-gruppen.no/?itemID=1156>, (lest 05.03.2012).
17. T.E. Frydenlund, R. Aabøe (1988): "Statens vegvesen, A challenging concept in road construction Superlight fill materials". Trykket i Ground Engineering, Volum 19, nr.1, 1988.
18. Svein Alfheim, Kåre Flåte, Geir Refsdal, Nils Rygg, Kjell Aarhus (2011): "The first EPS Geoblock Road Embankment – 1972". Fra EPS konferansen: "4th International Conferanse on Geofoam Blocks in Construction Applications", Lillestrøm 4. til 6. Juni 2011.
19. Statens Vegvesen (2010): Håndbok 016, Geoteknikk i vegbygging.
20. Tseday Damtew, Jan Vaslestad, Geir Refsdal (2011): Statens vegvesen, "Case Histories with EPS Geofoam Embankments from Eastern Norway". Fra EPS konferansen: "4th International Conferanse on Geofoam Blocks in Construction Applications", Lillestrøm 4. til 6. Juni 2011.
21. Tseday Damtew, Jan Vaslestad, Geir Refsdal (2011): Statens vegvesen, "Case Histories with EPS Geofoam Embankments from Eastern Norway (part 2)". Fra EPS konferansen: "4th International Conferanse on Geofoam Blocks in Construction Applications", Lillestrøm 4. til 6. Juni 2011.

22. Tor Erik Frydenlund, Roald Aabøe (1988): "Expanded polystyrene-A superlight fill material". International Geotechnical Symposium on Theory and Practice of Earth Reinforcement/Fukuoka Japan/5-7 October 1988 ©1988 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 6191 820 0.
23. Tor Erik Frydenlund (1990): Statens vegvesen, "Railway underpass at Bøle", (Rapport).
24. Roald Aabøe(1996): Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Veglaboratoriet, Intern rapport nr. 1864 – "Grunnforsterkning – Økonomi og metoder". Fra kursdagene på NTH.
25. Statens Vegvesen (2011): Håndbok 018 – Vegbygging.
26. Statens vegvesen (2011): Håndbok 185 – Bruprosjektering, ISBN: 978-82-7207-640-4.
27. T. Korpberget, M.A. Lurfaldet (1979): Veglaboratoriet - Geoteknisk seksjon, Oppdrag 8248 nr.1.
28. Statens vegvesen (2011): Konkurransesgrunnlag, E6 Stubberudmyra bro, Forsterkning av bru nr. 03-0322, Tilbud nr:2010-235473.
29. Arnulf G. Olsen (2008). Statens vegvesen, Stubberudmyra bro – forsterkning av skallkonstruksjon, (notat).
30. Torbjørn Johansen, Kari Tilrem Ørjavik (2008): Statens vegvesen, Notat 03-788 Skullerudkrysset bro setninger, (notat).
31. Statens vegvesen (2009): Mengde og Prosesskodefortegnelse, 03-0788 Skullerudkrysset, (notat).
32. Uretek (2012): Diverse fakta om Floorlift-metoden, <http://www.uretek.no/default.pl?showPage=168>, (lest 26.03.12).
33. Roald Aabøe (2009): Statens vegvesen, "EPS – et nytt medlem av geosyntetfamilien, Norge med nærmere 40 års erfaring i veg", Geosyntetseminar 12. okt. 2009
34. Kristian Aunaas (2011): Statens vegvesen, "Recent impresions from EPS projects in Japan", fra EPS konferansen: "4th International Conferanse on Geofoam Blocks in Construction Applications", Lillestrøm 4. til 6. Juni 2011.
35. Georgios Papacharalampous, Elias Sotiropoulos (2011): "First time application of expanded polystyrene in highway projects in Greece", fra EPS konferansen: "4th International Conferanse on Geofoam Blocks in Construction Applications", Lillestrøm 4. til 6. Juni 2011.
36. Sundolitt (1993): Sundolitt Vägblock, "Dimensioneringshandledning vid användning av EPS-cellplastblock för vägbyggnad", (reklamebrosjyre).
37. Tebarek Ahmed Awol (2011): NTNU, "Design og EPS lightweight Fill material in road

construction", (semesteroppgave).

38. Mikihiko Shintani (2011): "Embankment Constructions Applying Buoyancy-Resistant EDO-EPS blocks", fra EPS konferansen: "4th International Conferanse on Geofoam Blocks in Construction Applications", Lillestrøm 4. til 6. Juni 2011.
39. Tatsuro Kubota (2011): "Case History of EDO-EPS method in Japan", fra EPS konferansen: "4th International Conferanse on Geofoam Blocks in Construction Applications", Lillestrøm 4. til 6. Juni 2011.
40. GEAS (1994): Sak: Rv.109-broer, Vedr.: Landkar – Høiendal. Diverse utregninger, (notat).
41. Roy Andersen (2011): "EPS geofoam blocks, material properties and production prosess", fra EPS konferansen: "4th International Conferanse on Geofoam Blocks in Construction Applications", Lillestrøm 4. til 6. Juni 2011.
42. Weber Saint-Bobain, Brosjyre: Leca lett fyllmasse (2012):
http://www.weber-norge.no/fileadmin/user_upload/Brosjyrer/Leca_Lett_Fyllmasse.pdf,
fra 27.4.12
43. Glasopor (2012): Prosjekteksempel
http://www.glasopor.no/databank/pellets_prosjekteksempler_halden_jernbane.htm,
(lest 27.4.12).
44. BASF (1991/1993): Teknisk informasjon, (brosjyre):
http://www.geosyscorp.com/noframes/documents/BASF/BASF_800.pdf, (lest 14.04.12).
45. Sundolitt (2012): Nettside, Gallery – Block Applications:
<http://www.Sundolitt.co.uk/default.asp?menu=8683>, (lest 13.03.12).
46. Jernbaneverket (2012): Nettside, nyhetsarkiv:
<http://www.jernbaneverket.no/no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2012/Nytt-ras-over-Dovrebanen-sor-for-Storen/>, (lest 14.03.12).
47. Adresseavisen (2012): adressa.no, nyhetsartikkel:
<http://www.adressa.no/nyheter/sortrondelag/article1792675.ece>, (lest 28.03.12).



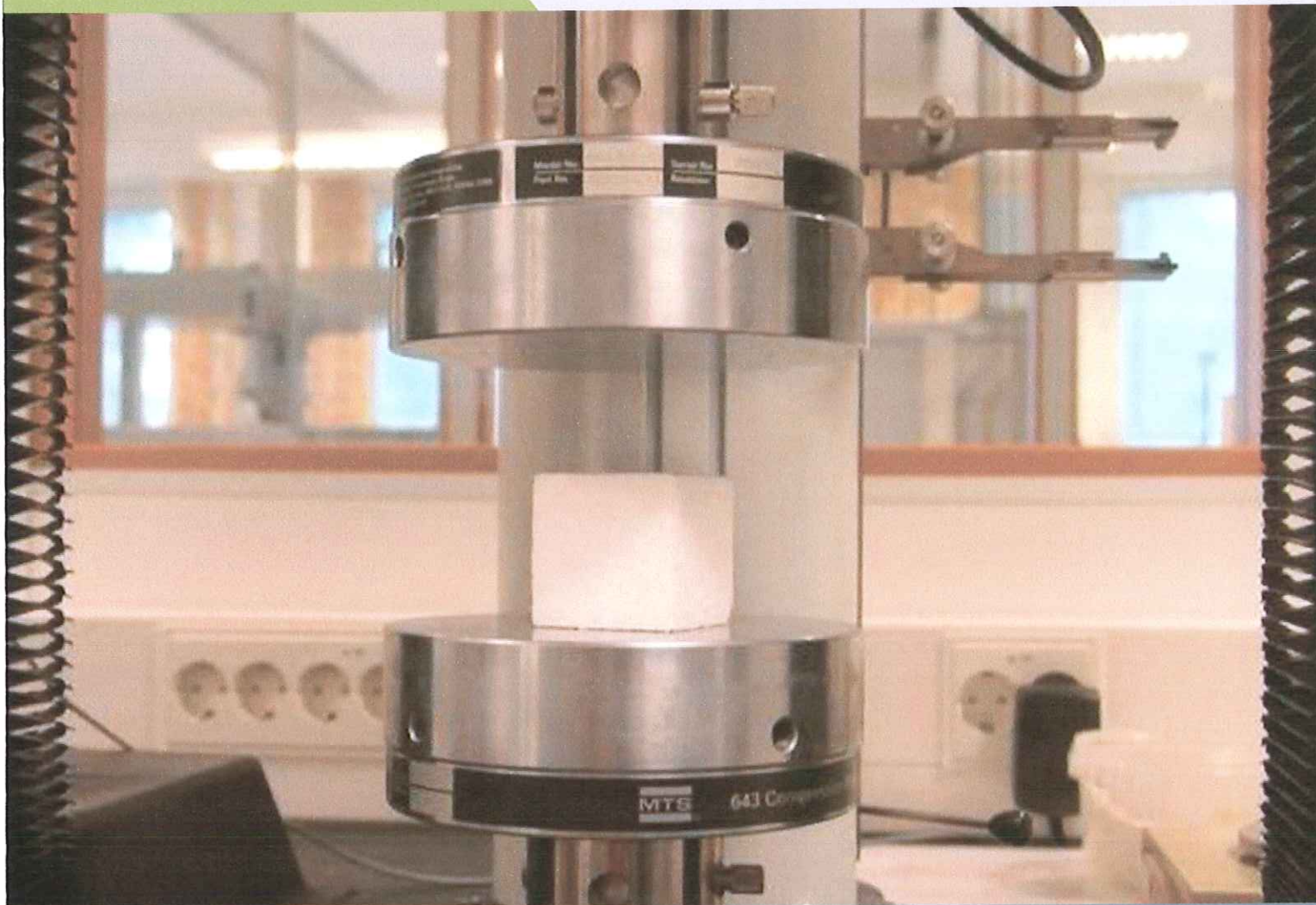
Statens vegvesen

Etterkontroll av EPS / Myrbru fra 1983 100 kN/m² / Brødr. Sunde as

Fv. 610 Steien-Osen Profilnr. 5865-6065
Prosj.:103249/Oppdrag:1110128 004-006

RAPPORT

Ressursavdelingen



Region øst
Ressursavdelingen
Veg- og geoteknikk
Dato: 2012-03-20



Statens vegvesen

Region Øst
Sentrallaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

14.713 Vanninnhold, trykkstyrke og densitet av skumplast / EPS

Oppdragsnr.: 1110128-004

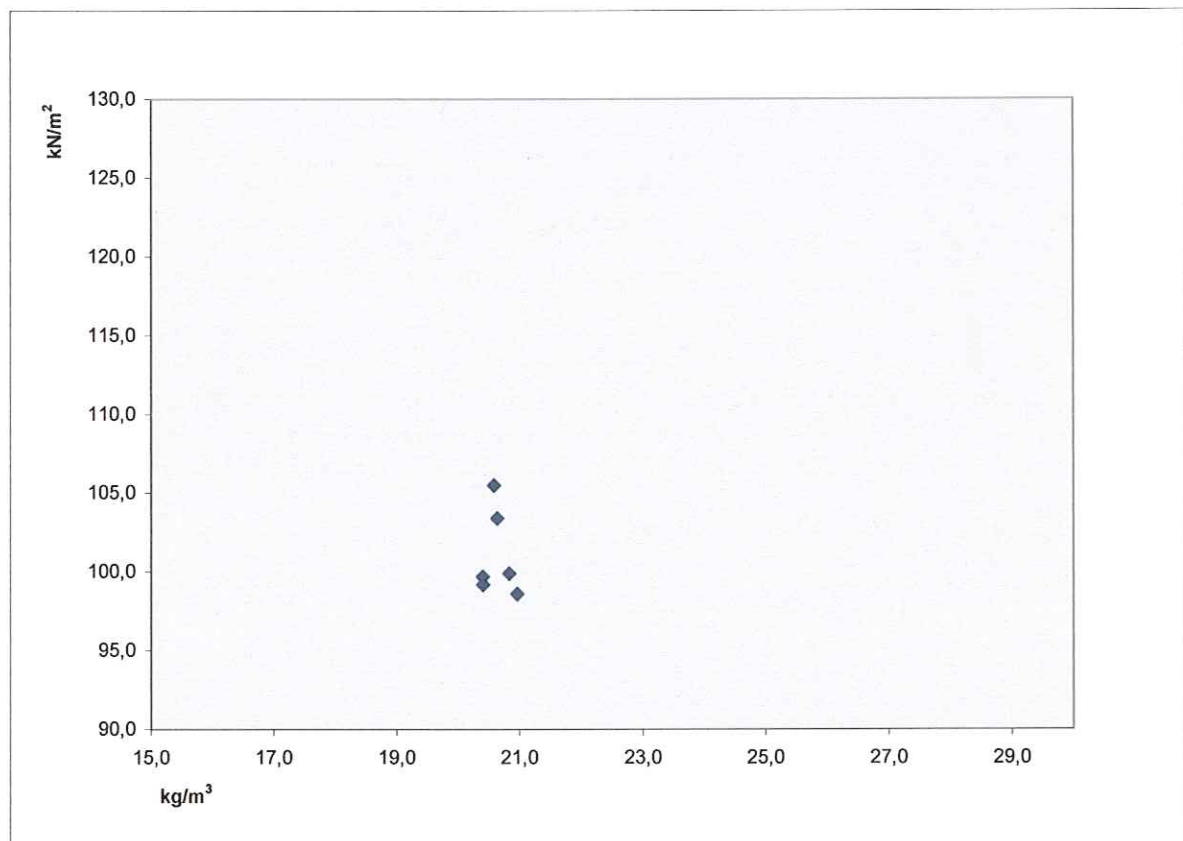
Dato: 20-03-2012

Signatur: daglov

Typebetegn.	EPS 100kN/m2	Prosjekt	103249 / Fv. 610 Steien-Osen / Myrbru
Produsent	Brødr. Sunde as	Oppdragsgiver	Vegdirektoratet
Prod. dato	1983	Prøvetakingsted	Profilnr. 5865-6065
Blokk nr.	Venstre side veg/Toppblokk	Prøvetakingsdato	07.03.2011
Plate nr.		Prøvetaker	Simen Hermansen

Ternning nr	Masse våt gram	Masse torr gram	Lengde cm	Bredde cm	Høyde cm	Volum cm ³	Trykkflate cm ²	Densitet kg/m ³	Tr.styrke 5% def. kN/m ²	Vanninnh. vol. %
1/ca.07-12cm	11,41	2,62	4,95	5,05	5,00	125,0	25,0	21,0	98,6	7,0
2/ca.07-12cm	12,45	2,68	5,00	5,15	5,10	131,3	25,8	20,4	99,2	7,4
3/ca.21-26cm	12,45	2,65	5,00	5,15	5,00	128,8	25,8	20,6	105,5	7,6
4/ca.21-26cm	12,25	2,63	5,15	4,95	5,00	127,5	25,5	20,6	103,4	7,5
5/ca.38-43cm	13,11	2,63	5,00	5,05	5,00	126,3	25,3	20,8	99,9	8,3
6/ca.38-43cm	13,24	2,55	5,00	5,05	4,95	125,0	25,3	20,4	99,7	8,5

Gj.snitt	20,6	101,1	7,7
----------	------	-------	-----



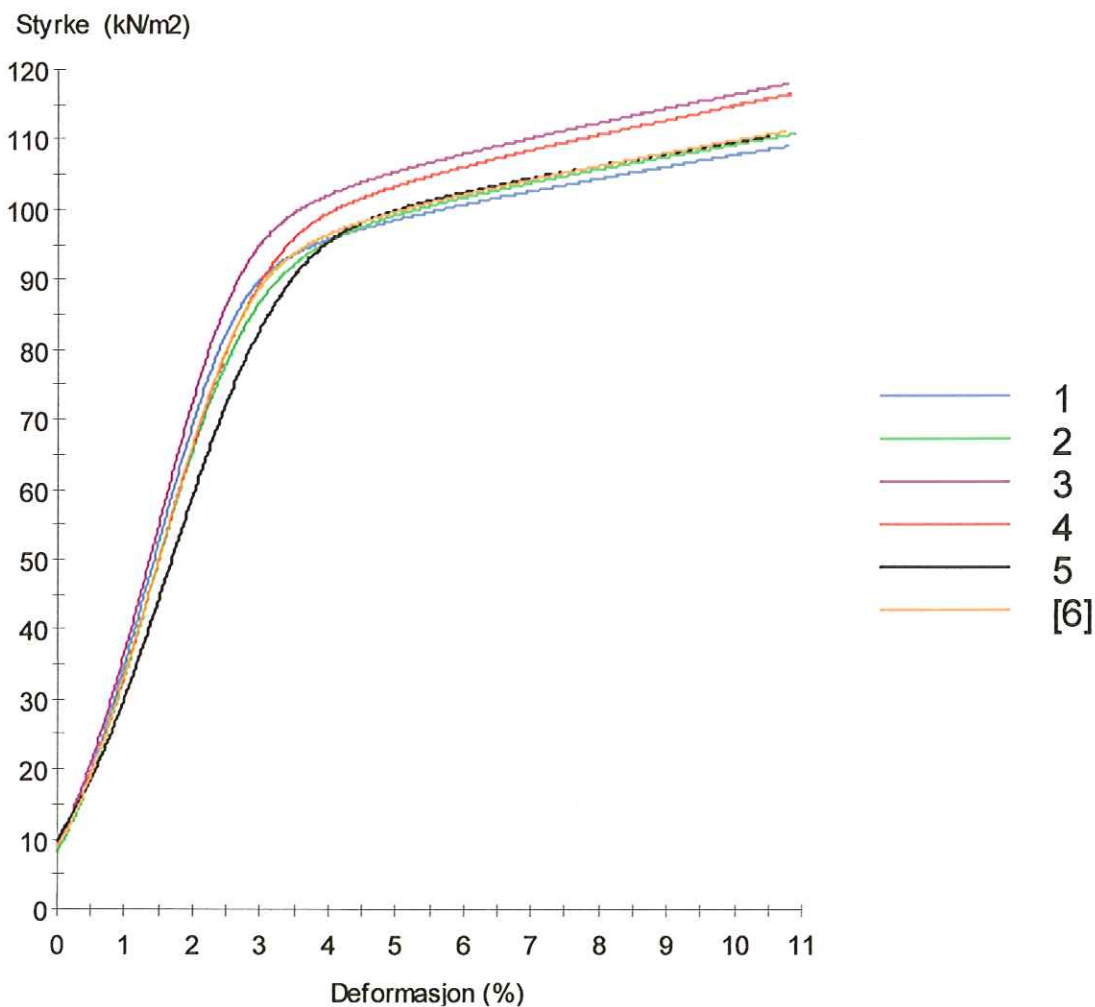
Trykkstyrke EPS Håndbok 014

Oppdragsnr: 1110128-004 Fv610 Steien-Osen Myrbru.mss
 Metode: Trykkstyrke EPS Håndbok 014.msm

Dato: 19.03.2012
 Operatør: daglov

Resultater:

Prøve #	Lengde mm	Bredde mm	Høyde mm	Styrke 5 % deformasjon kN/m ²	Styrke 10% deformasjon kN/m ²	Modul MPa	
1	49,5	50,5	50,0	98,6	107,8	3,509	
2	50,0	51,5	51,0	99,2	109,3	3,329	
3	50,0	51,5	50,0	105,5	116,5	3,670	
4	51,5	49,5	50,0	103,4	114,8	3,341	
5	50,0	50,5	50,0	99,9	109,6	2,959	
6	50,0	50,5	49,5	99,7	109,8	3,342	
Mean	50,2	50,7	50,1	101,1	111,3	3,358	
Std. Dev.	0,7	0,8	0,5	2,7	3,5	0,237	





Statens vegvesen

Region Øst
Sentrallaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

14.713 Vanninnhold, trykkstyrke og densitet av skumplast / EPS

Oppdragsnr.: 1110128-005

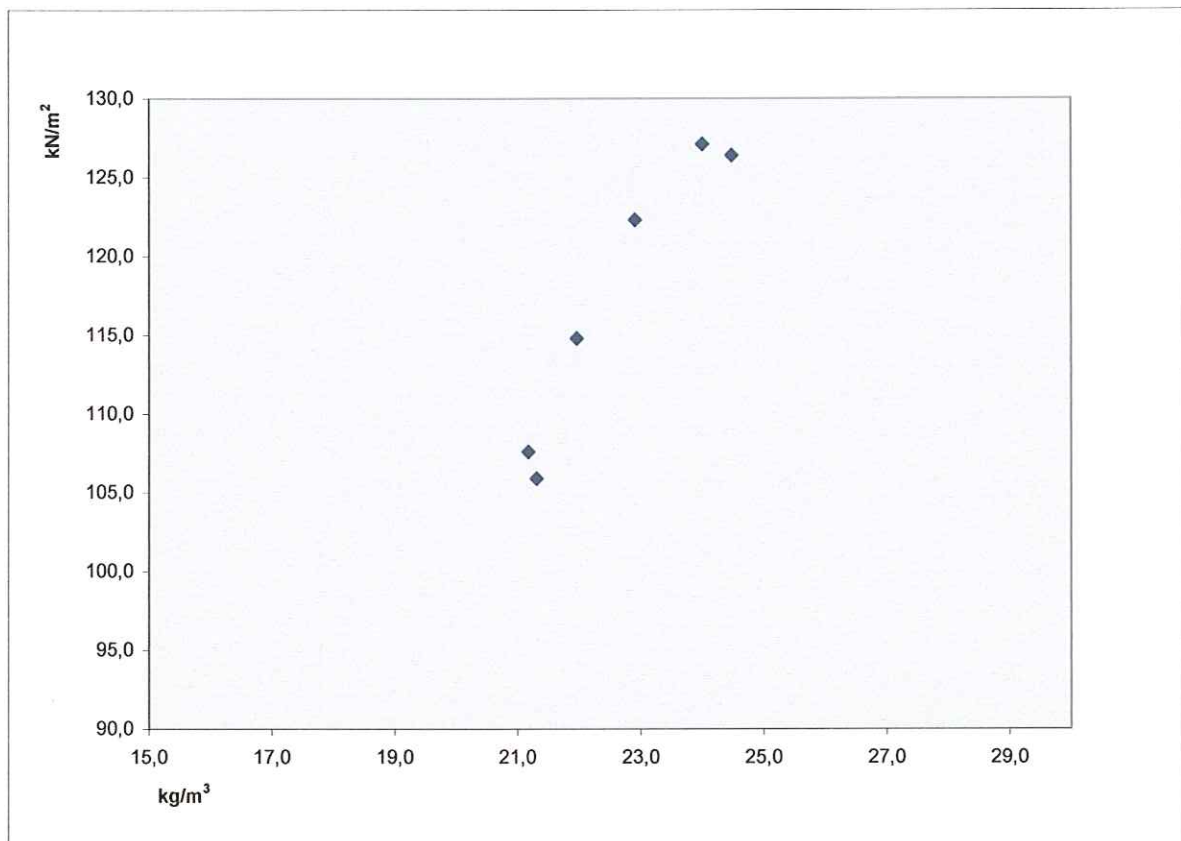
Dato: 20-03-2012

Signatur: daglov

Typebetegn.	EPS 100kN/m ²	Prosjekt	103249 / Fv. 610 Steien-Osen / Myrbru
Produsent	Brødr. Sunde as	Oppdragsgiver	Vegdirektoratet
Prod. dato	1983	Prøvetakingsted	Profilnr. 5865-6065
Blokk nr.	Venstre side veg/Bunnblokk	Prøvetakingsdato	07.03.2011
Plate nr.		Prøvetaker	Simen Hermansen

Terrning nr	Masse våt gram	Masse torr gram	Lengde cm	Bredde cm	Høyde cm	Volum cm ³	Trykkflate cm ²	Densitet kg/m ³	Tr.styrke 5% def. kN/m ²	Vanninnh. vol. %
1/ca.55-60cm	11,43	2,78	5,00	5,20	5,05	131,3	26,0	21,2	107,6	6,6
2/ca.55-60cm	11,38	2,69	5,00	5,00	5,05	126,3	25,0	21,3	105,9	6,9
3/ca.70-75cm	12,22	2,80	5,10	5,00	5,00	127,5	25,5	22,0	114,8	7,4
4/ca.70-75cm	12,95	2,95	5,00	5,05	5,10	128,8	25,3	22,9	122,3	7,7
5/ca.90-95cm	11,93	3,06	5,10	5,00	5,00	127,5	25,5	24,0	127,1	6,9
6/ca.90-95cm	11,91	3,06	5,00	5,00	5,00	125,0	25,0	24,5	126,4	7,1

Gj.snitt	22,6	117,4	7,1
----------	------	-------	-----



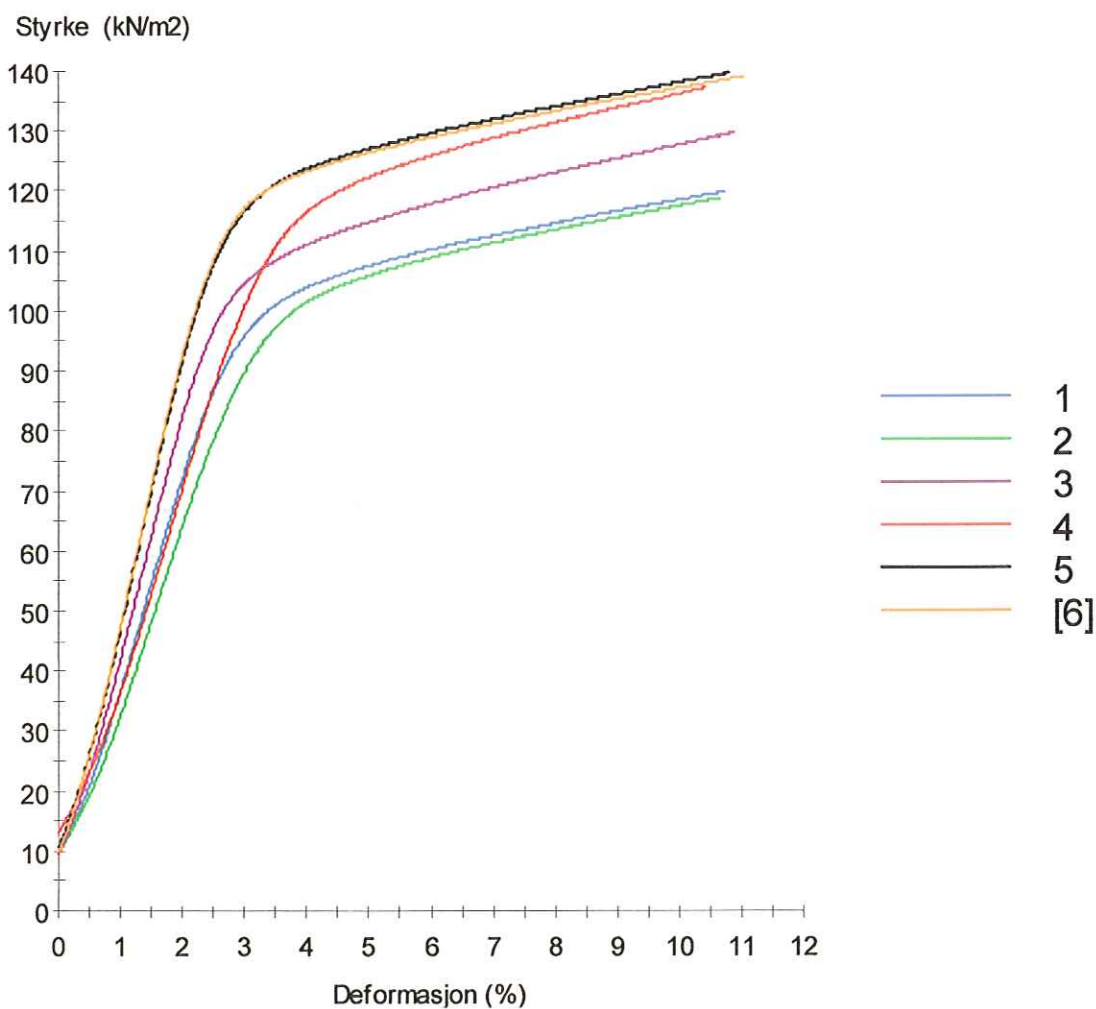
Trykkstyrke EPS Håndbok 014

Oppdragsnr: 1110128-005 Fv610 Steien-Osen Myrbru.mss
 Metode: Trykkstyrke EPS Håndbok 014.msm

Dato: 19.03.2012
 Operatør: daglov

Resultater:

Prøve #	Lengde mm	Bredde mm	Høyde mm	Styrke 5% deformasjon kN/m ²	Styrke 10% deformasjon kN/m ²	Modul MPa	
1	50,0	52,0	50,5	107,6	118,5	3,647	
2	50,0	50,0	50,5	105,9	117,5	3,224	
3	51,0	50,0	50,0	114,8	127,7	4,169	
4	50,0	50,5	51,0	122,3	136,1	3,528	
5	51,0	50,0	50,0	127,1	138,0	4,690	
6	50,0	50,0	50,0	126,4	137,1	4,726	
Mean	50,3	50,4	50,3	117,3	129,1	3,997	
Std. Dev.	0,5	0,8	0,4	9,3	9,4	0,630	





Statens vegvesen

Region Øst
Sentrallaboratoriet

Arbeidsskjema for laboratorieanalyser

14.713 Vanninnhold, trykkstyrke og densitet av skumplast / EPS

Oppdragsnr.: 1110128-006

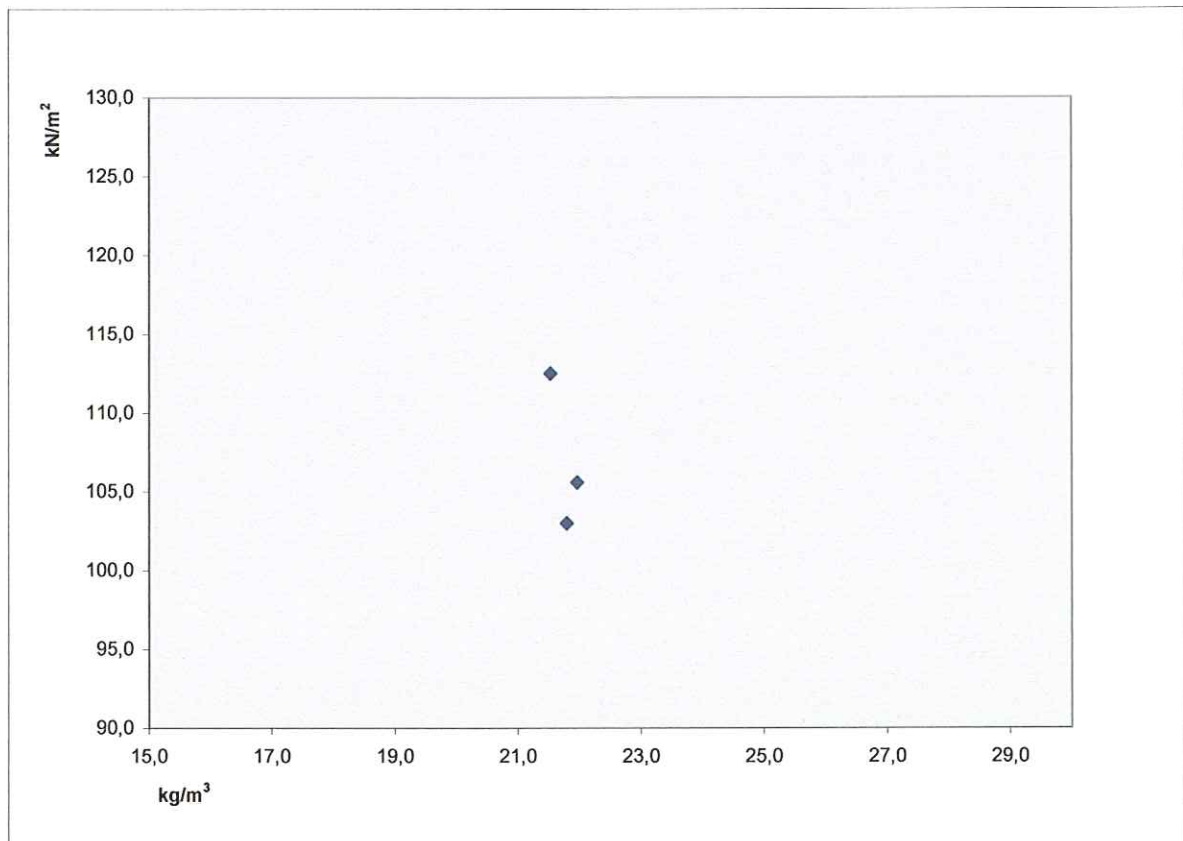
Dato: 20-03-2012

Signatur: daglov

Typebetegn.	EPS 100kN/m ²	Prosjekt	103249 / Fv. 610 Steien-Osen / Myrbru
Produsent	Brødr. Sunde as	Oppdragsgiver	Vegdirektoratet
Prod. dato	1983	Prøvetakingsted	Profilnr. 5865-6065
Blokk nr.	Høyre side veg/Toppblokk	Prøvetakingsdato	07.03.2011
Plate nr.		Prøvetaker	Simen Hermansen

Terrning nr	Masse våt gram	Masse tørr gram	Lengde cm	Bredde cm	Høyde cm	Volum cm ³	Trykkflate cm ²	Densitet kg/m ³	Tr.styrke 5% def. kN/m ²	Vanninnh. vol. %
1/ca.05-10cm	13,56	2,80	4,95	5,10	5,05	127,5	25,2	22,0	105,6	8,4
2/ca.24-29cm	12,49	2,61	5,00	4,85	5,00	121,3	24,3	21,5	112,5	8,1
3/ca.40-45cm	12,38	2,67	4,95	4,95	5,00	122,5	24,5	21,8	103,0	7,9

Gj.snitt	21,8	107,0	8,1
----------	------	-------	-----



Trykkstyrke EPS Håndbok 014

Oppdragsnr: 1110128-006 Fv610 Steien-Osen Myrbru.mss
Metode: Trykkstyrke EPS Håndbok 014.msm

Dato: 19.03.2012
Operatør: daglov

Resultater:

Prøve #	Lengde mm	Bredde mm	Høyde mm	Styrke 5% deformasjon kN/m ²	Styrke 10% deformasjon kN/m ²	Modul MPa	
1	49,5	51,0	50,5	105,6	114,6	3,666	
2	50,0	48,5	50,0	112,5	124,6	3,807	
3	49,5	49,5	50,0	103,0	112,8	3,435	
Mean	49,7	49,7	50,2	107,0	117,4	3,636	
Std. Dev.	0,3	1,3	0,3	4,9	6,4	0,188	

