

Del 1: 50 år med lette masser av ekspandert polystyren i vegbygging

Forskning lønner seg

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 1017



E6 Grimsoyveien bru. Fundamentering av bru på EPS fylling. Foto: Henriette Busterud, Statens vegvesen

Tittel

Del 1: 50 år med lette masser av ekspandert polystyren i vegbygging

Undertittel

Forskning lønner seg

Forfatter

Roald Aabøe

Avdeling

Vegutforming

Seksjon

Klima og geofag

Rapportnummer

1017

Prosjektleder

Veslemøy Gardå

Godkjent av

Heidi Bjordal

Emneord

ekspandert polystyren, EPS, lette masser, bru, spenninger, forskning, vegbygging, konstruksjoner, setninger, stabilitet, densitet, trykkfasthet, levetid, bærekraft

Sammendrag

Bruken av EPS har blitt dokumentert gjennom 3 Statens vegvesen rapporter:

- Nr. 1017 Del 1: 50 år med lette masser av ekspandert polystyren i vegbygging.
- Nr. 1018 Del 2: Materialoppførsel av ekspandert polystyren.
- Nr. 1019 Del 3: Design og eksempler på bruk av ekspandert polystyren.

Denne rapporten tar for seg hovedtrekkene gjennom 50 år med bruk av EPS som lett fyll-masse i norsk og internasjonal sammenheng. Rapporten inkluderer innhold fra tidligere interne rapporter, konferanseinnlegg, artikler i andre sammenheng og dokumentasjon fra master og bachelor oppgaver. Siden 1972 er det bygd nærmere 1000 konstruksjoner/veg-fyllinger med EPS i Norge og metoden er nå en standard løsning i store deler av verden.

Title

Part 1: 50 years of light expanded polystyrene materials in road construction

Subtitle

Research pays off

Author

Roald Aabøe

Department

Road Design

Section

Geotechnics and Climate Adaptation

Report number

1017

Project manager

Veslemøy Gardå

Approved by

Heidi Bjordal

Key words

expanded polystyrene, EPS, lightweight materials, bridge, stresses, research, road construction, structures, settlements, stability, density, compressive strength, lifespan or service life, sustainability

Summary

The use of EPS has been documented through three Norwegian Public Roads Administration Reports:

- No. 1017, Part 1: 50 years of light expanded polystyrene materials in road construction.
- No. 1018, Part 2: Material behavior of expanded polystyrene.
- No. 1019, Part 3: Design and examples of the use of expanded polystyrene.

This report outlines the key aspects of 50 years of using EPS as a lightweight fill material in both Norwegian and international contexts. The report includes content from previous internal reports, conference presentations, articles in other contexts, and documentation from master's and bachelor's theses. Since 1972, nearly 1,000 structures/road embankments have been built with EPS in Norway, and the method is now a standard solution in large parts of the world.

INNHold

1	Innledning.....	6
2	Frost i jord prosjektet.....	9
3	Lette masser som brukes i vegbygging i Norge.....	10
4	Et nytt vegbyggingsmateriale blir til.....	10
5	Den første EPS – fyllingen på Rv 159 ved Flom i Lørenskog	12
6	Videre utvikling i Norge	14
7	Internasjonalt samarbeid	15
8	Anvendelse på verdensbasis – Internasjonale konferanser.....	16
8.1	The 1 st International Conference on Plastic foam in road embankments. Oslo 1985..	16
8.2	EPS Development Organization (EDO) International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo 1996.....	19
8.3	EDO – Expanded Polystyrene Development Organisation (Japan).....	20
8.4	The 3 rd International Conference on Geofoam, Salt Lake City, USA.....	24
8.5	The 4 th International Conference on Geofoam blocks in Construction Applications, EPS 2011, Lillestrøm, Norway	26
8.6	The 5 th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications, EPS 2018, Cyprus, Tyrkia.....	28
9	Regelverk.....	28
10	Hendelser (ulykker)	30
11	Gjenbruk av EPS	32
12	Status etter 50 år	33
13	Konklusjon.....	35
14	Linker til aktuelle nettsteder	36
15	Dokumentasjon og utvikling i Norge	41
15.1	Færgestad A. Lette fyllinger av skumplast. NTH 1974, diplomoppgave.....	41
15.2	Aabøe R., NTH 1979. Bruk av lette masser i vegbygging, NTH, Trondheim	41
15.3	Gry Brattensborg NTH 1984. Ekspandert polystyren i vegbygging.	41
15.4	Atle Hjorteseth NTH 1987 Spenningsfordeling i EPS som konstruksjonsmateriale.	42
15.5	Elisabeth Kotsbak. UMB. Industriell økonomi 2009 Kostnader ved bruk av fylling med lette masser og kalk- og sementpeler.....	42
15.6	Lars-Marius B. Andersen mfl. 2011 Ekspandert polystyren i norsk vegbygging – en tilstandsundersøkelse av tidligere EPS fyllinger	43
15.7	Tebarek Ahmed Awol 2012 A Parametric Study of Creep on EPS Geofoam Embankments for Norwegian	43
15.8	Brekke, Lars Marius Målerud 2016 En studie av brufundamentering på EPS-fylling på bløt grunn.....	43

15.9 Thorkildsen, Marius Tord 2012 Load distribution, from a bridge abutment, in a layered EPS embankment with different compressive strength	44
15.10 Simen Hermansen, 2012; Anvendelser av EPS i vegbygging – med fokus på brofundamentering og myrbro	44
16 Norske og utenlandske doktorgrader (Phd'er) med EPS som tema (et utvalg)	45
17 Noen utvalgte norske innlegg i fagblader	46
18 Publikasjoner fra Statens Vegvesen	46
19 Intern rapporter fra Statens Vegvesen	47
20 Normaler og håndbøker fra Statens Vegvesen, BaneNor og NVE	50
21 Konferanser	50
22 EPS artikler og presentasjoner fra Dr.ing Jan Vaslestad (tidligere Statens Vegvesen)	52
23 Utvalgte artikler, bøker og presentasjoner om EPS	55
24 Referanser	59

Figuroversikt

FIGUR 1 EPS BUILDING BLOCKS DIKT TOR ERIK FRYDENLUND, STATENS VEGVESEN	6
FIGUR 2. GRIMSØYVEGEN BRU, KRYSSING AV E6. FUNDAMENTERING AV BRU PÅ EPS. FOTO ROALD AABØE STATENS VEGVESEN ...	8
FIGUR 3. OPPDATERT FROST I JORD PUBLIKASJON 2007. STATENS VEGVESEN	9
FIGUR 4. BBC "TOMORROWS WORLD" LAGER ET INNSLAG OM BRUK AV EPS I NORGE. STATENS VEGVESEN	11
FIGUR 5 FLOM BRUER – DEN FØRSTE EPS FYLLINGEN. FOTO: GEIR REFSDAL STATENS VEGVESEN	12
FIGUR 6. NOTIS I TU FOR Å HINDRE MULIG PATENTERING	13
FIGUR 7. STOR INTERNASJONAL INTERESSE FOR BRUK AV EPS I VEI. STATENS VEGVESEN	15
FIGUR 8. INVITASJON TIL DEN FØRSTE INTERNASJONALE KONFERANSEN I OSLO	16
FIGUR 9. AVTALE OM SAMARBEID MELLOM STATENS VEGVESEN (NPRA) OG EDO	17
FIGUR 10. FLYTENDE HAGER I AMSTERDAM (PROCEEDINGS OF EPS 2018. SPRINGER)	17
FIGUR 11. INSTRUMENTERING MED JORDTRYKKCELLER I MALAYSIA I EPS FYLLING PÅ SUNGAI TENGI BRIDGE. BILDE; EB MOHAMAD.	18
FIGUR 12. PROCEEDINGS FRA EPS TOKYO 96	19
FIGUR 13. TESTTERNINGER FRA DEN FØRSTE EPS FYLLINGEN I NORGE (FLOM BRUER). FOTO: R. AABØE, SVV	19
FIGUR 14. FAGLIGE UTVEKSLINGSMØTENE MED EDO. FOTO ROALD AABØE STATENS VEGVESEN	20
FIGUR 15. VERTIKALE FYLLINGER I JAPAN. FOTO KRISTIAN AUNAAS STATENS VEGVESEN.	21
FIGUR 16. "TECHNOLOGY EXCHANGE ON A WIDE RANGE" TOKYO 2006. ILLUSTRASJON ROALD AABØE	22
FIGUR 17. SAMARBEID MELLOM EDO OG NPRA (STATENS VEGVESEN)	22
FIGUR 18 OPPDRIFTSBLOKKER. PROCEEDINGS OF EPS 2018. SPRINGER	23
FIGUR 19. BRUK AV EPS I JAPAN (BILDE FRA EDO 2019)	23
FIGUR 20. EPS GEOFOAM 2001	24
FIGUR 21. EN GRUPPE BLE NEDSAT FOR Å VIDEREFØRE DET GODE INTERNASJONALE SAMARBEIDET. FOTO STATENS VEGVESEN ...	25
FIGUR 22. GRUPPEN SOM ARBEIDET MED EN 14933. FOTO STATENS VEGVESEN	26
FIGUR 23. BILDE FRA "KEY NOTE" PRESENTASJON MED FORFATTEREN OG EN BLOKK AV DEN FØRSTE EPSFYLLINGEN PÅ RV 159 FLOM BRUER. FOTO TOR HELGE JOHANSEN	26
FIGUR 24. EPS FYLLING VED NORDENGA BRU. FOTO STATENS VEGVESEN	27

Statens vegvesen rapport nr. 1017. 50 år med lette masser av EPS i veibygging.
Forskning lønner seg.

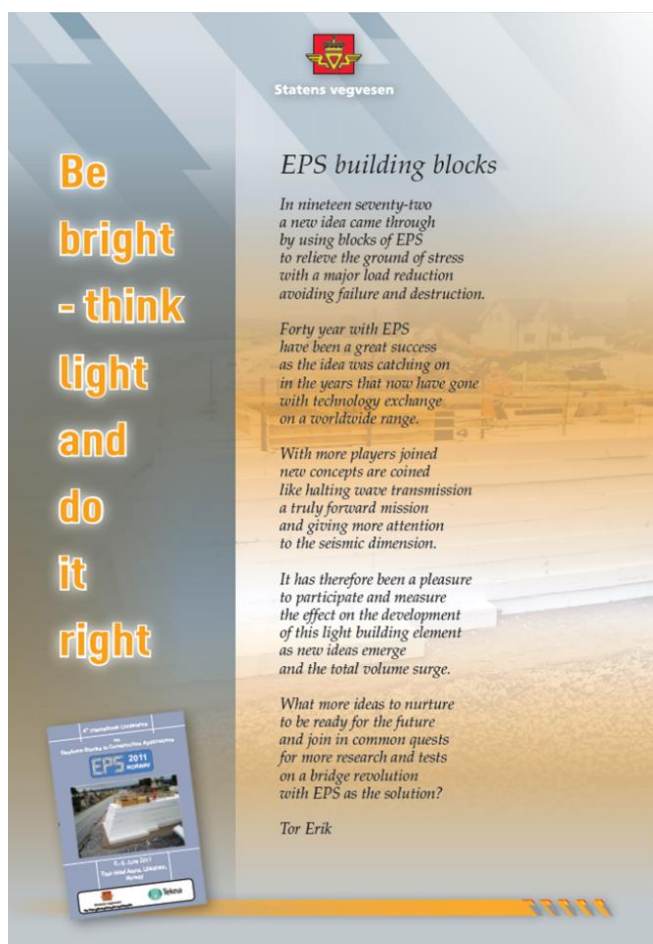
FIGUR 25. GUIDELINES FOR GEOFOAM APPLICATIONS IN SLOPE STABILITY PROJECTS	28
FIGUR 26. OPPDRIFT AV EPS BLOKKER. NOEN FIKK GLEDE AV EPS BLOKKENE SOM FLØT OPP PÅ RV 159 FLOM BRUER. FOTO STATENS VEGVESEN.	30
FIGUR 27. BLOKKENE MÅ BESKYTTES MOT BENSIN OG PETROLEUMSDESTILLATER. ILLUSTRASJON GEIR REFSDAL. STATENS VEGVESEN	31
FIGUR 28. BRUFUNDAMENT SKADET AV EPS-BLOKKER SATT I BRANN. FOTO STATENS VEGVESEN	31
FIGUR 29. BLOKKER FRA MIDLERTIDIG EPS FYLLING PÅ E6 LØKKEBERG FLYTTET TIL NY UTBYGGING AV E6. FOTO: STATENS VEGVESEN	32
FIGUR 30. 65.000 M3 EPS-BLOKKER PÅ E 75 VED THERMOPYLENE, HELLAS (BILDE: SOTIROPOULOS & ASSOCIATES SA).....	33
FIGUR 31. INTERNASJONAL LITTERATUR OM EPS	34
FIGUR 32. FYLLINGER FOR INTERIMSBRU OVER E 6 VED GIMSØYVEGEN (FOTO; TOR HELGE JOHANSEN STATENS VEGVESEN).....	35
FIGUR 33. NETTSIDE FOR EPS GEOFOAM CONSORTIUM	36
FIGUR 34. BILDE FRA BELASTNINGSFORSØK PÅ BISPEVEIEN BRU. DIPLOMOPPGAVEN TIL HJORTESET (NTH 1986).....	42
FIGUR 35. BACHELOROPPGAVEN TIL LARS MARIUS ANDERSEN M.FL	43
FIGUR 36. MASTEROPPGAVEN TIL SIMEN HERMANSEN (2012)	45
FIGUR 37. NYTTIGE PRESENTASJONER FRA TRB (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, USA).....	58
FIGUR 38. RUNDT 28.000 EPS-BLOKKER UNDER DEN NYE PÅKJØRINGSRAMPEN VED LØXA I BÆRUM. BILDE: MARI GISVOLD GARATHUN TEKNISK UKEBLAD 2016.....	58

1 Innledning

50 år med lette masser av ekspandert polystyren (EPS) har blitt dokumentert gjennom 3 rapporter i 2025

- Statens vegvesen rapporter nr. 1017. Del 1: Forskning lønner seg
- Statens vegvesen rapporter nr.1018. Del 2: Materialoppførsel av ekspandert polystyren.
- Statens vegvesen rapporter nr. 1019. Del 3: Design og eksempler på bruk av ekspandert polystyren.

Denne rapporten tar for seg hovedtrekkene gjennom 50 år med bruk av EPS som lett fyllmasse i norsk og internasjonal sammenheng. Rapporten inkluderer innhold fra tidligere interne rapporter, konferanseinnlegg, artikler i andre sammenheng og ikke minst dokumentasjon fra master og bachelor oppgaver.



Figur 1 EPS building blocks Dikt Tor Erik Frydenlund, Statens vegvesen

Utviklingen av metodikken har vært en svært givende og interessant oppgave for svært mange både nasjonalt og internasjonalt. Det har vært et tett samarbeid internasjonalt preget av gjensidig tillitt og deling av oppgaver for videre utvikling. Mange land har deltatt og i Figur 1 vises på en litt humoristisk måte hvordan utviklingen av omfang og bruk av metoden har vært de første 40 årene.

Denne rapporten har blitt til ved hjelp av både personlig støtte og dokumentasjon av tidligere rapporter og muntlige utsagn. Jeg vil spesielt nevne Tor Erik Frydenlund for hans samarbeid og støtte til både egne og felles artikler og presentasjoner gjennom mer enn 40 år og vil samtidig takke Jan Vaslestad, Øystein Myhre og Geir Refsdal, (alle Statens

Vegvesen). Refsdal har også gjort banebrytende arbeid i utviklingen av EPS og er anerkjent som oppfinneren av metoden.

For utviklingen utenfor Norge kan spesielt nevnes Steven Bartlett, Dawitt Negussy, Milan Duskov, Abdullah Tolga Özer og Hideki Tsukamoto m.fl. Jeg har benyttet mye av deres arbeid som referanser, linker, vedlegg og til dels oversettelser i rapporten. I rapporten har Chat GPT/Copilot blitt benyttet både for å oversette egne tekster, men også for å lage korte sammendrag av utenlandske rapporter. Mye av forskningen er gjort tilgjengelig gjennom portalene www.academia.edu og www.researchgate.net/ samt <https://my.civil.utah.edu/~bartlett/Geofoam/> som er et samarbeid hvor Statens vegvesen også er med. Noen av linkene som det henvises til er ikke direkte tilgjengelig, noen vil være bak betalingsmur men de fleste gir tilgang som gjest.

Innovasjon har vært et fremtredende begrep på 2000-tallet. På 1970-tallet utviklet en gruppe ingeniører ved det som tidligere het Veglaboratoriet (Vegdirektoratet) en ny metode (også internasjonalt) for vegbygging ved bruk av superlette vegbyggematerialer laget av ekspandert polystyren (EPS). Denne metoden har vist seg å være revolusjonerende og svært effektiv for bygging i områder med utfordrende grunnforhold over hele verden. Norge er preget av variert landskap, store avstander og betydelige klimaforskjeller og lav befolkningstetthet. Løsmasser med varierende styrke ble avsatt under istiden i bunnen av dalene hvor folk bor. Infrastruktur som veg og bane bygd med tradisjonelle materialer (som sprengstein) har begrensninger på hvor høye fyllingen som kan bygges før det oppstår brudd i undergrunnen.

Blokker av ekspandert polystyren (EPS) produseres vanligvis for emballasje- og isoleringsformål. Materialet er ekstremt lett og kan formes og produseres i ulike kvaliteter, med en densitet på $\rho = 20 \text{ kg/m}^3$. De typiske dimensjonene for EPS-blokker er $0,5 \times 1,0 \times 2,5\text{--}3,0 \text{ m}$, med en vekt på rundt 25–30 kg. Materialets styrkeegenskaper varierer relativt lineært med densiteten, og det valgte materialet med en densitet på 20 kg/m^3 har vanligvis en trykkfasthet på $\sigma = 100 \text{ kPa}$ ved 5 % deformasjon. EPS-blokker produseres i et bredt spekter av densitet og styrkeegenskaper.

”Superlette fyllinger” oppsto som begrep i 1972 da den første vegfyllingen av EPS ble bygd. Forskningsprosjektet «Frost i jord» hadde allerede dokumentert at EPS-plater kunne tåle gjentatte belastninger i et vegdekke uten at materialegenskapene forringet seg over tid. EPS hadde i tillegg en svært lav densitet og kunne gjennom det redusere belastningen på grunnen for å sikre fyllingsstabilitet og redusere setningene på setningsømfintlig undergrunn. Som følge av store setninger ($\sim 20 \text{ cm/år}$) i en

vegfylling ved siden av en bru grunnlagt på peler til fast grunn, ble det besluttet å skifte ut 1 m med EPS-blokker. Resultatet var en umiddelbar reduksjon av setninger.



Figur 2. Grimsøyvegen bru, Kryssing av E6. Fundamentering av bru på EPS. Foto Roald Aabøe Statens vegvesen

Metoden ble gradvis introdusert gjennom stadig nye prosjekter og ulike anvendelsesområder i løpet av 1970-tallet. I disse nye vegprosjektene ble de store hvite klossene (EPS) brukt som fundament for nye veger, og metoden viste seg som forventet å være sterke og robuste nok til å bære både datidens og dagens trafikkbelastning som vist i Figur 2.

Statens vegvesen er pionerer internasjonalt når det gjaldt å ta i bruk denne metoden for vegbygging. Dette førte til betydelig oppmerksomhet rundt utviklingen av EPS som en nasjonalt og internasjonalt anerkjent metode for grunnforsterkning. Ved den største infrastrukturkonferansen i verden (TRB – Washington 2000) ble metoden kåret til en av de seks mest innovative vegbyggingsmetodene i USA.

Det er påfallende at storparten av de kravspesifikasjonene som ble etablert ved det første prosjektet ved Flom bruer i 1972 fortsatt er gjeldende regelverk både i Norge og internasjonalt.

2 Frost i jord prosjektet

Utover på 1960-tallet med hastighetsøkninger og krav til jevnere veger ble det mer



Figur 3. Oppdatert Frost i jord publikasjon 2007. Statens vegvesen

aktuelt å frostsikre vegene for å unngå telehiv. For å frostsikre en veg var vanlig praksis å bygge med tykke lag med stein eller grus slik at frosten ikke trengte ned i leire eller annen telefarlig undergrunn. For å begrense forbruket av stein/grus – og kostnadene – søkte en etter materialer som frosten ikke så raskt trengte ned i. Lettklinker eller Leca og bark var mest aktuelt.

Midt på 1960-tallet ble det på Kjellstadveien i Lier gjort et stort forsøk med Leca og med ulike typer skumplastplater, både EPS og XPS (ekstrudert polystyren). Med 5–8 cm tykkelse av disse platene ble frosten stoppet like effektivt som med ca. 1,0 m stein. Forsøkene på Kjellstadveien inngikk, sammen med flere andre forsøksveger, i

forskningsprosjektet "Frost i jord" [Frost i jord](#) fra 1969 til 1976, hvor Veglaboratoriet var sentral aktør.

Prosjektet dokumenterte at EPS ikke var godt egnet til frostsikring av veger fordi fuktopptaket ble så høyt at det gikk utover isolasjonsevnen. Det ble konkludert med:

- Selv om styrkeegenskapene til EPS er gode nok til at materialet kan ligge i en veg, er fukteegenskapene for dårlige i de aktuelle tykkelsene
- Langtidseegenskapene til EPS er gode, både mht. dynamiske påkjenninger, utmatting og nedbrytning.
- XPS er godt egnet, både mht. fukt-egenskaper og styrke.

I dag er mye av markedet for isolasjon av veg overtatt av lettklinker (Leca) og det nyere materialet skumglass (Glasopor).

3 Lette masser som brukes i vegbygging i Norge

På 1950- og 1960-tallet ble det gjort mange forsøk på Veglaboratoriet med nye typer lette masser som lettklinker (Leca), lettbetongavfall (Siporex/Ytong), bark som var et avfallsprodukt fra skogsindustrien og senere også brudd av skumglass. Typisk kunne da vekten halveres 1000 kg/m^3 med disse metodene på steder hvor det var behov for å redusere belastningen på undergrunnen i områder med vanskelige grunnforhold.

Metodene for å bruke lette masser har utviklet seg og på samme måte som for isolasjonsmaterialer og i 2024 er det henholdsvis lettklinker (Leca) og skumglass (Glasopor) som med en dimensjonerende tyngdetetthet mellom $4\text{--}5 \text{ kN/m}^3$ som konkurrerer i lettmarkedet med EPS ($0,5 \text{ kN/m}^3$).

4 Et nytt vegbyggingsmateriale blir til

Selv om konklusjonen var at EPS ikke var egnet til frostsikring av veger, så hadde Veglaboratoriet gjennom Frost i jord-prosjektet opparbeidet en unik nasjonal og internasjonal kunnskap om EPS-materialets egenskaper bl.a styrke, deformasjon, utmatting og levetid. Erfaringene og målingene fra «frost i jord prosjektet» viste at EPS tåler påkjenningene i en veg i tykkelser på $5\text{--}8 \text{ cm}$ og at denne tykkelsen heller ikke var noen begrensning.

På 1930-tallet ble det teknisk mulig å produsere styren industrielt. I 1949 ble den første EPS-blokken oppfunnet av kjemiker Fritz Stastny og fikk navnet STYROPOR. EPS-perler (granulat) dannes ved å polymerisere styrenmolekyler og tilsette mindre mengder ekspansjonsmiddel som pentan. Pentan fungerer som esemiddel og er et naturlig hydrokarbon. Det betyr at EPS består bare av karbon og hydrogen. EPS blir produsert i blokker med 50 cm tykkelse.

På samme tid ble det i geoteknikkmiljøet arbeidet med å minimalisere setnings- og stabilitetsproblemer for vegbygging over bløt grunn og beregninger og praktisk erfaring tilsa at blokker av EPS ville være en egnet teknisk løsning dersom prisen var riktig. EPS som vegfyllingsmateriale var relativt dyrt i forhold til andre "lette" fyllmasser. Transportkostnadene til EPS var imidlertid lave, og når man så på kostnadene pr. tonn avlastning viste det seg at materialet var konkurransedyktig. Den store fordelene med det nye materialet EPS var den ekstremt lave vekten på 20 kg/m^3 og en dimensjonerende tyngdetetthet på 100 kg/m^3 ble valgt som et konservativt anslag.



Figur 4. BBC "Tomorrows world" lager et innslag om bruk av EPS i Norge. Statens vegvesen

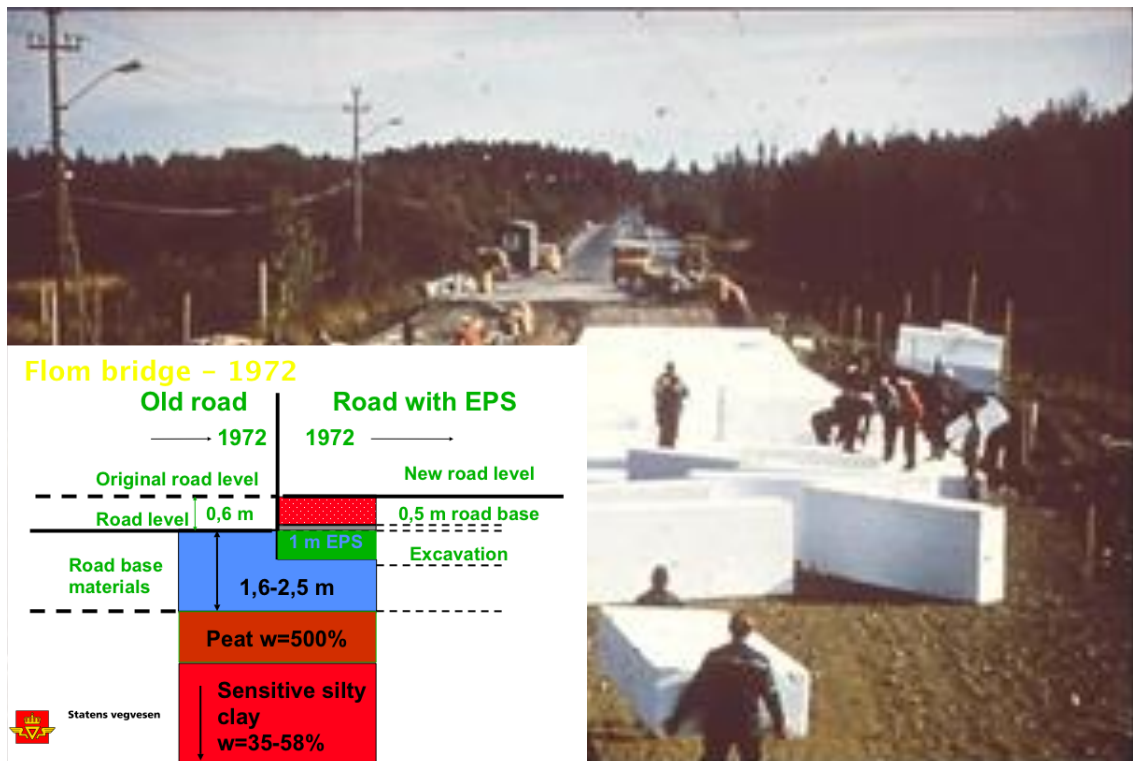
Med en slik vekt var belastningen på grunnen nærmere «null», og da var det nesten ingen grenser for hvor høy en fylling av EPS kunne bygges.

Det ble i Norge bygget et titalls EPS-fyllinger i løpet av 70-tallet og inn på 80-tallet. I disse årene ble det foretatt kvalitetstester på de første fyllingene, og det var ikke noe som tilsa at egenskapene endret seg over tid. Tvert om så man en svakt økende styrke i materialet.

Kvalitetskravene som ble lagt til grunn for EPS-materialet i den første fyllingen i 1972 er kanskje overraskende nok fortsatt standardvalget i dag. Det avspeiler at det var en velfundert vurdering som lå bak den første

vegfyllingen med EPS og samtidig at det i ettertid har blitt gjort mye riktig i form av langtidsoppfølging og et godt samarbeid om videreutvikling over landegrensene. Ekspandert polystyren er en stabil kjemisk komponent, og nå 50 år etter er det ikke registrert noen nedbrytning av materialet i vegfyllingene i de undersøkelsene som er foretatt verken i Norge eller det man kjenner til gjennom litteratursøk utenlands. Siden 1972 er det bygd nærmere 1000 konstruksjoner/ vegfyllinger med EPS i Norge. I resten av verden er metoden også tatt i utstrakt bruk, og metoden er i dag akseptert som en standard løsning i store deler av verden. I 1984 var BBC såpass interesserte i denne løsningen at de produserte et innslag til programmet «Tomorrows world» Figur 4, hvor metoden ble presentert.

5 Den første EPS – fyllingen på Rv 159 ved Flom i Lørenskog



Figur 5 Flom bruer – den første EPS fyllingen. Foto: Geir Refsdal Statens vegvesen

Forskningsmiljøet på Veglaboratoriet og prosjekterings/ entreprenør-virksomheten på vegbyggingsprosjektene var tett integrert på denne tiden og det var enkelt å teste ut nye innovative løsninger. I dette tilfellet var det mulig å gå fra forslag til ferdig utførelse i full skala på fire måneder. Mer info på: [2a – EPS – the first geoblock road embankment – 1972 final 2011-05-30 GRE.pdf](#)

På Rv159 ved Flom i Lørenskog var vegen fundamentert på 3 m torv over 10 m bløt leire. I juni 1972 ble Veglaboratoriet bedt om å finne en forbedret løsning på rv. 159 ved Flom bruer, der setninger gjennom mange tiår hadde ført til stadige opprettinger med asfalt. Marktrykket økte som følge av dette med påfølgende akselerasjon av setninger. Asfalttykkelsen var på dette tidspunkt ca. 1 meter, og for å få vegen løftet til akseptabel linjeføring var det nødvendig å løfte vegen med 0,8 – 1,2 meter.

Det ble foreslått et fullskalaprojekt med bruk av EPS som lette masser. I august 1972, i et 4 siders teknisk notat, ble prosjektet ved Flom bruer beskrevet som et godt

sted for utprøving av EPS-blokker dekket med et 10 cm lag av polyuretan. Det ble lag den kravspesifikasjon og på bakgrunn av denne ble følgende alternativer fremmet:



Figur 6. Notis i TU for å hindre mulig patentering

- Alternativ 1 var 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.

- Alternativ 2 innebar skumming av polyuretan på stedet med en overbygning på 50 cm.

Egenskapene til EPS var godt kjent, og Scaniplast AS, en norsk produsent av polyuretan, fikk spørsmål om de alternativt kunne skumme ut polyuretan på stedet med en trykkfasthet på 50 kN/m². Polyuretan ble vurdert som tiltak for å hindre et mulig velt av en tankbil med drivstoff med påfølgende ødeleggelse av EPS blokkene. Risikoen for at 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 i senere prosjekter erstattet av en 10 cm betongplate. Også på Flom bruer 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.

I forkant av byggingen av EPS-vegen ved Flom bruer, ble patentering av metoden vurdert. Veglaboratoriet mente det var riktig å få metoden beskrevet, slik at en patentering ikke skulle stå i veien for bruk av metoden. Teknisk Ukeblad hadde en notis om metoden den 7. september i 1972, Figur 6. For sikkerhets skyld ble mange andre tenkelige anvendelser av metoden skissert, og ordet skumplast (istedenfor EPS) ble benyttet bevisst for å dekke et bredere materialspekter. Dette var en såkalt

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

Etter innhenting av pristilbud på EPS og polyuretan ble alternativ 1 valgt og EPS med tildekking av polyuretan og en detaljert arbeidsbeskrivelse ble utarbeidet.

Konstruksjonen ble bygd i løpet av 3 uker i september 1972. Oppbygningen ble utført med to lag à 50 cm EPS. En trykkfasthet på 100 kN/m² valgt da dette var en standard i produksjonen av EPS. Senere er dette blitt standardkvalitet for EPS-fyllinger. Det ble brukt tømmerforbindere mellom lagene for å sikre at blokkene ikke kunne forskyve seg. 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.

Totalerfaringene fra Flom bru mht. pris og anleggstekniske forhold er hovedgrunnene til at polyuretan senere har blitt vurdert som lite hensiktsmessig. Mer info finnes her; [The First Geoblock Road Embankment – 1972 \(Paper, EPS 2011, Norway\)](#)

6 Videre utvikling i Norge

I etterkant av denne første konstruksjonen ble det bygd en rekke nye fyllinger basert på denne første vellykkede løsningen. Flere ble bygd etter hvert og i 1988 ble fylling nr. 100 bygget. Totalt var det til da brukt ca. 167 000 m³ EPS.

Senere er det bygget nærmere 1000 slike fyllinger og brukt mer enn 1 million kubikkmeter EPS i Norge og med mange ulike spesialløsninger blant annet vertikale vegger med lett kledning, fundamentering bruker direkte på EPS, myrbru samt at metoden ble tatt i bruk på jernbanestrekninger. Metodene omtales i Statens vegvesen rapporter nr. 1019. Del 3: Design og eksempler på bruk av ekspandert polystyren.

Det er mange produsenter av EPS med god spredning geografisk i Norge, noe som bidrar til lave transportkostnader. Det forventes at videre utvikling vil støttes av en overgang til elektriske lastebiler som vil være godt egnet for dette lette materialet.

Det er stort politisk fokus i Norge på resirkulering av plast hvor kontroll på materialstrømmene er avgjørende for å lykkes. Prosjektet "Sirkulær EPS" [Sirkulær EPS – SINTEF](#) skal bidra til å etablere en sirkulær verdikjede for EPS og det er viktig at kapp og avfall fra våre fyllinger av EPS samt gjenbruk av EPS fyllinger der vegen endres eller på annen måte skal håndteres på ny måte blir en del av denne kjeden.

7 Internasjonalt samarbeid

Mye av forskningsinnsatsen i Norge har blitt utviklet i samarbeid med utenlandske samarbeidspartnere. Samarbeidet har vært i form av erfaringsutveksling både i form av felles møtesteder og delte forskningsprosjekter.



Figur 7. Stor internasjonal interesse for bruk av EPS i vei. Statens vegvesen

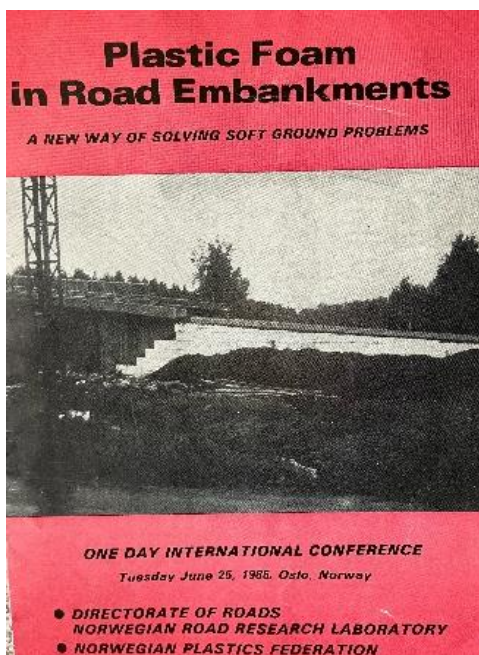
Først og fremst samarbeidet med Hideki Tsukamoto som ledet EDO i lange perioder (neste avsnitt), tett samarbeid med Nederland (Milan Duskov), Fransk entreprenør (Screg), et omfattende samarbeid med Malaysia i samarbeid med norske næringsvirksomhet og eksportrådet, Korea og ikke minst samarbeidet med enkeltpersoner, interessegrupper, universitet i USA (Dawitt Negussy fra Syracuse University, Steven Bartlett fra University of Utah, John Horwath University of New York, David Arrelano University of Mephis mfl.

Dette samarbeidet har utviklet både den originale løsningen, men først og fremst skapt nye innovative løsninger og en trygghet for at materialet og metoden har en levetid som forventet.

8 Anvendelse på verdensbasis – Internasjonale konferanser

Etter hvert som kunnskap og erfaring med bruk av EPS som lett fyllingsmateriale økte, har metoden blitt tatt i bruk i et stort antall land og nye anvendelser har kommet til. Fra starten i 1972 var prosessen først langsom, men kunnskapsoverføring har ført til et stort omfang og bruk av metoden over store deler av verden. Internasjonale konferanser har vært avgjørende for utvikling og ytterligere innovasjon samt spredning av informasjon om egenskapene og bruken av EPS.

8.1 The 1st International Conference on Plastic foam in road embankments. Oslo 1985



Figur 8. Invitasjon til den første internasjonale konferansen i Oslo

Etter at den første EPS-fyllingen ved Flom bruer var bygd, ble det vist interesse fra flere land for metoden og i 1985 inviterte Statens vegvesen til en internasjonal konferanse i Oslo, Figur 8. På denne konferansen var det i alt 150 deltakere fra 11 land. Norske erfaringer ble presentert med fokus på materialegenskaper, design og praktiske eksempler inklusiv et besøk på en vegfylling under bygging i Ås.

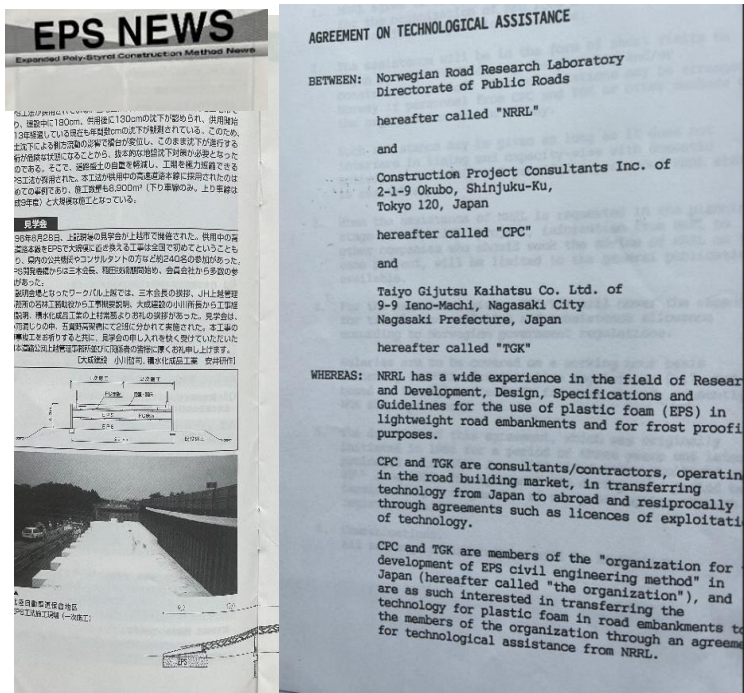
Artiklene fra konferansen er samlet her:

[Ekspandert polystyrenskum \(EPS\) | Statens vegvesen](#)

I etterkant av konferansen i 1985 fikk Veglaboratoriet en henvendelse fra 2 japanske representanter som deltok på konferansen. Ett større konsulentfirma sammen med Tokyo universitet var interessert i et samarbeid om metoden og uttrykte ønske om å opprette en samarbeidsavtale om overføring av teknologi til Japan sammen med leverandører av materialet.

Statens vegvesen inngikk en slik avtale («Agreement on technological assistance between Norwegian Public Roads Administration and Construction Projects Consultants») og ett år etter konferansen i Oslo ble det opprettet en organisasjon i Japan; EPS Development Organisation (EDO), med formål å videreformidle og

Statens vegvesen rapport nr. 1017. 50 år med lette masser av EPS i veibygging.
Forskning lønner seg.



Figur 9. Avtale om samarbeid mellom Statens vegvesen (NPRA) og EDO



Figur 10. Flytende hager i Amsterdam (Proceedings of EPS 2018. Springer)

etc) og i etablering av ny bebyggelse med tilstøtende vegsystemer, parkeringsareal, hager osv.

videreutvikle metoden i Japan samt etablere nasjonale retningslinjer.

Samarbeidsavtalen innebar både korte besøk i Japan, men først og fremst at Japanske grupper besøkte Norge for å hente erfaringer fra vår bruk av EPS.

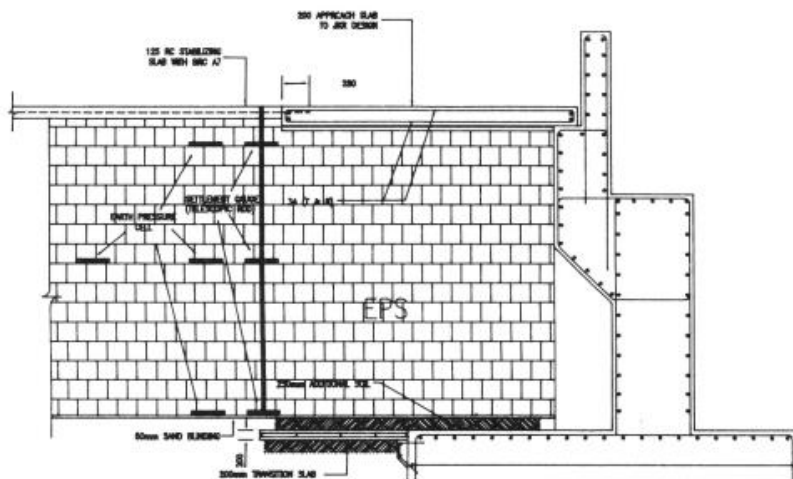
Både før og etter konferansen i Oslo kom det henvendelser fra flere land i Europa. Frankrike meldte interesse tidlig og her ble det inngått en avtale om teknologioverføring med SCREG, et større entreprenørfirma. Den første vegfyllingen med EPS ble bygget ved Montpellier i Syd-Frankrike i 1983.

I Nederland ble metoden raskt tatt i bruk i samarbeid med universitetet i Delft og Milan Duskov i forskjellige roller både som entreprenør og konsulent. I deler av Nederland med organiske bløte leirer har EPS blitt brukt for å oppnå en full kompensert løsning i både eldre og sterkt setningsskadete boligområder (lokalveger og hageområder

På bildet i Figur 10 ligger EPS fyllingen under grunnvannstanden – dette forutsetter et system med drenasje og infiltreringssystem slik at grunnvannstanden til enhver tid holdes konstant.

I tillegg til internasjonale konferanser har seminarer og lokale arrangementer på nasjonalt nivå også fremmet bruken av EPS-blokker, i tillegg til bilaterale avtaler mellom statlige etater og private organisasjoner i ulike land, samt direkte kontakter på personlig nivå

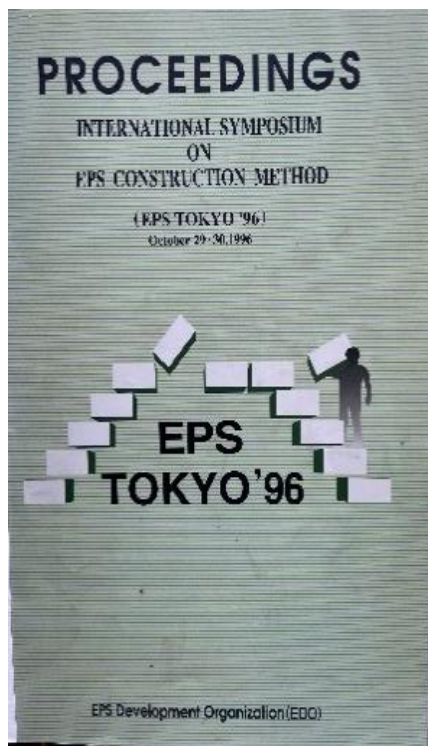
Samarbeidet med Malaysia var et eksempel på dette. Det ble laget en samarbeidsavtale hvor Statens vegvesen (Veglaboratoriet) hadde et samarbeid med norske EPS leverandører i et forsøk på å etablere seg i Malaysia. Framstøtet var nok ikke helt vellykket fra norsk industri sin side, men samarbeidet med Statens vegvesen fortsatte og har ført til utvikling av en rekke EPS konstruksjoner og kompetanseoppbygging i Malaysia som vist bl.a i Figur 11 hvor en fylling inn til et landkar er instrumentert med jordtrykkceller for å måle spenninger i EPS fyllingen. I denne artikkelen er erfaringene med de første løsningene i Malaysia summert opp: [HISTORY OF EPS AS EMBANKMENT FILL IN MALAYSIA UNDER PIC AND ITS FUTURE – TRID](#)



Figur 11. Instrumentering med jordtrykkceller i Malaysia i EPS fylling på Sungai Tenggi bridge. Bilde; EB Mohamad.

Int. Symposium on EPS Construction Method, Tokyo 1996.

8.2 EPS Development Organization (EDO) International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo 1996



Figur 12. Proceedings fra EPS Tokyo 96



Figur 13. Testtærninger fra den første EPS fyllingen i Norge (Flom bru). Foto: R. Aabøe, SVV

Ti år etter etableringen av EDO arrangerte de i 1996 andre internasjonale EPS konferansen i Tokyo om bruk av EPS-blokker til byggeformål. Konferansen hadde 336 deltakere fra 13 land.

Norge presenterte «State of the art»: (Expanded polystyrene – the light solution (Frydenlund, Aabøe) hvor det ble rapportert om erfaringene etter 25 års bruk. Som en liten morsomhet ble det på konferansen delt ut små testtærninger, Figur 13, som nylig hadde blitt tatt opp og testet fra den første EPS fyllingen som ble bygget i Norge. Resultatene var en del av presentasjonen.

Nye land hvor EPS løsninger var i ferd med å bli etablert som USA, Nederland, Malaysia og England presenterte både ny forskning og planlegging av store nye prosjekter. Milan Duskov fra Nederland presenterte deler av sin Phd «Duškov, M. (1997) EPS as a Light-weight Sub-base Material in Pavement Structures. Ph.D. thesis, Delft University of Technology, Delft, June 1997» som viser god overenstemmelse mellom teoretiske «3D finite element» analyser og metodikken for å bygge som brukes i dag.

Konferansen viste gjennom en rekke foredrag den store FOU satsingen Japan hadde hatt i denne 10 årsperioden. I tillegg til presentasjoner fra mange land innen utvikling og forskning var det stor fokus på ferdigstilte EPS konstruksjoner og erfaringer som så langt var kommet til nytte.

Alle artikler til konferansen er vist i [Ekspandert polystyren \(EPS\) | Statens vegvesen](#) .

8.3 EDO – Expanded Polystyrene Development Organisation (Japan)

Totalt ble det over en periode på mer 30 år arrangert 10 besøk med japanske grupper til Norge (og til andre land i Europa hvor utviklingen av metodikken var kommet lengre enn i Japan). Møtene ble i hovedsak arrangert som «exchange conferences» hvor både Norge og Japan stilte med forberedte innlegg om det nyeste fra hvert av landene innenfor EPS området fulgt av diskusjoner. Det var nødvendig med fortløpende simultanoversettelse av presentasjoner som i hele perioden ble utført av Hiriko Kimura (bosatt i Norge). I de fleste besøkene var det satt av tid til besøk på byggeplass i forbindelse med nybygging av EPS fyllinger.

Table 1.3.1 Research institutions in Europe visited by EDO

Year	Research institution
1988	Norwegian Road Research Laboratory (NRRL), Swedish Geotechnical Institute (SGI), German Chemical maker (BASF)
1988	NRRL, SGI, BASF, Laboratoire Central des Ponts et Chaussees (LCPC)
1989	NRRL, SGI, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), LCPC
1991	NRRL, SGI, Dutch Chemical maker (Dutch Shell)
1997	NRRL, BASt, RWTH • Aachen University (WBI), Dutch Chemical maker, British consultant (Babtie G), Transport Research Laboratory (TRL)
2000	NRRL, BASF, Synba
2005	Norwegian Public Roads Administration (NPRA)
2007	NPRA
2009	NPRA



Figur 14. Faglige utvekslingsmøtene med EDO. Foto Roald Aabø Statens vegvesen

I tillegg til listen over (fra [eps-proceedings-2011-norway.pdf](#)) ble det gjennomført et tilsvarende møte i 2019.

Svært mye vitenskapelig arbeid har blitt utført i Japan og dokumentert på japansk og er derfor lite tilgjengelig. Utvekslingsbesøkene ga derfor en god anledning til å få

siste nytt fra Japan presentert på engelsk. Presentasjoner fra disse utvekslingskonferansene er tilgjengelig ved kontakt med Myndighet og regelverk (Klima og geoseksjonen på Vegutforming). Noe er også tilgjengelig via interne rapporter som [Intern rapport 1511 Seminar on the use of EPS in road construction](#).



Figur 15. Vertikale fyllinger i Japan. Foto Kristian Aunaas Statens vegvesen.

En stor FOU satsing gjennom mange år av EDO i Japan har gitt en rekke nye anvendelsesområder og gitt trygghet for at metoden er med å forbedre situasjonen i forbindelse med jordskjelv. Det har blitt utført en rekke storskala testforsøk (Shaking table eller «risteforsøk») og insitu inspeksjoner etter store jordskjelv som er omtalt i del 2 og 3 av denne rapporten. Mye er rapportert på nettsiden, men dessverre er mye på japansk; <http://www.cpcinc.co.jp/edo/>.

Som et resultat av 15 års forskning og forsøk på seismisk oppførsel av EPS-materiale, oppsummerte EDO følgende funn [eps-proceedings-2011-norway.pdf](#):

- EPS-fyllinger er stabil under M7,0 jordskjelv, uavhengig av om det var en vegfylling i en skråning eller vertikale vegger på begge sider av skråningen.
- I tilfeller med EPS fylling i skråningen, ble det funnet at bruk av jordforankring i betongplater plassert på toppen av skråningen, var effektivt ved jordskjelv.
- EPS plassert bak fundamenter fulgte samme oscillasjonsmodus som fundamentet.

国内40社・ノルウェー国が手をつなぐEPS開発機構。



発泡スチロール土木工法開発機構
会長
安原 一哉

EDO-EPSの特長を生かした本工法は、その多くのメリットゆえに欧米各国並びにアジア諸国でも急速な普及を見ております。その開発のスタートを切ったノルウェー土木技術陣の努力と実行力に深く敬意を表する次第です。わが国では、本工法の導入以来37年の歳月が流れましたが、この間、各種の技術開発研究とあわせて16,700件に及ぶ実績が構築されました。また、阪神大震災を始めとする耐震技術への対応も含めてより確実で安全な工法として、さらに研究・開発に精力的に取り組んでいきたいと考えています。

EDO-EPS工法並びにEPS開発機構の発展充実のために官界・学界のご支援を強く感謝いたします。

EPS construction method Development Organization



Expanded Polystyrol construction method Development Organization
Chairman
The professor emeritus from The University of Tokyo
Gosaburo Miki

This construction method making good use of the strong points of EPS has spread rapidly throughout Western and Asian countries because of its many merits. I deeply respect the efforts and executive ability of the Norwegian civil engineering group who started the development of this method. During the eleven years since this method was introduced into my country, we have successfully carried out various technical development research works as well as more than 2000 actual construction projects. We would also like to establish the future of this new material-new technology by making it an even more reliable and safer method of construction, which could reduce the damage caused by such big earthquakes as the Great Hanshin Earthquake. I would strongly like to ask the societies of both the government and the academy for their support in expanding and nurturing EPS method as well as the EPS construction method Development Organization.

**EDO
30th anniversary 2016**

With many years of mutual exchange of EPS-technology on a wide range we wish to express our future expectations for cooperation with Japanese delegations reciprocating with Norwegian engineers both parties being development pioneers in testing and applying blocks of Geofom spreading the message abroad and at home.

Please accept our congratulations to EDO already with more than 30 years on the go.




Norwegian Public Roads Administration
Senior Engineer, Geo-&Tunnel Technology Section
Roald Aaboe

**Norwegian Road Research Laboratory
Message from Director Dr. Kaare Flaate**



“The use of expanded polystyrene in civil engineering works has created new possibilities technically as well as economically. What we see today is only the beginning of a new era in the use of lightweight fills for solving intricate geotechnical problems all over the world” Norwegian Road Research Laboratory

Director
Kaare Flaate

Kaare Flaate

**Aadnesen A/S (EPS consultant)
Message from Dr. Aadnesen**



Expanded Polystyrene (EPS) has been used in Norway for over 20 years and has proved to be a great success in solving many difficult engineering problems. I have been greatly impressed by the thorough manner in which colleagues from Japan have studied all the technical aspects of the use of EPS. I am sure that the distinguished members of EPS Development Organization will have every success in promoting the use of EPS in Japan, and I will only be too pleased if I in some slight degree can be able to assist you in this endeavour.

Aadnesen A/S

Aadnesen A/S



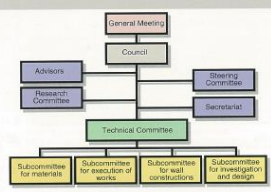
第5回EPS国際会議 (2018年)
安原会長とAaboe氏 (NPRA)



NPRA 技術者 2名来日 (2010年)
EDO-EPS 施工現場視察

Structure

EPS Development Organization consists of lengthwise and crosswise of various groups and companies. They are The Advisory Committee composed of scholars and men of experience. The Research Committee with researchers from the various governments, the universities and the private companies, the consultant firms who are in the technical cooperation with Norway, the general contractors, the specialized companies of wall works, and the material manufacturers.



Figur 17. Samarbeid mellom EDO og NPRA (statens vegvesen)



Be bright - think light and do it right



**Technology exchange
on a wide range**

20 years of technological cooperation between NPRA and EDO

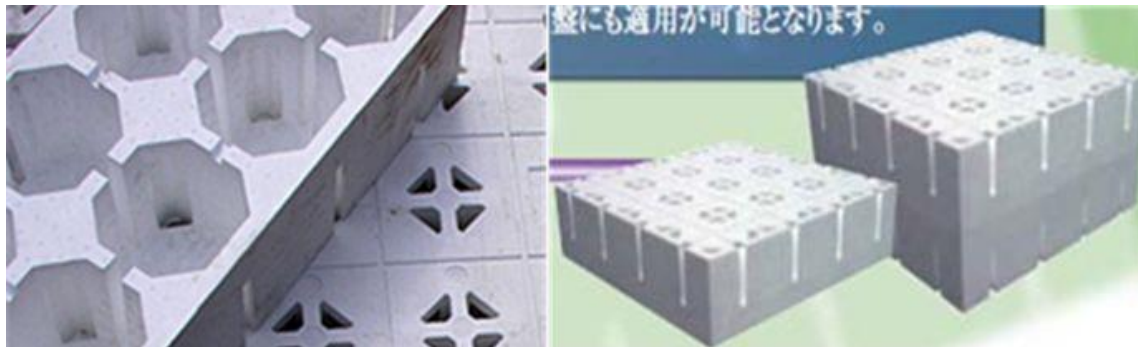
Figur 16. "Technology exchange on a wide range" Tokyo 2006. Illustrasjon Roald Aaboe

EDO fortsetter sin innsats med å utvikle metoden gjennom et stort antall byggeprosjekter. I 2006 arrangerte EDO et 20 års jubileum med en bred internasjonal deltagelse. Technology exchange on a wide range – 20 years of technological cooperation between NPRA and EDO.

<http://www.cpcinc.co.jp/edo/>.

Metoden har hatt en voldsom økning innenfor infrastruktur, men også i andre byggeprosjekter bla i forbindelse med hus og landetablering. Konstruksjonene har blitt stadig høyere og i dag bygges det vertikale EPS fyllinger i Japan på over 20 m

Oppdriftsblokker som vist i Figur 18 av EPS har blitt utviklet for å håndtere stigende vannivå uten å introdusere oppdriftskreftene som en homogen EPS blokk ville

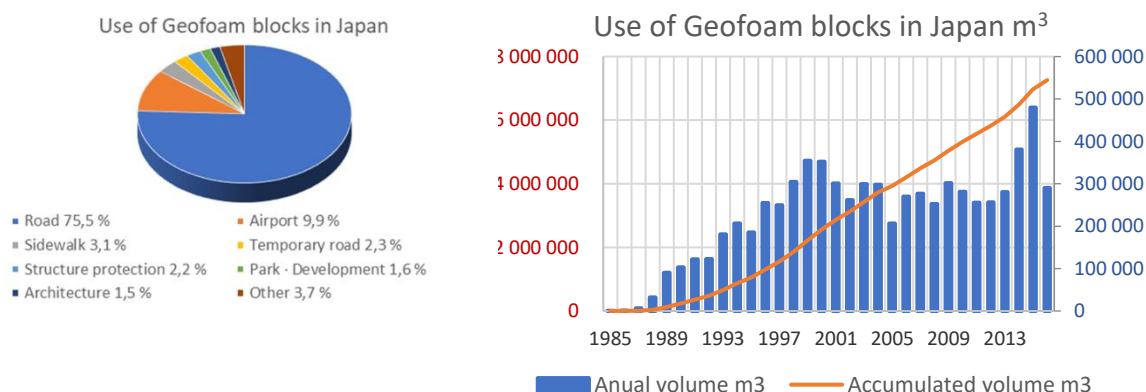


Figur 18 Oppdriftsblokker. Proceedings of EPS 2018. Springer

generere. Dette oppnås ved å lage hule blokker med spalter på sidene som lar vannet komme inn uten å introdusere full oppdrift.

Utover at Norge rapporterer om et omfang på rundt 1 million kubikkmeter i 100 prosjekt i 50 års perioden er det ikke noen komplett oversikt over hvor mye EPS som brukes til dette formålet i verden.

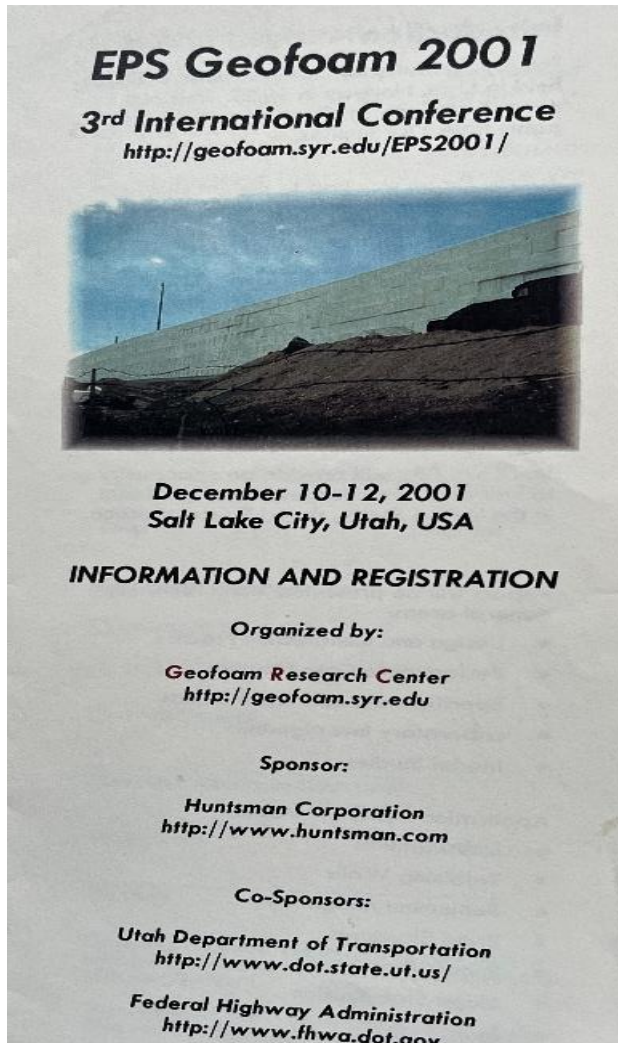
Japan har gjennom EDO rapportert at de i 2019 hadde passert et akkumulert totalvolum på 3 millioner kubikkmeter til ulike byggeformål som vist i Figur 19.



Figur 19. Bruk av EPS i Japan (Bilde fra EDO 2019)

8.4 The 3rd International Conference on Geofoam, Salt Lake City, USA

Utenfor Europa var interessen også stor, noe som førte til bistandsavtaler om ytterligere avtaler om teknologioverføring med bl.a. Malaysia og Sør-Korea. Det var



Figur 20. EPS Geofoam 2001

også kontakt med Canada, Mexico og USA, og utviklingen i USA ledet til den tredje internasjonale konferansen om bruk av EPS-blokker i Salt Lake City, Utah i 2001.

Konferansen ble organisert av «Geofoam Research Center» i Syracuse [Geofoam Research Center \(syr.edu\)](http://geofoam.syr.edu)

Norge var fortsatt ledende utvikler av metoden, nå sammen med først og fremst Japan, USA og Nederland. Også denne gangen presenterte Norge «Key note» presentasjonen :

“Long term performance and durability of EPS as a lightweight filling material” (Frydenlund, Aabøe). [Long term performance and durability of EPS as a lightweight filling material](#)

Store volumer med EPS-blokker hadde vært anvendt til ombygging av motorvegssystemet I 15 og i forbindelse med utvidelsen av Utah

Transit Authority TRAX bybanesystem og

Front runner pendeltogsystem i og rundt Salt Lake City, i forbindelse med vinter OL i 2002.

Andre anvendelser enn til vegfyllinger var også tatt i bruk. Løsninger med vertikale vegger av EPS dekket av en enkel kledning som allerede var tatt i bruk i Norge, utnyttelse av det reduserte jordtrykket, utnyttelse av oppdriftsegenskapene (flytende løsninger), jordskjelvsikre løsninger, raske utførelser av reparasjonsprosjekter og utbygging av arealer.

Noen av presentasjonene på konferansen er vist her:

[Use of Geofoam as Super-Lightweight Fill for I-15 Reconstruction \(TRB-2001. Instrumentation and Long-Term Monitoring of Geofoam Embankments, I-15 Reconstruction Project, Salt Lake City, Utah \(paper, EPS 2001, Salt Lake City\)](#)
[Performance of Geofoam Embankment at 100 South, I-15 Reconstruction Project, Salt Lake City, Utah \(paper, EPS 2001, Salt Lake City\)](#)
[O'Brian. DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE UK'S FIRST POLYSTYRENE COMPARISON OF EXISTING EPS-BLOCK GEOFOAM CREEP MODELS WITH FIELD MEASUREMENTS](#)



Figur 21. En gruppe ble nedsatt for å videreføre det gode internasjonale samarbeidet. Foto Statens vegvesen

(fra venstre: Yoshihiro Sato (Japan), Steven Bartlett (USA), Dawitt Negussy (USA), Tor Erik Frydenlund (Norge), Hans Tepper (Nederland), Roald Aabøe Norge), Milan Duskov (Nederland)

Transportation Research Board (TRB) var godt i gang med å utvikle regelverk for bruk av EPS (Geofoam) under programmet NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) og dette ble presentert på konferansen: [Overview of the NCHRP Project Provisional Specification \(EPS 2001\)](#).

Konferanseartiklene er tilgjengelige fra nettsiden: [Ekspandert polystyrenskum \(EPS\) | Statens vegvesen](#)

8.5 The 4th International Conference on Geofoam blocks in Construction Applications, EPS 2011, Lillestrøm, Norway

Med stadig økende interesse for metoden og utvikling av nye anvendelser ble den



Figur 22. Gruppen som arbeidet med EN 14933. Foto Statens vegvesen

fjerde internasjonale konferansen arrangert i Norge i 2011, 25 år etter den første konferansen i Oslo, noen kilometer unna der den første EPS fyllingen på Rv 159 ved Flom bru er opprinnelig ble bygd.

Konferansen ble åpnet av vegdirektør Terje Moe Gustavsen og nærmere 200 deltagere fra inn og utland deltok med den nyeste oppdateringen på utviklingen av EPS metodikken.

Keynote innlegget var:

40 years of experience with the use of EPS Geofoam blocks in road construction. (Aabøe, Frydenlund). [40 Years of Experience with the Use of EPS Geofoam Blocks in Road Construction \(Paper, EPS 2011, Norway\)](#)



Figur 23. Bilde fra "Key note" presentasjon med forfatteren og en blokk av den første EPSfyllingen på Rv 159 Flom bru. Foto Tor Helge johansen

Ett av hovedtemaene 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. Ut over dette foreligger det nasjonale standarder innen de landene som har tatt metoden i bruk bl.a. i Japan.

På konferansen ble også retningslinjene fra USA presentert «Overview of NCHRP Design Guideline for EPS-Block Geofoam in Slope

Stabilization and Repair». Artikkelen gir en oversikt over “the design guideline for the use of expanded polystyrene (EPS)–block geofoam for slope stabilization and repair applications based on the results of National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Project 24–11(02)” [Guideline and Recommended Standard for Geofoam Applications in Highway Embankments](#).

Flere prosjekter hvor anvendelse av EPS var fulgt opp over år ble presentert, her nevnes spesielt langtidserfaringene fra bygging av I 15 i Salt Lake City området. [Construction and Long-Term Performance of Transportation Infrastructure Constructed Using EPS Geofoam on Soft Soil Sites in Salt Lake Valley, Utah \(Paper, EPS 2011, Norway\)](#) med presentasjon;: [Construction and Long-Term Performance of Transportation Infrastructure Constructed Using EPS Geofoam on Soft Soil Sites in Salt Lake Valley, Utah \(UDOT Presentation\)](#)

Konferansen ble avsluttet med et anleggsbesøk i Bjørvika, Oslo hvor flere store EPS fyllinger var under bygging på denne tiden. [Johansen–Use of EPS in the Bjorvika, 2011 \(utah.edu\)](#)

Presentasjonene fra konferansen er tilgjengelig fra: [Ekspandert polystyren \(EPS\) i vegbygging | Statens vegvesen](#)



Figur 24. EPS fylling ved Nordenga bru. Foto Statens vegvesen

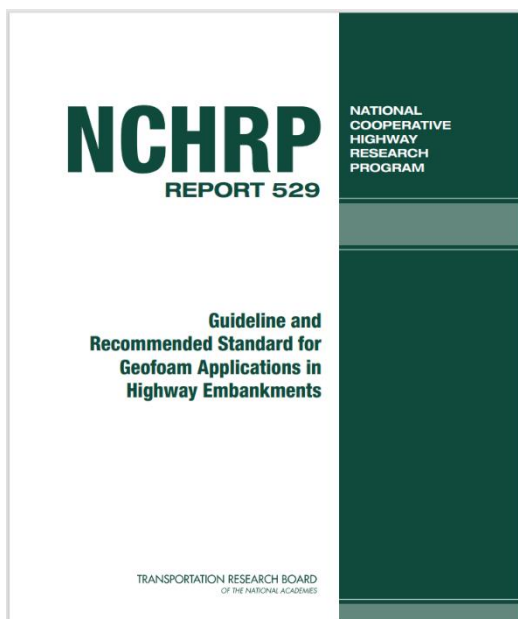
8.6 The 5th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications, EPS 2018, Cyprus, Tyrkia

Den siste internasjonale konferansen ble gjennomført i 2018 på Kypros / Tyrkia og representerer en ytterligere milepæl i spredningen av informasjon og anvendelse i denne del av verden. [5th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications: Proceedings of EPS 2018 | SpringerLink](#)

9 Regelverk

Under er noen av gjeldende regelverk nasjonalt og internasjonalt nevnt. Det er ikke gjort forsøk på en komplett samling og det er forskjellige nivåer på informasjonen. Det er referert til Europeiske EN krav, amerikanske anbefalinger og veiledninger via norske og svenske vegnormaler og retningslinjer /veiledninger.

I regelverket til Statens vegvesen finner du detaljerte beskrivelser av krav til materialer, utførelse og kontroll, samt bestemmelser og veiledning for prosjektering.



Figur 25. Guidelines for Geofoam Applications in Slope Stability Projects

For materialparametere, krav og prosjekteringsregler vises det til Statens vegvesen sine håndbøker og eurokodene:

- N 200 Vegnormaler N200: [Statens vegvesen. N200:2024](#)

- V 221 Grunnforsterkning, fyllinger og skjæringer, Statens Vegvesen: [hb-v221](#)
- R 210 Laboratorieundersøkelser: [Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser](#)
- Eurokode 7-1 Geoteknisk prosjektering – Del 1: Allmenne regler
- Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner

I tillegg finnes det en rekke annen informasjon fra andre land og institusjoner:

- TK Geo13 fra Trafikkverket
- Det første norske regelverket for EPS: [Use of Expanded Polystyrene in Road Embankments – Design Construction and Quality Control \(NPRA 1992\)](#)
- TR Geo13 fra Trafikkverket
- EPS white book: [EPS White Book – EUMEPS Background Information on Standardisation of EPS \(EUMPES, 2014\)](#)
- EN 14933: [EU Product Standard for EPS and Performance Requirements \(EPS 2011\) European Standard 14933 \(EN 2007\)](#)
- NCHRP guidelines and recommended standard: [NCHRP Report 529 – Guideline and Recommended Standard for Geofoam Applications in Highway Embankments](#)
- NCHRP Geofoam Applications in the Design and Construction [nchrp_w65.pdf](#)
- NCHRP Project 24-11(02): [Guidelines for Geofoam Applications in](#)
- NCHRP: [Overview of the NCHRP Project Provisional Specification \(EPS 2001\)](#)
- Toepassings-richtlijn voor EPS in de wegenbouw (2000), CROW, Nederland
- Japansk retningslinjer <http://www.cpcinc.co.jp/edo/>

Noen aktuelle produktstandarder:

- NS-EN 13055 Lett tilslag
- NS-EN 13163 Varveisolasjonsprodukter for bygninger
- NS-EN 15732 Lette fyllmasser og varveisoleringsprodukter til anleggsformål
- NS-EN 14933 Varveisolering og produkter til lette fyllinger til anleggsformål

10 Hendelser (ulykker)

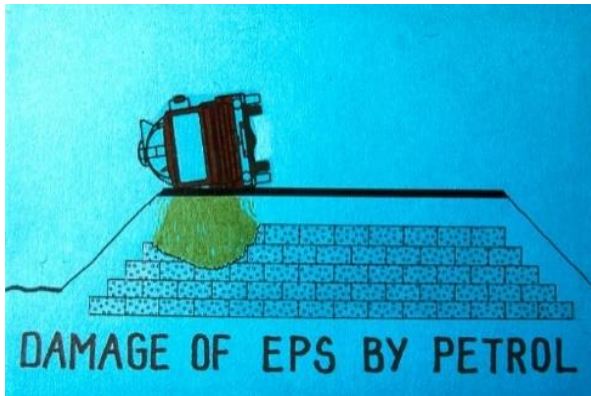
Av de mange EPS-prosjektene som nå er fullført i flere deler av verden, er det kun rapportert om et fåtall kjente ulykker knyttet til høyt vannnivå, oppdriftskrefter, samt antennelse og brann. Den 16. oktober 1987 opplevde Nord-Europa kraftige stormer med høye vindhastigheter og kraftig regn. Norge ble rammet av store flommer, og i Oslo-området fløt den første EPS-fyllingen, som ble bygget i 1972, opp – inkludert en tilstøtende veg som ble bygget i 1974.



Figur 26. Oppdrift av EPS blokker. Noen fikk glede av EPS blokkene som fløt opp på RV 159 Flom buer. Foto Statens vegvesen.

Oppdriftskrefter og flomnivå ble kartlagt og beregnet i forbindelse med byggingen. Det høyeste flomnivået som ble forutsatt i designfasen i 1972, var 0,85 m lavere enn det faktiske flomnivået som inntraff i oktober 1987. I løpet av de 15 årene etter byggingen hadde influensområdet rundt vegen endret seg, og det var betydelig mer asfalterte flater og næringsbygg i området. Dette medførte raskere avrenning og endrede flomnivåer i forhold til det som var forutsatt. En lignende hendelse er kjent fra Thailand, hvor en uventet høy vannstand førte til at en vegfylling ble skylt bort. En annen hendelse ble rapportert fra Crayford nær London i 2016, hvor 16 biler ble skadet i et underjordisk parkeringsanlegg da et rør sprakk og flommet over anlegget. EPS-blokkene som ble brukt under parkeringsområdet, ble utsatt for oppdrift i flommen, og biltakene krasjet mot taket i parkeringsanlegget.

Det er derfor svært viktig at både oppdriftskrefter og horisontalt vanntrykk vurderes grundig i beregningene og designet av EPS-fyllinger.



Figur 27. Blokkene må beskyttes mot bensin og petroleumsdestillater. Illustrasjon Geir Refsdal. Statens vegvesen

EPS er et brennbart materiale og vil brenne opp ved antennelse. I en periode ble det tilsatt flammehemmende stoffer (HBCD) i produksjonen av EPS-blokker for å redusere brannfaren, men av miljømessige årsaker ble bruken av slike stoffer forbudt i Norge.

Det er imidlertid mulig å redusere brannfaren betydelig 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 på oksygen til at materialet kan brenne. Brann i EPS forårsaker ikke røykproblemer utover det som skjer når det er brann i treverk. Derfor bør det tas visse forholdsregler når man bygger EPS-fyllinger med normalt kvalitetsmateriale. Slike tiltak kan være å gjerde inn lagre på byggeplassen og sørge for vakthold døgnet rundt, eller å plassere blokkene direkte i fyllingen når de ankommer byggeplassen og arbeide døgnet rundt om nødvendig. Når EPS-fyllingen er tildekket, vil det ikke være tilstrekkelig oksygen tilgjengelig for å opprettholde en brann.



Figur 28. Brufundament skadet av EPS-blokker satt i brann. Foto Statens vegvesen

To branner har blitt rapportert i Norge, begge forårsaket av sveiseaktiviteter på brufundamenter i nærheten av EPS-fyllinger under byggefasen. I det første tilfellet ble 1500 m³ EPS omgjort til svart røyk på omtrent 10 minutter. Betongbrufundamentet ble skadet på grunn av varmen som ble utviklet i betongen og armeringen. Siden brannen ble forårsaket av gnister fra sveisingen på brua, måtte entreprenøren som var ansvarlig for sveiseaktivitetene både reparere brufundamentet og erstatte EPS-

fyllingen for egen regning. En lignende hendelse skjedde i 1995, og også da måtte reparasjonskostnadene dekkes av entreprenøren som hadde utført sveisearbeidet. Det er derfor viktig at brannpotensialet vurderes nøye i designet og planleggingen av slike fyllinger.

EPS er oppløselig i bensin- og oljerelaterte produkter, men betongplaten over EPS-blokkene gir beskyttelse mot løsemidler. Alternativt kan polyetylenfolie benyttes for å beskytte blokkene. Muligheten for bensin- eller oljesøl på en EPS-fylling er svært liten, men selv om en tankbil skulle velte på et slikt sted og innholdet skulle renne ut på vegen, vil de nevnte tiltakene være tilstrekkelige for å beskytte EPS-blokkene. Uansett vil det ta tid før løsemidlene trenger gjennom jordlaget på skråningene, noe som gir mulighet for korrigerende tiltak. Skader fra løsemidler på EPS-blokker i vegfyllinger er ikke rapportert verken i Norge eller internasjonalt, og anses derfor ikke som et problem, selv om dette bør tas i betraktning ved dimensjonering

11 Gjenbruk av EPS

Det har blitt innsamling-systemer i mange land, og produsentene har begynt å tilføre noe mengde kastet EPS-materiale i produksjonen av nye EPS blokker. Det blir viktig å sørge for at denne gjenbruken ikke går utover den kvaliteten vi har erfaring med. I tillegg gjenbrukes hele blokker når midlertidige konstruksjoner av dette byggeklosskonseptet fjernes og etableres på nytt. På samme måte gjenbrukes blokker fra vegprosjekter som av en eller annen grunn skal endres og flyttes.



Figur 29. Blokker fra midlertidig EPS fylling på E6 Løkkeberg flyttet til ny utbygging av E6. Foto: Statens vegvesen

12 Status etter 50 år

Med økende bruk av EPS som lett fyllingsmateriale, vil flere kunne se nytten av videre utvikling. I de fleste land benyttes EPS primært til emballering av elektronisk utstyr, oppbevaring av fisk og som isolasjon i bygninger. Ser man på de globale mulighetene for bruk av EPS som et superlett byggemateriale, er det grunn til å tro at metoden har stort potensial for å vinne større markedsandeler. Dette potensialet er illustrert i Figur 30, som viser et gresk prosjekt på 65 000 m³ EPS-blokker langs E75 ved Thermopylene (mer informasjon finnes i del 3 av denne rapporten).



Figur 30. 65.000 m³ EPS-blokker på E 75 ved Thermopylene, Hellas (Bilde: Sotiropoulos & Associates SA)

Dette forutsetter at metoden fortsatt vil være bærekraftig, og at CO₂-utslippene er lavere enn ved andre sammenlignbare metoder. Det er interessant å merke seg at mye av laboratorie- og feltforskningen som er gjennomført for å dokumentere at metoden fungerer tilfredsstillende, har blitt finansiert av kilder uten tilknytning til plastindustrien.

Metoden har i stor grad blitt drevet av ønsket om en ny fundamenteringsløsning, snarere enn av kortsiktig gevinst fra større leveranser. Leverandørene av materialet (med noen unntak) har i mindre grad bidratt til utviklingen av konseptet. Produksjonsprosessen har riktignok blitt forbedret underveis for å oppnå et mer homogent EPS-produkt med mindre variasjon i geometriske dimensjoner, men denne utviklingen er igangsatt ut fra andre hensyn enn bruk av EPS som lett fylling.

50 år etter starten på bygging med EPS blokker er det kjent at prosjekter er blitt fullført i de fleste europeiske land, inkludert Frankrike, Sverige, Tyskland, Hellas, Irland, Nederland, Norge, Polen, Spania, Italia, Russland, Serbia, Tyrkia, Storbritannia, Tsjekkia, Danmark og Finland.



Figur 31. Internasjonal litteratur om EPS

Det er også sannsynlig at andre europeiske land har tatt i bruk denne metoden. I Asia er Japan den fremste brukeren av EPS, men Kina, Malaysia, Thailand, Filippinene, India, Sør-Korea og Taiwan er også kjent for å ha benyttet EPS-blokker, og flere andre asiatiske land antas å være potensielle brukere.

Det finnes et bredt utvalg av artikler, masteroppgaver, bacheloroppgaver og resultater fra laboratorie-, skala- og fullskalaforsøk fra Asia. Noen av disse er inkludert i referanselisten. I nyere forskningen i land med seismisk aktivitet er det et stort fokus på EPS som et byggemateriale spesielt i skråningssammenheng der det kan redusere risiko i forbindelse med jordskjelvaktivitet. I Amerika har metoden blitt tatt i bruk i USA, Canada, Argentina og Colombia. Byggeprosjekter som benytter EPS-blokker er rapportert fra Victoria, New South Wales og Queensland i Australia. Hovedsakelig har vegmyndigheter og byggemiljøet, representert ved konsulenter og entreprenører vært pådriverne for å implementere denne metoden.

En annen bruk som også har fått stor anvendelse er å redusere vertikallasten der det er stor fyllingshøyde over rør ved å legge et kompressibelt lag (EPS) over røret og dermed oppnå en hvelvvirkning. Dr. Ing. Jan Vaslestad. SOIL STRUCTURE INTERACTION OF BURIED CULVERTS.: pdf <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2577169>

13 Konklusjon

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 svært gode løsninger både teknisk og økonomisk. For hvert enkelt prosjekt vil dette imidlertid avhenge av lokale grunnforhold, økonomiske rammer og byggetid. Etter hvert som flere land tar metoden i bruk, er det ventet at bruken av EPS-blokker i kjente løsninger vil øke ytterligere på verdensbasis. Nye og innovative anvendelser som stadig tas i bruk vil også bidra til ytterligere økning. Spesielt forventes det at løsninger med kort byggetid, samt vertikale eller bratte avslutninger med minimalt arealinngrep, vil bli mer vanlig framover.

Prosjekter, materialegenskaper og oppfølging av materialparametere for en rekke EPS fyllinger er dokumentert i del 2 og 3 av denne rapporten.



Figur 32 Fyllinger for interimsbru over E 6 ved Gimsøyvegen (Foto; Tor Helge Johansen Statens vegvesen)

14 Linker til aktuelle nettsteder

Vegvesen.no

[Ekspandert polystyrenskum \(EPS\) | Statens vegvesen](#)

Her finner du alle innleggene fra de de internasjonale konferansene i Oslo (1985), Tokyo (1996), Salt Lake City (2001) og Lillestrøm (2011). I tillegg er denne rapporten samt enkelte utvalgte presentasjoner tilgjengelig fra den samme siden.

Jan Vaslestad (tidligere Statens vegvesen) har en nettside med svært mange linker til EPS relaterte prosjekter av alle slag og er kanskje den mest komplette samlingen av linker. Hovedfokusen er hentet fra Vaslestad sin Dr.Ing oppgave (Soil structure interaction on buried culverts) og omhandler bruk av EPS for å redusere belastningen på nedgravde, stive kulverter. [Jan Vaslestad – Google Scholar](#)

EPS Geofoam Consortium

University of Utah	University of Memphis	Norwegian Public Roads Administration
Steven Bartlett, Ph.D., P.E.	David Arellano, Ph.D., P.E.	Jan Vaslestad, Ph.D.
Dept. of Civil and Environmental Engineering	Department of Civil and Environmental Engineering	Roads and Geotechnics Section
bartlett@civil.utah.edu	darellan@memphis.edu	jan.vaslestad@vegvesen.no

Figur 33. Nettside for EPS Geofoam Consortium

Det er etablert en nettside <https://my.civil.utah.edu/~bartlett/Geofoam/> for EPS Geofoam Consortium hvor 3 samarbeidspartnere inklusiv Statens vegvesen har samlet svært mye aktuell litteratur og presentasjoner om forskning, materialkunnskap og anvendelse av EPS. Her finnes relevante artikler, rapporter og anvendelse med fokus på amerikansk deltagelse i perioden etter århundreskiftet som har blitt samlet av Dr Steven Bartlett, Jan Vaslestad (NPRA) og Dr David Arrelano:

General

[Expanded Polystyrene \(EPS\) Geofoam Applications and Technical Data \(EPS Industry Alliance, Stark, Bartlett, Arellano\) \(2012\)](#)

Light-weight Embankment

[Application of Lightweight Fills in Civil and Transportation Engineering \(ASCE 2022\)](#)

[Applications of EPS for Transportation Infrastructure – Overview of functions, applications, design consideration and guidelines \(Presentation – TRB, 2017\)](#)

[EPS–Coastal Applications \(Presentation to Neom Project, Neom Saudi Arabia – 2023\)](#)

[Evaluation of Rapid Construction and Settlement of Embankment Systems on Soft Foundation Soils \(UDOT Technical Report\) \(2007\)](#)

[Design and Evaluation of Expanded Polystyrene Geofoam Embankments for the I-15](#)

[Reconstruction Project, Salt Lake City, Utah \(UDOT Technical Report\) \(2012\)](#)

[Lightweight Solution \(English and Mandrin\) \(2010\)](#)

[Construction and Long-Term Performance of Transportation Infrastructure Constructed Using EPS Geofoam on Soft Soil Sites in Salt Lake Valley, Utah \(Paper, EPS 2011, Norway\)](#)

[Construction and Long-Term Performance of Transportation Infrastructure Constructed Using EPS Geofoam on Soft Soil Sites in Salt Lake Valley, Utah \(UDOT Presentation\)](#)

[Construction and Long-Term Performance of Innovative Geotechnologies \(UDOT Presentation\)](#)

[The First Geoblock Road Embankment – 1972 \(Paper, EPS 2011, Norway\)](#)

[40 Years of Experience with the Use of EPS Geofoam Blocks in Road Construction \(Paper, EPS 2011, Norway\)](#)

[Construction and Long-Term Performance of Interstate Constructed on EPS Geofoam – \(Presentation – 2021 Philippines\)](#)

[I-15 Reconstruction – Overview – ASCE \(Presentation, ASCE Conference, Seattle, 2004\)](#)

[Design of Geofoam Embankment for the I-15 Reconstruction \(UDOT Presentation\)](#)

[Use of Geofoam as Super-Lightweight Fill for I-15 Reconstruction \(TRB-2001, Washington\)](#)

[Long-Term Instrumentation Program to Monitor Various Geo-Technologies Used on the I-15 Reconstruction Project, Salt Lake City, Utah \(paper, TRB-2005, Washington D.C.\)](#)

[Instrumentation and Long-Term Monitoring of Geofoam Embankments, I-15 Reconstruction Project, Salt Lake City, Utah \(paper, EPS 2001, Salt Lake City\)](#)

[Performance of Geofoam Embankment at 100 South, I-15 Reconstruction Project, Salt Lake City, Utah \(paper, EPS 2001, Salt Lake City\)](#)

[Case Histories with EPS Geofoam Fills from Eastern Norway \(Presentation, EPS 2011, Norway\)](#)

[Use of EPS in the Bjorvika Project in Oslo, Norway \(Paper, EPS 2011, Norway\)](#)

[Recent Impressions from EPS Projects in Japan \(Presentation, EPS 2011, Norway\)](#)

Bridge and Rail Support

[Evaluation and Performance of Lightweight Materials Supporting of Rail Systems – \(Presentation, ASCE 2022, Kansas City, Mo\)](#)

[UTA Trax Project \(Civil Engineering News\) \(2010\)](#)

[Bridge Foundations Supported by EPS Geofoam Embankments on Soft Soils](#)

[EPS Bridge Support \(Presentation, Lightweight Fill Conference, 2021\)](#)
[Evaluation and Numerical Modeling of Deflections and Vertical Displacement of Rail Systems Supported by EPS Geofoam Embankments \(Thesis, U. of Utah, 2014\)](#)
[Expanded Polystyrene Geofoam Embankment for Support of Railways and Bridges \(Dissertation, U. of Utah, 2015\)](#)
[North Tucker Boulevard – St. Louis Missouri – \(ASCE Civil Engineering, 2013\)](#)

Pipelines and Culverts

[Development of an Expanded Polystyrene Geofoam Cover System for Pipelines at Fault Crossings \(Dissertation, University of Utah\) \(2011\)](#)
[Protection of Pipelines and Buried Structures Using EPS Geofoam \(ASCE GeoShanghai 2014\)](#)
[Protection of Lifelines and Buried Structures Using EPS Geofoam \(GeoShanghai, 2014\)](#)
[Protection of Steel Pipelines from Permanent Ground Deformation Using EPS Geofoam \(Increasing the Seismic Resilience of Natural Gas Systems, ASCE TCLEE\) \(2011\)](#)
[EPS Geofoam Protects Pipelines from Earthquakes \(Article, North American Oil and Gas Pipelines\) \(2012\)](#)
[Load Reduction and Arching on Buried Rigid Culverts Using EPS Geofoam. Design Method and Instrumented Field Tests \(paper, EPS 2011, Norway\)](#)
[Protecting Pipelines from the Catastrophic Effects of Earthquakes \(Article, CE News, 2013\)](#)
[Protecting Your Pipes \(Article, Municipal Sewer and Water, 2014\)](#)
[Protection Pipelines from Permanent Ground Deformation Using EPS Geofoam \(Presentation, Basin and Range Summit, 2015\)](#)

Slope Stabilization

[Guidelines for Geofoam Applications in Slope Stability Projects – Bulletin, NCHRP Research Results 380 \(2013\)](#)
[Guidelines for Geofoam Applications in Slope Stability Projects – Final Report, NCHRP Project No. 24-11\(02\) \(NCHRP – TRB\) \(2011\)](#)
[Overview of NCHRP Design Guidelines for EPS-Block Geofoam in Slope Stabilization and Repair \(Paper, EPS 2011, Norway\)](#)
[Guidelines for Geofoam Applications in Slope Stability Projects TRB Presentation, 2017\)](#)
[CO US 36 Wall Foundation Failure and Use of Geofoam to Reopen the Roadway in 6 weeks \(presentation, SW Geotechnical Engineering Conf., 2021\)](#)

Landscaping, Roofing, Architecture and Environment

[Landscaping and Architectural \(Presentation, 2015\)](#)
[Environmental Risk Assessments of Flame-Retardant Found in EPS Bridge Embankments \(Paper, EPS 2011, Norway\)](#)
[Fabricated Geomembranes for EPS Geofoam Applications \(Presentation\)](#)

Numerical, Analytical and Seismic Evaluations

[Dynamic Characteristics and Seismic Stability of Expanded Polystyrene Geofoam Embankments \(Dissertation, University of Utah – 2014\)](#)

[Use of EPS Geofoam in Seismic and Slope Applications \(Presentation\)](#)

[EPS Geofoam Seismic Applications \(Presentation\)](#)

[Design Considerations and Applications of Lightweight Materials for Earthquake-Resistant Infrastructure \(Presentation, Lightweight Fill Conference, 2021\)](#)

[FEM Simulation of Full Scale and Laboratory Model Tests of EPS \(Paper, EPS 2011, Norway\)](#)

[Numerical Modeling of Geofoam Embankments \(Thesis, University of Utah, 2006\)](#)

[Behavior of EPS Geofoam in Stress Controlled Cyclic Uniaxial Tests \(Paper, Geotextiles and Geomembranes, 2010\)](#)

[Seismic Performance of Double EPS Geofoam Buffer Systems \(Paper, ASCE GeoFrontier, 2010 \)](#)

[Evaluating the Seismic Stability and Performance of Freestanding Geofoam Embankment \(Paper, 6th National Seismic Conference on Bridges and Highways\)](#)

[Issues Associated with Design of Allowable Stress for Free-Standing EPS Embankment \(UDOT Presentation\)](#)

Laboratory Testing

[Dynamic Viscoelastic Properties of EPS Geofoam from Cyclic Uniaxial Tests with Initial Deviator Stress \(paper, EPS 2011, Norway\)](#)

[The Bond Strength and Impact Resistance of Gigacrete Facing on Expanded Polystyrene \(EPS\) for Highway Embankments \(Technical Report U of Utah\)](#)

Design Guidance and Specifications

[EPS White Book – EUMEPS Background Information on Standardisation of EPS \(EUMPES, 2014\)](#)

[EPS White Book – EUMEPS Background Information on Standardisation of EPS \(EUMPES, 2011\)](#)

[EU Product Standard for EPS and Performance Requirements \(EPS 2011\)](#)

[European Standard 14933 \(EN 2007\)](#)

[NCHRP 529 – Guideline and Recommended Standard for Geofoam Applications in Highway Embankments \(TRB\)](#)

[NCHRP 65 – Geofoam Applications in the Design and Construction of Highway Embankments Lightweight Filling Material for Road Construction – Publication No. 100 \(NPRA 2002\)](#)

[Overview of the NCHRP Project Provisional Specification \(EPS 2001\)](#)

[Use of Expanded Polystyrene in Road Embankments – Design Construction and Quality Control \(NPRA 1992\)](#)

Miscellaneous

[EPS Geofoam Blocks, Material Properties and Production Processes \(paper, EPS 2011, Norway\)](#)

[EPS Technology Implementation \(Presentation, Ankara Turkey, 2014\)](#)

[Geofoam as a Subbase Material \(Presentation, Philippines, 2010\)](#)

Construction Slide Shows

[I-15 Reconsruction, Salt Lake City, Ut](#)

[3300 South Pipeline Protection, Salt Lake City, Ut](#)
[Geofoam Instrumentation](#)
[Geofoam Pipe Uplift Tests](#)
[Geofoam Pipe Trench Box Tests](#)
[UTA Front Runner, Draper, Ut](#)
[UTA Trax, Salt Lake City, Ut](#)
[SR 519 Seattle Washington](#)
[Santa Rosa Roadway, Luzon Philippines](#)
[2nd Mesa Arizona](#)
[Ruidoso New Mexico](#)

The EPS industry Alliance

EPS industrien i USA har etablert et nettsted med god og relevant informasjon om bruk av EPS. Under navnet "Soft Ground Associates – *Solutions for green and rapid infrastructure*" finnes informasjon på nettstedet [Soft Ground Associates](#) og på [Geofoam](#).
Nyttig link: Expanded Polystyrene (EPS) Geofoam Applications & Technical Data fra The EPS Industry Alliance [EPS Geofoam Applications & Technical Data.pdf \(utah.edu\)](#)

Geofoam Research Center

[Geofoam Research Center \(syr.edu\)](#). Geofoam Research Center (GRC) ved Syracuse University er den første nettsiden som ble etablert. Senteret ble etablert i 1997 med støtte fra industrien. Professor Dawitt Negussy har vært sentral i denne perioden.

Nettsiden inneholder forskning på EPS egenskaper, utvikling av innovative bruksområder, formidling av teknisk informasjon og teknologioverføring gjennom utdanning. Senteret har bistått produsenter, ingeniører og entreprenører med prosjekter. GRC har holdt tekniske seminarer for ansatte i transportdepartementer, rådgivende ingeniører og universitetsmiljøer. Utvikling av standarder og verifisering av materialeegenskaper har vært fokus i den forskningen som har blitt utført. Som vanlig i USA omtales ekspandert polystyren (EPS) som Geofoam på denne nettsiden.

Geofoam.com

<https://www.geofoam.com/> som er leverandørene i USA sin felles nettside gir inspirasjon gjennom et bredt utvalg av eksempler.

Professor John Horwath

Professor John Horwath presenterer mye nyttig informasjon om EPS på [Bing Videoer](#) på You Tube som betalingsvideoer.

15 Dokumentasjon og utvikling i Norge

Det har blitt utført og levert totalt 9 master/hovedoppgaver/bacheloroppgaver som har omhandlet materialet EPS som lett fyllmasse

15.1 Færgestad A. Lette fyllinger av skumplast. NTH 1974, diplomoppgave

Oppgaven presenterer den første fyllingen med EPS som ble bygget og vurderingene som ble gjort i den sammenheng. Link vil bli tilgjengelig i Brage

15.2 Aabøe R., NTH 1979. Bruk av lette masser i vegbygging, NTH, Trondheim

<https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3179434>

På lite bæredyktig grunn må vegfyllinger ofte bygges opp av lette fyllmasser for å sikre stabiliteten eller for å unngå store setninger. Tradisjonelle lette masser er gassbetongbrudd (Siporex, Ytong), lettklinker (Leca) og bark. De senere år har en på særlig dårlig grunn bygget superlette fyllinger av ekspandert polystyren.

Oppgaven beskriver erfaring med bruk av disse materialene over tid og inkluderer opptak og testing av materialene og en kostnadsmessig sammenligning.

15.3 Gry Brattensborg NTH 1984. Ekspandert polystyren i vegbygging.

Hovedoppgave fra Institutt for geoteknikk og fundamenteringslære

<https://hdl.handle.net/11250/3165786>

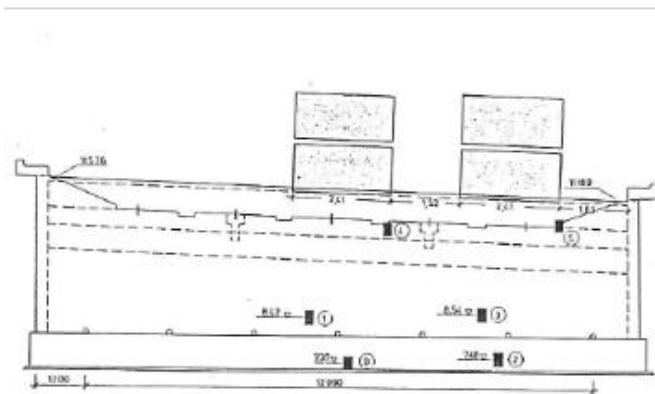
Hovedoppgaven beskriver opptak av prøver og undersøkelse av EPS blokker fra eksisterende fyllinger med hensyn på styrke og fuktopptak. Det er brukt forskjellige metoder for uttak av prøver. Det er ingen tegn til nedbryting av EPS blokkene hverken kjemisk eller mekanisk.

Det er gjort en vurdering av aldringsprosess som viser svært gode langtidsegenskaper for EPS uten tegn til reduserte materialeegenskaper.

I hovedoppgaven er det gjort en vurdering av overbygning (med eller uten betongplate) ved hjelp av nedbøyningsmålinger. Det konkluderes med at betongplaten på 10 cm tilsvarer en tilleggsoverbygning på 40 cm.

15.4 Atle Hjorteseth NTH 1987 Spenningsfordeling i EPS som konstruksjonsmateriale.

[Brage – Statens vegvesen: Spenningsfordeling i EPS som konstruksjonsmateriale](#)
[Diplomoppgave fra Institutt for geoteknikk og fundamenteringslære.](#)



Figur 34. Bilde fra belastningsforsøk på Bispeveien bru. Diplomoppgaven til Hjorteseth (NTH 1986)

Oppgaven ser på en teoretisk modell for spenningsfordeling i EPS fyllinger og sammenligner dette med skalaforsøk på NTH's (NTNU) jordtrykkskasse og lastspenning målt på Bispeveien bru med pålastning på 30 kN/m².

I tillegg er det utført posisjonsmålinger på Lambertseterveien bru for å identifisere om avstanden mellom EPS fylling og brufundament (2–3

cm) har holdt seg konstant i levetiden. Dette gapet ble lagt bevisst for å redusere jordtrykket mot fundament til null.

Det viste seg vanskelig å finne en god sammenheng mellom målte laster / spenningsfordeling og den teoretiske modellen. Målingene på Lambertseterveien bru viste at det ikke var noe jordtrykk fra EPS fylling mot fundament (fortsatt et gap mellom fylling og fundament).

15.5 Elisabeth Kotsbak. UMB. Industriell økonomi 2009 Kostnader ved bruk av fylling med lette masser og kalk- og sementpeler.

Ved bygging av veg på dårlig grunn er det behov for å forsterke grunnen. Grunnforsterkning kan utgjøre en stor del av kostnadene ved vegbygging. Det finnes flere ulike forsterkningsmetoder. Hvilke metoder som benyttes bestemmes ut fra grunnforholdene og de totale kostnadene. I denne oppgaven har jeg sett på hva det koster og grunnforsterke. Jeg har fått priser på kalk- og sementpeler og fylling med lette

masser. Innenfor lette fyllmasser har jeg kostnader på fylling med lettklinker, ekspandert polystyren (EPS) og skumglassgranulat

15.6 Lars–Marius B. Andersen mfl. 2011 Ekspandert polystyren i norsk vegbygging – en tilstandsundersøkelse av tidligere EPS fyllinger



Ekspandert polystyren i vegbygging
- En tilstandsundersøkelse av tidligere EPS-fyllinger



Bacheloroppgave
Høgskolen i Østfold - Avdeling for ingeniørfag
Vår 2012

*Figur 35. Bacheloroppgaven
til Lars Marius Andersen m.fl*

håndbøker og standarden NS-EN 14933-2007. Til slutt i oppgaven er det foretatt en tilstandsvurdering og sammenligning av dekketilstand før, på og etter en EPS-fylling ved bruk av programmene PMS2010 og ViaPhoto.

[Ekspandert polystyren i norsk vegbygging – en tilstandsundersøkelse av tidlige EPS fyllinger](#)

Lars–Marius B. Andersen, Jon Andreas Tjernsbekk,
Tiril A. Stang, Kari Lindqvist Høgskolen i Østfold

Sammendrag; Vegbygging på bløt grunn har alltid vært en spesiell utfordring i norsk vegbygging på grunn av setnings- eller stabilitetsproblemer. I mange tilfeller kan man bruke „lette“fyllinger som ekspandert polystyren (EPS) for å unngå belastninger på grunnen. Den første EPS-fyllingen ble lagt i 1972. Som del av oppgaven er det tatt ut prøver fra tidlige fyllinger hvor trykkfasthet og vanninnhold er testet. Oppgaven inneholder også en beskrivelse av den tidlige bruken av EPS i vegfyllinger, samt en sammenstilling av retningslinjer i norske

15.7 Tebarek Ahmed Awol 2012 A Parametric Study of Creep on EPS Geofoam Embankments for Norwegian

[NTNU Open: A Parametric Study of Creep on EPS Geofoam Embankments](#)

Denne studien er rettet mot en parametrisk undersøkelse av EPS som et lett fyllmateriale i vegbygging. Både kortsiktige og langsiktige deformasjonsegenskaper samt mekaniske parametere for EPS blir diskutert basert på resultater fra laboratorietester og litteraturgjennomganger.

15.8 Brekke, Lars Marius Målerud 2016 En studie av brufundamentering på EPS-fylling på bløt grunn.

[En studie av brufundamentering på EPS-fylling på bløt grunn NTNU 2016.](#)

Oppgaven tar for seg tilstandsvurdering av EPS-fyllinger. Det er vurdert utførelsen og tilstanden til bruene som er fundamentert kompensert på EPS og på lastspredning, under belastning av et brulandkar, i en lagdelt EPS fylling med ulik trykkstyrke. Oppgaven baserer seg på materiale hentet fra casestudier, bachelor- og masteroppgaver på området og fagekspert med kjennskap til bruene og området.

Oppgaven beskriver hvordan EPS til vegformål har blitt utviklet, perfektionert og standardisert i håndbøkene til Statens vegvesen og Vegdirektoratet og at ved å benytte EPS har dette vært både tids- og kostnadsbesparende.

Oppgaven har i tillegg vurdert et sett av gangbruene fundamentert på EPS med bakgrunn i geotekniske rapporter, konstruksjonstegninger, utførte innmålinger, visuelle betraktninger, muntlig kommunikasjon med fagkyndige på geoteknikk, byggeledelse og konstruksjon. Gjennomgang av bruene viser at tilstanden på disse konstruksjonene er generelt god.

15.9 Thorkildsen, Marius Tord 2012 Load distribution, from a bridge abutment, in a layered EPS embankment with different compressive strength

[NTNU Open: Load Distribution, from a Bridge Abutment, in a Layered EPS Embankment with different Compressive Strength: Lastspredning, under belastning av et brulandkar, i en lagdelt EPS fylling med ulik trykkstyrke](#)

Sammendrag; Lastfordelingen i EPS-voller er komplekse, og tre forskjellige teorier ble brukt for å estimere spenningene med dybde og resultatene ble sammenlignet med de målte spenningene i tre casestudier.

Kostnadsoptimaliseringen var best ved bruk av AASHTOs bæreevne spenningsfordeling og trykkstyrken ved 1 % deformasjon som designgrense

15.10 Simen Hermansen, 2012; Anvendelser av EPS i vegbygging – med fokus på brofundamentering og myrbro

[Anvendelser av EPS i vegbygging – med fokus på brofundamentering og myrbro NMBU](#)

Oppgaven gir en innføring i produksjonen av materialet, materialegenskaper, retningslinjer for bruk av materialet og bruksområder. Oppgavens første del viser også eksempler på nye bruksområder for EPS-blokkenes anvendelighet.



I den siste delen ses det nærmere på bru fundamentert direkte på EPS-fylling og EPS-myrbru. PMS2010 og NVDB123, samt fotoverktøyet ViaPhoto, har blitt benyttet for å kunne gi en analyse av vegstrekningens holdbarhet og utvikling over flere år. EPS-myrbrua har klart seg bra gjennom snart 30 år, både når det gjelder kvaliteten på EPS-blokkene og tilstanden ellers. Begge brutypene fungerer tilfredsstillende i sine funksjoner, i forhold til byggetid, økonomi og holdbarhet.

Hovedkonklusjonen fra denne oppgaven blir at EPS-løsninger har fungert godt de siste 40 årene, både med hensyn på økonomi, tidsbruk og holdbarhet.

*Figur 36. Masteroppgaven til
Simen Hermansen (2012)*

16 Norske og utenlandske doktorgrader (Phd'er) med EPS som tema (et utvalg)

Duškov, M., (1997), "EPS as a Light Weight Sub-Base Material in Pavement Structures", Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, Delft, the Netherlands.

Ramesh Neupane (2015). Expanded polystyrene geofoam embankment for support of railways and bridges | Institutional Repository.

Link til PhD; [Expanded polystyrene geofoam embankment for support of railways and bridges | Institutional Repository | J. Willard Marriott Digital Library \(utah.edu\)](#)

Ahmed Fouad Elragi. Selected Engineering Properties and Applications of EPS Geofoam, PhD.

Link til PhD; <https://epshellas.com/wp-content/uploads/2023/02/eps-geofoam-overview.pdf>

Jan Vaslestad. SOIL STRUCTURE INTERACTION OF BURIED CULVERTS.

Phd som ser på reduserte spenninger på kulverter og rør ved bruk av EPS blokker: pdf
<https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2577169>

Muhammad Imran Khan (2021) Department of Civil Engineering McGill University, Montréal, Canada May 2021. On the Use of Expanded Geofoam Inclusion to Reduce Earth Pressure on Retaining Structures under Static and Dynamic Loading.

PhD Thesis som ser på redusert horisontale spenninger : [6e5718a0-aa97-41f2-bf6e-62ca5f74fb8a.pdf](https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2577169)

Dr.sc. ing. I. DREIJERS.RESEARCH ON EXPANDED POLYSTYRENE PRODUCT MANUFACTURING PROCESS Summary of Doctoral Thesis Scientific 2011.

Phd som tar for seg fullskala testing av EPS blokker: [Research On Expanded Polystyrene Product Manufacturing Process | PDF | Doctor Of Philosophy | Polystyrene](https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2577169)

NICHOLAS THOMAS ROCCO. Characterization of expanded polystyrene (EPS) and cohesive soil mixtures. MISSOURI UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY 2012.

Phd som tar for seg EPS blandet med jord for å lage en lett masse:
<https://core.ac.uk/download/pdf/229270248.pdf>

17 Noen utvalgte norske innlegg i fagblader

Killingstad A., Veier og plast, Norsk plast nr. 10, 1972.

Alfheim S., Lette fyllinger av skumplast i vegbygging, Vegene og vi, feb. 1974.

Alfheim S., Skumplast i vegbygging, Ingeniørnytt, 19. sept. 1975.

Alfheim S., Skumplast i vegbygging – ikke bare til isolering, Frost i Jord nr. 15, 1975

Refsdal G. Polystyren hårdskum til vegbygging på myk jordbunn, Norsk Plast 3, 1977

Refsdal G., Polystyrenblokker til vegbygging, Norsk Plast nr. 9, 1977.

Aabøe R., Plastic Foam in Road Embankments, Våre vegar nr. 5, 1981.

Aabøe R., Frydenlund T.E, A challenging concept in road construction – Superlight fill materials, Ground Engineering, Volume 19, No 1, 1988.

Aabøe R., Frydenlund T.E. A challenging concept in road construction. Superlight fill materials. Nordic Road & Transport Research (1989)

Aabøe R., Skuggedal H. Bridge abutments founded on fills of expanded polystyrene. Superlight fill materials. Nordic Road & Transport Research (1991)

18 Publikasjoner fra Statens Vegvesen

Publikasjon nr. 60; Frydenlund T.E. Superlight fill materials, Veglaboratoriet, 1986.
<https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3165793>

Publikasjon nr. 61; Aabøe R., Frydenlund T.E., Myhre Ø., Refsdal G., Plastic Foam in Road Embankments, Veglaboratoriet, Oslo 1987. [plastic-foam-in-road-meddelelse-61-veglab.pdf \(vegvesen.no\)](#)

Publikasjon no. 100; Aabøe R., Frydenlund T.E., Lightweight filling material for road construction, Vegteknisk avdeling, Vegdirektoratet, Oslo 2002. [Brage – Statens vegvesen: Lightweight filling materials for road construction \(unit.no\)](#)

Publication no. 74, Load reduction on buried rigid pipes [161024 Jan Vaslestad, Publication no. 74.pdf \(unit.no\)](#)

19 Intern rapporter fra Statens Vegvesen

Intern rapport 496. Lette fyllinger av skumplast. Strømsvegen v/Flom
<https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3164095>

Intern rapport 801 Flynn R. Polystyrene foam fill. Deflection.Friction-Impact (1978)
<https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3164239>

Intern rapport 954. Aabøe R., Lette fyllinger i vegbygging. Strømsvegen ved vestre Flom bru, Veglaboratoriet, Oslo 1980. Papirarkiv – blir tilgjengelig i Brage

Intern rapport 956. Aabøe R., Rygg N., Veiledning ved bruk av lette fyllmasser i vegbygging, Veglaboratoriet, Oslo 1980. Papirarkiv – blir tilgjengelig i Brage

Intern rapport 1050. Ruistuen H., EPS in Lightweight Embankments in Norway. Veglaboratoriet, Oslo 1982. [Intern rapport nr. 1050, EPS in Lightweight Embankments in Norway..pdf](#)

Intern rapport 1080 Johnsen P.O. Langtidsbelastning på polystyren (1983) [Brage – Statens vegvesen: Langtidsbelastninger for polystyren \(unit.no\)](#)

Intern rapport 1160. Veg på ekspandert polystyren. Rv 610 Steien – Osen, Skilbrei N., Hillestad Å., 1984 <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3157042>

Intern rapport 1191. Aabøe R., Dahlberg R., Refsdal G., Ruistuen H., Rygg N., Sørli A., The use of plastic foam in road embankments, Veglaboratoriet, Oslo 1984.
<https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3164348>

Intern rapport 1225. Roald Aabøe Studietur til USA/Canada. Bruk av EPS. (1985) [Brage – Statens vegvesen: Bruk av ekspandert polystyren i vegfyllinger og volclay som et tilsetningsmiddel \(unit.no\)](#)

Intern rapport 1254. Roald Aabøe. Skumplastfyllinger – Foredrag på NIF kurs (1985) <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3157254>

Intern rapport 1302. Aabøe R., Myhre Ø., Superlette fyllinger av materialene honeycomb og ekspandert polystyren. Studietur Frankrike/Tyskland, Veglaboratoriet, Oslo 1987. [Intern rapport 1302. Superlette fyllinger av materialene honeycomb og ekspandert polystyren](#)

Intern rapport 1386. Rygg N., Vegbygging på bløt grunn, Veglaboratoriet, Oslo 1974. <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3164355>

Intern rapport nr. 1502. A lighter way across soft ground Frydenlund T.E. [Brage – Statens vegvesen: Intern rapport nr. 1502 \(unit.no\)](#)

Intern rapport 1511 Seminar on the use of EPS in road construction, Aabøe/ Frydenlund (1991) [Intern rapport 1511 Seminar on the use of EPS in road construction.](#)

Intern rapport nr. 1516, Load reduction on buried rigid pipes below high embankments. [Brage – Statens vegvesen: Intern rapport nr. 1516, Load reduction on buried rigid pipes below high embankments \(unit.no\)](#)

Intern rapport nr. 1554, Jordtrykk på betongrør [161024 Jan Vaslestad, Intern rapport nr. 1554, Jordtrykk på betongrør.pdf \(unit.no\)](#)

Intern rapport 1575. EPS – Utvikling og anvendelse i vegbygging. Aabøe R. Lab Tek 92. [Intern rapport nr. 1575\)](#)

Intern rapport 1610. Roald Aabøe. Direkte fundamentering på EPS (1993). [Intern rapport nr. 1610](#)

Intern rapport 1646. Aabøe R., Vurdering av neddykket EPS-konstruksjon 9 år etter ferdigstilling, Veglaboratoriet, , 1993, Oslo. [Intern rapport nr. 1646](#)

Intern rapport 1662. Expanded polystyrene – A lighter way across soft ground. XIII International conference on soil mechanics and foundation engineering, New Delhi

1994Frydenlund T.E., Aabøe R. [A lighter way across soft ground. XIII International conference on soil mechanics and foundation engineering](#)

Intern rapport 1645. Aabøe R., Deformasjonsegenskaper og spenningsforhold i fyllinger av EPS, Oslo 1993. <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3168159>

Intern rapport 1864. Aabøe R. Bru av EPS. Grunnforsterkning-Økonomi og metoder. Kursdagene på NTH, 1996. <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3164472>

Intern rapport 1885 Aabøe R., Frydenlund T.E., Expanded Polystyrene – The light Solution, Veglaboratoriet, Oslo 1996. <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3164362>

Intern rapport nr. 1927, E6 Tømtebekken Betongrør under høy fylling
Langtidsmålinger [Jan Vaslestad, Intern rapport nr. 1927, E6 Tømtebekken Betongrør under høy fylling Langtidsmålinger.pdf \(unit.no\)](#)

Intern rapport 1986. Kjellstadvegen:30-års erfaring med bruk av ulike isolasjonsmaterialer 1996

Intern rapport 2139, Vegteknisk avdeling, Oslo 2000. Aabøe R., Evidence of EPS long term performance and durability as a light weight fill, <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/3164466>

Intern rapport 2140; Fundamentering på ekspandert polystyren. 10 års erfaring. Fjellsprengningskonferansen 2000 [Fundamentering på ekspandert polystyren. 10 års erfaring](#)

Intern rapport 2209– Den lette løsningen. Aabøe R., Frydenlund T.E., EPS Vegteknisk avdeling, Vegdirektoratet, Oslo 2001. [Intern rapport 2209 – Den lette løsningen](#)

VD Rapport nr. 33., Ekspandert polystyren i vegbygging, – en tilstandsundersøkelse av tidligere EPS-fyllinger, Lindquist K., Tjernsbekk J.A., Stang T.A., Andersen L–M.B Vegdirektoratet, Oslo 2011. [VD Rapport nr. 33., Ekspandert polystyren i vegbygging, – en tilstandsundersøkelse av tidligere EPS-fyllinger](#)

Intern rapport 603. Ekspandert polystyren i vegbygging : vegbygging med superlette byggeklosser i en historisk sammenheng. Aabøe, Roald; Frydenlund, Tor Erik; Refsdal, Geir. [Intern rapport 603. Ekspandert polystyren i vegbygging : vegbygging med superlette byggeklosser i en historisk sammenheng](#)

Vegmuseets årbok 2022 Vegbygging med superlette byggeklosser Geir Refsdal, Roald Aabøe og Tor Erik Frydenlund [Vegbygging med superlette byggeklosser](#)

The first EPS Geoblock Road Embankment – 1972 Svein Alfheim, Kaare Flaate, Geir Refsdal, Nils Rygg, Kjell Aarhus, Norwegian Public Roads Administration. [The First Geoblock Road Embankment – 1972 \(Paper, EPS 2011, Norway\)](#)

[Studietur til Japan, 2010](#) v/ Slobodinski og Aunaas

20 Normaler og håndbøker fra Statens Vegvesen, BaneNor og NVE

- Vegnormalene N200 Vegbygging, Vegdirektoratet, 2024. N200 [Statens vegvesen. N200:2024](#)
- Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, Vegdirektoratet, 2016. [Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser](#)
- Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, [hb-v221](#)
- Modul K0.305: Masseutskiftning med lette masser i kvikkleireområde [Sikringshåndboka: Modul K0.305: Masseutskiftning med lette masser i kvikkleireområder](#)
- BaneNor; [TRV:01994 – Teknisk regelverk](#)

21 Konferanser

- Aabøe R. Frydenlund T.E., Myhre Ø., Refsdal G., Plastic Foam in Road Embankments, Veglaboratoriet, Oslo 1987. [Ekspandert polystyren \(EPS\) i vegbygging](#)
- Aabøe R. Frydenlund T.E. Expanded polystyrene – A superlight fill material. Theory and practice of earth reinforcement. Kyushu, Japan (1988)
- Proceedings of International Symposium on EPS. Construction Method, Tokyo 1996. [Ekspandert polystyren \(EPS\) i vegbygging](#)
- EPS Development Organization (EDO) [Ekspandert polystyren \(EPS\) i vegbygging](#)
- Proceedings of the 3rd International Conference on Geofoam, Salt Lake City, USA. December 2001. [Ekspandert polystyren \(EPS\) i vegbygging](#)

- Proceedings of the 4th International Conference on Geofoam blocks in Construction Applications – EPS 2011, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011. [Ekspandert polystyrenskum \(EPS\) | Statens vegvesen](#)
- Proceedings of the 5th International Conference on Geofoam Blocks in Construction. Applications, EPS 2018, Cyprus, 9–11 May 2018, Springer. [5th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications: Proceedings of EPS 2018 | SpringerLink](#)
- Transportation research board 2000. Long term performance and durability of EPS as a light weight fill. Tilgjengelig på SVV server v/Klima og geoseksjonen
- Transportation research board 2007; Direct bridge foundation on geofoam embankments (TRB 2007). Tilgjengelig på SVV server v/Klima og geoseksjonen
- Behavior of Expanded Polystyrene Blocks T. PREBER, S. BANG, Y. CHUNG, AND Y. CHO. [Transportation Research Record No. 1462, Compaction of Difficult Soils and Resilient Modulus Testing \(trb.org\)](#)
- FIRST TIME APPLICATION OF EXPANDED POLYSTYRENE IN HIGHWAY PROJECTS IN GREECE Georgios Papacharalampous, Civil Engineer MSc, Sotiropoulos & Associates SA, Greece, Elias Sotiropoulos, Civil Engineer MSCE, Sotiropoulos & Associates SA, Greece. [first-time-application-of-expanded-polysterene.pdf \(epshellas.com\)](#)
- Mitigation of seasonal temperature change–induced problems with integral bridge abutments using EPS foam and geogrid. [Mitigation of seasonal temperature change–induced problems with integral bridge abutments using EPS foam and geogrid – ScienceDirect](#)
- Behavior of EPS geofoam in stress–controlled cyclic uniaxial tests Aurelian C. Trandafir a,*, Steven F. Bartlett b , Bret N. Lingwall b [Behavior of EPS geofoam in stress–controlled cyclic uniaxial tests \(utah.edu\)](#)
- EDO 20 års jubileum. Tilgjengelig på SVV server v/Klima og geoseksjonen
- Refsdal G., Et alternativt material for oppbygning av lette fyllinger, Nordisk Vegteknisk Forbund 12. kongress, Esbo 1977.
- Refsdal G. Polystyrene foam for lightweight road embankments. XVI World road congress, Vienna, 1979
- Piarc Marokko 1991
- Skuggedal, H., Aabøe, R., Temporary overpass bridge founded on expanded polystyrene. Proceedings XECSMFE Volume 2, Florence, May 1991.
- Frydenlund T.E og Aabøe R. Expanded polystyrene – a lighter way across soft ground. XIII CIMSTF, New Dehli India (1994)
- Proceedings on recent advances in Soft soil Engineering. Expanded polystyrene – the light solution Aabøe R., Frydenlund T.E. Sarawak, Malaysia (1997)

- Proceedings of International Seminar on the application of EPS for embankment construction. (1995)
- PS – Scuim in de grond (1986)
- Proceedings of international seminar of the application of EPS for embankment construction. Korea Institute of construction technology, 1995
- EPS in Civil engineering applications. Master class Amsterdam, Nederland 2010
- Bridge foundations supported by EPS geofoam embankments on soft soil
Bridge Foundations Supported by EPS Geofoam Embankments on Soft Soil Jan Vaslestad, Steven Floyd Bartlett, R. Aabøe, H. Burkart, T. Ahmed and David Arellano Berlin [Bridge Foundations Supported by EPS Geofoam Embankments on Soft Soils](#)
- Informasjonsutveksling med EDO. Tilgjengelig på SVV server v/Klima og geoseksjonen

22 EPS artikler og presentasjoner fra Dr.ing Jan Vaslestad (tidligere Statens Vegvesen)

Artiklene og presentasjonene viser bruken av EPS som fundament for bru-konstruksjoner og som lastreduserende effekt både horisontalt mot fundamenter og vertikalt mot rør og kulverter.

Her mangler det dessverre linker til de fleste artikler og presentasjoner. En del av disse er tilgjengelig fra: jan.vaslestad@gmail.com

Maleska,T., Beben,D., Vaslestad,J and Sukuvara, D.N (2024) "Application of EPS Geofoam below Soil-Steel Composite Bridge Subjected to Seismic Excitations" Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 150 (11), 04024115
Maleska,T., Beben,D., Nowacka,J, Vaslestad,J. (2022) "Long-term behaviour of instrumented concrete culvert with high soil cover using EPS for load reduction" IABMAS,11th International Conference on Bridge Maintenance,Safety and Management
Maleska,T., Nowacka,J. Vaslestad,J. and Beben,D. (2019) "Application of EPS geofoam for soil-steel bridge to reduce the mining tremors", 5th International Scientific Conference of Civil Engineering, Infrastructure and Mining, Cracow University
Vaslestad,J (2018) "Geosynthetics in infrastructure projects with focus on reinforced bridge abutments and EPS geofoam", NorGeoSpec Technical Seminar
Janusz.L, Vaslestad,J, Miglio. A (2018) "Fifty Years of Culverts and Soil-Structure Interaction: European Experience" Transportation Research Circular, Issue Number: E-C230, Publisher: Transportation Research Board, ISSN: 0097-8515.

- Vaslestad,J (2018) «Using EPS geofoam to reduce loads on buried structures», Opole University of Technology, Poland.
- Vaslestad,J (2018), “Applications of EPS Geofoam. State of the Art.” Opole University of Technology, Poland.
- Vaslestad,J. (2018) “Applications of EPS Geofoam. State of the Art.” Spain.
- Vaslestad,J (2018) « EPS geofoam in bridge foundations on soft soil”, Wroclaw University of Science and Technology, Poland.
- Vaslestad,J (2018) “Load reduction and arching on buried rigid culverts using EPS Geofoam. Design method and instrumented field tests.” Spain.
- Vaslestad,J, (2017) «Norwegian experience on load reduction on concrete pipes using EPS geofoam material”. Seminar Structural design and installation of buried pipes, Norwegian University of Life Science.
- Vaslestad,J (2016) “*Bridge* foundations supported by EPS geofoam embankments on soft soil” , University of Utah, October 2016.
- Bartlett.S, Lingwall.B, Vaslestad. J (2015) “Methods of protecting buried pipelines and culverts in transportation infrastructure using EPS geofoam”.
- Geotextiles and Geomembranes, Volume 43, Issue5, pp 450–461.
- Vaslestad,J (2014) “Load reduction and arching on buried rigid culverts using EPS Geofoam. Design method and instrumented field tests.” University of Utah.
- Vaslestad,J. (2013) “Applications of EPS Geofoam. State of the Art. Foamglass used as lightweight fills.” Seminar TTK University of Applied Sciences, Tallinn.
- Vaslestad,J. (2012) “Applications of EPS Geofoam. State of the Art. Foamglass used as lightweight fills.” Seminar University of Bologna.
- Vaslestad,J. (2011) “Applications of EPS Geofoam. State of the Art. Quick clay disasters in Norway” Seminar Chile Geotechnical Society, Santiago.
- Vaslestad, J., Murad,S., Johansen T.H., Wiman, L. (2011) “Load reduction and arching on buried rigid culverts using EPS Geofoam. Design method and instrumented field tests.” 4th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications.
- Vaslestad,J. (2010) ”Comparing alternative materials for lightweight fills”. EUMEPS Masterclass: EPS in Civil Engineering Applications. Amsterdam.
- Vaslestad,J., Yesuf,G., Johansen T.H. (2010) “Long-term instrumented field test using geofoam to reduce earth loads on buried concrete pipe”. Proceedings 9th International Conference on Geosynthetics 9ICG Guaruja, Brazil.
- Vaslestad,J (2009) ” Long term performance and durability of geofoam as a lightweight filling material”. Seminar Asian Institute of Technology, Thailand.
- Vaslestad,J., Yesuf,G., Johansen T.H, Damtew,T, Wendt,M (2009) ” Instrumented field test and soil structure interaction of concrete pipe with high fill.” Proceedings 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Alexandria

- Vaslestad,J (2009) "Using lightweight and recycled materials for road applications– Norwegian experience". Scientific–technical international conference: Environmental protection and aesthetics and road infrastructure development, Poland.
- Vaslestad,J (2009) " Long–term in–situ measurements of concrete culverts with high fills and geofoam. FEM analyses and simplified design model". Seminar EDO. Technological exchange conference Japan/Norway. Oslo
- Vaslestad,J, Yesuf,G., Johansen,T.H (2009) "Long–term in situ measurements of concrete culverts with high fills". Eight International Conference on BCRA, USA
- Vaslestad,J, Kunecki,B., Johansen T.H. (2008) " Load reduction (arching) on buried rigid culverts using geofoam. Long–term behaviour." EuroGeo 4, Edinburgh, Scotland.
- Vaslestad,J, Johansen T.H (2008) " Arching on rigid structures below high fills. Long–term behaviour of 3 instrumented full–scale tests". Proceedings NGM nr 15, Norway.
- Vaslestad,J (2007) "Load reduction of buried culverts using EPS. Long–term behaviour". Seminar EDO, Technological exchange conference Japan/Norway. Oslo.
- Vaslestad,J (2007) "Load reduction of buried culverts using geofoam", Session 669: Nonearthen materials in cold climates, 86th Annual Meeting, TRB, Washington D.C.
- Vaslestad,J (2006) "Load reduction of buried culverts using EPS. Long–term behaviour". Seminar EDO, 20 years anniversary, Tokyo, Japan.
- Vaslestad, J., (1999) "Load reduction on rigid culverts beneath high fills" Syracuse Un.
- Vaslestad, J., Johansen, T.H. (1996)" Soil pressure on concrete elements tunnels." (In Norwegian), Proceedings of the Nordic Geotechnical Meeting, Reykjavik, Iceland
- Vaslestad, J. (1993) "Rigid and flexible culverts. Case histories from Norway". Seminar University of Wisconsin/Wisconsin Department of Transport. Madison 14. July 1993.
- Vaslestad, J., Johansen, T.H. and Holm W. (1993). "Load reduction on rigid culverts beneath high fills– long term behaviour". TRB No. 1415, TRB Washington DC.
- Vaslestad, J. (1992) "Load reduction on rigid culverts." University of British Colombia,
- Vaslestad, J. (1992). "Earth pressure on concrete pipes" (In Norwegian). Proceedings of the Nordic Geotechnical Meeting, Aalborg, Denmark, pp. 431–436.
- Vaslestad, J. (1991) "Load reduction on buried rigid pipes", Nordic Road and Transport Research, No 3.
- Vaslestad, J. (1991). "Load reduction on buried rigid pipes," Proceedings of the 10th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Florence, Italy,
- Vaslestad, J. (1991) "Load reduction on buried rigid pipes below high embankments" ASCE Specialty Conference, Pipeline Division, Denver, Colorado, pp. 47–58.
- Vaslestad, J. (1989) "Load reduction on concrete pipes", (In Norwegian). Fagmøte avløpsseksjonen NBIF, Haugesund.

23 Utvalgte artikler, bøker og presentasjoner om EPS

Frydenlund T.E. et al, Lightweight Filling Materials – Meteriaux Légers Pour Remblais, PIARC, Paris 1997. Ikke digitalisert. Tilgjengelig via Statens vegvesen.

Ground improvement technical summaries Volume 1. Federal Highway Administration (2001). [Chapter 7 \(continued\) – NHI-05-037 – Geotech – Bridges & Structures – Federal Highway Administration \(dot.gov\).](#)

Boka gir en oversikt over lette fyllmaterialene som har blitt brukt til geotekniske formål i vegbygging. Typiske geotekniske ingeniørparametere som er viktige for utforming, er oppgitt. I tillegg presenteres utformings- og konstruksjonsmessige hensyn som er unike for hvert av disse lette fyllmaterialene beregnet for planlegging.

Den tekniske oppsummeringen gir retningslinjer for utarbeidelse av spesifikasjoner og prosedyrer for byggekontroll. Fire casestudier blir også presentert for å demonstrere effektiviteten av lette fyllmaterialer i spesifikke situasjoner. Omtrentlig kostnad for de ulike lette fyllmaterialene presenteres også.

Professor John S. Horvath; Geofoam geosynthetic. A monograph (1995) [Geofoam Geosynthetic: A Monograph – John S. Horvath – Google Bøker](#)

John S. Horvath Consulting Engineer; Lateral Pressure Reduction on Earth-Retaining Structures Using Geofoam, 2018. [\(PDF\) Lateral Pressure Reduction on Earth-Retaining Structures Using Geofoam \(researchgate.net\)](#)

Boken diskuterer bruken av EPS/geofoam for å redusere sideveis jordtrykk og overlasttrykk på alle typer jordstøttestrukturer under både gravitasjons- og seismisk belastning. Den reflekterer Dr. Horvaths 30 år med forskning på dette emnet.

Både bruk av EPS som lett fyllmateriale og et kapittel om bruk av geofoam for å redusere vertikalt jordtrykk på rør og kulverter behandles. Boken er tilgjengelig med betalingsløsning.

Professor John S. Horvath; Geofoam and Geocomb: Lessons from the Second Millennium A.D. as Insight for the Future [\(13\) \(PDF\) Geofoam and Geocomb: Lessons from the Second Millennium A.D. as Insight for the Future \(researchgate.net\)](#)

The experimental investigation of behavior of expanded polystyrene (EPS) To cite this article: Omid Khalaj et al 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 723 012014 [Open Access proceedings Journal of Physics: Conference series \(iop.org\)](#)

Siderius R.M. Report from TU Delft. Feasability of EPS as a lightweight subbase material in rail structures. (1998)

Sanders R.L., Seedhouse R.L. The use of polystyrene for embankment construction. Transportation research laboratory (1995)

BASF. Merkblatt fur die verwendung vom EPS hartscuimstoffen beim bau und strassendammen (1995)

Felice Giuliani, Federico Autelitano, Erika Garilli, Antonio Montepara. Expanded polystyrene (EPS) in road construction: Twenty years of Italian experiences [main.pdf \(sciencedirectassets.com\)](#)

LIGHTWEIGHT MATERIALS IN ROAD CONSTRUCTION – THE SITUATION IN ITALY G. DONDI, A. SIMONE & K. BIASUZZI Dipartimento DISTART, Sezione Strade, Università di BOLOGNA, Italia. Comparative Study on Settlement of EPS Road Embankments by Numerical Method. Proceedings of the 5th International Conference on Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development. [LIGHTWEIGHT MATERIALS IN ROAD CONSTRUCTION – THE SITUATION IN ITALY \(piarc.org\)](#)

D.J. Thompsett, A. Walker, R.J. Radley, B.M. Grieveson. Design and construction of expanded polystyrene embankments. Practical design methods as used in the United Kingdom GEOTEC2023; 14–15 Dec; Hanoi, Vietnam. [Design and construction of expanded polystyrene embankments: Practical design methods as used in the United Kingdom – ScienceDirect](#)

Kamlesh Vasant Madurwar, Avinash N. Shrikhande, Ramtek, Nagpur. An Overview of Expanded Polystyrene as a Contemporary Construction Material [B1932.pdf](#)

GIULIANI, F Montepara, A design of road embankments lightened by expanded polystyrene laying on low bearing capacity grounds. REAAA CONFERENCE, 10TH, 2000, TOKYO, JAPAN, [DESIGN OF ROAD EMBANKMENTS LIGHTENED BY EXPANDED POLYSTYRENE \(EPS\) LAYING ON LOW-BEARING CAPACITY GROUNDS](#)

Muhammad Imran Khan, Mohamed A. Meguid; A Numerical Study on the Role of EPS Geofoam in Reducing Earth Pressure on Retaining Structures Under Dynamic Loading
[A Numerical Study on the Role of EPS Geofoam in Reducing Earth Pressure on Retaining Structures Under Dynamic Loading | springerprofessional.de](#)

Blokker av EPS har blitt brukt for å redusere horisontaltrykk mot vegger under statiske laster. EPS mellom stiv vegg og fylling tillater kontrollert deformasjon å utvikles, noe som fører til mobilisering av jordens skjærstyrke. Utsatt for dynamisk belastning, kan størrelsen på jordtrykket som virker på en stiv vegg bli betydelig større. I denne studien ble det utviklet en finit elementmodell for å undersøke effektiviteten av å installere EPS bak en stiv støttemur for å redusere det seismiske sidetrykket som forårsakes av fyllmaterialet. Resultatene viste at EPS bak en stiv, ikke-bevegelig støttemur kan gi en reduksjon i seismisk trykk på 10–40 %, avhengig av EPS densitet, tykkelse og friksjonsegenskaper til massene bak.

Dr Rashid Mustafa . 2023. Numerical modeling of gravity retaining wall using EPS geofoam under seismic condition. [Numerical modeling of gravity retaining wall using EPS geofoam under seismic condition | Request PDF \(researchgate.net\)](#)

Det er avgjørende å ta hensyn til seismiske forhold ved utforming av støttemurer i deler av verden. Modelltester og numeriske analysene fokuserer på støttemurens oppførsel under seismiske forhold. Numerisk modellering av en 4,0 m høy gravitasjonsstøttemur ble utført ved bruk av PLAXIS under seismiske forhold. Effekten av overlaster (30 kPa) og tre forskjellige tykkelser av EPS ($t/H = 10, 20$ og 30%) på sidetrykk fra jord ble undersøkt ved bruk av data fra Northridge-jordskjelvet og en harmonisk sinusformet eksitasjon.

Reduksjon i sidetrykk og permanent forskyvning av muren ble observert ved bruk av EPS med ulik tykkelse. Jo større tykkelse på EPS, desto større var reduksjonen i sidetrykk og permanent forskyvning av muren.

M Anggraini¹, P.Dhamrodji and H Maizir. Indonesia. Geofoam Block in Soft Soil Embankment Applications: A Review. 5th International Conference on Coastal and Delta Areas. https://www.researchgate.net/publication/379859359_Geofoam_Block_in_Soft_Soil_Embankment_Applications_A_Review.

Utfordringene ved å bygge vei over områder med lav bæreevne og store setninger, krever innovative og miljøvennlige metoder. EPS er et lett fyllmateriale og ble allerede brukt i Norge i veibyggingsprosjekter i 1972. EPS reduserer jordtrykk med 40 %,

krever mindre utgraving og mindre bruk av arealer, noe som gjør dette til en tidsbesparende og økonomisk samt miljømessig levedyktig løsning. Artikkelen diskuterer de nyeste utviklingene på de ulike bruksområdene av EPS blokker som fylling på dårlige grunnforhold.



*Figur 37. Nyttige presentasjoner fra TRB
(Transportation Research Board, USA)*

TRB Webinar: Guidelines for Geofoam Applications in Slope Stability Projects fra juli 2017 beskriver måter å bruke EPS for å løse problemer med skråningsstabilitet. Det ble gitt beskrivelser av designmetodikken for EPS og en oversikt over byggepraksis. Det gis en beskrivelse av standardene for bruk av EPS i skråningsstabilitets applikasjoner. Webinaret ble

organisert av TRBs komiteer for transportjordarbeid; jord- og bergmaterialer; og geosynteter og er tilgjengelig her: [Guidelines for Geofoam Applications in Slope Stability Projects TRB Presentation, 2017](#))



*Figur 38. Rundt 28.000 EPS-blokker under den nye påkjøringsrampen ved
Løxa i Bærum. Bilde: Mari Gisvold Garathun Teknisk ukeblad 2016*

24 Referanser

Referansene under er en blanding av informasjon om litteratur om EPS og referanse til innhold i rapporten og er gjengitt fra keynote paper på [5th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications: Proceedings of EPS 2018 | SpringerLink](#) : Geofoam blocks in Civil Engineering applications V/ Roald Aabøe, Steven Floyd Bartlett, Milan Duškov, Tor Erik Frydenlund, Jnanendra Nath Mandal, Dawit Negussey, Abdullah Tolga Özer, Hideki Tsukamoto, Jan Vaslestad

1. Frydenlund T.E., Superlight fill materials, Meddelelse nr. 60, Veglaboratoriet, Oslo 1986.
2. Aabøe R., Frydenlund T.E., Long term performance and durability of EPS as a light weight filling material, Publication no. 100, Vegteknisk avdeling, Vegdirektoratet, Oslo 2002.
3. Killingstad A., Veier og plast, Norsk plast nr. 10, 1972.
4. Alfheim S., Lette fyllinger av skumplast, Intern rapport nr. 497, Veglaboratoriet, Oslo
5. Færgestad A., Lette fyllinger av skumplast, diplomoppgave, NTH, 1974.
6. Alfheim S., Lette fyllinger av skumplast i vegbygging, Veggen og vi, feb. 1974.
7. Rygg N., Vegbygging på bløt grunn, Intern rapport nr. 533, 800 og 1386, Veglaboratoriet, Oslo 1974.
8. Alfheim S., Skumplast i vegbygging, Ingeniørnytt, 19. sept. 1975.
9. Alfheim S., Skumplast i vegbygging – ikke bare til isolering, Frost i Jord nr. 15, Oslo 1975
10. Refsdal G., Et alternativt material for oppbygning av lette fyllinger, Nordisk Vegteknisk Forbund 12. kongress, Esbo 1977.
11. Refsdal G., Polystyren-hårdskum til vegbygging på myk jordbunn, Norsk Plast nr. 3, 1977.
12. Refsdal G., Polystyrenblokker til vegbygging, Norsk Plast nr. 9, 1977.
13. Aabøe R., Bruk av lette masser i vegbygging, Hovedoppgave ved Institutt for vegbygging, NTH, Trondheim 1979.
14. Aabøe R., Lette fyllinger i vegbygging. Strømsvegen ved vestre Flom bru 63 s., Intern rapport nr. 954, Veglaboratoriet, Oslo 1980.
15. Aabøe R., Rygg N., Veiledning ved bruk av lette fyllmasser i vegbygging, Intern rapport nr. 956, Veglaboratoriet, Oslo 1980.
16. Aabøe R., Plastic Foam in Road Embankments, Våre veger nr. 5, 1981.

17. Ruistuen H., EPS in Lightweight Embankments in Norway, Int rapport nr. 1050, Veglaboratoriet, Oslo 1982.
18. Aabøe R., Dahlberg R., Refsdal G., Ruistuen H., Rygg N., Sørli A., The use of plastic foam in road embankments, Intern rapport nr. 1191, Veglaboratoriet, Oslo 1984.
19. Brattensborg G., Ekspandert polystyren i vegbygging, Hovedoppgave Institutt for geoteknikk og fundamenteringslære, NTH, Trondheim 1984.
20. Aabøe R., Myhre Ø., Superlette fyllinger av plastmaterialene Honeycombe og Ekspandert polystyren. Studietur Frankrike/Tyskland, Intern rapport nr. 1302, Veglaboratoriet, Oslo 1987.
21. Aabøe R., Frydenlund T.E., A challenging concept in road construction – Superlight fill materials, Ground Engineering, Volume 19, No 1, 1988.
22. Skuggedal, H., Aabøe, R., Temporary overpass bridge founded on expanded polystyrene. Proceedings XECSMFE Volume 2, Florence, May 1991.
23. Frydenlund T.E., Seminar on the use of EPS in road construction, Intern rapport nr. 1511, Veglaboratoriet, Oslo 1991.
24. Aabøe R., Vurdering av neddykket EPS-konstruksjon 9 år etter ferdigstillelse, Veglaboratoriet, Intern rapport nr. 1646, 1993, Oslo
25. Aabøe R., Deformasjonsegenskaper og spenningsforhold i fyllinger av EPS, Intern rapport nr. 1645, Oslo 1993. Brage
26. Aabøe R., Frydenlund T.E., Expanded Polystyrene – The light Solution, Intern rapport nr. 1885, Veglaboratoriet, Oslo 1996.
27. Aabøe R., Bruk av EPS – Grunnforstreking – Økonomi og metoder, Intern rapport nr. 1864, Veglaboratoriet, Oslo 1996.
28. Frydenlund T.E. et al, Lightweight Filling Materials – Meteriaux Légers Pour Remblais, PIARC, Paris 1997.
29. Alfheim S, Flaate K, Refsdal, G et al (2011) The first EPS geoblock road embankment – 1972. Paper presented at the 4th international conference on geofoam blocks in construction applications – EPS 2011, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011.
30. Norwegian Road Research Laboratory (NRRL) (1987) Plastic Foam in Road Embankments, Meddelelse nr. 61, Oslo 1987
31. EPS Development Organization (EDO) (1996) Proceedings of International Symposium on EPS Construction Method, Tokyo 1996
32. Proceedings of the 3rd International Conference on Geofoam (2001), Salt Lake City, USA, December 10–12, 2001
33. Proceedings of the 4th International Conference on Geofoam blocks in Construction Applications – EPS 2011, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011

- 34.Özer AT, Danyıldız E, Akinay E, et al (2017) Using geofoam blocks to construct roadway embankments over buried utility corridors: a case study. Paper presented at 7th national geosynthetics conference G7 2017, İstanbul, Turkey, 11–12 May 2017, In Turkish
- 35.Özer AT, Akinay E (2017) Short term performance evaluation of geofoam block embankment using field instrumentations. 7th geotechnics symposium, İstanbul, Turkey, 22–24 November
- 36.Beinbrech G. Hillmann R. (1997) EPS in road construction—Current situation in Germany. *Geotext Geomembranes* 15(1–3): 39–57.
- 37.Norwegian Road Research Laboratory (NRRL) (1992) Use of expanded polystyrene in road embankments—Design, construction and quality assurance. Public Roads Administration, Oslo, Norway.
- 38.Stark TD, Arellano D, Horvath JS et al (2004) Guideline and recommended standard for geofoam applications in highway embankments. NCHRP Report 529, Transportation Research Board, Washington, D.C.
- 39.Duškov M, Nijhuis E (2011) Lightweight road embankments for the crossover og the N207 over the railway Alphen A/D Rijn–Gouda. Paper presented at the 4th international conference on geofoam blocks in construction applications, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011
- 40.Farnsworth CB, Bartlett SF, Negussey D, Stuedlein AW (2008) Rapid construction and settlement behavior of embankment systems on soft foundation soil. *J Geotech Geoenviron* 134(3): 289–301.
- 41.Herle V (2011) Design and monitoring of EPS embankment on D1 near Ivanovice in the Czech Republic. Paper presented at the 4th international conference on geofoam blocks in construction applications, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011
- 42.Kubota T (2011) Case history of EDO–EPS method in Japan. Paper presented at the 4th international conference on geofoam blocks in construction applications, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011
- 43.Papacharalampous G, Sotiropoulos E (2011) First time application of expanded polystyrene in highway projects in Greece. Paper presented at the 4th international conference on geofoam blocks in construction applications, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011
- 44.Spasojević S, Mitrović P, Vujanić V, et al (2011) The application of EPS in geotechnical practice: a case study from Serbia. Paper presented at the 4th international conference on geofoam blocks in construction applications, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011

45. Youwai S, Kongkitkul W, Sripobink T, et al (2011) Application of EPS for remedial work of bridge bearing unit on Bangkok Soft Clay: A case study. Paper presented at the 4th international conference on geofoam blocks in construction applications, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011
46. O'Brian AS (2001) Design and construction of the UK's first polystyrene embankment for railway use. Paper presented at the 3rd international conference on geofoam blocks in construction applications, Salt Lake City, USA, December 10–12, 2001
47. Neupane R (2015) Expanded polystyrene geofoam embankment for support of railways and bridges. Ph.D Dissertation, University of Utah, SLC, UT, USA
48. Kawashima Y, Atsushi, N, Kawagishi Y et al (2001) Construction of high eps embankment in heavy snowfall region. Paper presented at the 3rd international conference on EPS geofoam blocks in construction applications, Salt Lake City, USA, December 10–12, 2001
49. Aunaas K (2011) Recent impressions from EPS projects in Japan. Paper presented at the 4th international conference on EPS gofoam blocks in construction applications – EPS 2011, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011.
50. Özer AT (2016) Laboratory study on the use of EPS–block geofoam for embankment widening. *Geosynth Int* 23(2): 71–85.
51. Akay O, Özer AT, Fox GA, et al (2013) Behavior of sandy slopes remediated by EPS–block geofoam under seepage flow. *Geotext Geomembranes* 37: 81–98.
52. Özer AT, Akay O, Fox GA., et al (2014). A new method for remediation of sandy slopes susceptible to seepage flow using EPS–block geofoam. *Geotext and Geomembranes* 42(2): 166–180.
53. Akay O, Özer AT, Fox GA (2014) Assessment of EPS block geofoam with internal drainage for sandy slopes subjected to seepage flow. *Geosynt International*, 21(6): 364–376.
54. Akay O (2016) Slope stabilisation using EPS block geofoam with internal drainage system. *Geosynth Int* 23(1): 9–22.
55. EPS Industry Alliance. Expanded polystyrene (EPS) geofoam applications & technical data. Crofton, MD, USA
56. Shinntani M (2011) Embankment constructions applying buoyancy-resistant EDO–EPS blocks. Paper presented at the 4th international conference on EPS geofoam blocks in construction applications – EPS 2011, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011
57. Aabøe R, Frydenlund TE (2011) 40 years of experience with the use of EPS geofoam blocks in road construction. Paper presented at the 4th international

- conference on geofoam blocks in construction applications, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011
58. Stuedlein A, Negussey D (2013) Use of EPS geofoam for support of a bridge. Paper presented at Geo-Congress 2013: Honoring Robert D. Holtz II, sound geotechnical research to practice, San Diego, California, USA, 3–7 March 2013
59. Vaslestad J, Murad SS, Johansen TH, et al (2011) Load reduction and arching on buried rigid culverts using EPS. Paper presented at the 4th international conference on EPS geofoam blocks in construction applications, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011
60. Zarnani S, Bathurst RJ (2008) Numerical modeling of EPS seismic buffer shaking table test. *Geotext and Geomembranes* 26: 371–383.
61. Ertugrul OL, Trandafir AC (2011) Reduction of lateral earth forces acting on rigid nonyielding retaining walls by EPS geofoam inclusions. *J Mater Civil Eng* 23(12): 1711–1718
62. Athanopoulou-Zekkos A, Lamonte K, Athanopoulou GA (2012) Use of EPS compressible inclusions for reducing the earthquake effects on yielding earth retaining structures. *Soil Dyn Earthq Eng* 41: 59–71.
63. AbdelSalam SS, Azzam SA (2016) Reduction of lateral pressures on retaining walls using geofoam inclusion. *Geosynth Int* 23(6): 395–407.
64. Aabøe R (1985) 13 years of experience with expanded polystyrene as a lightweight fill material in road embankments. Paper presented at the 1st international conference on EPS geofoam blocks in construction applications, Oslo, Norway, 22 June 1985.
65. Konno H, Nakono O, Kishi N, et al (2001) A practical design method of three-layered absorbing system. Paper presented at the 3rd international conference on EPS geofoam blocks in construction applications, Salt Lake City, USA, December 10–12, 2001.
66. Tsukamoto H (2011) History of R&D and design code for EDO-EPS method in Japan. Paper presented at the 4th international conference on EPS geofoam blocks in construction applications, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011.
67. Bartlett S F, Lawton EC (2008) Evaluating the seismic stability and performance of
68. freestanding geofoam embankment. Paper presented at the 6th National Seismic Conference on Bridges, Charleston, South Carolina, USA.
69. O'Brien AS (2001) Design and construction of the UK's first polystyrene embankment for railway use. Paper presented at the 3rd international conference on EPS geofoam blocks in construction applications, Salt Lake City, USA, 9–11 December 2001.

70. Mann G, Stark TD (2007) Slope stabilization using geofoam. Paper presented at the proceedings of Geo-Denver 2007: New Peaks in Geotechnics, GSP 161 Embankments, Dams, and Slopes, ASCE, 18–21 February 2007.
71. Tsukamoto H (1996) Slope stabilization by the EPS method and its applications. Paper presented at the international symposium on EPS construction method (EPS Tokyo '96), EPS Construction Method Development Organization, Tokyo, Japan, 362–380.
72. Reuter G, Rutz J (2000) A lightweight solution for landslide stabilization. Geotechnical Fabrics Report 18(7): 42–43.
73. Reuter, G.R. (2001). Use of geofoam for landslide stabilization–CTH "A", Bayfield County, Wisconsin. Paper presented at the 3rd international conference on geofoam blocks in construction applications, Salt Lake City, USA, December 10–12, 2001
74. Arellano D, Stark TD, Horvath JS, et al (2011) Guidelines for geofoam applications in slope stability projects: Final report. NCHRP Project No. 24–11(02), Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.
75. Akay O, Özer AT, Fox GA (2012) Experimental investigation of failure mechanism of expanded polystyrene block geofoam slope system under seepage. Paper presented at the 5th European Geosynthetics Congress, EuroGeo5, 16th – 19th of September, Valencia, Spain.
76. Amini ZA (2014) Dynamic characteristics and seismic stability of expanded polystyrene geofoam embankments. Ph. D. Dissertation. University of Utah, Salt Lake City, Utah.
77. Barrett JC, Valsangkar AJ (2009) Effectiveness of connectors in geofoam block construction. Geotext. Geomembr 27(3): 211–216.
78. Özer AT, Akay O. (2016) Interface Shear Strength Characteristics of Interlocked EPS–Block Geofoam. J Master Civil Eng 28(4)
79. Mandal J. N.; Geosynthetics engineering: In theory and practice. Research Publishing Services, Singapore, 2017, pp. 1352.
80. Padade A. H. and Mandal J. N.; Expanded polystyrene–based geomaterial with fly ash. International Journal of Geomechanics, ASCE 2014, 14(6): 06014013.
81. Tepper H (2011) EU product standard for eps and performance requirements. Paper presented at the 4th international conference on EPS geofoam blocks in construction applications, Lillestrøm, Norway, 6–8 June 2011.
82. Aabøe R., Evidence of EPS long term performance and durability as a light weight fill, Intern rapport nr. 2139, Vegteknisk avdeling, Oslo 2000.
83. Frydenlund T.E., EPS – Den lette løsningen, Intern rapport nr. 2209, Vegteknisk avdeling, Vegdirektoratet, Oslo 2001.

- 84.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.
- 85.Awol T. A., A Parametric Study of Creep on EPS Geofoam Embankments, Norwegian University of Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering, Master thesis 2012.



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag