



Statens vegvesen

Gjenbruksprosjektet.
Poosjektrapport nr 12
Gjenbruksvegen E6 Melhus

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2423



Veg- og trafikkfaglig senter
Dato: September 2006



Statens vegvesen

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: 02030

www.vegvesen.no

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2423

Tittel

**Gjenbruksprosjektet.
Poosjektrapport nr 12
Gjenbruksvegen E6 Melhus**

Utarbeidet av

Dato:

September 2006

Saksbehandler

Gordana Petkovic

Prosjektnr:

Kontrollert av

Antall sider og vedlegg:

34/6

Sammendrag

Rapporten inngår i en serie rapporter fra Gjenbruksprosjektet 2002-2005 (etatsprosjekt).

Anlegget E6 Melhus ble valgt som et av to demonstrasjonsanlegg for gjenbruksmaterialer i Gjenbruksprosjektet, i tillegg til E6 Klemetsrud – Assurtjern. Denne rapporten gir en oppsummering av gjenbrukstiltak på anlegget. Hovedvekt i rapporten ligger naturlig nok på det som er gjennomført, men rapporten sier også noe om planer som ikke ble realisert.

Materialene som ble anvendt på Melhus er knust betong i forsterkningslaget, knust asfalt som forkiling av bærelag, asfaltdekke med gummigranulat og skumglass som frostsikring og drenering. I tillegg er det gjennomført flytting og selektiv riving av hus.

Lette støyvoller av flyveaske eller oppklippede bildekk ble ikke testet ut på grunn av endrede forutsetninger. Støyskjermer i gjenbruksplast er utsatt i tid og blir brukt på nordre parsell.

Erfaringene er at gjenbruksmaterialer godt lar seg bruke i praksis. I mange tilfeller er de ikke bare like gode, men også bedre enn tradisjonelle materialer. Kostnadsaspektet er vanskelig å vurdere for de ulike gjenbruksmaterialene, da gevinsten i tillegg ligger i bl.a. miljø og kvalitet. Isolert sett ga prøveprosjektene gjenbruksmaterialer noe høyere enhetspriser i byggefasen enn standardmaterialer og metoder, mest på grunn av liten mengde og mindre tilgjengelighet av materialene.

Summary

Emneord: *Utlegging i fullskala, resirkulert tilslag, lette fyllmasser, anleggsteknikk, økonomi.*

Forord

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

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

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

Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt består av åtte delprosjekter:

- DP 1 Avfallshåndtering
- DP 2 Miljøpåvirkning
- DP 3 Gjenbruk av betong
- DP 4 Gjenbruk av asfalt
- DP 5 Lette fyllmasser og isolasjonsmaterialer
- DP 6 Gjenbruksvegen
- DP 7 Prosjektering, økonomi og administrative forhold
- DP 8 Nye ideer, materialer og tiltak

Gjenbruksprosjektet ledes av Gordana Petkovic, Vegdirektoratet.

Delprosjekt 6 "Gjenbruksvegen" (DP6) som denne rapporten tilhører, har som overordnet målsetting å få testet ut gjenbruksmaterialer i felt. Dette skjer både med demonstrasjoner av kjente løsninger og uttesting av nye bruksområder hvor vi mangler kunnskap og erfaring. For mer informasjon om delprosjekt 6, se vedlegg 5.

DP6 Melhus ledes av Jostein Aksnes.

Denne rapporten er utarbeidet av Jostein Aksnes, Statens vegvesen og Dag Atle Tangen, Brobyggern A/S /Statens vegvesen med assistanse fra Joralf Aurstad, Statens vegvesen, ved slutføring.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	6
2	PROSJEKTET E6 MELHUS	7
3	GJENBRUKSBETONG	9
3.1	FORMÅLET MED UTPRØVINGEN AV GJENBRUKSBETONG	9
3.2	OVERBYGNINGEN	9
3.3	PRODUKSJON AV GJENBRUKSBETONG	9
3.4	KRAV TIL RESIRKULERT TILSLAG /GJENBRUKSBETONG.....	10
3.5	KORNFORDELING OG DENSITET	11
3.6	DENSITET, VANNABSORPSJON OG OPTIMALT VANNINNHold	12
3.7	MEKANISK STYRKE.....	13
3.8	UTLEGGING OG KOMPRIMERING	13
3.9	PROBLEM MED ARMERINGSJERN	15
3.10	MÅLINGER I FELT.....	16
3.11	ØKONOMI	17
4	GJENBRUKSASFALT	18
4.1	MATERIALER	18
4.2	UTLEGGING	19
4.3	ØKONOMI	19
5	ASFALTDEKKE MED GRANULERT BILGUMMI	20
5.1	INNLEDNING	20
5.2	NORSKE ERFARINGER	20
5.3	FREMSTILLING AV GUMMIPULVERMODIFISERT BITUMEN	20
5.4	EGENSKAPER TIL GUMMIPULVERMODIFISERT BITUMEN/ASFALT.....	21
5.5	FORSØK MED GRANULERT BILGUMMI PÅ E6 MELHUS.....	21
5.6	KONKLUSJON.....	22
6	SKUMGLASS	23
6.1	MATERIALET SKUMGLASS	23
6.2	SKUMGLASS TIL SKRÅNINGSDRENERING.....	23
6.3	FORSØKSFELT FROSTISOLASJON	25
7	RIVING OG OMBRUK	28
7.1	RIVING OG ANNEN ETTERBRUK.....	28
7.2	FLYTTING AV BYGNINGER.....	29
7.3	GJENBRUK	29
7.4	HMS.....	30
7.5	KOSTNADER.....	30
7.6	NESTE GANG	30
8	STØYSKJERMER AV RETURPLAST	31
8.1	PLAST - FREMTIDENS MATERIALE	31
8.2	FEIL FARGE	31
8.3	PLAST ER MILJØVENNLIG OG BILLIG.....	31
9	GJENBRUK AV STEDLIGE MASSER	33
10	GJENBRUKSMASSER I STØYVOLL – HVORFOR BLE DET IKKE NOE AV?	33
11	KONKLUSJON	34
12	TAKK TIL	34
13	REFERANSER	35

1 Innledning

I planleggingen av DP6 ble det tidlig klart at det var ønskelig å ha et dedikert gjenbruksanlegg henholdsvis i Trondheims- og Oslo-området. Vegprosjektet E6 Melhus ble valgt fordi byggeaktiviteten passet bra tidsmessig for Gjenbruksprosjektet, og det ble mulig å få prøvd ut flere forskjellige gjenbruksmaterialer. Det var også en fordel at anlegget ligger i relativt kort avstand fra Veg- og trafikkfaglig senter i Trondheim.

Både byggherren Statens vegvesen Region midt og entreprenøren Mesta as har vist positiv vilje til å prøve ut gjenbruksmaterialer på anlegget og samarbeidet med Gjenbruksprosjektet har fungert utmerket.

2 Prosjektet E6 Melhus



Bilde 1: Melhus sett fra luften

Tettstedet Melhus var i mange år en flaskehals på E6. Derfor var det en stor dag da den nye motorveien ble åpnet forbi sentrum i 2004/2005. Det er bygget 8 km ny E6 mellom Skjerdingstad og Jaktøya. I tillegg er det etablert ny tverrforbindelse og bru over Gaula sør for den smale Gimsebrua.

Med ny E6 og tverrforbindelsen over Gaula ble trafikken på gamle E6 redusert til ca. 1/8 av dagens trafikk. Samtidig har det åpnet seg muligheter for at Melhus sentrum kan bli et attraktivt område for boliger, handel og service.

Nord for tverrforbindelsen har nyvegen 4 felt, mens det sør for tverrforbindelsen er bygget tofelts veg. Begge parsellene har midtdeler. Ved Brubakken og Hofstad er E6 lagt i miljøtunnel. Eksisterende E6 mellom Skjerdingstad og Jaktøya er gjort om til fylkesveg. Tverrforbindelsen er 1,7 km lang og går over ei 400 m lang bru over Gaula. På Gimsan er vegen lagt i løsmassetunnel for å minske inngrepet i kulturlandskapet.

For å kunne bygge ny E6 forbi Melhus sentrum var det nødvendig å erverve over 20 bolig-eiendommer, fem industribedrifter, en travbane og ca. 300 daa dyrket mark. Langs nye veger er det bygget støyvoller og skjermmer mot gjenværende bebyggelse.

Anleggsarbeidet på søndre E6-parsell (4,5 km) startet høsten 2002 og vegen ble åpnet for trafikk i september 2004. Det er her størstedelen av gjenbruksaktivitetene har foregått. Hele anlegget ble ferdigstilt høsten 2005.



Bilde 2: E6 Melhus, forsøksstrekningen ligger nedenfor Melhus Kirke

3 Gjenbruksbetong

I tett samarbeid med DP3 er det etablert forsøksfelt på en del av den nye E6 sør for Melhus sentrum hvor sortert sprengstein i forsterkningslaget er erstattet av resirkulert tilslag laget av knust gjenbruksbetong - heretter benevnt Gjb /1/.

For detaljert rapport om undersøkelser av mekanisk styrke av gjenbruksbetong på anlegget E6 Melhus vises det til Gjenbruksprosjektets prosjektrapport 11 "Gjenbruk av knust betong i vegbygging – Mekaniske egenskaper og testmetoder"/2/.

3.1 Formålet med utprøvingen av gjenbruksbetong

Erfaringene fra tidligere viser at man får en fasthetsøkning over tid når knust betong brukes i vegoverbygningen som mekanisk stabilisert materiale. Det er grunn til å anta at dette kan skyldes finstoffet i massen som legges ut. For å få mer kunnskap om finstoffets betydning for bæreevne og fasthetsutvikling ble det lagt ett delfelt med Gjb 0-100 mm og ett med Gjb 20-100 mm. Hvert av delfeltene er på ca 80 m. Tilstøtende veg på begge sider ligger som en referanse med sin ordinære vegoppbygging.

Det ble også gjort forsøk med bruk av to forskjellige valser for komprimering av forsterkningslaget, for å se hvilken betydning dette har for nedkusing under utlegging og for utvikling av stivhet/bæreevne når vejen er ferdig.

3.2 Overbygningen

Med utgangspunkt i ordinær overbygning ble det dimensjonert en overbygning hvor forsterkningslaget var gjenbruksbetong:



Figur 1: Overbygning på forsøksfelt med knust betong

3.3 Produksjon av gjenbruksbetong

Gjenbruksbetongen kom fra kasserte hulldekkeelementer fra Spenncons betongelement-fabrikk i Trondheim. Spenncon leverte elementene til Franzefoss' pukkverk i Lia hvor oppdeling, knusing, fjerning av armering og sikting foregikk.



Bilde 3: Produksjon av gjenbruksbetong – knuseren mates med oppklippede betongstykker

3.4 Krav til resirkulert tilslag /gjenbruksbetong

Figur 2 viser krav til materialsammensetning, densitet og vannabsorpsjon til resirkulert tilslag Type 1b (ren betong, ubundet bruk), som gitt av deklarasjonsordningen for resirkulert tilslag /3/. Materialet brukt i prøvestrekningen på Melhus besto nesten bare av ren betong og det var tilstrekkelig med en visuell kontroll av sammensetningen. Krav til densitet var, som ventet, tilfredsstilt.

Figur 3 viser materialet fra forsøksstrekningen på Melhus sammenlignet med gjeldende krav i Håndbok 018 Vegbygging. Som man kan se er kravene tilfredsstilt for finstoffinnhold, gradering og maks steinstørrelse.

	Krav Klasse 1B	Testet	Visuelt
Knust betong eller naturtilslag	> 94%		> 99%
Knust murverk	< 5%		0 %
Knust gjenbruksasfalt	< 1%		0 %
Treverk, papir, metall, isolasjon, glass, plast osv	< 1%		< 0,5%
Isolasjonsmaterialer	< 0,1 vol %		0 %
Planterester	< 0,1 vol %		0 %
Densitet, ovenstørr	>2000 kg/m ³	2400 kg/m ³	
Densitet, vannmettet, overflatetørr	>2100 kg/m ³	2530 kg/m ³	0 %
Vannabsorpsjon	<10%	Ca 5 %	0 %

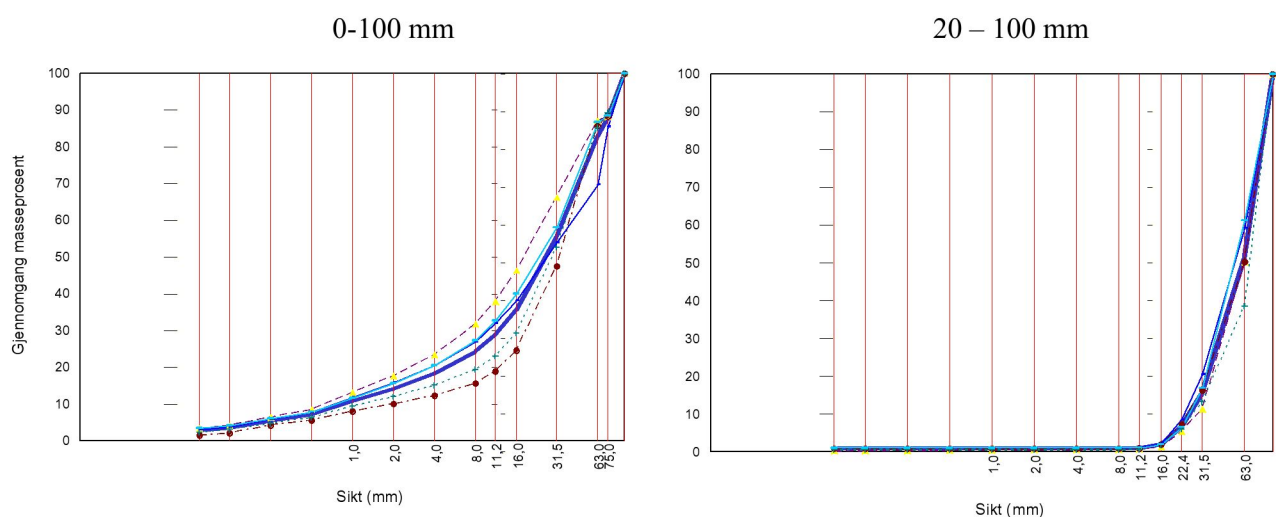
Figur 2: Krav til knust betong for ubunden bruk (Klasse 1b) iht. Deklarasjonsordning for resirkulert tilslag /3/

FINSTOFFINNHOOLD	Finstoff (< 0,075 µm) av total kurve	Finstoff (< 0,063 µm) av material < 20 mm	Krav i h h t Håndbok 018 (2004)
Material 0-100 mm	2,8 %	6,2 %	maks 8 % (utlagt)
Material 20-100 mm	0,8 %	-	Ingen krav for åpne matr.
GRADERING (Cu)			
Material 0-100 mm	Cu = 44		Krav til Gjb: Cu > 15 for øvre forst.lag Cu > 5 for nedre forst.lag
Material 20-100 mm	Cu = 2,5		
MAKS STEINSTØRRELSE			
Material 0-100 mm	d max = 100 mm		Krav til Gjb: d max < 120 mm
Material 20-100 mm	d max = 100 mm		

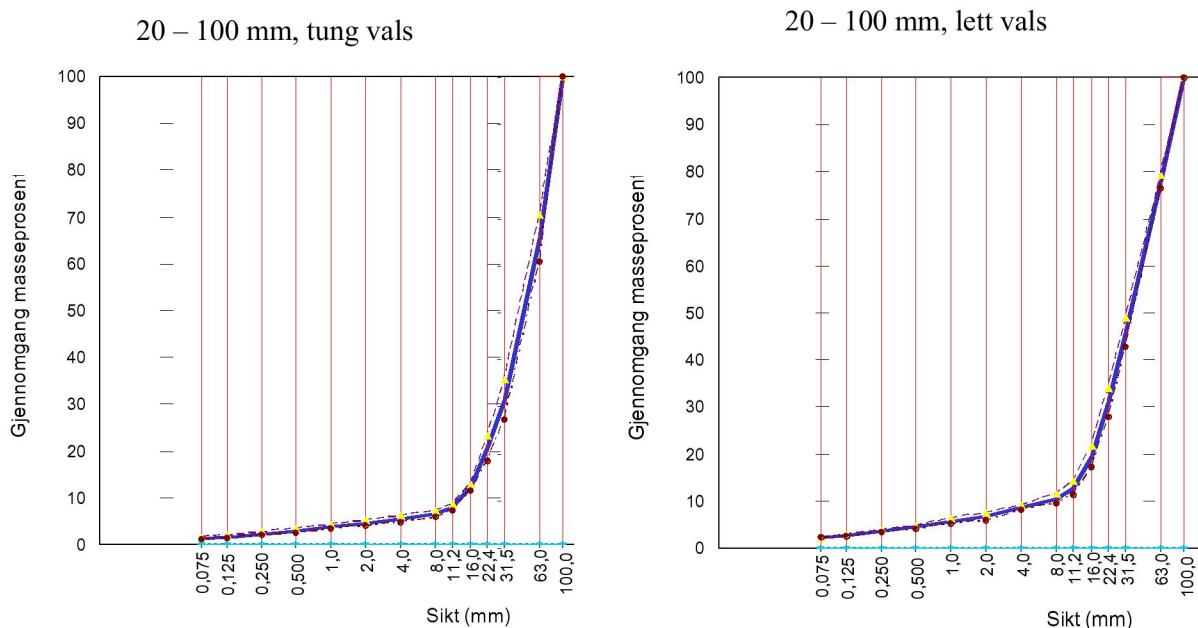
Figur 3: Kornfordeling til gjenbruksbetongen brukt i feltforsøket sammenlignet med krav i Håndbok 018 /1/.

3.5 Kornfordeling og densitet

Figurene 4 og 5 viser kornkurvene fra prøver tatt henholdsvis på knuseverket og etter utlegging. Den tykke heltrukne linjen angir middelverdien.



Figur 4: Siktcurver for knust betong uttatt på verk.



Figur 5: Siktetkurver for knust betong tatt ut på veien, ferdig komprimert.

Forskjellen mellom figur 4 og figur 5 gir en indikasjon på nedknusing i forbindelse med utlegging og komprimering av materialet 20-100 mm. Det er ikke gjort tilsvarende sammenligning for material 0-100 mm. Det kan virke som lett vals ga litt mer nedknusing en tung vals med samme antall overfarer. Dette er imidlertid basert på et fåtall prøvetakingspunkter. Inhomogeniteter i materialet og følsomhet i forhold til små variasjoner i sikteprosessen i laboratoriet kunne ha slått ut.

3.6 Densitet, vannabsorpsjon og optimalt vanninnhold

Betongens vannabsorpsjon er en viktig parameter for komprimeringen av materialet.

I utgangspunktet er vannopptaket forskjellig i finfraksjonen kontra grovfraksjonen, og Håndbok 014 laboratorieanalyser /4/ foreskriver derfor testing både på fin (<8mm) og grov (>4mm) fraksjon.

Densitet og vannabsorpsjon har enda større betydning for resirkulert tilslag enn for naturtilslag, pga mørtel på tilslagskornene.

Fraksjon	Partikkeldensitet, tilsynelatende (g/cm ³)	Partikkeldensitet, ovnstørket (g/cm ³)	Partikkeldensitet, overflatetørr (g/cm ³)	Absorbert vann (%)
0,075 – 4 mm	2,76	2,40	2,53	5,5
4 – 31,5 mm	2,78	2,51	2,61	3,9

Figur 6: Densitet og vannabsorpsjon, knust betong Melhus (EN 1097-6)

I og med at ca 5 % av vannet absorberes i mørtelen i tilslagskornene, økes optimalt vanninnhold sammenlignet med ren sprengstein. For å få gode komprimeringsegenskaper kreves derfor en vesentlig høyere vanntilsetning enn det man er vant med fra sand, grus eller pukk.

Det ble gjort komprimeringsforsøk (modifisert Proctor med standard innstamping) på fraksjonen 0-19 mm knust betong fra Melhusanlegget. Dette viste optimalt vanninnhold på 14 %. Maks tørrdensitet som ble oppnådd var 1,983 g/cm³.

Under laboratorieforsøkene ble hensynet til porøsiteten ivaretatt ved at tørket material først ble tilsatt 6 % vann og så fikk stå i 3 døgn for vannutjevning/vannopptak før videre forsøk ble igangsatt.

3.7 Mekanisk styrke

Materialenes styrke er undersøkt på tre ulike måter i laboratoriet:

Fallprøve (flisighet, sprøhet, steinklasse) er nå tatt ut som standard testmetode i Håndbok 018, og det stilles således ikke krav til disse parameterne lenger. Fallprøven er heller ikke en god metode til testing av resirkulert tilslag, pga materialets høye pakningsevne /5/. Dette har imidlertid vært sentrale verdier tidligere, det er derfor av mange fortsatt ønskelig å ha disse som et supplement til de nye EN-verdiene (Los Angeles, kulemølle m m) en tid framover. Resultatene viste at den knuste betongen hadde sprøhet på ca 50 og flisighet <1,40. Dette tilsvarer steinklasse 3. Materialet er således av meget god kvalitet og tilfredsstillende kravet til bærelag etter gamle Håndbok 018.

Los Angeles metoden er nå europeisk standard når det gjelder mekanisk styrke av steinmaterialer. Los Angeles-verdiene tilfredsstillende både kravene til forsterkningslag og bærelag i nye Håndbok 018 (juni 2004).

Material	LA-verdi fraksjon 10 -14 mm	LA-verdi fraksjon 31,5 -50 mm	Krav til forst.lag i Håndbok 018	Krav til bærelag i Håndbok 018
Knust betong Melhus	27,3	25,7	< 35 (øvre) < 40 (nedre)	< 35

Figur 7: LA verdier i normalene kontra målte verdier

Gyrator til mekanisk testing av granulære vegbyggingsmaterialer er foreløpig ikke mye brukt i Norge, men metoden virker lovende. Det ble gjennomført en gyratorundersøkelse for å se på hvordan ulike variable påvirker densitetsutvikling, skjærmotstand og nedknusing /2/. Nedknusingen ble vurdert ved å sammenligne siktekurver før og etter gyratorforsøk. Materialene ble skalert ned slik at undersøkelsen omfattet fraksjonene 0-25 mm og 10-25 mm.

Resultatene viser at materialet med ”åpen kurve” knuses vesentlig ned på de groveste kornene mens materialet med finstoff hadde marginal nedknusing. Materialet med tett gradering fikk høyere densitet enn materialet uten finstoff. Det så ikke ut til at vanninnholdet hadde noen stor betydning for nedknusingen.

Prøvene fikk bare 3-5 % økning i densitet når man økte antall sykler fra 55 til 250, men nedknusingen ble vesentlig større. Det er derfor grunn til å sette spørsmålsteget ved gevinsten av tung komprimering på disse materialene.

3.8 Utlegging og komprimering

Tykkelsen av forsterkningslaget på forsøksstrekningen er 65 cm. For å være sikker på å oppnå en god og jevn komprimering gjennom hele forsterkningslaget, ble det bestemt at dette måtte legges ut i to lag, 35 + 30 cm. Dette ga en ekstra kostnad sammenlignet med sortert sprengstein som kan legges ut i ett lag. Prosedyren for utlegging av gjenbruksbetong på E6 Melhus er vist i vedlegg 1.

Entreprenøren var i utgangspunktet skeptisk til utlegging i to lag fordi man fryktet at bæreevne for lastebilene ville bli for lav ved kjøring på det første laget. Det ble likevel valgt å utføre jobben på denne måten, og det viste seg å gå bedre enn fryktet. God stabilitet i massen gjorde at lastebilene uten problemer kunne kjøre på det første laget av gjenbruksbetong. Traubunn på forsøksstrekningen bestod av siltig, sandig grus med fiberduk over.

For å oppnå god nok komprimering er det viktig å vanne rikelig. Ved bruk av modifisert Proctor ble optimalt vanninnhold for gjenbruksbetong på E6 Melhus målt til 14 % /2/. Erfaringsmessig tåler massen mye vann og det er ingen fare for at vanninnholdet blir for høyt under utlegging. Ute på vegen ble massene først vannet rett etter tipping fra lastebilen i tillegg til en gang under valsingen.

Selve utleggingen ble gjort ved bruk av bulldoser påmontert GPS-utstyr for automatisk posisjonering og høydejustering. Komprimeringen ble gjort med to forskjellige selvgående vibrovalser, 6 tonn på den ene siden av vegen og 15 tonn på den andre.



Bilde 4: Vanning av gjenbruksbetong ute på vegen



Bilde 5: Komprimering

3.9 Problem med armeringsjern

Kravet til ikke-mineralsk innhold for (Gjb) er <1 % (kap 3.4). Betongen som ble brukt på forsøksfeltet overholdt dette kravet med klar margin, men armeringsrester (spenntau) førte likevel til problemer med punkteringer på lastebiler første dag under utlegging. Etter hvert ble dette problemet løst ved at mannskapet ute på vegen manuelt dro opp eller klippet av oppstikkende spenntauender.



Bilde 6: Rester av armering i gjenbruksbetongen

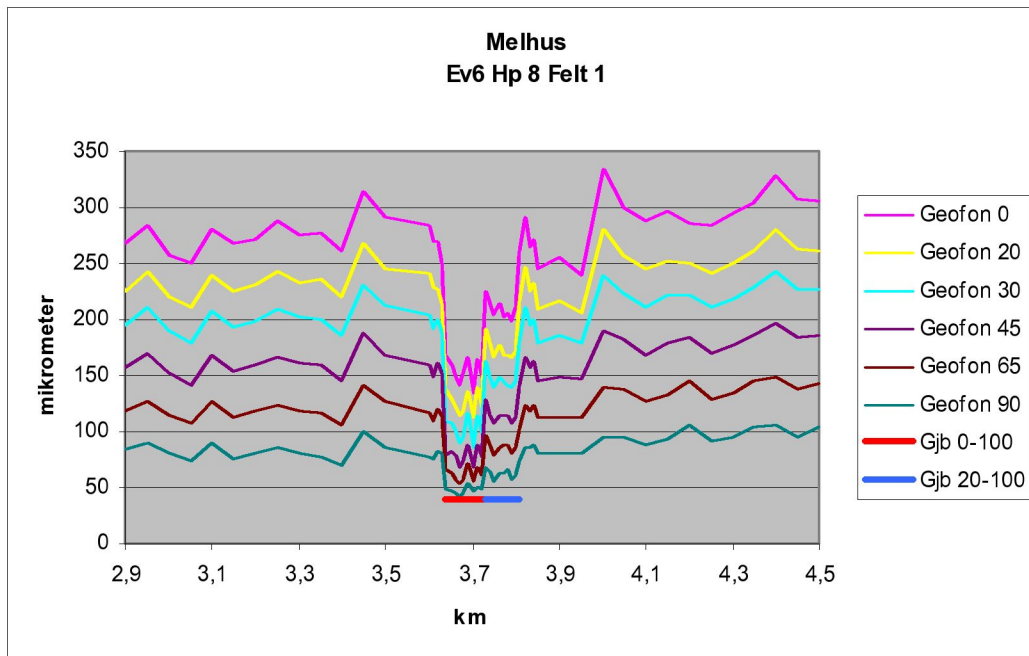


Bilde 7: Geir Berntsen og Jostein Aksnes plukker spennarmering

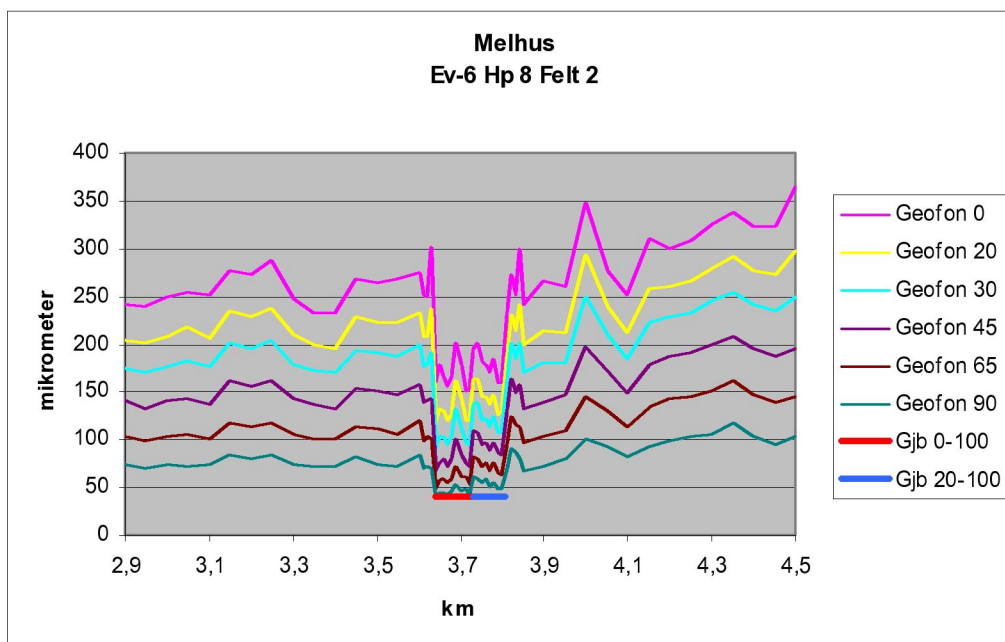
3.10 Målinger i felt

Detaljerte resultater fra undersøkelsene på Melhus-materialene finnes i en egen SINTEF-rapport /6/, hovedpunktene kan også leses i Gjenbruksprosjektets prosjektrapport nr 11 /2/.

Se også vedlegg 1 for detaljer om komprimering etc. Falloddsmålinger som ble foretatt april 2005 viser følgende resultat /2/:



Figur 8: Deformasjoner for hver enkelt geofon – høyre side, lett vals



Figur 9: Deformasjoner for hver enkelt geofon – venstre side – tung vals

Det er helt tydelig at strekningen med gjenbruksbetong 0-100 mm er langt sterkere enn den ordinære overbygningen. Også strekningen med gjenbruksbetong 20-100 er bedre enn den ordinære overbygningen. Det er verdt å merke seg at det er liten forskjell mellom effekten av stor og liten vals.

På grunnlag av falloddsmålingene fra /2/ har man trukket følgende konklusjon:

Resultatene kan benyttes til å anslå en riktigere (dimensjonerende) verdi for lastfordelingskoeffisient for den knuste betongen. Dersom det antas samme tykkelse på de enkelte lagene (som ble målt til gjennomsnittlig 12,5 cm dekke-/bærelag, 20 cm nedre bærelag og 65 cm forsterkningslag) over hele strekningen, vil vi få følgende lastfordelingskoeffisienter for forsterkningslaget etter ca 1,5 år i felt:

- Forsterkningslag av knust stein: 1,0 (Tilsvarende E-mod \approx 110 MPa)
- Forsterkningslag av Gjb 0-100: 1,9 (Tilsvarende E-mod \approx 800 MPa)
- Forsterkningslag av Gjb 20-100: 1,4 (Tilsvarende E-mod \approx 300 MPa)

3.11 Økonomi

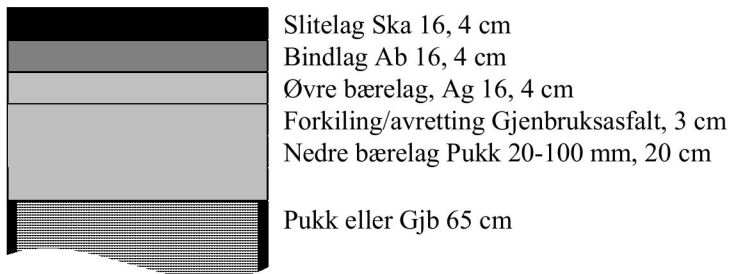
Regnskapet for dette prøveprosjektet viste at betongen ble dyrere å legge ut enn et tilsvarende lag med knust sprengstein som opprinnelig planlagt. Flere årsaker medvirket til dette:

- Det fantes ikke noe etablert produksjonsanlegg for resirkulert betong. Betongen måtte derfor knuses og sorteres spesielt for denne jobben
- Betongen krevde ekstra vanning
- Betongen måtte legges og komprimeres i to lag, som krevde mer tid
- Spennrestene krevde ekstra arbeid med fjerning av oppstikkende ender

Det er imidlertid ingen grunn til å anta at dette er representativt, da disse prisene framkom ved at betongen måtte bestilles spesielt for anledningen, uten reell konkurranse. En tilstedeværende fast leverandør av betong kunne ha endret på dette. I tilbudene som ble gitt for nordre parsell var prisforskjellen mellom sprengt stein og knust betong varierende. Mesta as, som hadde erfaring med den utførte utlegging, gav ca 65 % høyere pris på knust betong enn på sprengt stein. Entreprenøren som fikk anbudet for nordre parsell gav omtrent samme pris på knust betong som for sprengstein, uten at dette var grunnlaget for valget.

4 Gjenbruksasfalt

Figur 10 viser overbygningen med gjenbruksasfalt brukt som forkiling/ avretting på toppen av nedre bærelag.



Figur 10: Overbygning

4.1 Materialer

Frest asfalt og knuste asfaltflakmasser ble gjenbrukt i ubundet form til forkiling og avretting av nedre bærelag av pukk på alle kjøreveger på E6 Melhus-prosjektet. Dette er en mye brukt løsning der en har tilgang på denne typen masser. Med ca 400.000 tonn pr år som blir gjenbrukt representerer den et viktig bidrag til den høye gjenbruksprosenten for asfalt.

På deler av eksisterende E6 sør for Melhus ble asfaltdekket frest og massen gjenbrukt i den nye vegen. Kornstørrelsen på fresemassen var 0-25 mm. Det var imidlertid ikke nok fresemasse til å dekke behovet for gjenbruksasfalt (Gja) på anlegget. Entreprenøren (Mesta as) valgte derfor å rigge opp et eget mobilt knuseverk som tok imot asfaltflakmasser fra andre steder i distriktet. Noe knust flakmasse ble også kjøpt fra Franzefoss sitt mottak i Trondheim. Knuste flakmasser brukt til forkiling hadde kornstørrelse på 0 – 20 mm.



Bilde 8: Gjenbruksasfalt (Gja) brukt til forkiling og avretting av nedre bærelag av pukk

4.2 Utlekking

Gjenbruksasfalten ble lagt ut med veghøvel. I likhet med gjenbruksbetong trengs det rikelig med vanning for å oppnå god komprimering.

Sammenlignet med bruk av knust fjell er det flere fordeler ved å bruke Gja til forkiling og avretting av pukk:

- Den gir ekstra styrke i vegoverbygningen pga. bedre kontakt mellom nedre bærelag av pukk og de asfalterte lagene i toppen
- Den øker lastfordelingskoeffisienten for nedre bærelag og reduserer dermed kravet til tykkelse på øvre bærelag
- Den beskytter nedre bærelag av sortert pukk i anleggsperioden
- Den gir et godt og tilnærmet vedlikeholdsfritt anleggsdekke
- Den reduserer støvplager både for anleggsfolk og naboer

Anleggets erfaring viste at gjenbruksasfalt tjente på å bli kjørt mye på med gummihjul, dvs at det ble brukt som anleggsdekke en stund. En minimumsbrukstid mellom legging og asfaltering burde legges inn i kontrakter. Denne tiden ble veldig kort på Melhus nord.

4.3 Økonomi

Det kan argumenteres med at Gja er et så verdifullt produkt at det burde vært anvendt høyere opp i vegoverbygningen, for eksempel som tilslag i varm produksjon av asfalterte bærelagsmasser og dekker.

Hovedårsaken til at det ikke utføres mer varm gjenbruk er at dette krever store investeringer i asfaltverket - ca 1,5 mill kr. Det har også vært problem med å få produsert Gja i ønsket kvalitet /7/.

For E6 - Melhus ble bruk av gjenbruksasfalt lønnsomt. Det var egentlig prosjektet med avrettingslag av emulsjonsgrus basert på grusmasser fra linjen. Sammenlignet med denne, ble det ca halv pris for gjenbruksasfalten. Et avrettingslag av ordinær asfalt hadde vært dyrere enn løsningen med gjenbruksasfalt.

5 Asfaltdekke med granulert bilgummi

5.1 Innledning

Å bruke granulerte bildekk i asfalt er ingen ny idé. Dette har vært prøvd før, også i Norge. Tidligere resultat har vært ymse, men det ser nå ut som om man i flere land har kommet fram til et konsept som virker. De nyeste erfaringene fra utlandet tyder på at det ligger en god teknisk gevinst i å bruke fingranulerte bildekk i asfalt. Lengre levetid og bedre overflatefriksjon har vakt oppmerksomhet. Asfalt med gummigranulat kan også gi forbedrede støyegenskaper. I Østerrike er det målt helt opp mot 3-4 db demping, hvilket tilsvarer en halvering av støyen.

Siden 1980-tallet har gummipulvermodifisert bitumen (GPMB) vært regnet som noenlunde etablerte produkter i land som Frankrike, Sør-Afrika og USA. I USA har GPMB fått en ny vår som følge av lovregulering mot deponering av bildekk.

5.2 Norske erfaringer

Det ble gjort forsøk med *Rubit-asfalt* på 1970-tallet i Oslo, Vestfold og Sør-Trøndelag. Kort fortalt går dette ut på at 3 % gummipulver ble tilsatt i en tørprosess. Rubit-asfalten skulle ha økt slitastyrke i tillegg til at is og snø skulle bli lettere å fjerne. Rubit ble imidlertid ingen suksess pga. produksjonsproblemer, kortere levetid enn forventet samt høy pris.

I Norsk Asfaltforenings superasfaltkonkurranse i 1987 vant "*Splittmastiks med PmB og gummi*". Prøvestrekninger ble lagt i Oslo og Trondheim. Til tross for økt levetid, kunne ikke dette forsvare den høye prisen.

På begynnelsen av 1990-tallet, la Veidekke Asfalt et forsøksdekke med støydempende drengasfalt med GPMB laget i våtprosess. Dette skjedde i forbindelse med Vegdirektoratets prosjekt på støydempende asfalt. Dekket holdt den forventede levetid, men den støydempende effekten var kortvarig.

Til tross for at den nye metoden med fingranulert gummi har vist seg lovende i utlandet, har vi lite erfaring i Norge. Dette kan skyldes en kombinasjon av begrenset tilgang på gummipulver av rett kvalitet, økte kostnader ved produksjon og liten vilje til utprøving og nytenking.

Med bakgrunn i de gode utenlandske erfaringene var det naturlig for Gjenbruksprosjektet å prøve å få til et pilotprosjekt her til lands. Det var stor velvilje til å prøve gummigranulat i asfalt på E6 Melhus. Prosjektledelsen i Statens Vegvesen og asfaltentreprenøren Veidekke ASA stilte opp med arbeidsinnsats og kompetanse, mens RagnSells AS sørget for å skaffe til veie riktig type gummigranulat.

5.3 Fremstilling av gummipulvermodifisert bitumen

Modifisering med granulert gummi kan gjøres på tre måter:

- I våtprosessen blandes gummipulveret inn i bindemiddelet sammen med en ekstenderolje ved temperatur helt opp mot 190-225 °C. Gummipulveret går delvis over i bindemiddelfase og er delvis granulert. Prosessen regnes som den sikreste mht. kvalitet.
- I en depotblandet metode tilsettes halvparten av gummipulveret på raffineriet/depotet. Det øvrige tilsettes ved våt- eller tørprosess på asfaltverket.
- I tørprosessen blandes gummigranulatet med tilslaget før tilsetning av bindemiddel. Gummipulveret er i større grad tilslag enn i våtprosessen. Inntil 3 % tilsettes i massen. Det var denne metoden som ble benyttet på Melhus.

Korngraderingen på gummipulveret er som regel 0-2 mm. Det er viktig at pulveret ikke inneholder fuktighet som kan forårsake skumming eller overkoking. Det finnes mye god informasjon fra FHWA og Caltrans på Internett, for eksempel brukerveiledning for bruk av granulert asfalt på /8/.

5.4 Egenskaper til gummipulvermodifisert bitumen/asfalt

Gummigranulatet gir asfaltmasser med egenskaper sammenlignbare med PmB-modifisert asfalt. Bindemiddelet får forbedrede høytemperaturoegenskaper uten at lavtemperaturoegenskapene forringes. I tillegg får asfaltmassen økt kohesjon sammenlignet med ordinær asfalt.

Tørrprosessen krever høyere bindemiddelinhold enn våtprosessen (7,5-9,5 %). På den andre siden tillater det stivere/seigere bindemiddelet (GPMB) et høyt bindemiddelinhold, hvilket er nødvendig i drengasfalt.

De mest aktuelle bruksområdene er:

- Asfaltbetong, skjelettasfalt og drengasfalt (støydempende asfalt)
- Overflatebehandling/forsegling (chip seal) i forebyggende vedlikehold og for å øke levetid til underliggende dekke
- Strekkabsorberende membran (SAM/SAMI) for å motvirke refleksjonssprekker

5.5 Forsøk med granulert bilgummi på E6 Melhus

SINTEF gjorde proporsjoneringen med bakgrunn i litteraturstudier samt Cantabro og Marshallmetoden, se vedlegg 4 og Statens Vegvesen håndbok 014. I tilgjengelig litteratur er det angitt at det er nødvendig å tilsette ekstra bitumen når det tilsettes gummigranulat. Dette ble også bekreftet ved laboratorieprøvene. Det ble proporsjonert to resepter med henholdsvis 1 % og 3 % granulert gummi, (målt i prosent av totalvekt). Ved 1 % gikk man opp fra 6,2 til 6,5 % bitumen, ved 3 % ble det nødvendig å endre bitumeninnholdet til 7,5 %. Se vedlegg 4. For kjemisk sammensetning av gummigranulatet, se vedlegg 3.

For å få erfaring med produksjon og legging ble det i juni 2005 lagt ut 40 tonn tilsatt 3 % gummi. Prøvefeltet ble lagt i bindlaget, slik at det ikke skulle være kritisk med tanke på evt. ødelagt slitestyrke. Produksjon og utlegging av denne strekningen gikk uten problemer.

Selve forsøksstrekningen med slitelagsasfalt ble lagt i august 2005. Det ble kjørt to resepter med henholdsvis 1 % og 3 % gummiinnhold - målt i prosent av total vekt asfalt. Til sammen ble det lagt 270 meter, tilsvarende 4 hele billass.

Asfalten ble blandet på Veidekkes asfaltblandeverk på Skjøla. Granulatet ble tilsatt som tørt tilslag via anlegget som ellers brukes for tilsetning av gjenbruksasfalt. Etter at alt var tørrblandet ble bitumen tilsatt.



Bilde 9: Gummigranulat på vei til tørrblanding

Utseendemessig skiller den nye asfalten seg ut ved at den er svartere enn vanlig asfalt. Bortsett fra dette ble det ikke gjort observasjoner i blanderiet eller ved utleggingen som tydet på at asfalten hadde fått endrede egenskaper. Det eneste utleggermannskapet la merke til var at det luktet brent gummi, noe som ville hatt større betydning i tettere bebygde strøk.



Bilde 10: Fargeforskjell på gummigranulat (i bakgrunnen) og vanlig asfalt

5.6 Konklusjon

I områder hvor man normalt vil velge polymermodifisering av asfalt, vil gummigranulat være et interessant alternativ. Siden denne rapporten ble skrevet før de første resultatene foreligger vil det nødvendigvis mangle viktige opplysninger. Disse blir tatt vare på i prosjektet "Miljøvennlige veidekker", se nettsiden for oppdateringer og detaljer /9/.

Økonomisk er det vanskelig å trekke noen konklusjoner av forsøket. Småskalablandinger er nødvendigvis preget av høye rigg- og transportkostnader. Det man vet sikkert er at det kreves mer bitumen, og at dette medfører ekstra kostnader. Man er derfor avhengig av en teknisk eller miljømessig gevinst. Så langt finnes ingen erfaringer fra prosjektet som kan si noe om denne gevinsten. I og med at forsøksfeltet på Melhus baserer seg på en metode som er kjent og har gitt gode resultat i utlandet, er det allikevel knyttet en forsiktig optimisme til målingene som skal gjøres.

Det bør også legges vekt på at så lenge det ikke er tillatt å bruke oppklippede bildekk i vegfyllinger, er bruken av gummigranulat i asfalt et godt alternativ for høyverdig gjenbruk av gamle bildekk.



Bilde 11: Utlegging av forsøksstrekningen på E6 Melhus

6 Skumglass

6.1 Materialet skumglass

Skumglass består av 10-20 % returglass og 80-90 % luft i lukkede cellestrukturer. Skumglass er et rent og miljøvennlig naturprodukt som har gode isolerende egenskaper i tillegg til høy bæreevne, god kjemisk bestandighet og minimal vannabsorpsjon.

Transportvekt på bil	Ca. 250 Kg/m ³
Tørr løsvækt i fabrikk	Ca. 225 Kg/ m ³
Lambdaverdi (tørr) komprimert NBI ISO 8301	0,11 W/Mk
Lambdaverdi (våt) komprimert NBI ISO 8301	0,17 W/Mk
Kapillærøppsug komprimert NBI pr EN 960802	150 g/dm ²
Fuktopptak neddykket i nettingbur (etter 3300 t)	12-17 Volum %
Rasvinkel	Ca 45°

Figur 11: Skumglass - tekniske data. For detaljer, se /10/ og /11/

All produksjon av skumglass for det norske markedet foregår innenlands. Skumglass HASOPOR består av 100 % resirkulert glass og produseres av Miljøteknologi Midt-Norge AS på Meråker.



Statens Vegvesen var en av de første som tok skumglass i bruk i Norge. Kombinasjonen av lite kapillærsug, god isolasjonsevne og lav egenvekt gjør det interessant som problemløser i spesielle situasjoner som vegforsterkning, utkilinger, lette fyllmasser mv.

På E6 Melhus er det gjort forsøk med bruk av skumglass både til skråningsdrenering (se 6.2) og til frostisolasjon inn mot ei bru på søndre parsell (se 6.3). Det ble også lagt frostisolasjon under en korrugert stålkulvert – Jaktøya kulvert på nordre parsell.

Bilde 12: Skumglass HASOPOR

For mer informasjon om skumglass henvises til Gjenbruksprosjektets prosjektrapport nr 21 "Gjenbruk av avfallsglass som granulert skumglass i vegkonstruksjoner" /12/

6.2 Skumglass til skråningsdrenering

Forsøket med bruk av skumglass til skråningsdrenering ble gjennomført av anlegget og SINTEF. Skumglasset ble pakket i fiberdukpølser "drain bags", med lengde ca. 2,5 m og diameter ca. 40 cm. Filter- og dreneegenskaper til fiberduken ble tilpasset de aktuelle skjæringsmassene ved testing i lab. Hver pølse veide ca. 30 kg og var derfor lett å plassere manuelt i skjæringen. Dette er en fordel spesielt i bratte skjæringer hvor alternativet med utlegging av pukkstreng med gravemaskin kan være vanskelig. Dette er med andre ord ikke noen test på om skumglass har en god eller dårlig effekt som skråningsdren men snarere i hvilken grad dette er en forenkling i forhold til å bruke pukkstrenger eller tilsvarende.

Skråningen hvor skumglass er brukt ligger nordøst og sør for løsmassetunnelen på Hofstad. Her var det problemer med overflateerosjon som følge av stor grunnvannstrømning i siltige masser.

Nederste del av skjæringen ble plastret med sprengt stein på hele strekningen, mens i øvre del ble det gjort forsøk med ulike typer erosjonssikring.

Det ble gjort forsøk med i alt 4 varianter av skråningsdrenering med bruk av skumglasspølser:

- 1) 5 m avstand med tildekking med kokosmatter
- 2) 5 m avstand uten tildekking med kokosmatter
- 3) 7,5 m avstand med tildekking med kokosmatter
- 4) 7,5 m avstand uten tildekking med kokosmatter

Grøftene ble gravd med 45 graders helning i skjæringen, som vist på bilde 13.

Skjæringsskråningen på Hofstad er ikke brattere enn at det hadde gått greit også å få lagt ut ordinær pukkstreng med bruk av gravemaskin. Dette ville også ha vært et billigere alternativ. Det ble likevel valgt å prøve ut ”drenspølser” her for å få erfaring med denne typen anvendelse av skumglass.



Bilde 13: Skumglasspølser brukt som skråningsdrenering

Det er laget en erfaringsrapport (Prosjektrapport 31009700 Region Midt) fra dette anlegget som også inkluderer bruken av skumglasspølsene. I rapporten står det at drenspølser med skumglass HASOPOR har ført til bedret overflatestabilitet i strekningen nordøst for Hofstadkulverten, der utstrømmende vann over store deler av skjæring var hovedproblemet. Derimot, i strekningen sør for kulverten har skumglasspølsene trolig hatt en marginal effekt og oppnådd skråningsstabilitet tilskrives den utførte plastringen.

Resultater av forsøket er oppsummert i Gjenbruksprosjektets prosjektrapport nr 21 /12/.

Skumglass til frostisolasjon mot bru

For å unngå ujevnt telehiv ble skumglass brukt til utkiling inn mot sørenden av Lenmælbrua. Skumglasset ligger under vegoverbygningen som har en total tykkelse på 1,0 m. Lagtykkelsen på skumglasset var 20 cm inne ved brua og avtagende til 5 cm 25 m fra brua. Ideelt sett skal utkilingen gå helt ned til 0 cm men dette er ikke praktisk mulig med en så grov masse som skumglass (gradering ca. 0-50 mm). Det ble lagt fiberduk både under og over skumglasslaget.

Dette ser ut til å være en gunstig løsning både anleggsteknisk og økonomisk. Sammenlignet med tradisjonell utkiling sparer man en større masseflytningsjobb og kommer billigere ut av det på den måten. Sammenlignet med ekstruderte polystyrenplater er skumglass billigere.

På tilsvarende måte ble det benyttet skumglass som frostisolasjon under Jaktøya kulvert, som er en 2,40 meter bred stålrørskulvert på nordre parsell.

6.3 Forsøksfelt frostisolasjon

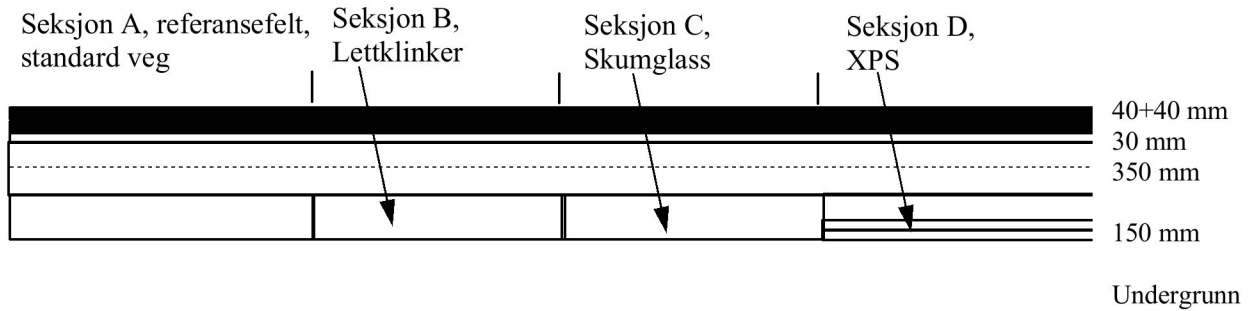
For å kunne sammenligne isolasjonsegenskapene til skumglass er det etablert et eget prøviefelt langs lokalvegen nord for Ratbekkbrua. Isolasjonslagenes tykkelse er basert på dimensjonerende frostmengde på Melhus. Hovedformålet med forsøkene har vært å sammenligne ulike materialer under like feltforhold både ved å undersøke de relative forskjellene og å sammenligne resultatene med beregninger og foreliggende retningslinjer. Resultatene er viktige både for å sikre at retningslinjene i vegnormalene gir ønsket frostsikring, og for å oppnå et riktig konkurranseforhold mellom ulike materialer og løsninger.

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

Ut fra dimensjoneringstabeller i HB 018 har man valgt å underdimensjonere forsøksfeltet noe, for å sikre seg gjennomfrysing i løpet av første vintrene. På sikt vil fuktighet påvirke det tynne XPS laget.

	Leca	Has	XPS	Pukk/sprengt stein
Dekke, Ab11	4 cm	4 cm	4 cm	4 cm
Øvre bærelag, Ag16	4 cm	4	4	4 cm
Forkiling/avretting, EG/ES	3 cm	3 cm	3 cm	3 cm
Forsterkningslag, Pukk/sprengt stein	35 cm	35 cm	42,5 cm	50 cm
Isolasjon (+nedre forsterkningslag)	15 cm	15 cm	2,5 cm	50 cm

Figur 12: Lagtykkelser for de ulike materialene

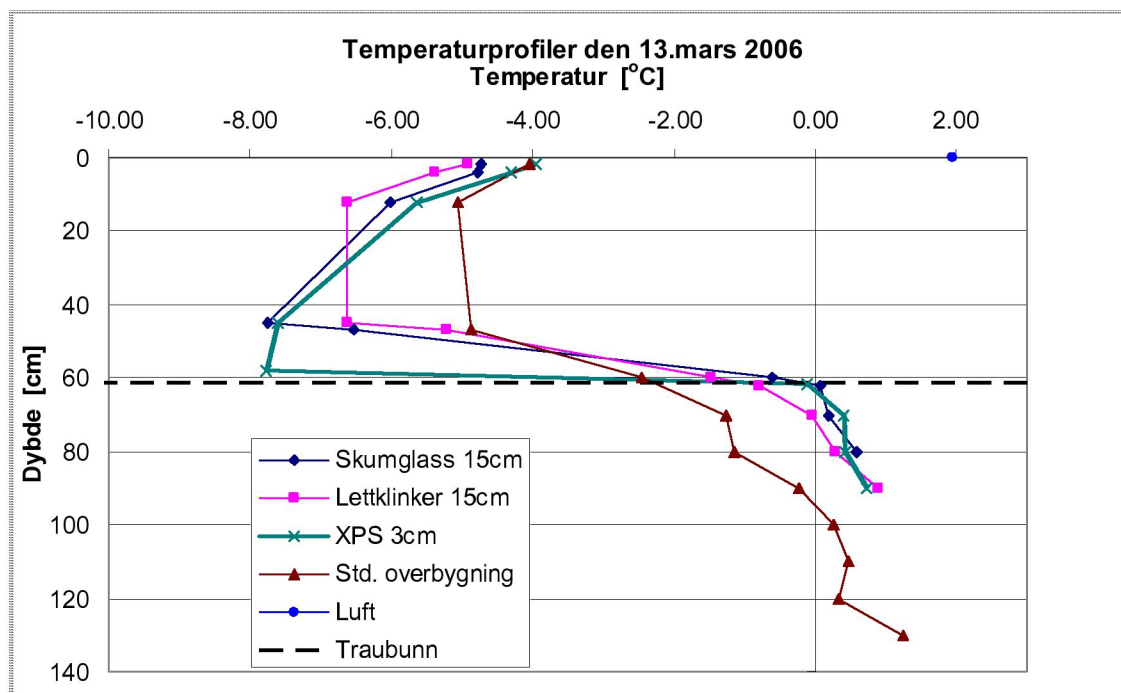


Figur 13: Lengdeprofil lokalveg



Bilde 14: Utlegging av forsøksfelt

Forsøksfeltet har nå vært i drift i ett år og resultater for dette året er presentert i Figur 14. Isolasjon med skumglass og lettklinker er 5 ganger tykkere enn isolasjon med XPS. Selv om resultatene tilsynelatende kan være entydige, viser blant annet målinger av overflatetemperatur at vi bør følge forsøksfeltet nøye videre for å sikre at det ikke er andre faktorer som også har spilt inn og gitt variasjon i frostmotstand.



Figur 14: Temperaturprofil, tre frostisolasjonsmaterialer /13/

Seksjonen med skumglass og XPS viser tilnærmet samme frostmotstand, og verdiene er nært opp mot det numeriske analyser gir. Feltet med lettklinker hadde noe lavere frostmotstand. Feltet uten isolasjon hadde nært opp mot forventet frostnedtregning.

Gjennomsnittlig overflatetemperatur gjennom vinteren er lavere enn lufttemperaturen og gir et betydelig bidrag til frostmengden som påføres konstruksjonen. Bidraget er imidlertid noe lavere enn angitt i "Frost i jord" for Trøndelag for isolert veg, men ligger i samme området som benyttet ved utarbeidelse av dimensjoneringsdiagram i Håndbok 018. Overflatetemperatur for XPS er imidlertid ikke i samsvar med øvrige resultater og dette bør følges opp nærmere neste sesong.

Det tas sikte på å følge opp med målinger i 2 sesonger til med en avsluttende rapport. Foreløpige resultater blir publisert av Gjenbruksprosjektets prosjektrapport nr. 21 /12/.

7 Riving og ombruk

Gjennomføringen av prosjektet har berørt mange bygg. Fra byggherrens side ble det lagt vekt på å finne frem til miljømessig gode løsninger for håndtering av denne bygningsmassen, og det er valgt ulike løsninger for de forskjellige bygningene. Kort oppsummert har følgende bygninger blitt revet, flyttet eller gjenbrukt:

- 7 industribygg
- 23 eneboliger
- 7 campinghytter
- 4 mindre byggverk



Bilde 15: Hus som blir revet

De største riveoppdragene på anlegget ble satt bort gjennom ordinære anbudsrunder. Kun overfladisk miljøkartlegging ble utført av byggherren. I anbudsgrunnlaget ble riveentreprenøren gitt ansvar for selv å lokalisere eventuelt spesialavfall i bygningene og prise kostnadene med å fjerne disse på forsvarlig måte og i henhold til gjeldende lovverk på dette området. Gjenbruksprosent og plan for gjenbruk var et av tildelingskriteriene, i tillegg til pris. Asbest/eternitt ble kjørt til mottak, PCB-forurenset betong gikk til internt godkjent deponi og ren betong gikk til veg/sidefylling.

7.1 Riving og annen etterbruk

Bygningsmassen ble gjenstand for ulike håndteringsmåter, alt etter tilstand og muligheter som bød seg underveis:

- Hel flytting
- Nedriving til deponi/avfallsmottak
- Selektiv riving med maskiner eller håndarbeid
- Styrketesting og annen forskning.
- 5 hus ble brukt til brannøvelser/testing av nytt utstyr

7.2 Flytting av bygninger

Av de sju industribyggene som ble berørt, ble ett (Nor-Dan) demontert og satt opp et annet sted i landet. Dette bygget var relativt nytt og besto av stål og glass. Fra de andre byggene ble brukbare deler tatt vare på av riveentreprenørene og brukt på nytt, mens resten ble revet og levert på godkjent mottak. Dette var i hovedsak betongbygg.



Bilde 16: Demontering av industribygg

23 boliger måtte fjernes som følge av veganlegget. To hus ble flyttet i seksjoner, ett hus ble flyttet omtrent 70 km, mens det andre bare noen hundre meter.



Bilde 17 og Bilde 18: Flytting av hus i seksjoner

De syv campinghyttene ble alle flyttet hele, og også et stabbur. En stor tømmerbygning ble solgt og demontert, for oppbygging et annet sted i fylket.

7.3 Gjenbruk

På mange av husene som skulle rives ble de mest interessante materialene tatt vare på av folk fra Stavne Gård. Det er et kommunalt foretak som blant annet driver arbeidstreningstiltak for A-etat. Blant sine aktiviteter har de et marked for brukte og eldre byggematerialer, innredninger, dører, vinduer og takstein.

I tillegg ble flere av husene solgt til en entreprenør som var interessert i gjenbruk, og som tok vare på alt fra takplater til bordkledning for bruk til "nye" hus/hytter.



Bilde 19 og Bilde 190: Fra Stavne Gård sitt lager for bygningsmaterialer

HIST-studenter gjorde byggetekniske forsøk på bærebjelkene i noen av husene som skulle rives. Det ble også gjennomført brannøvelser i noen av husene som skulle rives. Selv om dette ikke er direkte gjenbruk, representerer det allikevel en form for restverdi som ble tatt vare på.

7.4 HMS

Hensynet til HMS gjør at mindre aktører uten nødvendig kompetanse ikke kan ta oppdrag med riving. Det gjelder også privatpersoner. Risikoen øker med høyere grad av gjenbruk/ selektiv riving. Det vil være fare forbundet med arbeide i høyden, fallende gjenstander, asbestsanering, tomme hus som lekeplass osv.

7.5 Kostnader

Erfaringene fra Melhus sier at det var dyrere med selektiv riving enn massiv riving. Verdien i forhold til tradisjonell riving ligger i gjenbruksgevinsten samt redusert fare for å få farlig avfall på feil sted. Problemet er å kunne vurdere denne gevinsten.

Ved å samarbeide med lokale arbeidsmarkedstiltak kan man likevel få til økonomisk forsvarlige løsninger.

7.6 Neste gang ...

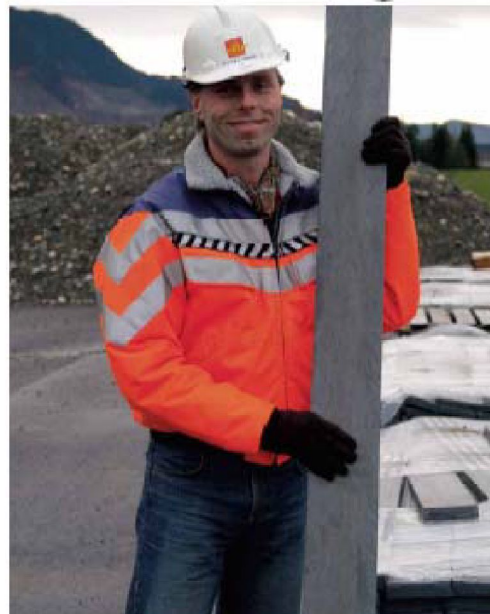
Miljøsaneringsplanen er byggherrens ansvar selv når den er lagt inn i entreprisen. Sjansene for uventede kostnader minker ved byggherrens grundigere forhåndsvurdering av miljøfarer i riveobjekter, men man kan ikke sikre seg mot dem når full miljøsaneringen er utført. Det bør også vurderes om det kan være mulighet for å åpne mer for mindre bedrifter og private.

8 Støyskjermer av returplast

8.1 *Plast - fremtidens materiale*

De siste årene er det i Norge satt opp flere støyskjermer basert på gjenvunnet plast. De fleste er av typen PolyPlank, som er basert på resirkulert plast og trefiber. Disse er normalt hule innvendig for å redusere vekten, og utstyrt med not og fjær for enklere montering.

Tre velges i de fleste tilfeller på grunn av utseendet. Mange blir imidlertid positivt overrasket over utseendet på plastskjermen. Overflaten minner til forveksling om høvlet og godt malt treverk. Normalt brukes samme fundament og design som en treskjerm, så det er vanskelig å se forskjell i forbigarten.



Bilde 20: Prosjektleder Harald Johnsen med en av Plastplankene

På E6 Melhus er det brukt støyskjerm laget av massiv plast uten fiber eller hulrom. Leverandør av plastplanken er Herkules Plast A/S mens skjermene ble bygget av Grunnarbeid AS.

8.2 *Feil farge*

Plankene av plast ble levert i standard mørkegrå farge. Denne fargen var ikke som forutsatt på søndre parsell, og det ble derfor valgt å ikke bruke disse her. Plankene ble i stedet brukt på overgangsskjermer mot bruer på nordre parsell. Det er brukt plastplanker på innsiden av skjermen, mens det på den siden som vender ut mot omgivelsene er brukt vanlig trykkimpregnert treskjerm. I alt 180 meter skjerm med varierende høyde mellom 0,5 og 2,5 meter er satt opp.

8.3 *Plast er miljøvennlig og billig*

Tre har tradisjonelt vært ansett som det mest miljøriktige av alle materialer. Mye tyder imidlertid på at gjenvunnet plast er et vel så miljøvennlige byggemateriale. Mange av de eldre treskjermene har sprekker som slipper gjennom lyden, og dersom de rives har de status som farlig avfall på grunn av impregneringen. I motsetning til treskjermene kan plastskjermen smeltes om inntil tre ganger uten å miste de gode egenskapene.

Prisnivået for plastskjermene ligger i underkant av tilsvarende treskjermer og tar man med fremtidige vedlikeholdsutgifter blir forholdet enda hyggeligere. Støyskjermer av tre krever systematisk vedlikehold for å unngå oppsprekking og gråning. Man har foreløpig ingen langtids erfaringer med plastbaserte skjermene, men det er nærliggende å anta at det vil bli mindre problem enn med en tilsvarende treskjerm.



Bilde 21: De første plankene av returplast er satt opp. På utsiden av skjermen brukes vanlig treverk.

9 Gjenbruk av stedlige masser

Melhus er en kommune med store løsmasseforekomster. For veganlegget var det av stor betydning både for fremdrift og økonomi at de stedlige massene ble utnyttet på en best mulig måte. Silt- og leirige masser fra skjæringer ble kjørt på mellomlager for tørking og deretter gjenbrukt i fyllinger og støyvoller. Gode grusmasser både fra veglinjen og fra sidetak er brukt som tilslag til produksjon av asfalterte bærelagsmasser og dekke samt som grøftesingel/ kabelsand.

10 Gjenbruksmasser i støyvoll – hvorfor ble det ikke noe av?

Det bygges en god del støyskjermingsvoller langs den nye E6 gjennom Melhus, og i en periode var det diskutert om gjenbruksmaterialer kunne brukes i deler av disse. De materialene det var snakk om var oppklippede bildekk og flygeaske fra papirproduksjonen på Skogn. Dette er lette materialer som er spesielt gunstige å bruke på steder med svake grunnforhold for å unngå setninger og geotekniske stabilitetsproblemer.

Etter litt frem og tilbake valgte til slutt anlegget å si nei til å bruke slike materialer i støyvoll ut fra flere årsaker:

- Prosjektet hadde fra før problemer med publikumsopinionen pga. uenigheter om linjevalg og lav erstatning for hus og eiendommer, og var redd at bruk av avfallsbaserte materialer i støyvoll ville medføre mer negativ omtale. Fylkesmannen i Sør-Trøndelag krevde full offentlig høring om saken.
- Det var i samme periode medieoppslag om mulig forurensningsfare ved bruk av oppklippede bildekk i en støyvoll ved E6 i Moss. Aske var imidlertid fortsatt et mulig materiale.
- I og med at lokale masser kunne brukes og at grunnforholdene på Melhus relativt gode var det vanskelig å forsvare ekstrakostnadene ved innkjøp og transport av gjenbruksmaterialer.

11 Konklusjon

Prosjektledelsen på E6 Melhus har hatt en bevisst holdning til gjenbruk, og har vist gjennom handling at en moderne og fremtidsrettet anleggsdrift må inkludere bruk av gjenbruksmaterialer.

Sett under ett kan man konkludere med at Gjenbruksvegen E6 Melhus har vært en vellykket aktivitet for Gjenbruksprosjektet. Prosjektet ønsket å få erfaringer med praktisk bruk i felt, og Gjenbruksvegen E6 Melhus har i så måte svart til forventningene.

Samtidig er det viktig å merke seg fra debatten om støyvollene at gjenbruksmaterialer i mange sammenhenger blir sett på som et miljøproblem heller enn en løsning.

I dette prosjektet kom bruk av gjenbruksmaterialer på banen først etter det ble prosjektert med tradisjonelle materialer og, i noen tiltak, etter entreprisene var avtalt. Dette medførte tilleggsarbeid og en dårligere kontroll over kostnadene. Bruk av gjenbruksmaterialer, selv kun i forsøksstrekninger, skal vurderes helt fra starten av prosjektet og være med i anbudsgrunnlag.

12 Takk til ...

Forsøkene omtalt i denne rapporten har hatt stor hjelp fra anlegget E6 Melhus, som prosjektet hermed retter en stor takk til. Gjenbruksprosjektet fikk både økonomisk støtte og velvilje, kunnskap og engasjement fra Gunnar Knag og Harald Inge Johnsen (prosjektledere), Ine Louise Gressetvold, Roger Gjeldnes og Svein Selleseth. En spesiell takk til utbyggingssjefen i Region midt, Arne Magne Feragen, som også har vært medlem av prosjektrådet til Gjenbruksprosjektet. Han bidro sterkt til at det ble en gjenbruksveg på E6 Melhus og har gjennom hele prosjektperioden vist interesse og uttalt engasjement for bruk av gjenbruksmaterialer i praksis

13 Referanser

- ¹ Statens Vegvesen Håndbok 018 Vegbygging, januar 2005.
<http://www.vegvesen.no/vegnormaler/hb/018>
- ² Joralf Aurstad, SINTEF /Statens vegvesen: ”Gjenbruk av knust betong i vegbygging - Mekaniske egenskaper og testmetoder”, Prosjektrapport nr 11 fra Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2422, Statens vegvesen 2005.
- ³ Kontrollrådet for betongprodukter – Tekniske bestemmelser for klasse V – resirkulert tilslag. Mars 2003. Dokumentet ble trukket 1. januar 2006 i påvente av CEN bestemmelser for resirkulert tilslag.
- ⁴ Statens vegvesen Håndbok 014, laboratorieanalyser, juni 2005.
www.vegvesen.no/vegnormaler/hb/014/
- ⁵ Gordana Petkovic, Bente Lillestøl: ”Materialeegenskaper for resirkulert tilslag”, RESIBA Prosjektrapport 02/2002, NBI Prosjektrapport 332, 2002.
- ⁶ ”Knust betong som forsterkningslag på E6 Melhus – Resultater fra felt- og laboratorieundersøkelser”, SINTEF-rapport nr STF50 A05061, august 2005
- ⁷ Olav Ruud, ATI et al: ”Varm asfaltgjenvinning i verk”, Prosjektrapport nr. 3 fra Gjenbruksprosjektet, Internrapport nr 2350.
- ⁸ http://www.dot.ca.gov/hq/esc/Translab/pubs/Caltrans_Aspphalt_Rubber_Usage_Guide.pdf
- ⁹ <http://www.vegvesen.no/miljovegdekke/>
- ¹⁰ Dokumentasjon av nytt produkt – granulert skumglass Byggforsk informerer 06-05
- ¹¹ Det nytter! Skumglass, luft og resirkulert glass gir miljøvennlig isolasjon. Informasjonsbrosjyre fra Norsk Glassgjenvinning om skumglass HASOPOR og Glasitt
<http://www.glassmetall.no/cgi-bin/apeland/imaker?id=8662>
- ¹² ”Gjenbruk av avfallsglass som granulert skumglass i vegkonstruksjoner”, Prosjektrapport nr. 21 fra Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr. 2445.
- ¹³ Øiseth, E., R. Aabøe & I. Hoff: ”Filed test comparing frost insulation materials in road construction”, 13th International Cold Regions Engineering Conference, Main USA, 23.-26. juli 2006.

VEDLEGG

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 1: UTLEGGING OG KOMPRIMERING	III
VEDLEGG 1A: UTLEGGINGS- OG KOMPRIMERINGSPROSEDYRE KNUST BETONG, FELTFORSØK E6 MELHUS.....	IV
VEDLEGG 1B: FELT- OG MATERIALKONTROLL (UTDRAG).....	VII
VEDLEGG 2: UTDRAG FRA FOLDEREN ALTERNATIVE MATERIALER FRA NORDISK VEGTEKNISK FORBUND, UTVALG 34.....	IX
VEDLEGG 3: TEKNISKE SPESIFIKASJONER GUMMIGRANULAT	XI
VEDLEGG 4: PROPORSJONERING AV GUMMIASFALT	XIII
VEDLEGG 5: DELPROSJEKT 6 "GJENBRUKSVEGEN"	XVII
VEDLEGG 6: RAPPORTOVERSIKT STATENS VEGVESENS GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005	XIX

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 1: UTLEGGING OG KOMPRIMERING



Sandvolummeter i praksis; forsterkningslag av knust betong på E6 Melhus.

VEDLEGG 1A: UTLEGGINGS- OG KOMPRIMERINGSPROSEDYRE KNUST BETONG, FELTFORSØK E6 MELHUS

Feltforsøk E6 Melhus: Utleggings- og komprimeringsprosedyre knust betong

Formål

På nye E6 ved Melhus skal det legges ut en prøvestrekning (ca 200 m) med **ubundet knust betong som forsterkningslag**.

Gjennom dette feltforsøket ønsker man å foreta en sammenligning av vanlig pukk og knust betong for å få vurdert egenskapene til betongen i full skala og med reelle belastninger.

Utgangsmaterial

Betongmaterialet kommer fra oppknuste elementer av forholdsvis ny dato (rester fra industribetong). Den forventes dermed å ha relativt høy standard både når det gjelder renhet og mekanisk styrke.

Materialeegenskapene vil bli kartlagt i detalj i laboratorium, parallelt med feltutprøvingen.

Den knuste betongen skal utprøves i to ulike fraksjoner; 0-100 mm og 20-100 mm.

Håndtering

Håndtering av knust betong behøver ikke skille seg så mye fra håndtering av grus eller knust fjell. Samme utleggingsteknikker og komprimeringsutstyr kan benyttes, men man bør/må ta hensyn til **fare for nedknusing** og **høy porøsitet** (stor vannabsorpsjon).

- Materialene skal lastes, transporteres og losses på en slik måte at forurensning og skadelige separasjoner unngås.
- Utlegging kan gjøres med veghøvel, men man må være spesielt obs på å unngå skadelig separasjon og sikre ensartet fordeling av materialene.
- Anbefalinger fra andre prosjekter tilsier at man ikke bør legge ut tykkere lag enn 20 cm om gangen, større prosjekterte tykkelser deles opp og legges i flere lag. På Melhus må man akseptere en praktisk tillemping. Total prosjektert tykkelse er 45-65 cm. Da d_{\max} er 100 mm antas at materialet kan legges ut i 30 cm tykkelse, dvs 2 lag.
- For å kunne sammenligne materialene 0-100 mm og 20-100 mm er det viktig at man unngår videre nedknusing etter utlegging. Anleggstrafikk på utlagt knust betong må unngås så langt som mulig.

Ekstra vanning

Erfaringer har vist at tørr betong knuses lettere ned enn våt betong. Derfor bør man unngå å bygge inn tørt material. Vanninnholdet har også meget stor betydning for komprimerbarheten.

Rikelig vanning bør derfor foretas både før og under komprimering for å sikre tilstrekkelig fritt vann som "smøring" mellom kornene (væravhengig?).

På 0-100 materialet bør man sikte seg inn på optimalt vanninnhold. Optimalt vanninnhold er vesentlig større hos knust betong enn hos vanlige grusmaterialer (størrelsesorden **11-12 %**). På grunn av materialets høye porøsitet vil mye vann trekkes inn i materialet.

Erfaringer fra andre prosjekter tilsier at man bør vanne i god tid (dager) på forhånd for å "mette" materialet før man starter komprimeringen.

På 20-100 materialet vil overskuddsvann drenere unna, for mye vanning vil derfor ikke være noe problem.

Komprimering

I tillegg til å sammenligne feltene med 0-100 mm og 20-100 mm betongmaterial ønsker man å se på effekten av å bruke ulike valsetyper ved komprimering av materialene.

Med utgangspunkt i Figur 522.3 i Hb 018 Vegbygging tenker man seg følgende opplegg:

- Venstre halvdel av vegen (begge felt); vibrerende slepevals 5-8 tonn
- Høyre halvdel av vegen (begge felt); selvgående vibrovals 10-13 tonn

Komprimeringskontroll

Dette er et viktig demonstrasjonsprosjekt for Gjenbruksprosjektet, og dokumentasjon er derfor svært viktig. Man må skape forståelse for at dette vil medføre noe saktere framdrift i utleggingen/ komprimeringen av forsøksfeltene sammenlignet med resten av anlegget (standardoverbygning med puk).

Komprimeringen ønskes fulgt opp i detalj med platebelastningsforsøk og isotopmåler (Troxler).

Hvert av prøvefeltene (med hhv 0-100 og 20-100 material) er på 100 m. Det tas sikte på målinger med 20 m mellomrom, dvs 5 punkter pr felthalvdel som vist i figur 1.

NB! Den knuste betongen vil legges ut i to separate lag (jfr kapittel 3), målingene skal gjøres på **begge lag**.

FIGUR 1 Prøvefelt med målepunkter (gjelder både lag 1 og lag 2 der betongen legges i to lag)

	Felt 1 (0-100 mm Gjb)					Felt 2 (20-100 mm Gjb)				
Venstre side (slepevals)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Høyre side (selvgående vals)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Profil (meter)	10	30	50	70	90	110	130	150	170	190

I hvert målepunkt foretas

- Platebelastningsforsøk (15.328 i Hb 015 Feltundersøkelser) etter annenhver valseoverfart.
- Densitetsmåling med Troxler (15.325 i Hb 015 Feltundersøkelser) etter hver valseoverfart.

Dette er nærmere vist i tabell 1.

TABELL 1 Kartlegging av komprimeringsegenskaper/-forløp (for hvert målepunkt i figur 1)

Antall valse- Overfarter	Plate- belastning	Troxler
1	x	x
2		x
3	x	x
4		x
5	x	x
6		x
7	x	x

Komprimeringskriterier:

- Platebelastning: Tilfredsstillende komprimering anses oppnådd når $E2/E1 < 2.5$
- Troxler: Tilfredsstillende komprimering anses oppnådd når målte Densitetsverdier når et topp-punkt(?) (Da vi har lite erfaringer med bruk av isotopmåler på slike materialer er det litt usikkert hvordan verdiene utvikler seg.)
- Visuelt: Vær obs på begynnende nedknusing av materialene

Man må unngå å knuse ned 20-100 materialet ved innbyggingen, da et viktig moment med forsøksvegen er å sammenligne langtidsegenskapene (etterbinding osv) for dette materialet med det mer finstoffholdige 0-100 materialet.

Sannsynligvis vil man ved rikelig vanning kunne oppnå tilfredsstillende E2/E1-verdier fra platebelastning på færre antall overfarter enn det som er indikert i tabell 1. Komprimeringen bør/må da stanses.

Jevnhet

Overflatekontroll av jevnhet utføres på normal måte (som for standardoverbyggingen med pukk).

Sammenligning med standardmaterial (pukk)

Målinger/komprimeringskontroll på de tilstøtende parseller med standardoppbygging er ikke behandlet her, der følges vanlig opplegg. Men verdiene derfra vil bli sammenholdt med målingene på betongmaterialene.

VEDLEGG 1B: FELT- OG MATERIALKONTROLL (UTDRAG)

Statens vegvesen
Region midt
Vegteknisk seksjon

Rapport

Dato:
2004-10-14

Saksbehandler:
J.E.Dahlhaug

Fagområde: Vegteknikk		Kommune: Melhus Nr: 1653	Emneord: A: Gjenbruk
Arkiv nr.: 48		UTM-ref.: NR 643 172	B: Betong
Veg nr.: Ev 006	Hp nr.: 08	Kartblad: 1621 IV	C: Forsterkningslag
Oppdragsgiver: Gjenbruksprosjektet v/ G. Petkovic			
Fordeling: G. Petkovic, G. Berntsen, J. Aksnes, D. A. Tangen, J. Aurstad, N. Uthus; E6 Melhus, Ark./sirk.lab.			
Antall sider: 3	Antall vedlegg: 19	Tegning nr.:	

OPPDRAGSNR.: UD800E

RAPPORT NR.: 01

**TITTEL: GJENBRUKSVEGEN E6 MELHUS
DATARAPPORT**

Saksbehandler: **J. E. Dahlhaug**

Prosjektkontroll: **P. O. Berg**

SAMMENDRAG:

Vegteknisk seksjon har på oppdrag fra gjenbruksprosjektet, utført forundersøkelser, prøvetaking og komprimeringsmålinger i forbindelse med FoU-forsøk med bruk av gjenbruksbetong som forsterkningslag på en ca. 160 meter lang strekning på E6 like sør for Melhus.

Forsøket har bestått i å bruke 0-100mm og 20-100mm gjenbruksbetong til forsterkningslag i tykkelse fra 64 til 81cm i to strekninger, hver på ca. 80 meter. Gjenbruksbetongen ble levert fra Franzefoss, som nedknust materiale fra avfall fra betongelementproduksjon. Det ble brukt en lett vals til komprimering på venstre side og en tung vals på høyre side (for stigende km).

- Rapporten inneholder oversikt over resultater fra prøver av materiale fra verk, data fra kontrollen på vegen og fra prøvetakinga på veg. Forundersøkelsen omfatter siktekurver av materiale og Proctor og CBR-forsøk. Vegkontrollen omfatter komprimeringskontroll med platebelastning og nivellement, geometrisk kontroll av laghøyder med totalstasjon (Mesta) og bæreevne målinger med fallodd. Prøvene fra veg er analysert mhp. kornkurver.

- Resultatene er samlet i vedlegg, vist i skjema og tabeller.

- Resultatene antyder kort oppsummert, at liten vibrovals gir bedre komprimering enn stor vibrovals, at vanninga har stor betydning for komprimeringsresultatet og at 0-100mm-strekningen viser bedre styrkeegenskaper etter en tid, enn 20-100mm-materialet.

Distriktsvegkontoret, Prinsens gt. 1, 7468 Trondheim. Tlf. 73 19 90 00, fax 73 58 26 01

KOMMENTARER:

Hovedinntrykket ved utlegginga av forsøksfeltet er følgende:

- Liten vibrovals gir bedre komprimering/styrke enn stor vibrovals
- Vanninga har avgjørende betydning for komprimerings-/styrkeresultatet
- Overbygning med 0-100mm Gjb viser større E-modul og bæreevne enn 20-100mm

Det må bemerkes at det er forholdsvis få målinger som resultatene er basert på. Men likevel gir de en viss pekepinn.

Et halvt år etter utlegging viser både bæreevne og E-modul-verdier, målt på avrettingslaget, bedre resultater for strekningen med 0-100mm-materialet, enn for strekningen med 20-100mm-materialet. Selv om 0-100mm-materialet ble komprimert med kun 2 overfarer, mot 20-100mm-materialets hele 10 overfarer.

E-modulen (målt på avrettinga) viser tydeligst forskjell mellom de to typene med gjenbruksbetong forsterkningslag. E-modulen på 0-100mm-strekningen er 20-50 % høyere enn 20-100mm-strekningen. Merk også at forskjellen er størst ved bruk av liten vals.

E-modulen målt på avrettingslaget etter et halvt år, viser for 0-100mm materialet framdeles høyest verdi for sida utført med liten vals. E-modulen for 20-100mm-materialet er nå høyest for sida utført med stor vals. Forskjellene er her dog bare ca. 10 % i begge retninger.

Bæreevnen målt på topp dekke, antyder framdeles høyest bæreevne for 0-100mm-strekningen. Forskjellen er i størrelsesorden 8-14 %.

Bæreevnen på topp dekke, er høyest for sida komprimert med stor vals og forskjellen er størst for 0-100mm-strekningen. Forklaringa kan være forskjeller i tykkelsen på betonglaget og bidraget fra herdeprosessen.

Forskjellene i lagtykkelsene for både asfalt-, kult- og gjenbruksbetonglaget, både på langs og på tvers på strekningene, kompliserer vurderinga av resultatene.

En sammenligning med tilliggende sprengstein-strekning, antyder, med de få data som finnes, omtrent samme bæreevneverdier for 20-100mm-strekningen, mens en antydning høyere verdier for 0-100mm-strekningen.

CBR-forsøkene antyder en styrke på 120-130 i CBR-verdi. Finstoffmengden fordobles omtrent med komprimeringsarbeidet ved innstampinga av 0-19mm-materialet ved forsøket.

For en teoretisk etterregning av E-moduler for de enkelte lagene, bør tykkelsen i de enkelte målepunkt benyttes (eventuelt bestemmes spesielt).

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 2: UTDRAG FRA FOLDEREN ALTERNATIVE MATERIALER FRA NORDISK VEGTEKNISK FORBUND, UTVALG 34

Det arbeides med å finne de best egnede metodene for teknisk og miljømessig karakterisering av disse materialene. Noen viktige materialparametre ved vurdering av praktisk bruk vil f eks være:

Materialtype	Densitet [kg/m ³] ¹	E-modul [MPa] ²	Varmeledningsevne [W/mK] ³	Permeabilitet [m/s]	Utlekkingspotensial ⁴
Asfaltgranulat	1500 – 1600 (bulk) 1900 – 2200 (kompr)	600 – 800 (komprimert)	1,0 – 1,5		0 (?) obs tjære
Knust betong	1300 – 2000	280 – 700		1-7 x 10 ⁻⁵	0 (?) obs renhet
Knust tegl	1200 – 1400 (bulk)	70 – 100	0,6 – 0,8		0 (?) obs renhet
Gravemasser (stein, sand, jord)	1500 – 2100		0,7 – 2,5	> 10 ⁻⁵ (merk finstoffinnhold)	0 (?) obs renhet
Avfallstein	som pukk (mineralavhengig)	som pukk	0,7 – 1,5 (som pukk)	> 0,01 (som pukk)	0
Bildekk/Gummi (oppkuttet)	300 – 500 (løs) 550 – 850 (kompr)	0,5 – 3	0,1 – 0,25	0,015 - 0,15	?
Masovns slag (hyttstein, hyttsand)	1000 – 1450 (bulk)	500 – 600	0,3 – 0,9		?
Ferrokromslag	1100 – 1650 (bulk)	100 – 150	0,4		0?
Stålslag	1650 – 1800 (bulk)		0,9		?
Støpesand	1600 – 1750 (ρ _s)			10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁵	?
Flygeaske	700 – 1000 (bulk)	50 – 700	0,4 – 1,0	10 ⁻⁸ – 10 ⁻⁶	?
Bunnaske	900 – 1200 (bulk)	50 – 100	0,7 – 1,0	10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁵	?
Slaggrus (bunnaske søppel-forbr.)	1370 – 1780 (tørr)	45 – 140	0,2 – 0,5	10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁵	?
Knust glass	2000-2500 (ρ _s) 1600 – 1700 (bulk)		0,21		0 (?)
Skumglass	180 lett (bulk) 225 standard	400 (ca)	0,10 – 0,14	10 ⁻⁴ – 10 ⁻³	0 (?)
Plastavfall					?

Åpen rute betyr at data foreløpig mangler eller ikke har vært mulig å framskaffe i tilgjengelig materiale.

Øvrige anmerkninger:

- ¹ Densitet avhenger av mineralogi og sammensetning.
- ² E-modul på utlagt, komprimert lag (foreliggende måledata er varierende).
- ³ Varmeledningsevnen avhenger sterkt av vanninnholdet (*verdiene gjelder for ikke-frosset tilstand*).
- ⁴ "0" angir ingen fare for utlekking. Men dette avhenger av materialsammensetning, opphav, prosjektets beliggenhet i forhold til resipient etc. Arbeid med miljøkarakterisering pågår. Dette arbeidet vil gi dokumentasjon av materialenes miljøtekniske egenskaper og endelig grunnlag for anbefalte bruksområder.

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 3: TEKNISKE SPESIFIKASJONER GUMMIGRANULAT

Data Sheet :

Product name: **Rubber powder**

Granulate producer & type: **GENAN - Powder**

Classification: **ASTM D 5603 - 01 / Grade 1 and 5**

Revision: 01.3.2004

Properties	Test methods after ASTM	Specification values after ASTM	Typical value GENAN granulat & powder
Specific gravity		n.a.	1,10-1,20 g/cm ³
Bulk density		n.a.	App. 500 kg/m ³
Ashes	D 297, 34-37	Max. 8%	Max. 5%
Acetone extractables	D 297, 17-19	8-22%	11-17%
Carbon black content ¹⁾	D 297, 38-39	26-38%	32-36%
Rubber hydrocarbon content	D 297, 11	Min. 42%	Min. 42%
Loss on heating (2h@105°C) ²⁾	D 1509	Max. 1%	Max 1%
Natural rubber	D 297, 52-53	10-35%	App. 30%
Free metal content	D 5603, 7.3.2	Max. 0,1%	Max. 0,05%
Free fibre content	D 5603, 7.4	Max. 0,5%	Max. 0,3%

1) In some tyres silica SiO₂ is used as partly replacement for carbon black

2) App. Water content

As the products are made from a large number of different tyre types, GENAN cannot give any exact values of the elastomeric composition of the material. The following can be used as a guideline:

Natural rubber	app. 30%
SBR (styrene-butadiene rubber)	app. 40%
BR (butadiene rubber)	app. 20%
IIR/XIIR (Butyl- and halogonated butyl rubber)	app. 10%

Health and safety:

Not a dangerous substance handled in accordance with good industrial hygiene and safety practice.

These product specifications have been prepared to the best of our knowledge, and we shall not be liable for any insufficiency or inaccuracy in such information in any case whatsoever.

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 4: PROPORSJONERING AV GUMMIASFALT



		ANALYSERAPPORT	
SINTEF Teknologi og samfunn Veg- og jernbaneteknikk		OPPDRAGSGIVER	
Postadresse: 7465 Trondheim Besøksadresse: Høyskoleringen 7 Telefon: 73 59 69 85 Telefaks: 73 59 14 78		Statens vegvesen, Vegdirektoratet, VOTT	
Foretaksnr: NO 948 007 029 MVA		PRØVEMATERIALE	
		Asfaltmasse tilsatt gummigranulat	
		OPPDRAGETS ART	
		Proporsjonering av Ska 11 tilsatt 1 vekt-% og 3 vekt-% gummigranulat. Testing etter Cantabro	
PROSJEKTNR.	DATO	DERES REF.	
503523	31.10.06	Jostein Aksnes	
RAPPORTNUMMER	GRADERING	UTFØRT AV (navn, sign.)	
	Åpen	Stein Hoseth og Tore Menne	
ELEKTRONISK ARKIVKODE		GODKJENT AV (navn, sign.)	VEDLEGG
I:\Pro\503523 Miljøvennlige vegdekker\GummiASFalt 2005\Analyserapport1.doc		Bjørn Ove Lerfald	

UTFØRELSE:

Asfaltmassene er proporsjonert etter Marshallmetoden, metode 14.5561 i håndbok 014.
Cantabro er utført etter metode 014.555 (september 2004), *prøving av tørre asfaltprøver*, i håndbok 014.

RESULTATER:

Cantabro-test

Testen er utført på tørre asfaltprøver.

Testen er utført ved 22 °C.

Prøvene er produsert i Marshallstamper med 75 slag pr. side.

Merkingen av prøvene er som følger:

A1-A5: referansemasse, Ska11 uten tilsetning av gummigranulat

B1-B5: Ska 11 med 1 vekt-% gummigranulat

C1-C5: Ska 11 med 3 vekt-% gummigranulat

Resultatene fra Cantabro er gitt i etterfølgende tabell:

Prøve	Densitet g/cm ³	Hulrom %	Masse start m1, g	Masse etter test m2, g	Partikkeltap %
A1	2,465	0,83	1265,2	1207,9	4,53
A2	2,423	2,51	1261,3	1154,7	8,45
A3	2,468	0,71	1257,9	1199,8	4,62
A4	2,449	1,47	1258,9	1176,9	6,51
A5	2,416	2,80	1241,7	1148,4	7,51
Gj.snitt					6,33
B1	2,387	2,27	1267,6	1200,1	5,33
B2	2,296	6,03	1264,6	1173,3	7,22
B3	2,356	3,57	1268,4	1192,1	6,02
B4	2,365	3,18	1268,2	1192,9	5,94
B5	2,328	4,70	1255,3	1173,4	6,52
Gj.snitt B					6,20
C1	2,253	4,10	1163,3	1130,3	2,84
C2	2,235	4,86	1182,7	1149,1	2,84
C3	2,242	4,58	1169,6	1128,0	3,56
C4	2,262	3,74	1153,7	1118,6	3,04
C5	2,241	4,60	1178,2	1135,4	3,63
Gj.snitt C					3,18

Proporsjonering

Resultater fra proporsjonerigen er vist på de etterfølgende sider:

Resultater fra Marshall-proporsjonering.

Ska 11 med 1% gummitilsetning

1 vekt % gummitilsetning	Kondisjonering: Ingen	Kondisjonering: 2 timer 160°C
Bitumeninnhold:	6.5%	6.5%
Hulrom:	3.10%	2.16%
Bitumenfylt hulrom	83.2%	87.7%
Korrigert stabilitet	6873 N	8485 N
Flyt	3.9 mm	3.4 mm
Stivhet	1970 N/mm	2823 N/mm

Siktekurve:

Siktestørrelse (mm)	(%)	Toleranse (±)
11.2	12.4	6
8.0	45.0	6
4.0	61.9	6
2.0	70.3	6
1.0	77.3	4
0.5	82.7	4
0.25	86.6	4
0.125	89.5	3
0.063	92.6	2

Sammensetning:

Tilslag	Forekonst	Densitet	Sortering	Andel
Pukk	Ottersbo	2.759	8-11	46
Steinmel	Ottersbo	2.759	0-8	33
Grus	Heggberget	2.705	0-11	12
Fr.filler	Hylla	2.740	0-0.5	8
Gummigranulat		1.100	0-2	1
Bitumen			70/100	6.5%
Fiber				4%
Amin				0.3%

Resultater fra Marshall-proporsjonering.

Ska 11 med 3% gummitilsetning

3 vekt % gummitilsetning	Kondisjonering: Ingen	Kondisjonering: 2 timer 160°C
Bitumeninnhold:	7.5%	7.5%
Hulrom:	4.44%	4.21%
Bitumenfylt hulrom	79.0%	80.0%
Korrigert stabilitet	3991 N	5162 N
Flyt	5.4 mm	4.3 mm
Stivhet	803 N/mm	1295 N/mm

Siktekurve:

Siktestørrelse (mm)	(%)	Toleranse (±)
11.2	12.9	6
8.0	54.4	6
4.0	70.1	6
2.0	75.4	6
1.0	81.5	4
0.5	85.4	4
0.25	87.7	4
0.125	89.7	3
0.063	92.7	2

Sammensetning:

Tilslag	Forekonst	Densitet	Sortering	Andel
Pukk	Ottersbo	2.759	8-11	59
Steinmel	Ottersbo	2.759	0-8	18
Grus	Heggberget	2.705	0-11	11
Fr.filler	Hylla	2.740	0-0.5	9
Gummigranulat		1.100	0-2	3
Bitumen			70/100	7.5%
Fiber				4%
Amin				0.3%

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 5: DELPROSJEKT 6 "GJENBRUKSVEGEN"

Den overordnede målsettingen med delprosjekt 6 er å få testet ut gjenbruksmaterialer i felt. Dette har skjedd både med demonstrasjoner av kjente løsninger og uttesting av nye bruksområder hvor vi mangler kunnskap og erfaring. Det har vært viktig å samle erfaring fra den anleggstekniske utførelsen. I tillegg har delprosjektet gitt oss verdifull informasjon om materialenes oppførsel under trafikk- og klimapåkjenning. Gjennom fullskala uttesting i felt har det også vært mulig å analysere problemer knyttet til økonomi, logistikk og miljøregnskap.

I delprosjekt 6 "Gjenbruksvegen" er det utpekt to spesielle gjenbruksprosjekt. Det er E-6 Melhus i Sør Trøndelag og E6 Assurtjern – Klemetsrud i Akershus.

På anlegget E6 Melhus ble det brukt knust betong i forsterkningslaget, knust asfalt som forkiling av bærelag, gummigranulat i asfaltdekke, og skumglass til frostsikring og drenering. I tillegg er det brukt støyskjermer av plast samt gjennomført flytting og selektiv riving av hus.

På anlegget E6 Klemetsrud har man prøvd ut midlertidig lagring, prosessering og gjenbruk av anleggets egne rivemasser av betong. Materialet ble brukt i vegoverbygging. Et stort forsøksfelt for utlekkingsmålinger av vegoverbygning med knust betong og skumglass er lagt til en kontrollstasjon ved E6. Det er også lagt blanding av knust betong og asfalt på et mindre forsøksfelt. I tillegg ble det brukt asfalt som avstrøing av skuldre, kompost på skråninger, skumglass som lette masser. En støp med betong der 100% av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag ble også gjennomført.

"Gjenbruksvegene" E6 Melhus og E6 Klemetsrud – Assurtjern rapporteres i hver sin projektrapport.

Arbeidsgruppen i DP6 har variert med tid og oppgaver:

Arne Sørli (oppstart), Jostein Aksnes (E6 Melhus), Roald Aabø (E6 Klemetsrud – Assurtjern), og Dag Atle Tangen, som har hatt ansvar for slutføring av arbeidet på E6 Melhus og mesteparten av arbeidet på E6 Klemetsrud-Assurtjern.

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 6: RAPPORTOVERSIKT STATENS VEGVESENS GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005

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

14D	2436	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – Skumglass	DP2	Arnt-Olav Håøya, Rambøll As et al.
15	2437	Finstoffinnhold i gjenbruksbetong	DP3	Joralf Aurstad, Statens vegvesen et al.
16	2438	Kjemisk nedbrytning av resirkulert tilslag. Forsøk med akselerert vanngjennomstrømning	DP3	Christian J. Engelsen, NBI /SINTEF Byggforsk et al.
17	2439	Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag	DP3	Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, NBI /Standard Norge
17A	2440	Støttemur ved E6 Taraldrud. Anleggstekniske erfaringer med bruk av knust betong i nye betong	DP3 /DP6	Dag Atle Tangen, Brobyggern AS /Statens vegvesen
18	2441	Gjenbruksvegen E6 Klemetsrud – Assurtjern	DP6	Dag Atle Tangen, Brobyggern AS /Statens vegvesen
19	2442	Reelle muligheter for gjenbruk – status ved avslutning av Gjenbruksprosjektet	DP7	Gordana Petkovic, Statens vegvesen
20	2377	Utradisjonelle gjenbrukstiltak – Eksempelsamling	DP8	Dag Atle Tangen, Brobyggern AS /Statens vegvesen
21	2445	Gjenbruk av avfallsglass som granulert skumglass i vegkonstruksjoner	DP5	Roald Aabøe, Statens vegvesen et al.
22	2446	Flyveaske fra papirproduksjon brukt i kalksementpeler	DP5	Guro Brendbekken, Optimal geoteknikk et al.

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



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005