

Ekspandert polystyren i veg- bygging

Vegbygging med superlette byggeklosser i en historisk sammenheng

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 603



Tittel

Ekspandert polystyren i vegbygging

Undertittel

Vegbygging med superlette byggeklosser i en historisk sammenheng

Forfatter

Roald Aabøe, Tor Erik Frydenlund, Geir Refsdal

Avdeling

Vegavdelingen

Seksjon

Geoteknikk og skred

Prosjektnummer**Rapportnummer**

Nr. 603

Prosjektleder

Tor Erik Frydenlund

Godkjent av

Roald Aabøe

Emneord

Ekspandert polystyren, lette masser.

Sammendrag

Rapporten er en historisk gjennomgang av denne norskutviklede metoden med bruk av ekspandert polystyren som vegbyggingsmateriale.

Title

EPS in road construction

Subtitle

Road construction with superlight building blocks in a historical context

Author

Roald Aabøe, Tor Erik Frydenlund, Geir Refsdal

Department

Roads Department

Section

Geotechnical

Project number**Report number**

No. 603

Project manager

Tor Erik Frydenlund

Approved by

Roald Aabøe

Key words

Expanded polystyrene, light weight materials

Summary

Road construction with superlight building blocks in a historical context



Vegbygging med superlette byggeklosser

Geir Refsdal og Tor Erik Frydenlund

Den som har kjørt litt rundt i landet vårt og sett områder der nye vegprosjekter er under bygging, kan ikke ha unngått å legge merke til at det noen steder benyttes kjempestore hvite 'Lego-klosser' som skal danne underlaget for en ny veg. Klossene består av det som folk kjenner som Isopor (EPS, ekspandert polystyren) Er dette materialet virkelig sterkt nok som underlag for 50 tonn tunge vogntog? Hvordan ble denne byggemetoden tatt i bruk?

1. Mye leire i Norge

Det meste av vegbygging i Norge skjer i lavlandsbygdene og i bunnen av dalene der folk bor. Her består grunnforholdene av mye løsmasser som ble lagt opp i løpet av istiden. Ofte finner vi her leirmasser med lav styrke. Om det legges opp en vegfylling her med stein, betyr det at det er begrenset hvor høyt fyllingen kan bygges før det blir brudd i undergrunnen. I leirterreng kan en oppbygning på to eller tre meter være grensen for det leira tåler, og da må vegen ikke legges høyere enn dette.

Dersom vegen må legges høyere finnes en annen løsning som har vært mye benyttet i Norge: Vegfyllingen bygges opp med et materiale som er lettere enn stein. Mens stein veier 2000 kg/m³ kan det eksempelvis med et materiale som veier halvparten av dette bygges dobbelt så høyt uten at undergrunnen overbelastes. På 1960- og 1970-tallet gjorde Geoteknisk seksjon på Veglaboratoriet mange forsøk med nye typer 'lette masser', som lettklinker (Leca), lettbetongavfall (Siporex), bark som var et avfallsprodukt fra skogsindustrien og senere også brudd av skumglass. Typisk kunne da vekten halveres.

Når heller ikke dette ga en løsning på problemet, og veglinjen ikke kunne senkes, kunne en bro være siste alternativ for å få vegen frem – men da ble det jo dyrt.

2. Norge - tidlig ute med metoder for frostsikring av veger

Utover på 1960-tallet ble det stadig mer aktuelt å frostsikre vegene i Norge for å unngå telehiv – en konsekvens av et krav om jevne veger når vegene etter hvert også innbød til større hastigheter. For å frostsikre en veg var det til å begynne med ikke så mange andre muligheter enn å bygge vegene med så tykke lag med stein at frosten ikke greide å trenge ned i leira eller annen telefarlig undergrunn. Men da var det ikke lenger nok med 50 til 100 cm, men oftere 150 til 200 cm lagtykkelse. For å begrense steinforbruket – og kostnadene - søkte en da etter materialer som frosten ikke så raskt trengte ned i, og Leca og bark var igjen aktuelle. Midt på 1960 tallet ble det på Kjellstadveien i Lier gjort et ganske stort forsøk med Leca og med ulike typer skumplastplater, både EPS og XPS (ekstrudert polystyren). Med 5-8 cm tykkelse av disse platene blir frosten stoppet like effektivt som med ca. 1,0 m stein. XPS er vesentlig sterkere enn EPS og det er også mer fuktbestandig. På en byggeplass kan EPS gjenkjennes fordi den er hvit, mens XPS er farget, gjerne lys blå, grønn, fiolett eller rosa.

Forsøkene på Kjellstadveien inngikk, sammen med mange andre forsøksveger, i det store forskningsprosjektet 'Frost i jord' fra 1969 til 1976 hvor Veglaboratoriet var sentral aktør. Frost i Jord-prosjektet viste at skumplast av EPS ikke var egnet til frostsikring av veger fordi

fuktopptaket ble så høyt at det gikk utover isolasjonsevnen. Videre forsøk med EPS på rv. 35 på Jevnaker i 1970 konkluderte med at

- 1) selv om styrkeegenskapene til EPS er gode nok til at materialet kan ligge i en veg, er fukteegenskapene for dårlige i de aktuelle tykkelsene
- 2) men: langtidsegenskapene til EPS er gode, både mht. dynamiske påkjenninger, utmatting og nedbrytning.
- 3) XPS er godt egnet, både mht. fukteegenskaper og styrke

Selv om konklusjonen var at EPS ikke var egnet til frostsikring av veger, så hadde Veglaboratoriet gjennom Frost i jord-prosjektet opparbeidet en kunnskap om EPS-materialets egenskaper på et høyt internasjonalt nivå. EPS blir ofte produsert i blokker med 50 cm tykkelse og så delt opp i plater. Når det var påvist at EPS tåler påkjenningene i en veg i tykkelser på 5-8 cm var det ingen grunn til å tro at ikke blokker på 50 cm eller i flere lag på flere meter kunne brukes som lette masser. Det var egentlig ikke tvil om at dette var teknisk mulig, men var slik bruk konkurransedyktig i pris med de lette masser som allerede var i bruk. Den store fordelen med EPS er at materialet ikke veier $600 - 1000 \text{ kg/m}^3$, som tilfellet er med Leca og andre vanlige lette masser. Produksjonsvekten er på 20 kg/m^3 , men for å ta høyde for noe fuktopptak ble dimensjonerende vekt vurdert noe høyere til 100 kg/m^3 . En vekt på 100 kg/m^3 betyr i praksis at belastningen på grunnen nærmer seg 'null belastning', og da er det nesten ingen grenser for hvor høy en fylling av EPS kan bygges – rent teknisk.

3. Den første EPS-fyllingen på rv. 159 i Lørenskog

Avstanden mellom forskningsmiljøet på Veglaboratoriet og de prosjektansvarlige ved vegkontorene var forholdsvis kort og med lite byråkrati når nye ideer ble lansert. I dette tilfellet var det mulig å gå fra forslag til ferdig utførelse i full skala på fire måneder.

20. mai 1972: Bærelagseksjonen på Veglaboratoriet legger frem et forslag til gjennomføring av et prosjekt med bruk av skumplast der det var behov for lette masser. Veglaboratoriets direktør, Kaare Flaate, godkjenner prosjektet som et fullskalaforsøk og ber Geir Refsdal, Bærelagseksjonen om å følge opp.

juni 1972: Vegsjef Bent Skari i Statens vegvesen Akershus ber Veglaboratoriet om å finne en løsning på problemene på rv. 159 ved Flom broer der setninger gjennom mange tiår har ført til at det stadig må legges ny asfalt. Dette betyr at vekten stadig øker og også setningene. Asfalttykkelsen er nå ca. 1 meter (!) og for å få vegen tilbake til den opprinnelige veglinjen må vegen løftes 0,8 – 1,2 meter.

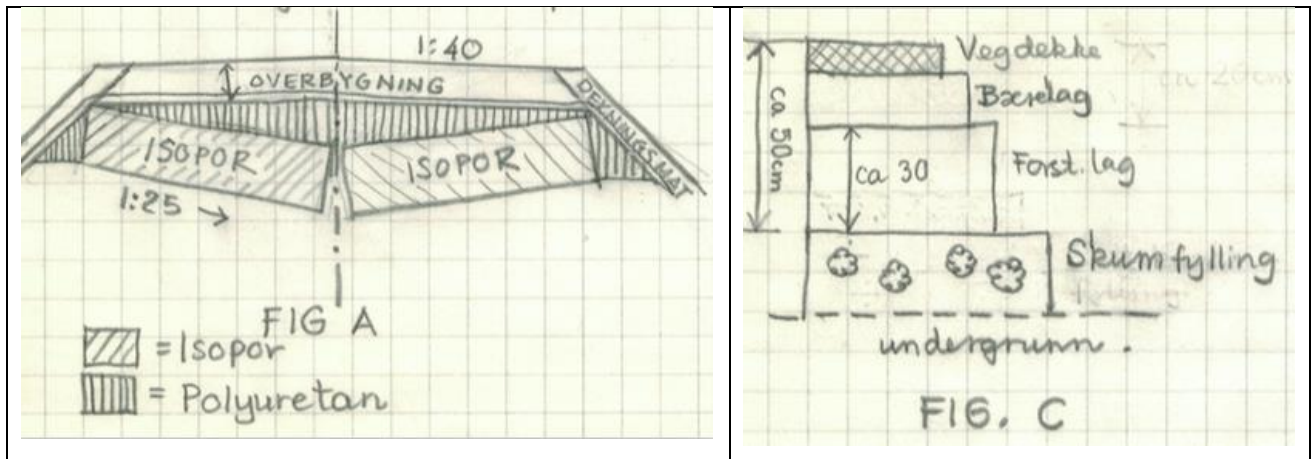
26. juni 1972: Egenskapene til EPS er godt kjent, men Bærelagseksjonen kontakter Scaniplast AS, en norsk produsent av polyuretan, med spørsmål om de kan skumme ut polyuretan på stedet med en styrke på 50 kN/m^2 og med andre nødvendige materialegenskaper.

28. juni 1972: Gjennom Geoteknisk seksjon v/Nils Rygg og Tor Korpberget blir Statens vegvesen i Akershus kontaktet. Veglaboratoriet foreslår at området ved Flom broer på Nordlimyra i Lørenskog blir benyttet som forsøksstrekning og ber vegsjefen i Akershus om å godkjenne prosjektet

8. august 1972: I et fire sider teknisk notat fra Bærelagseksjonen blir prosjektet ved Flom broer beskrevet som et godt sted for utprøving av EPS-blokker dekket med et 10 cm lag av polyuretan.

Veglaboratoriet legger frem to alternative løsninger

Alternativ 1: Bruk av EPS-blokker på 0,5 x 1,3 x 3,0 m med styrke 50 kN/m², dekket med et tynt lag med polyuretan og med en overbygning på 50 cm over dette. For første gang blir en skisse av vegoverbygningen presentert (figur 1).



Figur 1. De første skissene av EPS-oppbygningen på rv. 159 ved Flom broer (Geir Refsdal)

Alternativ 2: Skumming av polyuretan på stedet i stedet for EPS, og med en overbygning på 50 cm over dette.

Som det fremgår av skissen over var det foreslått at EPS-blokkene skulle ha en svak helning inn mot midten av vegen. Tanken var at ulike påkjenningen ikke skulle føre til at blokkene etter hvert arbeidet seg utover med de problemer dette kunne føre til.

Laget av polyuretan skulle hindre at et mulig velt av en tankbil med drivstoff kunne få skumplasten til å forsvinne. Risikoen for dette skulle skje ble vurdert som særdeles liten, men om det skulle skje i det første prosjektet, ville det være ødeleggende for metoden. Polyuretan er aldri senere blitt benyttet i EPS-fyllinger. Det er blitt erstattet av en 10 cm betongplate, som samtidig bidrar til styrken i vegoppbygningen. Også på Flom broer var det et alternativ å legge inn en betongplate over skumplasten, men dette ble utelatt for lettere å kunne foreta en langtidsoppfølging av EPS-blokkene.

7. september 1972: I forkant av byggingen av EPS-vegen ved Flom broer ble patentering av metoden vurdert. Enten måtte det foretas en rask patentering, eller metoden måtte beskrives slik at den ble tilgjengelig for allmenheten. Kaare Flaate mente det var riktig å få metoden beskrevet, slik at en patentering ikke skulle stå i veien for bruk av metoden.

En rask kontakt med Teknisk Ukeblad førte til at det her ble satt inn en notis om metoden den 7. september i 1972. For sikkerhets skyld ble mange andre tenkelige anvendelser av metoden skissert, og ordet skumplast ble benyttet bevisst for å dekke et bredt

materialspekter. Dette var en såkalt profylaktisk meddelelse, dvs. at hensikten med notisen var å hindre andre i å kunne ta patent på metoden.

Kort om teknikk

Akershus Vegkontor gjør forsøk med lette fyllinger av skumplast

I vegbygging benyttes det i dag i noen utstrekning det en kaller "lette masser", f.eks. Leca-grus eller lettbetongavfall. Disse materia- lene har romvekter på ca. 0,7–1,0 t/m³ og benyttes i vegfyllinger hvor en ønsker en lav vekt. Årsaken kan være at undergrunnen er setningsømfintlig, eller at den lave vekten er ønskelig for å sikre stabiliteten av fyllingen. Ofte kunne geoteknikeren ønske seg vegbyg- gingsmaterialer som var enda lettere, og skumplast med sin ekstremt lave romvekt, gjerne 10–100 kg/m³ vil kunne brukes til dette formål. En skumplastfylling vil enten kunne bygges opp ved utskumming på stedet, f.eks. med polyuretan, eller av store, prefabri- kerte blokker, f.eks. av polystyren. Skumplast kan også ha andre bruksmuligheter innen vegbygging på grunn av sin lave vekt, bl.a. ved bakfyllinger og utkilinger inntil brukar, ved breddeutvidelse av veger, ved hurtig utbedring av vegstrekninger hvor det har gått ras, ved midlertidige vegfyllinger osv.

Bruk av skumplast til slike formål er ikke kjent fra tidligere, og Akershus Vegkontor vil i høst for første gang utprøve denne metoden på en kort strekning av Strømsvegen hvor en har store setningsproblemer.

Geir Refsdal

Tekn. Ukebl., Bd 119, nr 37, 7. september 1972

Figur 2. Notis i Teknisk Ukeblad, 7. sept. 1972

8. september 1972: Etter innhenting av pristilbud på EPS og polyuretan bestemmer Vegkontoret i Akershus seg for å benytte kombinasjonsalternativet EPS med tildekking av polyuretan. En detaljert arbeidsbeskrivelse blir utarbeidet (rapport fra Kjell Aarhus i SV Akershus).

14. september – 2. oktober 1972: Konstruksjonsperiode. Oppbygningen utføres etter planen av 8. september, men EPS-blokkene legges i to lag á 50 cm. En styrke på 100 kN/m² ble brukt fordi dette var standard i produksjonen av EPS. Senere er dette blitt standardkvalitet for EPS- fyllinger. Det ble brukt tømmerforbindere mellom lagene for å sikre at dette ikke skulle bli en sone der blokkene kunne forskyve seg.



Figur 3. Det første laget av EPS-blokker er under utlegging på Flom broer (Svein Alfheim)

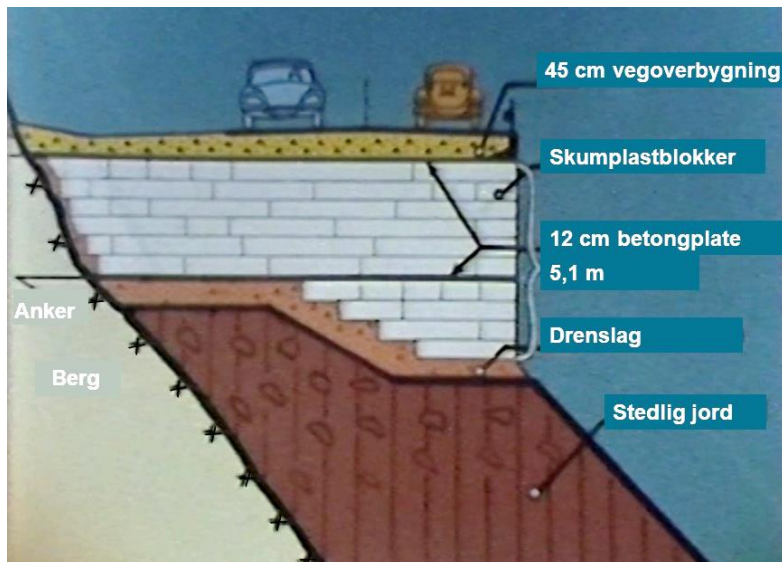
Byggingen bød ikke på spesielle problemer, men skummingen av polyuretan viste seg å kreve noe tid pga. problemer med dysene. Under regnvær måtte også arbeidet med skummingen stoppes, og totalerfaringene fra Flom bro mht. pris og anleggstekniske forhold er en av grunnene til at polyuretan senere ikke er blitt brukt.

4. Videre utvikling i Norge

Det gikk noen år før det ble fart i byggingen av EPS-fyllinger i Norge, men i 1988 ble fylling nr 100 bygget. Totalt var det til da brukt ca. 167 000 m³ EPS, dvs. 1670 m³ i gjennomsnitt for hvert prosjekt. Senere er det bygget mer enn 500 slike fyllinger i Norge og med mange ulike spesielløsninger. Det er mange produsenter av EPS i Norge, noe som bidrar til lave transportkostnader

Eksempel 1 – Vertikal sideavslutning

Med stadig høyere fyllinger med EPS-blokker ble disse avsluttet sidevegs med skråningshelning 2:1. men det kom snart ønsker om brattere sideavslutning. I november 1979 raste en tørrmur ut i sterkt sidebratt terreng på Rv 5 ved Stedjeberget nær Sogndal i Sogn og Fjordane. Rasmassen lå med 45° skråning ned mot sjøen et tyvetalls meter lavere enn vegen. Det var ingen omgjøringmuligheter og for å opprettholde trafikken ble det etablert en midlertidig Baileybro over rasstedet. Som permanent løsning ble vanlig bro vurdert, men det ville bety lang anleggsperiode med stengning av vegen i perioder. Løsningen som ble valgt, var å benytte EPS-blokker med vertikal avslutning som vist på figur 4.



Figur 4. EPS-fylling med vertikal sideavslutning og forankring i berg, Rv 5 Stedjeberget (Arne Helland)

Fyllingen ble etablert som vist våren 1980 og var på det tidspunktet den høyeste EPS-fyllingen i verden. Mellom og over EPS-blokkene ble det støpt to betongplater, den første etter at 2 m med EPS-blokker var lagt ut og den andre på toppen av blokkene. Betongplatene ble forankret med stålstag inn i berget bakenfor og rommet mellom blokker og berg ble fylt med drenerende sementstabilisert lettklinker. EPS-blokkene ble gitt en mekanisk beskyttelse med panelplater av stål mot sjøsiden. Løsningen ble vurdert til å koste ca. halvparten av en vanlig bru og trafikken kunne gå på vegen under hele anleggsperiode.

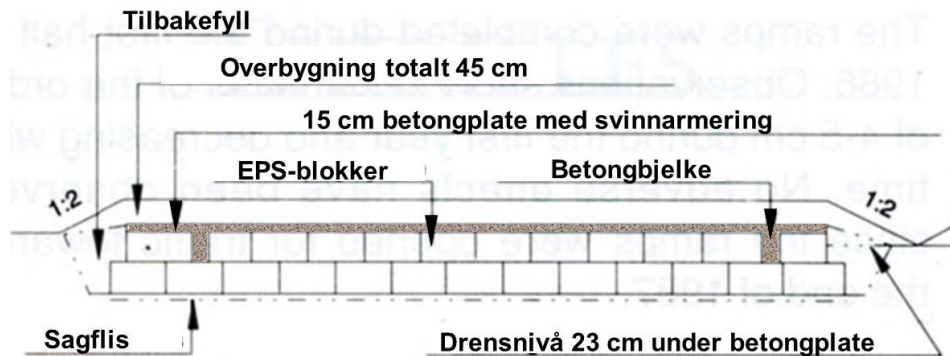


Figur 5. Ferdig EPS-fylling med stålpaneler som utvendig beskyttelse på Rv 5 ved Stedjeberget (Statens vegvesen)

Senere er det bygget mange EPS-fyllinger med vertikal sideavslutning og som mekanisk beskyttelse er det benyttet både stål- og aluminiumspaneler, men trepanel, prefabrikkerte betongelementer og sprøytebetong har også vært benyttet.

Eksempel 2 – Platebru over neddykkede EPS-blokker, Sande i Sunnfjord

En omlegging av rv. 610 i Sande i Sunnfjord førte vegen over en myrstrekning på hele 200 m med 2 m torv over bløt leire med 13 m til berg. For å unngå store setninger og ujevn veg ble det valgt å benytte neddykkede EPS-blokker som underlag for vegen. Dette ville gi EPS-blokkene oppdrift, men forutsatte at grunnvannsnivået kunne holdes innenfor variasjoner på $\pm 20 - 30$ cm. Etter at 1,2 m torv var gravet ut i 9 m bredde ble det benyttet 0,2 m sagflis for avretting før to lag 50 cm tykke EPS-blokker ble lagt slik at de øvre 23 cm ville komme over vannspeilet. Ved støping av betongplaten over blokkene ble de ytre blokkene i øvre rad plassert slik at to 0,25 m brede T-bjelker ble integrert i betongplaten med EPS-blokkene som forskalling. Dette ga vegen en økt stivhet i lengderetningen for å redusere setningsforskjeller. Medregnet betongplaten ble det lagt ut i alt 45 cm overbygning og etter at vegen ble ferdig ble det bare registrert mindre setninger av størrelse 4 – 8 cm. Ved kontroll av blokkenes tyngdetetthet 10 år senere var denne nær dimensjonerende tetthet på 100 kN/m^3 .



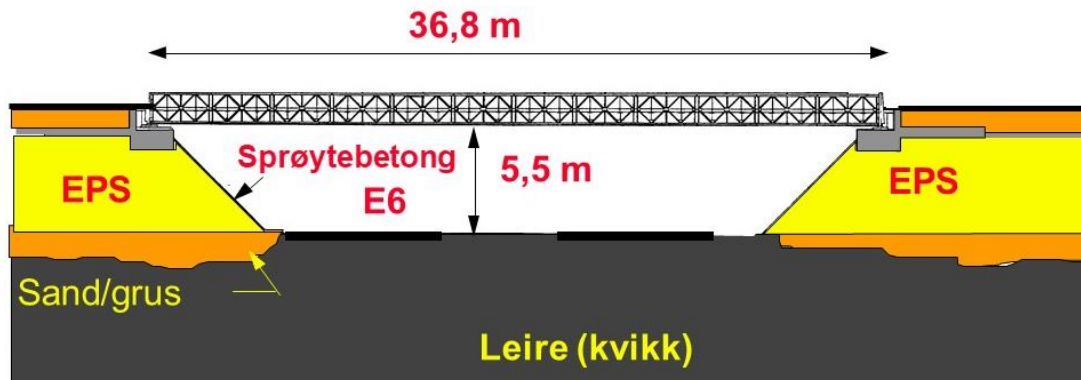
Figur 6. Platebru ved Sande, rv 610 (1992) med integrerte betongdragere i betongplaten (Statens vegvesen)



Figur 7. Byggefase for platebru ved Sande rv. 610, med sliss for betongdragere synlig i øvre blokklag (Statens vegvesen)

Eksempel 3 – Direkte fundamentering av brolandkar i EPS-fylling, Løkkeberg og Hjelmungen

Denne anvendelsen ble første gang brukt i 1989 for en midlertidig bro over E6 ved Løkkeberg nær Svinesund. Her ble en ettspenns bro av type Acrow fundamentert direkte på 5 m høye EPS-fyllinger. Under fyllingene var det meget bløt og kvikk leire til store dybder. Tanken var at broen skulle stå i 3-5 år til ny bru og veg over Svinesund var ferdig, men den ble stående i 17 år. Nyttige observasjoner kunne da gjøres både underveis og da konstruksjonen ble revet. Både setnings- og bruksmessig var løsningen en suksess, og etter rivingen ble blokkene brukt på ny i den ombygde E6 like i nærheten. Alternative brofundamenter ville vært peler til berg.



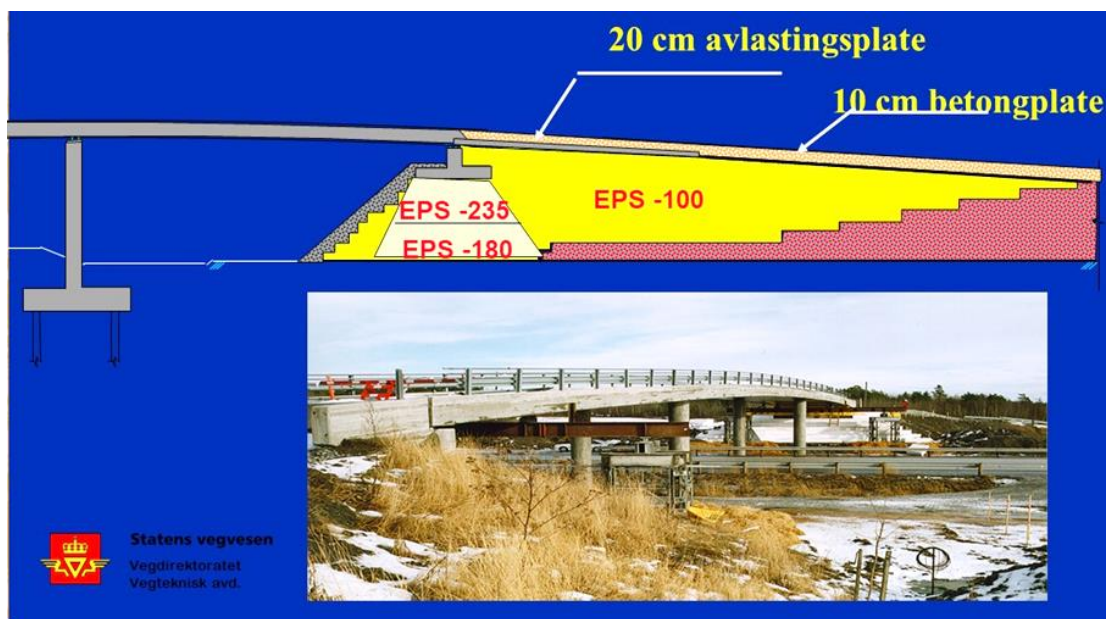
Figur 8. Fundamentering av Løkkeberg bru direkte på fyllinger av EPS-blokker, 1989 (Statens vegvesen)

Da en nærliggende bro over E6 for Gimsøyvegen skulle utvides for å spenne over ny 4-felts E 6, ble samme type løsning anvendt på ny. En midlertidig bro fundamentert på EPS-blokker ble etablert for bruk mens Gimsøyvegen bru ble forlenget. Figur 9 viser den ene EPS-fyllingen for interimsbroen. Alle blokkene for interimsbroen ble senere benyttet i fyllinger for E 6.



Figur 9. Fyllinger for interimsbro over E 6 ved Gimsøyvegen (Tor Helge Johansen)

Basert på erfaringene med Løkkeberg bru ble en lignende løsning også benyttet på en setningsømfintlig flerspenns betongbru over E 6, Hjelmungen bru, ikke langt fra Løkkeberg. Etter at broen var ferdig bygd oppsto det store setninger ved nordre landkar. Her ble tilløpsfyllingen skiftet ut med EPS-blokker som vist på figur 10 og med godt resultat. Landkaret ble igjen flyttet da broen ble forlenget i forbindelse med utvidelse av E6 og på ny fundamentert på EPS-blokker.



Figur 10. Refundamentering av østre landkar for Hjelmungen bru over E6 nær Svinesund (Statens vegvesen)

Eksempel 4 – Forenklet broløsning, Sem i Vestfold

En annen form for forenklet broløsning er vist i figur 11. For å verne fiskebestanden i en mindre elv var det lagt restriksjoner på tilgang til elvebunnen under byggingen av en bro for E18 i Vestfold. Den valgte løsningen var å ramme stålpunt fra elvebredden, henge forskallingen på stålpunten og støpe en relativt tynn betongplate med vektoverføring til

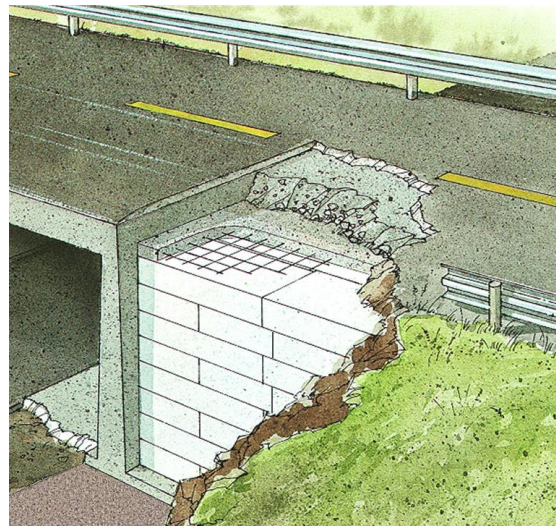
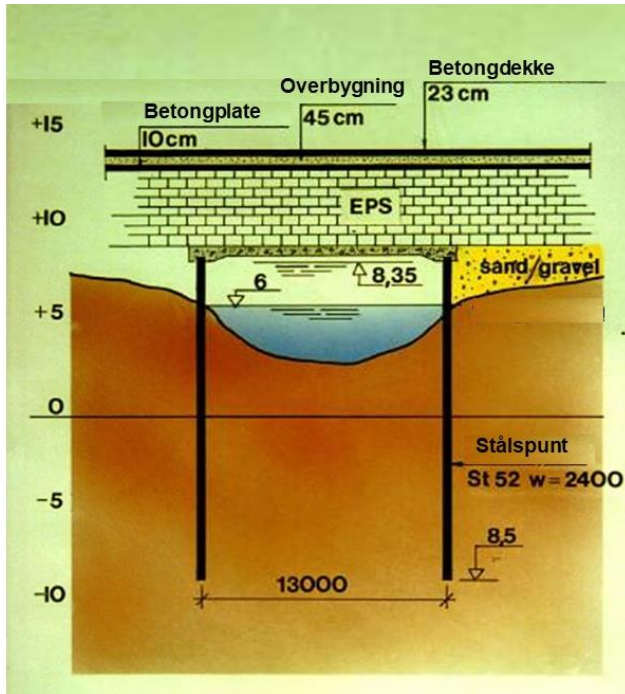


Fig 11. Forenklet broløsning med EPS-blokker. Fig. 12 eksempel på EPS-fylling direkte mot Landkarvegg (Statens vegvesen)

spunten. Over betongplaten ble det lagt opp EPS-blokker til underkant vegoverbygning, støpt betongplate over EPS-blokkene, fylt på med bærelagsmateriale og støpt betongdekke på toppen.

EPS-blokker anvendes også for å redusere horisontaltrykket mot stive støttekonstruksjoner som vist i figur 12 med fylling inn mot brolandkar. Det har vært vanlig å regne at bare 10 % av vertikallasten overføres horisontalt mot landkaret i slike tilfeller når blokkene er lagt i kontakt med landkaret. I et prosjekt Lambertseterveien bro over E6 i Oslo ble tilløpsfyllingen av EPS-blokker stablet med en liten avstand fra brolandkaret (noen cm). Syv år etter at broen var ferdig og tatt i bruk ble det foretatt en kontroll av EPS-blokkenes posisjon ved å sondere gjennom hullene etter avstandsjernene i forskallingen og det viste fortsatt avstand mellom blokkene og landkaret.

Oppfølging

På grunnlag av erfaringene fra de første EPS-fyllingene i Norge ble det laget nasjonale spesifikasjoner angående krav til trykkfasthet, dimensjonerende tyngdetetthet, blokkstørrelse, retthet og jevnhet. Det ble også sett i gang oppfølgingsprosjekter med gjentatt kontroll av blokker som hadde ligget i bakken over tid. På denne bakgrunn ble krav til dimensjonerende densitet justert til $\rho = 100 \text{ kg/m}^3$ ($\gamma = 1 \text{ kN/m}^3$) for neddykkede blokker og $\rho = 50 \text{ kg/m}^3$ ($\gamma = 0,5 \text{ kN/m}^3$) for blokker plassert over grunnvannstanden. Utførte

målinger viser at blokkene som forventet opprettholder styrken over tid og det er ikke observert forskyvning av blokkene.

5. Utvikling i andre land

Etter at den første EPS-fyllingen ved Flom bruer var etablert, ble det vist interesse fra flere land om metoden etter hvert som denne ble kjent. Dette førte i neste omgang til at Statens vegvesen v/Veglaboratoriet arrangerte en internasjonal konferanse i Oslo om temaet i 1985. På denne konferansen var det i alt 150 deltakere med representanter fra i alt 11 land.

Dagen etter fikk Veglaboratoriet en henvendelse fra de 2 japanske representantene som deltok på konferansen. Den ene var direktør ved et større konsulentfirma og den andre professor ved Tokyo universitet. De var interessert i metoden og spurte om mulighetene for å opprette en samarbeidsavtale om overføring av EPS-teknologi til Japan. Etter avklaring med Vegdirektoratets ledelse ble slik avtale inngått og på dagen ett år etter konferansen i Oslo ble det opprettet en organisasjon i Japan med formål å videreformidle og videreutvikle metoden i Japan – EPS Development Organisation (EDO).

EDO har etter hvert gjennomført forsøk på det nasjonale plan og utarbeidet nasjonale retningslinjer for bruk av EPS-blokker til byggeformål. Ti år etter etableringen arrangerte EDO i 1996 den andre internasjonale konferansen i Tokyo om bruk av EPS-blokker til byggeformål. Konferansen hadde 336 deltakere med representanter fra 15 land deriblant fra Norge som inviterte foredragsholdere. I Japan fører EDO oversikt over volumet av EPS-blokker som anvendes til ulike byggeformål, og frem til 2019 nærmer totalvolumet seg 10 mill. m³ i Japan.

Både før og etter konferansen i Oslo kom det henvendelser fra flere land i Europa. Frankrike meldte interesse tidlig og her ble det inngått en avtale om teknologioverføring med SCREG, et større entreprenørfirma. Den første vegfyllingen med EPS ble bygget ved Montpellier i Syd-Frankrike i 1983. Også utenfor Europa var interessen stor, noe som førte til bistandsavtaler om teknologioverføring med bl. a. Malaysia og Syd-Korea. Det var også kontakt med Canada, Mexico og USA og utviklingen i USA førte etter hvert til at den tredje internasjonale konferansen om EPS-blokker ble arrangert i Salt Lake City, Utah i 2001 med inviterte norske representanter. Da hadde allerede store volumer EPS-blokker vært anvendt til ombygging av motorvegssystemet i og rundt Salt Lake City i forbindelse med vinterolympiaden i 2002. Andre anvendelser enn til vegfyllinger var også tatt i bruk.

I Canada var metoden tatt i bruk tidligere i bl.a. British Columbia hvor store volumer EPS-blokker var anvendt bl. a. i forbindelse med ombygging av motorvegssystemet. I 1986 arrangerte Norges eksportråd et seminar i tilknytning til verdensutstillingen i Vancouver hvor Statens vegvesen presenterte EPS-teknologien og andre norske vegteknikker for vegmyndighetene i British Columbia.

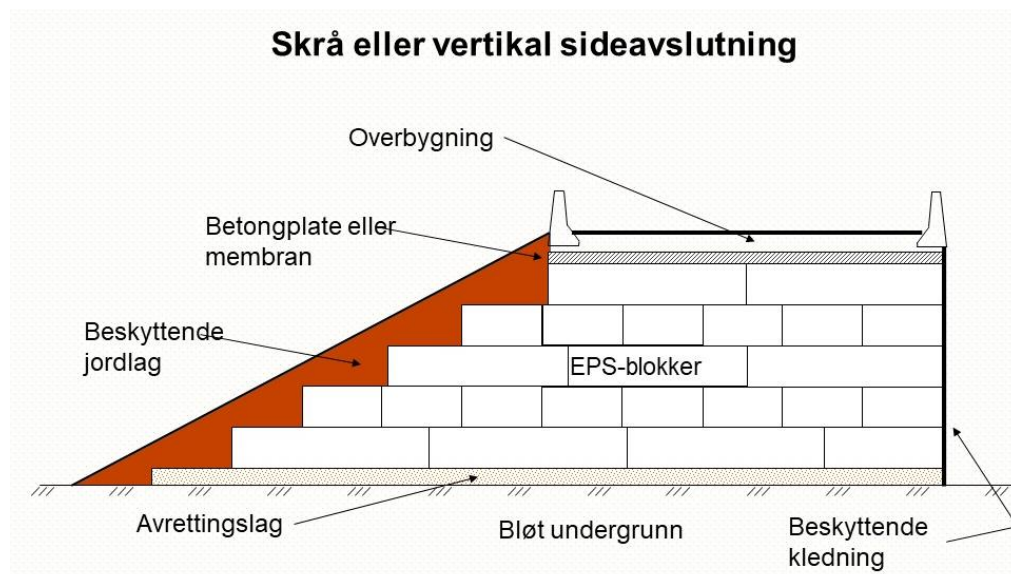
Med stadig økende interesse for metoden og utvikling av nye anvendelser ble den fjerde internasjonale konferansen arrangert på messesenteret i Lillestrøm i 2011. Et av temaene her var den europeiske standarden som regulerer forholdene som gjelder bruk av EPS-blokker til byggeformål - EN 14933 "Thermal insulation and light weight fill products for civil engineering applications – Factory made products of expanded polystyrene (EPS). Denne er

nå også etablert som norsk standard NS-EN 14933:2007 og flere av de kravspesifikasjonen som ble etablert ved det første prosjektet ved Flom bru i 1972, er fortsatt gjeldende normer. Ut over dette foreligger det nasjonale standarder innen de landene som har tatt metoden i bruk.

Den femte internasjonale konferansen ble avholdt i mai 2018 på Kypros med 36 presentasjoner fra 10 land hvorav mange fra Norge, og konferansen vil antagelig være et bidrag til å øke interessen for metoden i det nære Østen.

6. Anvendelser i dag

Majoriteten av prosjekter omfatter vegfyllinger som vist på figur 13 med vanlig skråning sidevegs eller med vertikal avslutning sidevegs og en eller annen form for mekanisk beskyttelseskledning. En enkel metode i denne sammenheng har vært å anvende sprøytebetong og det ble benyttet på en fylling etablert av Oslo kommune like utenfor lokalene til Veglaboratoriet med trase både for trikk og biler, se figur 14.



Figur 13. Eksempel på tverrsnitt av vegfylling med blokker av EPS (Statens vegvesen)

Tilsvarende løsninger har også vært benyttet for jernbanefyllinger både i Norge og utlandet.



Figur 14. Kombinert fylling for trikketrase og veg foran Veglaboratoriet i Oslo, ca. 15 000 m³ EPS (Statens vegvesen)

Det største enkeltprosjektet til nå med 65 000 m³ EPS-blokker i ett fyllingsområde er antagelig byggingen av motorveg E 75 ved Thermopylene i Hellas. Vegen utgjør en hovedferdselsåre mellom Aten og Tessalonika og ved Themopylene hvor spartakongen Leonidas i år 480 fvt. holdt stand mot perserkongen Xerxes hær, var det planlagt inntil 7,5 m høye fyllinger for motorvegen over bløte marine avsetninger. Planen forutsatte forsterkning av undergrunnen med steinpilarer, men da fyllingshøyden nådde 4,5 m under byggingen i 2008, raste deler av motorvegfyllingen ut i 200 m lengde. Prosjektet ble deretter fullført i løpet av 2½ måned ved å senke motorveglinja noe til 4,5 m fyllingshøyde og benytte EPS-blokker i fyllingene også for en 8,5 m høy tilløpsfylling til en bro over motorvegen, se figur 15.



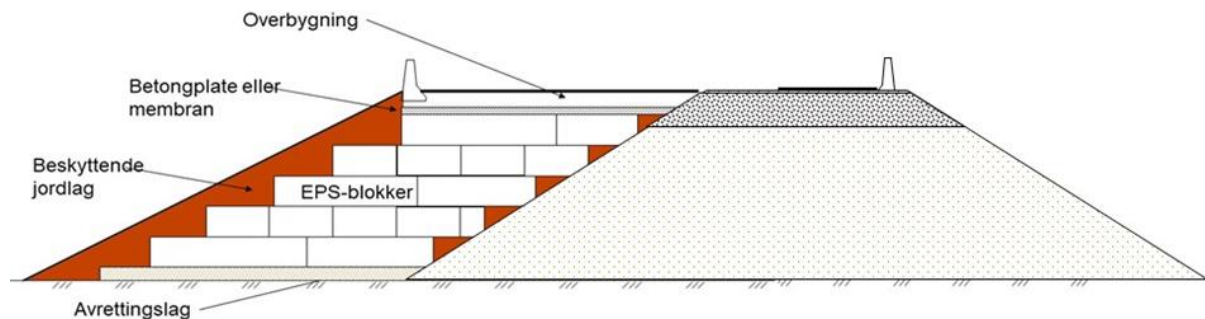
Figur 15. 65.000 m³ EPS-blokker anvendt for motorveg E 75 ved Thermopylene i Hellas (Sotiropoulos & Associates SA)

En spesiell motorvegveggylling i Japan med inntil 16 m høye vertikale sideavslutninger er vist i figur 16 hvor vegen utvides med flere kjørebener på samme måte.



Figur 16. Breddeutvidelse av Yamagata Expressway, Japan med vertikale sidevegger (EDO, Japan)

EPS-blokker kan med fordel også anvendes for å hindre setningsforskjeller ved breddeutvidelse, se figur 17.



Figur 17. Eksempel på bruk av EPS-blokker ved breddeutvidelse av veg for å unngå setningsforskjeller (Statens vegvesen)

Jordskjelv

Helt fra starten har det vært reist bekymringer og da spesielt i Japan om hvordan EPS-fyllinger vil oppføre seg under jordskjelvbelastninger. Det er derfor utført flere forsøk for å finne ut av dette både i Japan, USA og andre land. Konklusjonen er at EPS-fyllinger klarer seg godt under slike belastingsforhold spesielt når det benyttes mekaniske koblingselementer mellom blokkene (eks. tømmerforbindere av stål). Forskningen når det gjelder jordskjelv fortsetter i Japan og EDO planlegger nye fullskalaforsøk med en 8 m høy fylling tilsvarende forsøk utført på ristebord i 1997.

Byggehastighet

EPS-blokker har også vist seg som en fordelaktig løsning i prosjekter hvor byggehastigheten er kritisk. Ved ombygging av plattformer i Tokyo stasjon ble EPS-blokker valgt nettopp fordi den perioden arbeidet kunne utføres om natten var meget kort – bar et par timer.

Et annet tilfelle som også omfattet jernbane, gjaldt ombygging av jernbanelinjen Manchester – Liverpool for høyhastighetstog. I den sammenheng måtte en eldre jernbanebro erstattes, og for å redusere tiden linjen måtte stenges ble EPS-blokker valgt. Her ble deler av EPS-fyllingen bygget opp under den eksisterende broen, hvoretter brobane og fundamenter ble revet. EPS-fyllingen ble så ført opp til riktig nivå, et ferdigstøpt betongtrau ble deretter løftet på plass over EPS-fyllingen, ballast fylt i trauret og skinner etablert. Fra broen ble revet til nye skinner var på plass og jernbanen operativ tok det 100 timer.

Ulemper

EPS-blokker vesentlig lettere enn vann. Dette fører til oppdrift når blokkene kommer under vann og de vil flyte hvis det ikke er nok vekt eller mothold til å holde dem i posisjon. Det er således en vesentlig forutsetning at høyeste vannstand kan beregnes med stor sannsynlighet før fyllingen med EPS-blokker bygges i flomutsatte områder.

EPS er et brennbart materiale og vil brenne opp ved antennelse. I en periode ble det benyttet tilsetning av flammehemmende stoffer i produksjonen av EPS-blokker for å redusere brannfaren, men av miljømessige årsaker er det besluttet å forby slik bruk i Norge. Det er imidlertid mulig å redusere brannfaren betraktelig ved å gjerde inn anleggsområdet eller holde kontinuerlig vakt mens EPS-blokkene ligger eksponert. Når fyllingen er ferdig og tildekket vil det ikke være tilstrekkelig tilgang til oksygen til at materialet vil brenne. Brann i EPS forårsaker ikke røykproblemer utover det som skjer når det er brann i treverk.

7. Sluttkommentar

Erfaring fra forskningsaktiviteter både i laboratorier og fullskala oppfølging i felt og også anleggserfaringer bekrefter at bruk av EPS-blokker som byggeklosser i byggeprosjekter kan gi tilfredsstillende løsninger både teknisk og økonomisk. Om dette er tilfelle for et gitt prosjekt avhenger av lokale grunnforhold, økonomi og byggetid. Med stadig flere land som tar metoden i bruk, vil det ikke være noen overraskelse om bruken av EPS-blokker vil øke ytterligere på verdensbasis. Nye anvendelser kan også bidra til ytterligere økning.

Refeanser

1. Aabøe R. Frydenlund T.E., Myhre Ø., Refsdal G., Plastic Foam in Road Embankments, Meddelelse nr. 61, Veglaboratoriet, Oslo 1987.
2. EPS Development Organization (EDO) Proceedings of International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo 1996.
3. Proceedings of the 3rd International Conference on Geof foam, Salt Lake City, USA, December 10-12, 2001.
4. Proceedings of the 4th International Conference on Geof oam blocks in Construction Applications – EPS 2011, Lillestrøm, Norway, 6-8 June 2011.
5. Proceedings of the 5th International Conference on Geof oam Blocks in Construction Applications, EPS 2018, Cyprus, 9-11 May 2018, Springer.

6. Frydenlund T.E., Superlight fill materials, Meddelelse nr. 60, Veglaboratoriet, Oslo 1986.
7. Aabøe R., Frydenlund T.E., Log term performance and durability of EPS as a light weight filling material, Publication no. 100, Vegteknisk avdeling, Vegdirektoratet, Oslo 2002.
8. Killingstad A., Veier og plast, Norsk plast nr. 10, 1972.
9. Alfheim S., Lette fyllinger av skumplast, Intern rapport nr. 497, Veglaboratoriet, Oslo 1973.
10. Færgestad A., Lette fyllinger av skumplast, diplomoppgave, NTH, 1974.
11. Alfheim S., Lette fyllinger av skumplast i vegbygging, Veggen og vi, feb. 1974.
12. Rygg N., Vegbygging på bløt grunn, Intern rapport nr. 533, 800 og 1386, Veglaboratoriet, Oslo 1974.
13. Alfheim S., Skumplast i vegbygging, Ingeniørnytt, 19. sept. 1975.
14. Alfheim S., Skumplast i vegbygging – ikke bare til isolering, Frost i Jord nr. 15, Oslo 1975
15. Refsdal G., Et alternativt material for oppbygning av lette fyllinger, Nordisk Vegteknisk Forbund 12. kongress, Esbo 1977.
16. Refsdal G., Polystyren-hårdsikum til vegbygging på myk jordbunn, Norsk Plast nr. 3, 1977.
17. Refsdal G., Polystyrenblokker til vegbygging, Norsk Plast nr. 9, 1977.
18. Aabøe R., Bruk av lette masser i vegbygging, Hovedoppgave ved Institutt for vegbygging, NTH, Trondheim 1979.
19. Aabøe R., Lette fyllinger i vegbygging. Strømsvegen ved vestre Flom bru 63 s., Intern rapport nr. 954, Veglaboratoriet, Oslo 1980.
20. Aabøe R., Rygg N., Veiledning ved bruk av lette fyllmasser i vegbygging, Intern rapport nr. 956, Veglaboratoriet, Oslo 1980.
21. Aabøe R., Plastic Foam in Road Embankments, Våre veger nr. 5, 1981.
22. Ruistuen H., EPS in Leightweight Embankments in Norway, Intern rapport nr. 1050, Veglaboratoriet, Oslo 1982.
23. Aabøe R., Dahlberg R., Refsdal G., Ruistuen H., Rygg N., Sørli A., The use og plastic foam in road embankments, Intern rapport nr. 1191, Veglaboratoriet, Oslo 1984.
24. Brattensborg G., Ekspandert polystyren i vegbygging, Hovedoppgave Institutt for geoteknikk og fundamenteringslære, NTH, Trondheim 1984.
25. Aabøe R., Myhre Ø., Superlette fyllinger av plastmaterialene Honeycombe og Ekspandert polystyren. Studietur Frankrike/Tyskland, Intern rapport nr. 1302, Veglaboratoriet, Oslo 1987.
26. Aabøe R., Frydenlund T.E, A challenging concept in road construction – Superlight fill materials, Ground Engioneering, Volume 19, No 1, 1988.
27. Skuggedal, H., Aabøe, R., Temporary overpass bridge founded on expanded polystyrene. Proceedings XECSMFE Volume 2, Florence, May 1991.
28. Frydenlund T.E., Seminar on the use of EPS in road construction, Intern rapport nr. 1511, Veglaboratoriet, Oslo 1991.
29. Aabøe R., Vurdering av neddykket EPS-konstruksjon 9 år etter ferdigstillelse, Veglaboratoriet, Intern rapport nr. 1646, 1993, Oslo
30. Aabøe R., Deformasjonegenskaper og spenningsforhold i fyllinger av EPS, Intern rapport nr. 1845, Oslo 1993.
31. Aabøe R., Frydenlund T.E., Expanded Polystyrene – The light Solution, Intern rapport nr. 1885, Veglaboratoriet, Oslo 1996.
32. Aabøe R., Bruk av EPS - Grunnforstrekning – Økonomi og metoder, Intern rapport nr. 1864, Veglaboratoriet, Oslo 1996.

33. Frydenlund T.E. et al, Lightweight Filling Materials - Meteriaux Légers Pour Remblais, PIARC, Paris 1997.
34. Aabøe R., Evidence of EPS long term performance and durability as a light weight fill, Intern rapport nr. 2139, Vegteknisk avdeling, Oslo 2000.
35. Frydenlund T.E., EPS – Den lette løsningen, Intern rapport nr. 2209, Vegteknisk avdeling, Vegdirektoratet, Oslo 2001.
36. Lindquist K., Tjernsbekk J.A., Stang T.A., Andersen L-M.B, Ekspandert polystyren i vegbygging, - en tilstandsundersøkelse av tidligere EPS-fyllinger, VD Rapport nr. 33, Vegdirektoratet, Oslo 2011.
37. Awol T. A., A Parametric Study of Creep on EPS Geofam Embankments, Norwegian University of Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering, Master thesis 2012.
38. Håndbok N200 Vegbygging, Vegdirektoratet, 2014.
39. Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, Vegdirektoratet, 2016.
40. Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, Vegdirektoratet, 2010
41. Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, Vegdirektoratet, 2012.



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 6706 Etterstad 0609 OSLO
Tlf: (+47) 22073000
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen