

Øystein Myhre (Statens vegvesen), Lars Skaare (Veidekke), Jacob Mehus (NBI)

Ubunden bruk av resirkulert tilslag i veger og plasser

RESIBA – prosjektrapport 05/2002



Prosjektrapport 346
Øystein Myhre, Lars Skaare, Jacob Mehus
Ubunden bruk av resirkulert tilslag i vegger og plasser
RESIBA - prosjektrapport 05/2002

Emneord: Gjenvinning, miljø, betong, BA-avfall, resirkulert tilslag, ubunden bruk, vegger, plasser

ISSN 0801-6461
ISBN 82-536-0791-1

200 eks. trykt av
S.E. Thoresen as
Innmat: 100 g Kymultra
Omslag: 200 g Cyclus

© Copyright Norges byggforskningsinstitutt 2003

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndverkslovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med Norges byggforskningsinstitutt er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO
Tlf.: 22 96 55 55
Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

FORORD

Prosjektet RESIBA (Resirkulert tilslag for bygg og anlegg) utføres med økonomisk støtte fra GRIP-senter/program ØkoBygg, i samarbeid mellom:

- Veidekke ASA (formann i styringskomité: Ole Skytterholm, Veidekke Gjenvinning AS)
- BA Gjenvinning AS (prosjektansvarlig: Edgar Dønåsen)
- Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling
- Statens vegvesen Oslo
- Kontrollrådet for betongprodukter
- Akershus fylkeskommune
- Oslo kommune, Plan- og bygningsetaten
- Optiroc AS
- Norges byggforskningsinstitutt (prosjektleder: Jacob Mehus)

RESIBA består av følgende delprosjekter:

- DP1: Deklarasjon og kvalitetskontroll
- DP2: Demonstrasjonsprosjekter
- DP3: Kunnskapsformidling

Denne prosjektrapporten inngår i en serie rapporter fra RESIBA:

- Prosjektrapport 01/2000: Bruk av resirkulert tilslag i bygg og anlegg – status 2000
- Prosjektrapport 02/2002: Materialelegenskaper for resirkulert tilslag
- Prosjektrapport 03/2002: Miljøpåvirkning ved bruk av resirkulert tilslag
- Prosjektrapport 04/2002: Forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag
- Prosjektrapport 05/2003: Ubunden bruk av resirkulert tilslag i veger og plasser
- Prosjektrapport 06/2002: Ubunden bruk av resirkulert tilslag i VA-grøfter
- Prosjektrapport 07/2002: Bruk av resirkulert tilslag i sementbaserte produkter

Sammendrag av hver prosjektrapport blir lagt ut på prosjektets nettsider

www.byggforsk.no/Prosjekter/RESIBA

Komplette rapporter bestilles hos Norges byggforskningsinstitutt.

Hovedforfattere av denne prosjektrapporten er Øystein Myhre (Statens vegvesen, Vegdirektoratet), Lars Skaare (Veidekke ASA) og Jacob Mehus (NBI). Viktige bidrag og hjelp til utarbeidelse av rapporten er kommet fra Bjørn Dieseth (Statens vegvesen, Oslo) og Gordana Petkovic (Statens vegvesen, Vegdirektoratet).

Oslo, mars 2003

Trine Tveter
Forskningsjef

Jacob Mehus
Prosjektleder RESIBA

SAMMENDRAG

Bruk av resirkulert tilslag i ubunden form – til vegger, plasser, grøfter og fyllinger – ser ut til å være bruksområdet med størst potensial. Målsetting for delaktiviteten beskrevet i denne rapporten har vært å undersøke egnethet av resirkulert tilslag til bruk i vegger og plasser.

I Norge brukes årlig drøyt 50 millioner tonn sand, grus og knust fjell, hvorav ca. 40 % til bærelag, forsterkningslag og ballast¹. Potensiell mengde resirkulert tilslag slik det her er definert er årlig ca. 1 millioner tonn, dvs. ca. 2 % av forbrukt mengde sand/grus/pukk.

Egnethet av resirkulert tilslag til vegger og plasser er i RESIBA undersøkt i fem ulike demonstrasjonsprosjekter. I tillegg er noen eksempler fra andre prosjekter omtalt. Det foreligger ikke regelverk for bruk av resirkulert tilslag i veg. I demonstrasjonsprosjektene er kravspesifikasjonene avtalt spesielt. Med bakkgrunn i resultater blant annet fra RESIBA forventes et revidert regelverk om relativt kort tid. Viktigste her blir revidert håndbok 018 fra Statens vegvesen, Vegdirektoratet som vil åpne for bruk av resirkulert tilslag i vegfundament og VA-grøfter.

Praktiske erfaringer fra demonstrasjonsprosjektene er viktig for å komme i gang med gjenbruk. Undersøkelsene i RESIBA viser at det ikke er store forskjeller mellom resirkulert tilslag og naturlig stein når det gjelder håndtering/bearbeidbarhet, utlegging, komprimering og den praktiske utførelse for øvrig.

Dokumentasjon av materialegenskaper viser at det er noe forskjell mellom resirkulert tilslag og vanlig stein. Med materialegenskaper skal her forstås måling av enkelt parametere i laboratorium og feltmålinger som mekanisk styrke, E-moduler m.v. Funksjonsmessige egenskaper som for eksempel spor- og jevnhetsutvikling på ferdig veg som inneholder resirkulert tilslag er også undersøkt relativt grundig i ett av demonstrasjonsprosjektene. Til tross for at denne oppfølgingen kun har foregått i en snau 2-års periode, har man så langt ikke sett noen merkbar forskjell på dekketilstanden på veg med resirkulert tilslag og tradisjonelt oppbygd veg.

De funksjonsmessige egenskapene som for eksempel spor- og jevnhetsutvikling er avgjørende, men ofte tidkrevende å få dokumentert. De materialtekniske egenskapene lar seg ikke nødvendigvis måle like godt på resirkulert tilslag ved bruk av tradisjonelle laboratoriemetoder. Det vil i tiden framover være viktig å ha fokus mot utvikling av bedre testmetoder for resirkulert tilslag.

Det kan være god økonomi å bruke resirkulert tilslag til vegger, plasser m.v. Dette forutsetter at resirkulert tilslag med tilfredstillende kvalitet og i egnet sortering er tilgjengelig i tilstrekkelig volum. Videre vil transportavstand fra produsent og tilgang på annen brukbar stein være avgjørende for økonomien. Et poeng i denne sammenheng er at resirkulert tilslag har noe lavere egenvekt og er billigere i innkjøp enn naturlig tilslag.

Dokumentasjonen som gis gjennom denne rapporten, bør kunne bidra til økt bruk av resirkulert tilslag i Norge.

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	3
SAMMENDRAG	4
INNHALDSFORTEGNELSE	5
1. INNLEDNING	7
2. RESIRKULERT TILSLAG	8
3. RESIBA	9
4. BRUKSOMRÅDE	10
5. REGELVERK OG RETNINGSLINJER	11
5.1 GENERELT	11
5.2 RETNINGSLINJER I STATENS VEGVESEN	11
5.2.1 <i>Håndbok 018 Vegbygging</i>	11
5.2.2 <i>Håndbok 025 Prosesskode-1</i>	11
5.2.3 <i>Andre håndbøker</i>	11
5.3 KOMMUNALE RETNINGSLINJER.....	12
5.4 NORSK STANDARD NS 3420.....	12
5.5 NYE NORSKE STANDARDER (NS-EN) BASERT PÅ EUROPEISKE STANDARDER	12
5.6 TEKNISKE BESTEMMELSER FRA KONTROLLRÅDET FOR BETONGPRODUKTER.....	13
6. DEMONSTRASJONSPROSJEKTER OG FELTFORSØK	14
6.1 DEMONSTRASJONSPROSJEKTER OG FELTFORSØK I RESIBA	14
6.1.1 <i>Ramper m.v. ved E6, Skullerudkrysset, (Statens vegvesen Oslo)</i>	14
6.1.2 <i>Bussoppstillingsplass på Klemetsrud (Oslo Sporveier)</i>	15
6.1.3 <i>Veg- og trikketrasé over Gaustadbekkdalen (Oslo Sporveier)</i>	16
6.1.4 <i>Gang/sykkelveg E18 Skøyen (Statens vegvesen Oslo)</i>	19
6.1.5 <i>E6 rampe Svartdalstunnelen (Statens vegvesen Oslo)</i>	20
6.1.6 <i>Parkeringsplass/gårdsplass ved Sørumsand v.g. skole (Akershus fylkeskommune)</i>	22
6.2 UTVALGTE PROSJEKTER UTENOM RESIBA	24
6.2.1 <i>Prøvefelt på Fornebu (Statsbygg)</i>	24
6.2.2 <i>Gang/sykkelveg Rv 4 Kalbakken - Linderud (Statens vegvesen, Oslo)</i>	24
6.2.3 <i>Prosjekter i Sverige (Boverket)</i>	25
7. UTFØRTE UNDERSØKELSER - RESULTATER OG VURDERINGER	26
7.1 OVERSIKT OVER UTFØRTE UNDERSØKELSER	26
7.2 RESULTATER OG VURDERINGER FRA RESIBA	26
7.2.1 <i>E6 Skullerudkrysset</i>	26
7.2.2 <i>Bussoppstillingsplass Klemetsrud</i>	27
7.2.3 <i>Veg- og trikketrasé over Gaustadbekkdalen</i>	27
7.2.4 <i>G/S-veg, E 18 Skøyen</i>	30
7.2.5 <i>Rampe E6 Svartdalstunnelen</i>	33
7.2.6 <i>Parkeringsplass/gårdsplass ved Sørumsand v.g. skole</i>	36
7.3 UTVALGTE RESULTATER OG VURDERINGER FRA PROSJEKTER UTENOM RESIBA	37
7.3.1 <i>Prøvefelt på Fornebu</i>	37
7.3.2 <i>Gang/sykkelveg Rv 4 Kalbakken-Linderud</i>	38
7.3.3 <i>Prosjekter i Sverige</i>	38
8. ØKONOMI	39
8.1 GENERELT	39
8.1.1 <i>Pris fra produsent</i>	39

8.1.2	<i>Transport</i>	39
8.1.3	<i>Håndteringskostnader</i>	41
8.1.4	<i>Leveringsdyktighet</i>	41
8.1.5	<i>Dokumentasjon</i>	42
8.2	DEMONSTRASJONSPROSJEKTENE	42
8.2.1	<i>Ramper m.v. ved E6, Skullerudkrysset</i>	42
8.2.2	<i>Bussoppstillingsplass på Klemetsrud</i>	42
8.2.3	<i>Veg- og trikketrasé Gaustad</i>	43
8.2.4	<i>Gang/Sykkelveg E18 Skøyen</i>	43
8.2.5	<i>E6 rampe i dagsonen ved Svartdalstunnelen</i>	44
8.2.6	<i>Oppsummering økonomi demonstrasjonsprosjekter</i>	44
9.	KONKLUSJONER	45
9.1	GENERELT	45
9.2	TEKNISKE EGENSKAPER	45
9.3	UTFØRELSESMESSIGE EGENSKAPER	46
9.4	ØKONOMI	46
9.5	MILJØPÅVIRKNING.....	47
10.	REFERANSER	48

VEDLEGG

VEDLEGG 1: OVERSIKT OVER MÅLEPUNKTER I GAUSTADBEKKDALEN

1. INNLEDNING

Resultater, konklusjoner og anbefalinger fra prosjektet RESIBA (Resirkulert tilslag for bygg og anlegg) presenteres gjennom prosjektrapporter og en felles veiledning som vil bygge på prosjektrapportene.

I denne prosjektrapporten behandles bruk av resirkulert tilslag i vegger og plasser. I RESIBA er det gjennomført fem demonstrasjonsprosjekter der resirkulert tilslag er benyttet i ”full skala” i forbindelse med oppbygging av vegger og plasser. Rapporten presenterer prosjektene med de viktigste resultatene, vurderinger og konklusjoner. Praktiske erfaringer og økonomiske vurderinger fra demonstrasjonsprosjektene er også behandlet i rapporten.

2. RESIRKULERT TILSLAG

I prosjektrapportene fra RESIBA har vi konsekvent brukt ”resirkulert tilslag” i overensstemmelse med det europeiske standardiseringsorganet CENs betegnelse (eng.: recycled aggregate)^{2, 3}. Dette samsvarer med definisjon gitt i forslag til terminologiliste fra Pukk- og Grusleverandørenes Gjenvinningsforum der resirkulert tilslag er definert som: ”Tilslag fra bearbeidelse av inerte materialer tidligere brukt i bygg- og anleggsbransjen”⁴.

Produksjon av resirkulert tilslag baseres på bearbeidelse (ofte nedknusing og sikting) av betong- og teglavfall fra BAE-næringen (bygg-, anleggs- og eiendomsnæringen). I Norge utgjør avfallet fra denne næringen mer enn 1,5 millioner tonn årlig, hvorav ca. 1,1 millioner tonn er betong og tegl⁵. I tillegg kommer store mengder av andre masser fra utgraving o.l. i størrelsesorden 10 – 15 millioner tonn⁶. Resirkulert tilslag er vanligvis ulike sorteringer av blandede masser (både betong og tegl) og ren betong. Eksempler på sorteringer er 0-10, 10-20, 20-38 og 38-120 mm.

Naturlig tilslag er i prosjektrapportene fra RESIBA brukt som betegnelse for tilslag fra løsmasseforekomster og knust fjell.

Ved bruk av resirkulert tilslag skiller det mellom ubunden og bunden bruk. Med ubunden bruk menes ulike former for utlegging og mekanisk stabilisering (avretting, tilbakefylling, grøfter, vegger, fundamentering, drenering mm.). Med bunden bruk menes tilslag i en matriks som i all hovedsak er sement- eller asfaltbasert. I RESIBA-prosjektet behandles kun sementbaserte produkter.

3. RESIBA

RESIBA (Resirkulert tilslag for bygg og anlegg) er et treårig ØkoBygg-prosjekt (1999-2002) som har knyttet til seg noen av BAE-næringens mest sentrale aktører⁷. Både kunde- og leverandørsiden, det offentlige og forskningsmiljøer er representert.

RESIBA-prosjektets overordnede mål er å bidra til økt bruk av resirkulerte tilslag på en rekke områder innenfor bygg, anlegg og eiendom. RESIBA er delt inn i tre delprosjekter:

- *Delprosjekt 1: Deklarasjon og kvalitetskontroll.*
Målet med DP1 er å skaffe grunnlagsmateriale om resirkulert tilslag og dets tekniske egenskaper og mulige miljøpåvirkninger. I tillegg blir det utarbeidet forslag til deklarasjonsordning.
- *Delprosjekt 2: Demonstrasjonsprosjekter.*
Målet med DP2 er å vurdere egnethet av resirkulert tilslag i ferdige konstruksjoner. Gjennom pilotprosjekter blir egnethet av resirkulert tilslag i vegger, grøfter og ulike sementbaserte produkter undersøkt.
- *Delprosjekt 3: Kunnskapsformidling.*
Målet med DP3 er å formidle kunnskap og erfaringer fra prosjektet gjennom egne internettsider, tekniske rapporter, byggdetaljblader, artikler i fagpresse, seminarer og kurs.

Denne rapporten er utarbeidet som en del av aktiviteten i delprosjekt 2.

4. BRUKSOMRÅDE

Internasjonalt har veger og plasser pekt seg ut som et aktuelt område for utstrakt bruk av resirkulert tilslag. Bruk i forsterkningslag og bærelag for veger og plasser ser også ut til å kunne bli et viktig bruksområde i Norge. I Norge brukes årlig drøyt 50 millioner tonn sand, grus og knust fjell, hvorav ca. 40% til bærelag, forsterkningslag og ballast⁸.

Brukstekniske problemstillinger i forhold til naturlig tilslag er:

- resirkulert tilslag er svakere mekanisk
- resirkulert tilslag er mer inhomogene
- resirkulert tilslag har en del mekaniske forurensninger (tre, metall, plast, papir....)
- resirkulert tilslag kan være mer utsatt for frostpåkjenninger
- resirkulert tilslag kan inneholde kjemiske forurensninger/skadelige stoffer

Resirkulert tilslag kan også ha fordeler kontra naturlige steinmaterialer, for eksempel at materialet under visse omstendigheter kan få en fasthetstilvekst etter utlegging (mekanisk stabilisert lag med en del ”null-stoff”). Materialet er også lettere å bearbeide (lavere egenvekt) enn naturlig tilslag.

5. REGELVERK OG RETNINGSLINJER

5.1 Generelt

Hittil eksisterer ikke spesifikke retningslinjer for bruk av resirkulert tilslag. I demonstrasjonsprosjektene som er utført hittil i RESIBA er spesifikasjonene avtalt i hvert tilfelle. Av generelle regelverk/retningslinjer og spesifikasjoner for vegrelaterte prosjekter kan en nevne:

- Sentrale og lokale retningslinjer i Statens vegvesen
- Kommunale retningslinjer
- Norsk Standard NS 3420
- Nye norske standarder (NS-EN) basert på europeiske standarder

5.2 Retningslinjer i Statens vegvesen

5.2.1 *Håndbok 018 Vegbygging*

Håndbok 018 Vegbygging inngår i Statens vegvesens håndboksystem og er en av flere *vegnormaler* (andre viktige vegnormaler er for eksempel håndbok 017 Veg- og gateutforming, håndbok 100 Bruprosjektering, osv.)^{9, 10, 11}. De nåværende vegnormaler har for en stor del oppstått i 1960-årene og har gjennom flere revisjoner blitt utviklet til dagens versjoner. Vegnormaler har historisk sett eksistert i meget lang tid, om enn i enklere former.

Den gjeldende versjon av håndbok 018 er utgitt i 1999 og er under revisjon nå (forventet ferdig i løpet av 2003). Nåværende utgave har noen forholdsvis enkle bestemmelser om gjenbruk av asfaltmaterialer. 2003-utgaven vil inneholde beskrivelser også for bruk av resirkulert tilslag i vegfundament og VA-grøfter, i tillegg til noe mer detaljerte bestemmelser for gjenbruk av asfalt¹².

5.2.2 *Håndbok 025 Prosesskode-1*

Håndbok 025 Prosesskode-1 inneholder standard arbeidsbeskrivelse for vegarbeidsdriften¹³. Håndbok 025 dekker alle prosesser utenom bruer og ferjekaier. Prosesskoden er generelt i tråd med vegnormalen, men vegnormalen har i en rekke tilfeller mer nyanserte beskrivelser og angir flere alternativer enn prosesskoden. Prosesskoden gir forholdsvis lite rom for variasjon. I en del tilfeller gir prosesskoden direkte henvisning til 018 for nærmere beskrivelser. Det er også mulig å utarbeide ”spesiell beskrivelse” der standardteksten i 025 ikke strekker til. Prosesskoden er m.a.o. et meget viktig dokument i kontraktssammenheng.

Bruk av ”spesielle beskrivelser” utover standardteksten fra prosesskoden burde kunne gi en viss fleksibilitet til å bruke resirkulert tilslag. Ved revisjon av prosesskoden bør det taes med beskrivelse av resirkulerte materialer.

5.2.3 *Andre håndbøker*

I forbindelse med avfallshåndtering, gjenvinning og gjenbruk kan følgende nevnes spesielt:

- Håndbok 211 Avfallshåndtering¹⁴.
- Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser¹⁵.

– Håndbok 015 Feltundersøkelser¹⁶.

Håndbøkene 014 og 015 ble revidert i 1996-1997. Beskrivelsene i disse håndbøkene angir metoder for testing av tilslagsmaterialer, men er ikke tilpasset de spesielle behov som kan oppstå ved undersøkelse av resirkulert tilslag.

5.3 Kommunale retningslinjer

I RESIBA er det ikke gjort noen systematisk kartlegging av hvilke kommunale retningslinjer som eksisterer mht. gjenbruk av materialer i vegsektoren.

Ett eksempel på kommunal retningslinje er ”Instruks for gravearbeider i Oslos gater og veger”¹⁷. Instruksen gir regler for gravearbeider, gjenfylling/repasasjon, oppbygging av underbygning, forsterkningslag, bærelag, slitedekke, VA-grøfter m.v. Det pågår for tiden et arbeide i Oslo kommune med å revidere denne forskriften. Det forventes at det blir åpnet for bruk av resirkulert tilslag for enkelte bruksområder.

I brev fra 1999 fra Oslo kommune Samferdselsetaten til Vann og avløpsverket i kommunen gis det åpning for bruk av resirkulert tilslag til oppbygging av veg¹⁸.

5.4 Norsk Standard NS 3420

Siste hovedrevisjon av byggstandarden NS 3420 ble fullført i 1999¹⁹. Del I5 omhandler fundamenter for vege baner og plasser. Standarden inneholder i større grad enn tidligere detaljbestemmelser for oppbygging av vegkonstruksjoner. Mange av bestemmelsene samsvarer med Statens vegvesens krav. NS 3420 er nå dessuten strukturert på en måte som ligger ganske nær prosesskoden. NS 3420 kan derfor trolig bli mer aktuell som regelverk for vegutbygging der Statens vegvesen ikke er byggherre.

NS 3420 er i en viss kontinuerlig utvikling. Blant annet har dette sammenheng med at det stadig kommer nye norske standarder, basert på europeiske standarder (NS-EN), som det skal refereres til i NS 3420.

I NS 3420 del I5 pkt. 5b, er det er stillet generelle krav til materialer som skal brukes til fundament i vege, baner og plasser¹⁹. Det er stillet krav om at steinmaterialene skal bestå av forvittringsbestandige bergarter. Det er også stillet noen andre krav som kan være begrensende for bruk av resirkulert tilslag. Imidlertid vil det også i forbindelse med NS 3420 være anledning til å benytte "spesiell beskrivelse" for beskrivelse av resirkulert tilslag med spesielt definerte kravspesifikasjoner.

5.5 Nye norske standarder (NS-EN) basert på europeiske standarder

Etter hvert som europeiske standarder blir ferdige skal de innføres i de land som er med i samarbeidet. Innenfor vegsektoren og spesielt mht. tilslag er det de tekniske komiteene CEN/TC 154 og CEN/TC 227 som utarbeider nye standarder^{20, 21, 22}.

Enkelte av de såkalte tilslagsstandardene fra CEN/TC 154 er nylig utgitt som NS-EN standarder mens standarder fra CEN/TC 227 trolig ikke er ferdige før i 2003/2004. Dette blir første generasjon av tilslagsstandardene, og de vil ikke inneholde bestemmelser rettet spesielt mot resirkulert tilslag. Viktige standarder som får betydning for beskrivelse av tilslag til ulike bruksområder er følgende:

- prEN 13285 Unbound mixtures – Specifications (CEN/TC 227)
- prEN 13286 Unbound and hydraulically bound mixtures - Test methods (CEN/TC 227)
- NS-EN 13242 Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging, 2003.
- NS-EN 13043 Tilslag for bituminøse masser og overflatebehandlinger for veger, flyplasser og andre trafikkarealer, 2003.
- NS-EN 12620 Tilslag for betong, 2003.

Fordi tilslagsstandardene i første omgang ikke spesifiserer resirkulert tilslag, blir det viktig å utarbeide lokale/nasjonale regler inntil resirkulert tilslag blir fullt inkorporert i standardene når disse revideres. I tilknytning til disse veg- og produktstandardene vil det være en rekke prøvingsstandarder, som er ferdige allerede.

5.6 Tekniske bestemmelser fra Kontrollrådet for betongprodukter

Det er i RESIBA-prosjektet utarbeidet et forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag til bunden og ubunden bruk, RESIBA projektrapport 04/2002²³. Kontrollrådet for betongprodukter har, basert på dette forslaget, utarbeidet tekniske bestemmelser for Klasse V: Resirkulert tilslag²⁴. Produsenter av resirkulert tilslag kan sertifiseres av Kontrollrådet for betongprodukter i henhold til disse bestemmelsene.

6. DEMONSTRASJONSPROSJEKTER OG FELTFORSØK

6.1 Demonstrasjonsprosjekter og feltforsøk i RESIBA

Følgende vegrelaterte prosjekter er undersøkt i RESIBA:

- Ramper m.v. ved E6, Skullerudkrysset, 1997 (Statens vegvesen Oslo)
- Bussoppstillingsplass på Klemetsrud, 1997 (Oslo Sporveier)
- Veg- og trikkestrasé Gaustad, 1999 (Oslo Sporveier)
- Gang- og sykkelveg E18 Skøyen, 2000 (Statens vegvesen Oslo)
- E6 rampe i dagsonen ved Svartdalstunnelen, 2000 (Statens vegvesen Oslo)

6.1.1 Ramper m.v. ved E6, Skullerudkrysset, (Statens vegvesen Oslo)

Skullerudkrysset ligger ved E6 syd for Oslo. Ombyggingen av krysset ble fullført i 1997. Anleggsarbeidet ble utført av Statens vegvesen Hedmark, med Statens vegvesen Oslo som byggherre.

Utbyggingen av Skullerudkrysset ble opprinnelig planlagt utført i sin helhet med bruk av naturlig tilslag. Av økonomiske årsaker besluttet imidlertid byggherren å benytte resirkulert tilslag i følgende deler av konstruksjonen:

- Avrettingslag under superlett fylling (EPS-fylling)
- Forsterkningslag i gang/sykkelveger (G/S-veger)
- Fundament- og omfyllingsmateriale i grøfter

Til forsterkningslag i G/S-veger ble det benyttet resirkulert tilslag 20-150 mm blandet masse i tykkelse 450 mm. Som bærelag er det benyttet fresemasse (frest asfalt) i tykkelse 100 mm. Komprimering av forsterkningslaget er utført med 15 tonns slepevals med vibrering. Det var en del nedknusing av tilslaget samt støvplager, slik at en etter hvert gikk over til komprimering uten vibrering. Til fundament og omfylling i grøfter er det benyttet resirkulerte tilslag 10-20 mm. Medgatte mengder er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Resirkulert tilslag til E6 Skullerudkrysset

Bruksområde	Medgått mengde ¹⁾
Avrettingslag under EPS-fylling	ca. 150 tonn
Forsterkningslag G/S-veg (blandet masse 20-150 mm)	ca. 1300 tonn
Fundament og omfylling i grøfter (blandet masse 10-20 mm)	ca. 250 tonn

¹⁾Fordelingen av mengdene er anslått basert på oppgitt total mengde ca 1700 tonn

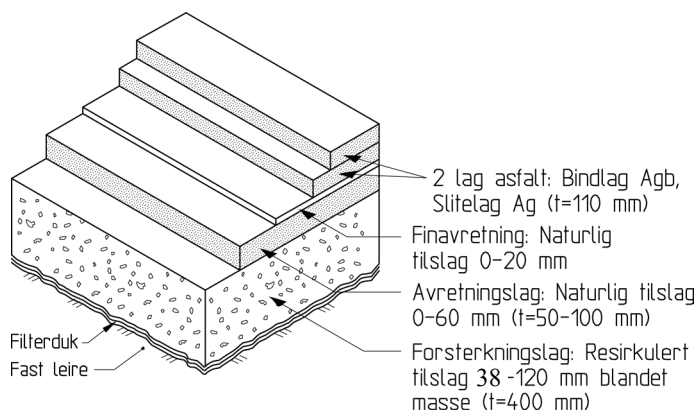
Det ble ikke stillet noen spesielle krav eller levert noen spesiell dokumentasjon for det resirkulerte tilslaget. Hensikten med å inkludere dette prosjektet var å undersøke eventuelle miljøpåvirkning fra det resirkulerte tilslaget på omgivelsene. Utførte undersøkelser omfatter utlekkingsmåling i felt og ble gjennomført i 2000 og 2001. Resultater fra disse undersøkelsene er gitt i RESIBA prosjektrapport 03/2002²⁵. Det er ikke utført spesielle undersøkelser av ”vegtekniske egenskaper” for materialene. Anleggsmessige erfaringer er omtalt i pkt. 7.2.1.

6.1.2 Bussoppstillingsplass på Klemetsrud (Oslo Sporveier)

Bussoppstillingsplassen ligger på Klemetsrud syd for Oslo og er bygget i 1996-97. Byggherre var Oslo Sporveier og entreprenør var Veidekke ASA. Utbyggingen ble opprinnelig planlagt utført i sin helhet med bruk av naturlig tilslag. Veidekke ASA foreslo imidlertid et rimeligere alternativ med bruk av resirkulert tilslag 38-120 mm i forsterkningslag/bærelag, som ble godkjent av byggherren.

Oppstillingsplassens totale areal er ca. 8 000 m². Byggegrunnen er fast leire. På traubunnen er det lagt ut fiberduk, deretter et ca. 400 mm tykt forsterkningslag/bærelag av resirkulert tilslag 38-120 mm blandet masse fra BA Gjenvinning. Det resirkulerte tilslaget er avrettet med ca. 50-100 mm naturlig tilslag 0-60 mm som så tilslutt ble finavrettet med naturlig tilslag 0-20 mm. På toppen er det 2 lag asfalt, til sammen 110 mm (bindlag av Agb, slitelag av Ag). Total overbygningstykkelse inklusiv dekke er dermed ca. 600 mm. Oppbygningen er vist nedenfor i Figur 1 og et oversiktsbilde av bussoppstillingsplassen er vist i Figur 2. Medgått mengde resirkulert tilslag er vist i Tabell 2.

Trafikkbelastningen på plassen består av busser som parkeres. Dette vil ofte medføre noe deformasjoner i asfalten. Dermed kan det være vanskelig visuelt å avgjøre om eventuelle dekkedeformasjoner skyldes nedkusing av underliggende bære- eller forsterkningslag.



Figur 1. Oppbygging av bussoppstillingsplass på Klemetsrud

Tabell 2. Resirkulert tilslag til bussoppstillingsplass Klemetsrud

Bruksområde	Medgått mengde
Kombinert forsterknings-/bærelag 38-120 mm (blandet masse)	ca. 4250 tonn

Prosjektet ble gjennomført før oppstarten av RESIBA, og det ble ikke stillet noen spesielle krav eller levert noen spesiell dokumentasjon for det resirkulerte tilslaget.

Det foreligger ikke spesielle oppfølginger eller undersøkelser fra anleggsfasen. Undersøkelsene gjort i ettertid omfatter en visuell inspeksjon og vurdering av dekketilstand på parkeringsplassen, samt inspeksjon av lagdeling/massetyper i 1999 i forbindelse med oppgraving for nedsetting av kummer til drencsystem.



Figur 2. Bussoppstillingsplass på Klemetsrud, Oslo. Plassen er bygget opp med forsterkningslag av resirkulert tilslag 38-120 mm

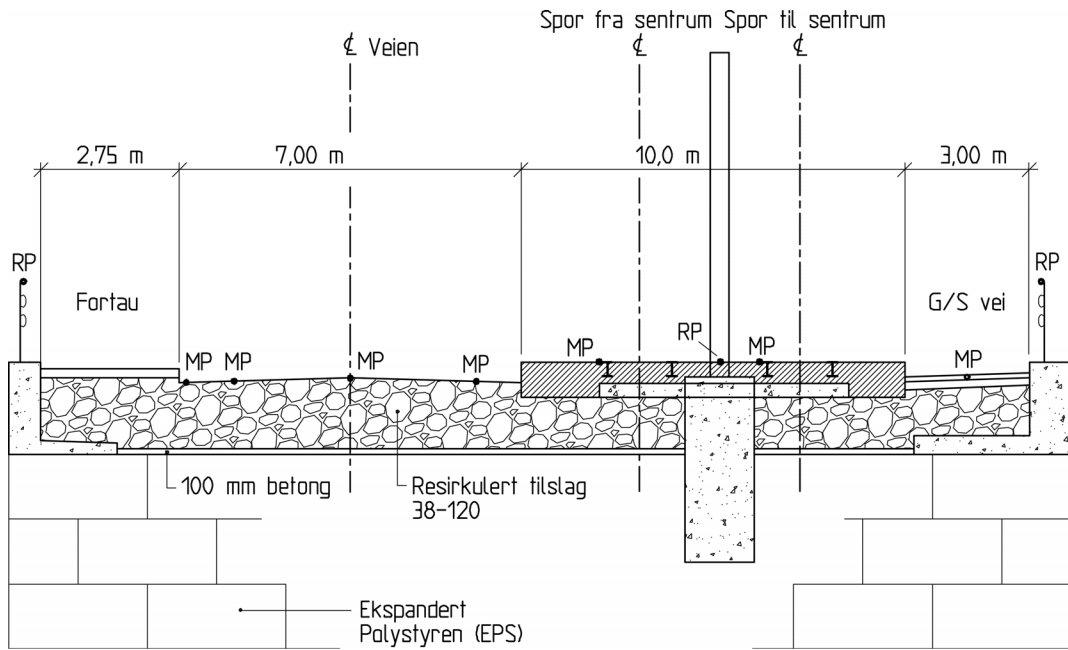
6.1.3 *Veg- og trikke trasé over Gaustadbekkdalen (Oslo Sporveier)*

Oslo Sporveier med Veidekke ASA som entreprenør har i 1999 anlagt en superlett fylling (EPS-fylling) over Gaustadbekkdalen i forbindelse med bygging av ny trasé for trikk til Rikshospitalet. På denne strekningen er det både trikke trasé, kjøreveg og gang/sykkelveg.

Prosjektet var under utførelse ved oppstart av RESIBA-prosjektet og i de opprinnelige planene var det beskrevet maskinkult 20-120 mm. Veidekke ASA foreslo imidlertid et rimeligere alternativ med bruk av resirkulert tilslag 38-120 mm.

Det ble ikke stillet spesielle krav til det resirkulerte tilslaget, men siden tilslaget ikke ligger frostfritt, var frostbestandighet av spesiell interesse. Etter en teknisk vurdering av rådgivende ingeniør Berdal Strømme (nå Norconsult) med bakgrunn i forprosjekt-rapporten fra NBI, ble bruk av resirkulert tilslag godkjent av byggherren²⁶.

Det er brukt blandede masser i sorteringen 38-120 mm fra BA-Gjenvinning. Høyden på oppfyllingen varierer fra ca 40 cm vestlig ende til ca 130 cm østlig ende (enden av fyllingen som vender mot Universitetet). Prinsipp tegning med tverrsnitt av konstruksjonen over Gaustadbekkdalen er vist nedenfor i Figur 3. Bilde fra utlegging av det resirkulerte tilslaget er vist i Figur 4. Medgått mengde resirkulert tilslag er vist i Tabell 3.



Figur 3. Prinsippskisse med tverrsnitt av EPS-fylling for ny trikketrasé til Rikshospitalet over Gaustadbekkdalen i Oslo (MP = målepunkt og RP = referansepunkt)

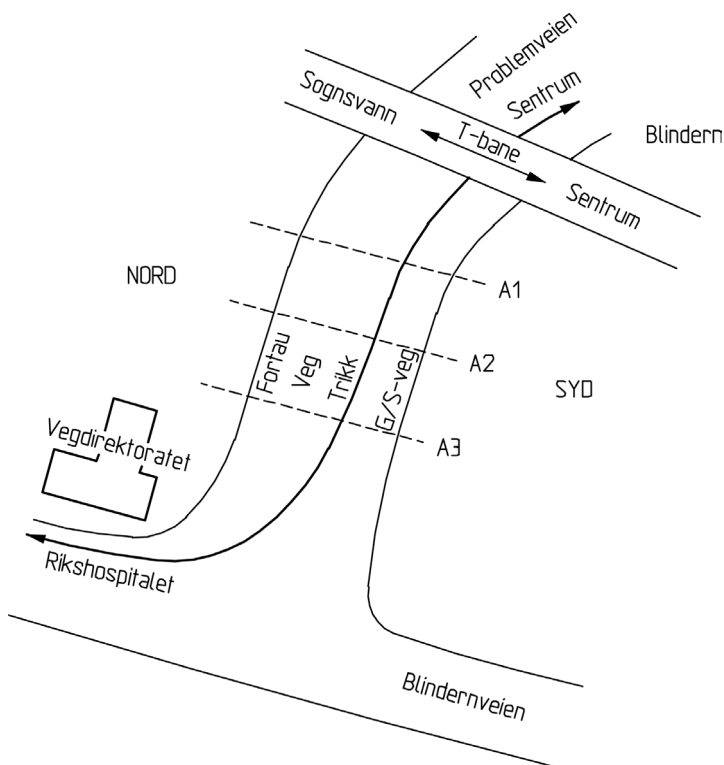


Figur 4. Trikk- og vegtrasé over Gaustadbekkdalen i Oslo der resirkulert tilslag er brukt i overbygningen (veg, trikk og gang- /sykkelveg).

Tabell 3. Resirkulert tilslag til trikk- og vegtrasé over Gaustadbekkdalen

Bruksområde	Medgått mengde
Kombinert forsterknings-/bærelag 38-120 mm (blandet masse)	ca. 5200 tonn

Traséen over Gaustadbekkdalen ble fulgt opp med målinger gjennom hele RESIBA-prosjektet. Det ble i november 1999 etablert totalt 21 målepunkter (MP1-21) og 8 referansepunkter (RP1-8) fordelt på 3 akser (A1-A3) for måling av eventuelle setninger. Fordeling av 7 målepunkter og 3 referansepunkter (2 for akse A2) pr. akse er vist i Figur 3. Akse A1 er plassert i østlig ende der fyllingsdybden er størst, A2 ca. midt på og A3 i vestlig ende der fyllingshøyden er minst, se Figur 5. Oversikt over målepunktene er gitt i vedlegg 1.



Figur 5. Planskisse med oversikt over lokalisering av måleakser A1-A3 på lettfylling over Gaustadbekkdalen.

Måling av eventuelle setninger i det resirkulerte tilslaget er gjort ved å måle relative forskjeller i høyde på målepunkter og referansepunkter som ligger rett på EPS-fyllingen (se Figur 3). Dermed er eventuelle endringer i selve EPS-fyllingen eliminert fra målingene, og det resirkulerte tilslaget måles direkte. Ved å relatere hvert målepunkt til flere referansepunkter er det også mulig å kontrollere stabiliteten av referansepunktene for å oppnå en sikrere verdi for relativ høydeendring. Stabiliteten til referansepunktene ble også kontrollert ved å se på utvikling av relative forskjeller mellom de ulike referansepunktene over tid.

Referansemåling ble gjort i november 1999. Traséen ble åpnet for trafikk med trikk og fotgjengere begynnelsen av oktober samme år, mens vegen ble åpnet i begynnelsen av desember 1999. I løpet av perioden fram til april 2002 er det gjort totalt seks innmålinger.

6.1.4 Gang/sykkelveg E18 Skøyen (Statens vegvesen Oslo)

Ved Sjølyst på E18-innfarten til Oslo vestfra ble det vinteren 2000 bygget ny gang/sykkelveg langs eksisterende kjøreveg. Byggherre var Statens vegvesen Oslo, og anleggsarbeidet er utført av Statens vegvesen Akershus.

Forsterkningslaget var opprinnelig forutsatt å være naturlig tilslag (maskinkult) 20-120 mm i tykkelse 400 mm, mens bærelaget for G/S-vegen var opprinnelig forutsatt å være 4-60 mm ifølge byggeplanene. På den nye G/S-vegen ble det imidlertid besluttet å etablere en prøvestrekning på i alt 100 meter hvor man brukte resirkulert tilslag til oppbygging av vegfundamentet som følger:

- Det ble lagt et forsterkningslag med blandet masse 20-120 mm i ca 40 cm tykkelse på hele strekningen.
- På halvparten (50 m) av prøvestrekningen ble det deretter lagt bærelag av ren knust betong 8-60 mm.
- På den andre halvparten av prøvestrekningen ble det lagt bærelag av vanlige steinmaterialer, knust fjell 0-60 mm.

Det er tilslutt lagt et vanlig asfaltdekke på toppen. Det resirkulerte tilslaget som ble levert av BA Gjenvinning AS ble lagt ut 23.-25. februar 2000, se Figur 6. Medgåtte mengder resirkulert tilslag er vist i Tabell 4.



Figur 6. Utlekking av resirkulert tilslag 38-120 mm (blandet masse) som forsterkningslag på G/S-veg E18 Skøyen

Tabell 4. Resirkulert tilslag til G/S-veg E18 Skøyen

Bruksområde	Medgått mengde
Forsterkningslag (blandede masser 38 - 120 mm)	ca. 300 tonn
Bærelag (ren knust betong 8-60 mm)	ca. 50 tonn

Materialkrav for det resirkulerte tilslaget ble beskrevet i et brev fra Vegteknisk avdeling til Statens vegvesen Oslo²⁷. De viktigste krav er vist i Tabell 5.

Tabell 5. Materialkrav for resirkulert tilslag til G/S-veg E18 Skøyen

Materialparameter	Krav
Over- og understørrelser	Maks. 15 %
Innhold av finstoff < 0,075 mm ved produksjon	Maks. 6 % av materiale < 19 mm
Renhet	¹⁾ Iht. CENs type BII ²⁷

¹⁾ Tidligere CEN arbeidsdokument med forslag til klassifisering av resirkulert tilslag

Prøvetaking og analysearbeid er utført av Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. De første prøvene ble tatt ut hos BA Gjenvinnings på Grønmo. Det ble tatt ut ca 200 kg blandet masse 38 -120 mm og 200 kg ren betong 8 - 60 mm.

Anlegget ble klart til å legge ut resirkulert tilslag i forsterkningslaget tre uker før det som opprinnelig var planlagt. Det var dermed ikke tid nok til å gjennomføre analyser i planlagt omfang forut for levering og utlegging. Før utleggingen rakk man kun å utføre sikteanalyse, samt bestemmelse av materialsammensetning på to parallelle prøver á 100 korn, for å kunne sammenligne resultatet med kravet til renhet. Det ble i tillegg tatt ut nye prøver på anlegget ved utlegging. Disse prøvene ble tatt fra to billass. Det ble gjennomført korntelling på 100 korn av hver av prøvene.

Oppfølging av prøvestrekningen er gjort ved platebelastningsmålinger på de ulike lagene på prøvestrekningen med resirkulert tilslag og på tilstøtende strekning hvor vegfundamentet i sin helhet er bygget opp av vanlige steinmaterialer. Målingene er utført i henhold til håndbok 015 Feltundersøkelser pkt. 15.328¹⁶.

Platebelastningsmålinger avviker fra prosedyren i håndbok 015 ved at det ikke ble benyttet gips til avretting mellom underlaget og belastningsplaten. Dette antas imidlertid ikke å ha vesentlig betydning. Måling på såpass grovt materiale som 38-120 mm er i praksis ikke relevant med 300 mm plate, med mindre det er avrettet med grus eller tilsvarende, som sikrer en jevn kraftoverføring til det grove underlaget. Underlaget var i dette tilfellet, av hensyn til sykkeltrafikken, avrettet med fingrus sortering ca. 0-20 mm i lagtykkelse varierende fra 0 til 10 cm.

6.1.5 E6 rampe Svartdalstunnelen (Statens vegvesen Oslo)

E6 rampe Svartdalstunnelen er en 4-felts veg til og fra Oslo sentrum og utgjør forbindelse (rampe) til E6 ved Ryenkrysset. Vegen ble åpnet for trafikk i august 2000. Trafikkmengden (ÅDT) er i underkant av 20 000 kjøretøyer. Byggherre var Statens vegvesen Oslo og entreprenør var Selmer ASA.

RESIBA-prøvefeltet er en 50 m lang seksjon og full vegbredde dvs. ca. 10 m, av vegen i dagsonen mellom Svartdalstunnelen og Ryenkrysset. Prøvefeltet ligger på det vegløpet (2 felt) som fører ned mot tunnelen (mot Oslo sentrum). Bruk av resirkulert tilslag ble i dette prosjektet valgt fordi RESIBA ønsket et demonstrasjonsprosjekt. Statens vegvesen Oslo sa seg villige til å bruke resirkulert tilslag forutsatt at eventuelle merkostnader ble dekket av RESIBA.

Krav i kontrakten med hensyn til forsterkningslaget gjaldt bruk av sprengstein, som det var god tilgang på i forbindelse med tunneldrivingen. Da resirkulert tilslag ble

aktuelt ble 38-120 mm sortering beskrevet med samme materialkrav som for Skøyen-prosjektet (se kapittel 6.1.4).

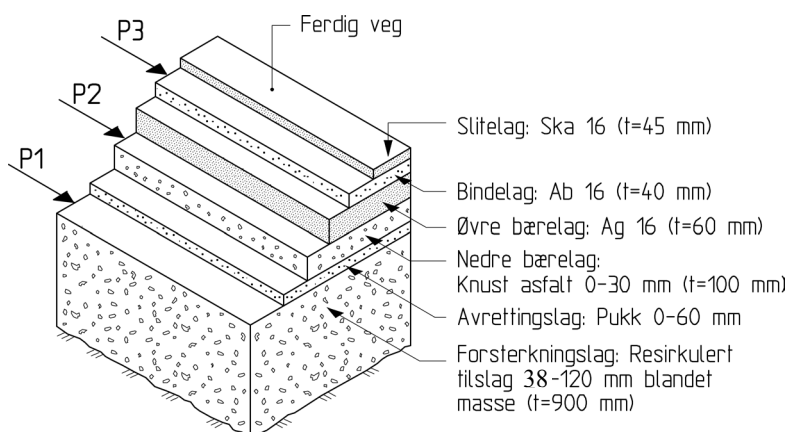
Forsterkningslag i jordskjæring (T4-masser) i dagsonen var opprinnelig forutsatt å være sprengstein i tykkelse 90 cm, avrettet med kult 20-120 mm og pukkk 0-60 mm. På prøvefeltet ble sprengsteinen erstattet med resirkulert tilslag blandet masse 38-120 mm i 90 cm tykkelse og avrettet med pukkk 0-60 mm se Figur 7 og Figur 8. På den tilstøtende del av vegen i dagsonen (inntil prøvefeltet) består forsterkningslaget av sprengstein i 90 cm tykkelse, som opprinnelig forutsatt. Denne delen av vegen er benyttet som sammenligningsgrunnlag ved platebelastningsmålinger og senere spor- og jevnhetsmålinger.



Figur 7. Ferdig utlagt forsterkningslag av resirkulert tilslag 38-120 mm i dagsonen mellom Ryenkrysset og Svartdalstunnelen (tunnelen sees i bakgrunnen)

Det resirkulerte tilslaget ble levert av BA Gjenvinning AS. Inntransport og utlegging av massene ble utført i løpet av en dag i slutten av juni 2000. Medgåtte mengder resirkulert tilslag er gitt i Tabell 6. Massene ble lagt ut med gravemaskin i ett lag fra endetipp. En del fremmedlegemer (tre, metall, plast) ble plukket vekk for hånd. Massene ble komprimert i ett lag med 12 tonnns selvgående vibrovals, 5-6 overfarer, før avrettingsmassene 0-60 mm ble lagt ut og komprimert.

I tillegg ble det i nedre bærelag i dette prosjektet benyttet resirkulert asfalt, knust flakmasse, se Figur 8. Dette har ikke vært gjenstand for spesiell oppfølging i RESIBA-prosjektet. Det er imidlertid mulig at denne massen kan bli noe etterkomprimert av trafikken, noe som i sin tur kan gi utslag på spor- og jevnhetsmålinger.



Figur 8. Oppbygning av prøvestrekning i dagsonen mellom Ryenkryset og Svartdalstunnelen. P1-P3 er nivå for platebelastningsmålinger.

Tabell 6. Resirkulert tilslag til forsterkningslag og resirkulert asfalt til bærelag, rampe E6 Svartdalstunnelen

Bruksområde	Medgått mengde
Forsterkningslag (blandede masser 38-120 mm)	ca. 620 tonn
Nedre bærelag (knust asfaltflakmasse 0-30 mm) gjelder hele dagsonen	ca. 1000 tonn

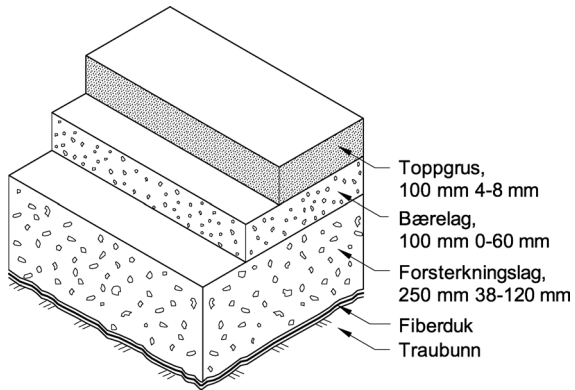
Det resirkulerte tilslaget ble spesifisert på tilsvarende måte som ved G/S-veg E18 på Skøyen (se pkt. 6.1.4). Det er ikke gjennomført spesiell materialdokumentasjon i forbindelse med dette demonstrasjonsprosjektet. Det var kun visuell kontroll av massene ved mottak på anlegget. Utførte feltmålinger omfatter:

- Platebelastning på henholdsvis forsterkningslag, nedre bærelag og bindlag (se Figur 8).
- Spor- og jevnhetsmåling på ferdig veg.

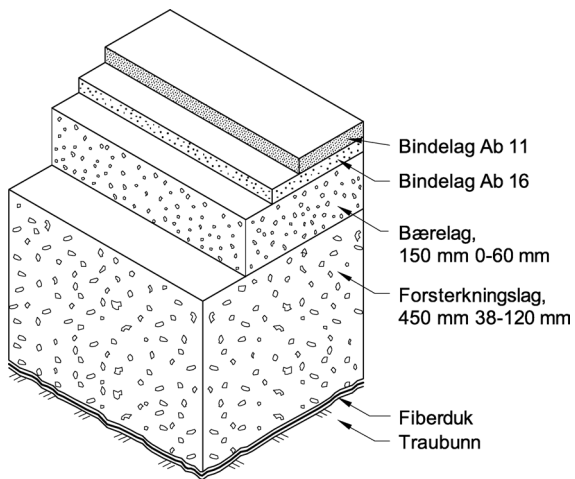
Platebelastningsmålinger er utført i henhold til håndbok 015 Feltundersøkelser, pkt. 15.328¹⁶. Spor- og jevnhetsmålinger på ferdig veg er utført med JULY/ALFRED-utstyret fra Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. Beskrivelse av måleprinsipp er gitt i håndbok 015 Feltundersøkelser¹⁶. Målingene startet i august 2000 og er utført 2-4 ganger pr. år for å se om dekketilstanden endrer seg.

6.1.6 Parkeringsplass/gårdsplass ved Sørumsand v.g. skole (Akershus fylkeskommune)

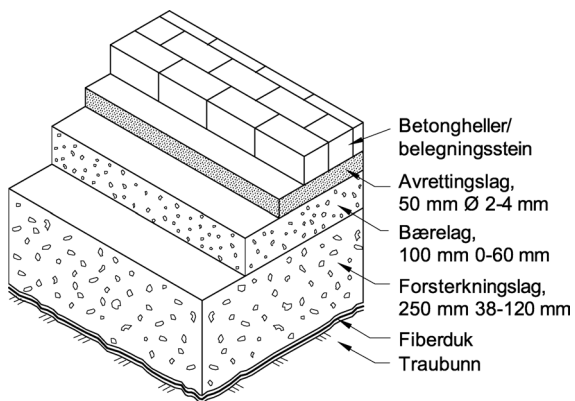
Sørumsand videregående skole ligger ved Glomma i Sørum kommune. Ny og ombygget skole skal stå ferdig til skolestart 2003. Utomhusarbeidene ferdigstilles våren / sommeren 2003. Det foreligger planer om bruk av resirkulert tilslag i utvalgte gang- parkering- og skolegårdsarealer. Dette vil omfatte ca 4.000 m². Andel som skal bygges opp med resirkulert tilslag er ikke avtalt pr. dato. Foreslått oppbygging med resirkulert tilslag fremgår av Figur 9 - Figur 11.



Figur 9. Forslag til oppbygging av gangarealer Sørumsand v.g. skole. Alle knuste masser er resirkulert tilslag, blandet masse.



Figur 10. Forslag til oppbygging av parkeringsarealer. Alle knuste masser er resirkulert tilslag, blandet masse.



Figur 11. Forslag til oppbygging av skolegårdsarealer. Alle knuste masser er resirkulert tilslag, blandet masse.

Aktuelle undersøkelser i forbindelse med dette kan være:

- Materialkontroll i henhold til RESIBAs forslag til deklarasjonsordning²³.
- Visuell kontroll ved utlegging
- Eventuell måling av setninger / deformasjon

Resirkulert tilslag i forbindelse med byggingen av Sørumsand v.g. skole er ellers brukt som:

- Tilslag i ny betong, se RESIBA prosjektrapport 07/2002²⁸.
- Kapillærbrytende lag under gulv på grunn, se RESIBA prosjektrapport 06/2002²⁹.

6.2 Utvalgte prosjekter utenom RESIBA

6.2.1 Prøvefelt på Fornebu (Statsbygg)

I tilknytning til Statsbyggs utbyggingsprosjekt på Fornebu ble det bygget en forsøksveg på 210 m lengde med varierende oppbygging og ulike materialtyper i forsterknings- og bærelag. Prøvestrekningen ligger på den gamle rullebanen og består av i alt syv sammenhengende delstrekninger à 30 m, som vist i Tabell 7. Beskrivelse av forsøksvegen er gitt i rapport fra SINTEF³⁰. En kort beskrivelse er også gitt i brosjyre fra Vegdirektoratet³¹.

Tabell 7. Oppbygging av prøvefelt Fornebu

Lag	Felt nr.	Felt 7	Felt 6	Felt 5	Felt 1	Felt 2	Felt 4	Felt 3
Dekke (slitelag)		Varmprodusert asfalt (4,5 cm Ska)						
Dekke (bindlag)		Varmprodusert asfalt (3,5 cm Ab)						
Bærelag, øvre		6 cm Ag	6 cm Ag	6 cm Ag	6 cm Ag	8 cm knust asfalt 0-30	5 cm knust asfalt 0-30	5 cm knust asfalt 0-30
Bærelag, nedre		10 cm Ap	10 cm Ap	10 cm Ap	10 cm Ap	8 cm knust asfalt 0-30	16 cm mix asfalt/betong	20 cm knust betong 0-40 ^{*)}
Forsterkningslag		40 cm knust betong 0-40 ^{*)}	40 cm mix asfalt/betong [*]	40 cm knust asfalt 0-60	40 cm puk 20-120	40 cm puk 20-120	40 cm puk 20-120	40 cm puk 20-120

^{*)} Massetype: Knust ren betong 0-40 (i praksis 0-60) mm³⁰.

På de syv delstrekningene er det utført testing med blant annet platebelastningsmålinger.

6.2.2 Gang/sykkelveg Rv 4 Kalbakken - Linderud (Statens vegvesen, Oslo)

Det er benyttet resirkulert tilslag av knust betong i forsterkningslaget, i ca. 400 mm tykkelse, på den nye G/S-vegen langs Rv 4 mellom Kalbakken og Linderud i Oslo. Det resirkulerte tilslaget besto av knust ren betong 20-120 mm og ble levert av Franzefoss Pukk AS på Bondkall, ca. 4 km fra anlegget. En kort beskrivelse av prøvestrekningen er gitt i brosjyre fra Vegdirektoratet³¹.

6.2.3 Prosjekter i Sverige (Boverket)

En rapport fra svenske Boverket omtaler to forsøksveger, Väg 109 øst for Helsingborg og Väg 597 utenfor Luleå, der det er benyttet resirkulert tilslag i forsterkningslaget. Det er utført omfattende testing og dokumentasjon av både det resirkulerte tilslaget og vegen. Blant annet er det utført målinger av stivhet (platebelastningsmåling)³². Måleverdier for platebelastningen er gitt i kapittel 7 og er sammenlignet med måleverdier fra norske prosjekter. Det to prøvestrekningene hadde følgende oppbygging:

Forsøksvegen Väg 109:

- Prøvestrekning med 200 mm ”skyddslager” av knust betong, 565 mm forsterkningslag av knust betong, 80 mm grusbærelag og bituminøst bindlag/slitelag, samt tilhørende referansestrekning hvor både ”skyddslager” og forsterkningslag består av knust betong

Forsøksvegen Väg 597:

- Prøvestrekning med 420 mm forsterkningslag av knust betong, 80 mm bærelag, 45 mm asfaltdekke og tilhørende referansestrekning
- Prøvestrekning med 150 mm bærelag av knust betong, 45 mm asfaltdekke og tilhørende referansestrekning

Ut fra kornfordelingsdiagram kan de benyttede sorteringene av knust betong betegnes som henholdsvis velgradert 0-60 mm med inntil 5 % overstørrelse (forsterkningslag Väg 109), 0-45 mm med inntil 5 % overstørrelse (forsterkningslag Väg 597) og 0-22 mm med inntil 5 % overstørrelse (bærelag Väg 597)³².

7. UTFØRTE UNDERSØKELSER - RESULTATER OG VURDERINGER

7.1 Oversikt over utførte undersøkelser

Oversikt over utførte målinger/undersøkelser for demonstrasjonsprosjektene er vist i Tabell 8. Resultater er vist i etterfølgende avsnitt. Detaljerte resultater fra utlekkingsforsøk er ikke vist i denne rapporten, men er vist i RESIBA prosjektrapport 03/2002²⁵.

Tabell 8. Oversikt over målinger/undersøkelser, demonstrasjonsprosjekt "veg"

Undersøkelse	Prosjekt					
	Skulle- rud	Klemets- rud	Gaustad- bekk- dalen	Skøyen	Svart- dal	Sørum- sand
Materialdokumentasjon				X		X ^{*)}
Platebelastning				X	X	
Spor og jevnhetsmålinger					X	
Utlekkingsforsøk	X					X
Setningsmålinger			X			X ^{*)}
Visuelle observasjoner ^{**)}	(X)	X	X			X ^{*)}

^{*)} Utomhusarbeider planlagt utført sommeren 2003

^{**)} Visuelle observasjoner består i vurdering av materialkvalitet og/eller tilstand på ferdig konstruksjon i anleggsperioden og senere befaringer (for eksempel 1-års garantibefaring); inspeksjon av lag-/massetyper i forbindelse med oppgraving for kummer/tanker, drens-system etc.

7.2 Resultater og vurderinger fra RESIBA

7.2.1 E6 Skullerudkrysset

7.2.1.1 Resultater

Det ble ikke utført spesielle undersøkelser med tanke på vegtekniske egenskaper for materialer til dette demonstrasjonsprosjektet som ble utført før oppstart av RESIBA. Men det ble foretatt utlekkings tester for å kartlegge miljømessige egenskaper, det vil si måling av massenes avgivelse av miljøfarlige stoffer til omgivelsene. Resultatene fra disse forsøkene viser ingen negativ påvirkning. Se forøvrig RESIBA prosjektrapport 03/2002²⁵.

Ved komprimering med 15 tonns slepevals oppstod nedknusing av massene som igjen medførte en del støvplager. Forøvrig fungerte det resirkulerte tilslaget jevngodt med naturlig tilslag i forhold til håndtering og utlegging.

7.2.1.2 Vurderinger

Ut fra visuelle observasjoner etter fem år med trafikkbelastning er konklusjonen at det ikke er tegn til spesielle skader der resirkulert tilslag er brukt.

Når det gjelder støvplager i forbindelse med komprimering kan dette reduseres f.eks. ved vanning av massene. Antakelig skyldes noe av støvingen et relativt høyt finstoffinnhold i det anvendte tilslaget. Problemet antas å være mindre for det tilslaget som leveres nå, fordi produsenten sorterer bedre og det generelt er bedre

rutiner hos produsenten av tilslaget, BA Gjenvinning. Støving som skyldes nedknusing av massene kan reduseres ved å bruke lettere utstyr og foreta flere overfarter.

7.2.2 *Bussoppstillingsplass Klemetsrud*

7.2.2.1 Resultater

Det ble ikke utført spesielle undersøkelser med tanke på vegtekniske egenskaper for materialer til dette demonstrasjonsprosjektet som ble utført før oppstart av RESIBA. Under utlegging ble det oppdaget noe urenheter i massene, bl.a. armeringsjern, plast og trebiter. Synlige armeringsjern gjorde at lastebilsjåførene uttrykte noe uro med hensyn til mulig risiko for punktering. Utlegging og håndtering av massene fungerte som for naturlig tilslag.

Ut fra visuelle observasjoner etter fem år med trafikkbelastning er det ikke tegn til spesielle skader som skyldes bruk av resirkulert tilslag. Visuelle observasjoner i forbindelse med senere oppgraving har heller ikke avdekket noen uregelmessigheter.

7.2.2.2 Vurderinger

Resultatene etter flere år med forholdsvis høy trafikkbelastning fra busser, viser at det resirkulerte tilslaget har fungert som forutsatt.

Urenheter i det resirkulerte tilslaget som plast, tre, armeringsjern er med å skape et dårlig helhetsinntrykk, selv om det dreier seg om beskjedne mengder. Imidlertid er dette en relativt grei sak å rette opp ved f.eks. å foreta en manuell sortering / utplukking. Hvorledes dette skal gjøres eller hvem som skal gjøre det vil være et kostnadsspørsmål, men det er grunn til å tro at produsenten ville øke kundenes tillit til produktet ved å fjerne slike iøynefallende fremmedlegemer fra massene.

7.2.3 *Veg- og trikke trasé over Gaustadbekkdalen*

7.2.3.1 Resultater

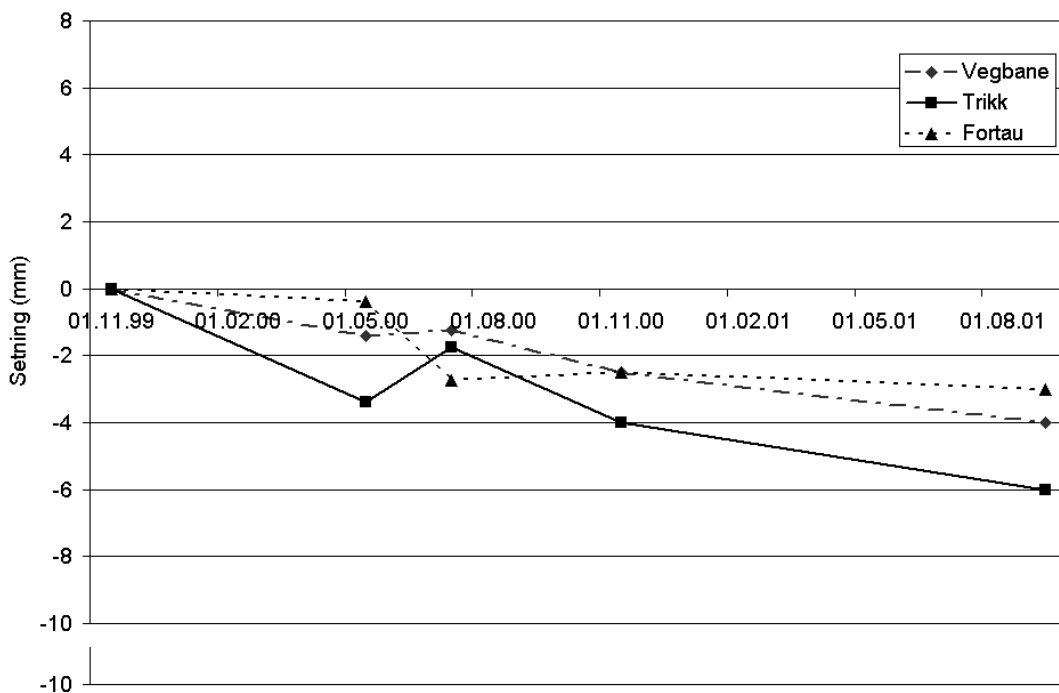
Visuelle observasjoner viser at det etter over tre år med trafikk på EPS fyllingen over Gaustadbekkdalen ikke er noen spesielle synlige skader som kan skyldes problemer med det resirkulerte tilslaget.

Resultater fra måling av deformasjoner fra Gaustadbekkdalen er vist i Figur 12 - Figur 14. Resultatene er gitt for hver akse med A1 i østlig ende der fyllingshøyden for det resirkulerte tilslaget er størst, A2 midt på fyllingen og A3 i vestre ende (se Figur 5 i kapittel 6.1.3 for plassering av akser). Beregnet måleusikkerhet er ca. ± 2 mm. Måleresultatene er samlet i tre kategorier etter belastning. Resultater betegnet *Vei* er et gjennomsnitt av fire målepunkter i hver akse, *Trikk* to målepunkter og *G/S-vei* ett målepunkt, se Figur 3 i kapittel 6.1.3 for en oversikt over fordeling av målepunktene i hver av aksene.

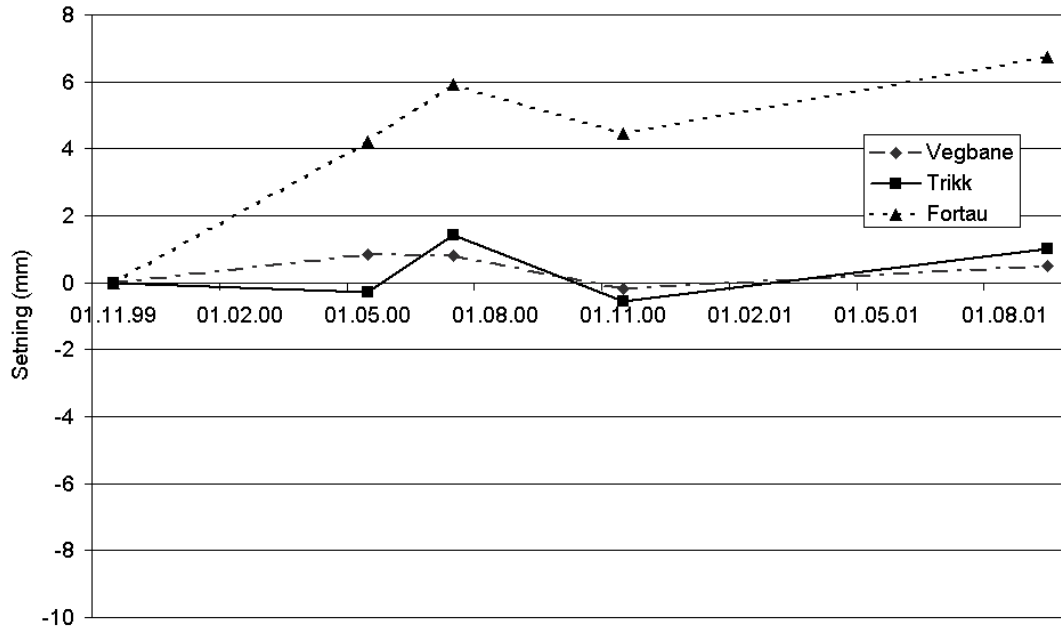
Kontroll av relativ bevegelse av referansepunktene i forhold til hverandre viste at referansepunktet RP3 (se oversikt i vedlegg 1) i akse A1 var svært ustabil og er derfor ekskludert fra deformasjonsberegningen. Ved innmålingen som ble gjort i september 2001 viste måledataene et systematisk avvik for alle målepunkter i forhold til RP4. Ved denne innmålingen er derfor RP4 ikke inkludert i beregningene.

Sammenligningen av referansepunktene viste også at ett av referansepunktene i akse A2 (RP4) og ett i akse A3 (RP8) (se oversikt i vedlegg 1) hadde et konstant avvik i forhold til første innmåling i november 1999 på henholdsvis 4 og 3 mm. Det ble konkludert med at dette enten skyldes en skade på de to referansepunktene eller en feilavlesning ved første innmåling. RP4 og RP8 er derfor korrigert for avvikene på henholdsvis 4 og 3 mm.

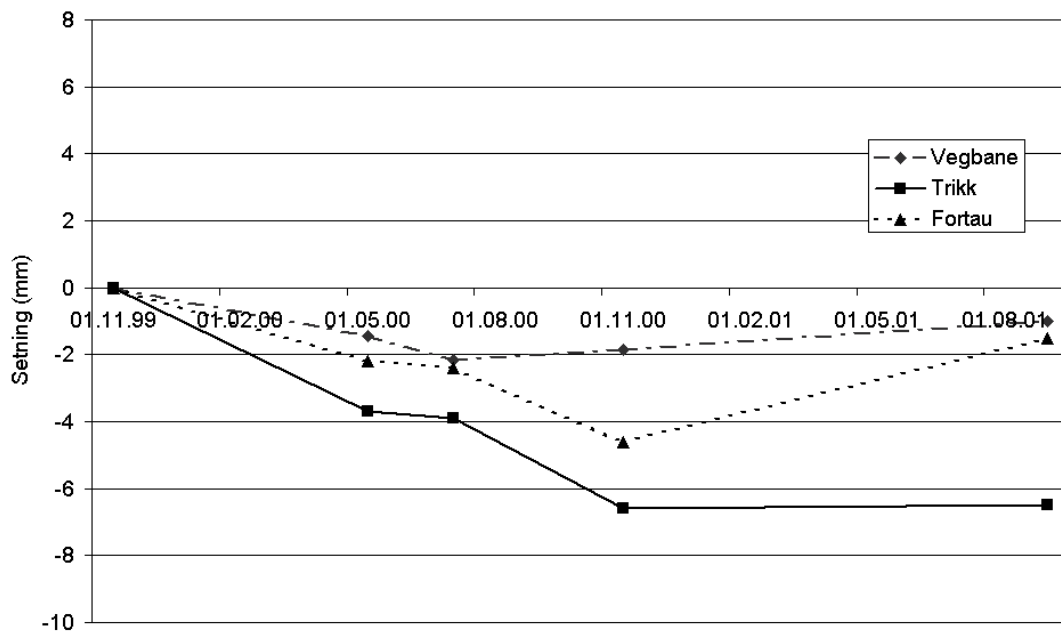
Det ble også gjennomført en beregning av deformasjonene i hvert målepunkt kun relatert til referansepunktene i samme akse for å se om dette hadde noen merkbar effekt på deformasjonene. Disse resultatene ble slått sammen og plottet på samme måte som vist i figurene nedenfor. Effekten på beregnet deformasjon var marginal og disse resultatene er derfor ikke vist her.



Figur 12. Akkumulert deformasjon i akse A1



Figur 13. Akkumulert deformasjon i akse A2



Figur 14. Akkumulert deformasjon i akse A3

7.2.3.2 Vurderinger

Det viktigste funksjonskriteriet for det resirkulerte tilslaget benyttet i overbygningen på EPS-fyllingen over Gaustadbekkdalen, er deformasjonsstabilitet. Det resirkulerte tilslaget ligger frostutsatt eksponert for tinesalter og er utsatt for variert og forholdsvis høy belastning fra trafikk. Etter at veg- og trikketraseen har vært åpen for trafikk i 2 ½ år, er det ingen tegn til skader eller unormalt store deformasjoner. Måleresultatene viser at den relativt store fyllingshøyden på ca. 1,30 m i østlig ende (akse A1) ikke har hatt spesiell innflytelse på deformasjonsutviklingen..

Med en måleusikkerhet på ca. ± 2 mm ligger resultatene for både veg, trikk og G/S-veg i hver av de tre aksene i samme området og resultatene indikerer derfor at ulik belastning har hatt liten innflytelse på deformasjonsutviklingen i det resirkulerte tilslaget. I akse A2 viser målingene tilsynelatende at målepunktet på G/S-vegen har hevet seg. Alle målepunktene blir kontrollert visuelt ved innmåling og det har ikke vært mulig å se noen spesiell skade på dette målepunktet (P8, se oversikt i vedlegg 1). Den mest sannsynlige forklaringen på disse resultatene er allikevel at det har oppstått en liten skade på målepunktet (P8). Kontroll viser at deformasjonsutviklingen for målepunktene i akse A2 er uavhengig av hvilke referansepunkt som benyttes for beregning av deformasjon. De unormale resultatene for målepunktet P8 skyldes derfor ikke hvilke referansepunkt som er inkludert i beregning av deformasjon.

Det er dessverre ikke lagt ut noen kontrollsoner med naturlig tilslag, men resultatene viser at det resirkulerte tilslaget så langt har vært deformasjonsstabil og fungert som forutsatt. Deformasjonene i det resirkulerte tilslagssjiktet er relativt små, alle målinger gir akkumulert deformasjon under 10 mm.

7.2.4 G/S-veg, E 18 Skøyen

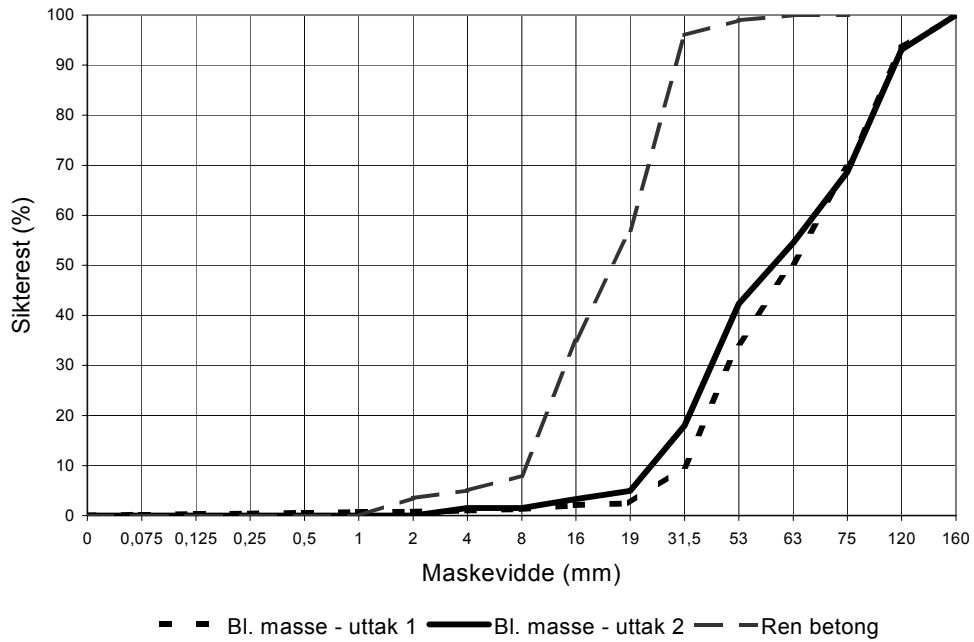
7.2.4.1 Resultater

Resultater fra kornfordelingsprøver er gitt i Figur 15. Resultatene fra disse prøvene viser at innhold av korn $< 0,075$ mm (av materiale < 19 mm) var 6,2 % i blandet masse og 0,9 % i ren knust betong.

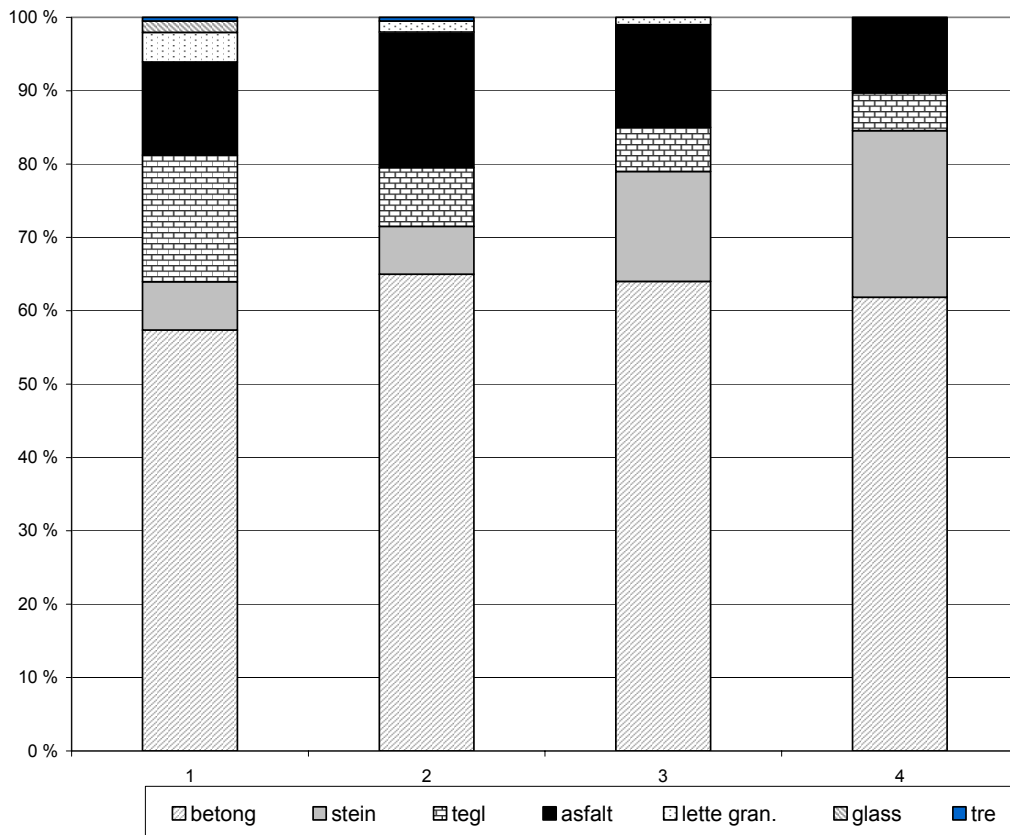
Figur 16 viser gjennomsnittlige resultater av undersøkt materialsammensetning for leveransene til Skøyen i masseprosent. Asfaltinnholdet var høyt for alle prøvene. Sammenlignet med prøveuttaket hos BA Gjenvinning viste visuelle observasjoner ved prøveuttaket på anlegget at det resirkulerte tilslaget som ble lagt ut i forsterkningslaget hadde:

- høyere finstoffinnhold
- høyere fuktinnhold
- mindre tegl

Høyere fuktinnhold kan ha gjort de fine fraksjoner mer synlig og forsterket inntrykket av at tilslaget hadde høyere finstoffinnhold. Resultatene fra undersøkelse av materialeegenskaper er presentert sammen med tilsvarende data fra andre demonstrasjonsprosjekter i RESIBA prosjektrapport 02/2002³³.



Figur 15. Korngradering for resirkulert tilslag med blandet masse 38 – 120 mm (uttak 1 hos BA Gjenvinning og uttak 2 ved utlegging) og 8-60 mm ren betong (uttak hos BA Gjenvinning) brukt på gang- og sykkelveg ved Skøyen i februar 2000.



Figur 16. Materialsammensetning i fire delprøver fra G/S-vegen Skøyen-Bygdøy

Resultater fra platebelastningsmålingene er vist i Tabell 9 og Tabell 10 for henholdsvis forsterkningslag og bærelag. E1 og E2 er resultat fra henholdsvis første og andre belastning.

Tabell 9. Platebelastningsmåling på forsterkningslag, G/S-veg E18 Skøyen

Felt	Type lag	Profil nr.	E-modul E1 (MPa)	E-modul E2 (MPa)	E2/E1 ^{*)}
Felt 1. (50 m prøvefelt)	Forsterkningslag (resirkulert tilslag 38-120 mm)	122,5	30	69	2,3
		130	55	86	1,6
		137,5	63	96	1,5
		145	66	105	1,6
		152,5	16	34	2,1
		Snitt	46	78	1,8
Felt 2. (50 m prøvefelt)	Forsterkningslag (resirkulert tilslag 38-120 mm)	165	20	57	2,9
		172,5	30	61	2,0
		180	26	53	2,0
		187,5	39	82	2,1
		Snitt	29	63	2,3
Felt 3. Referanse	Forsterkningslag (naturlig tilslag 20-120 mm)	215	66	197	3,0
		222,5	63	159	2,5
		Snitt	65	178	2,8

^{*)} Gjennomsnittlig E2/E1 er beregnet som snitt av individuelle E2/E1-verdier

Tabell 10. Platebelastningsmåling på bærelag, G/S-veg E18 Skøyen

Felt	Type lag	Profil nr.	E-modul E1 (MPa)	E-modul E2 (MPa)	E2/E1 ^{*)}
Felt 1. (50 m prøvefelt)	Bærelag (resirkulert tilslag 8-60 mm)	115	63	135	2,1
		122,5	45	84	1,9
		130	99	113	1,1
		137,5	56	117	2,1
		145	47	104	2,2
		152,5	31	71	2,3
		Snitt	62	104	2,0
Felt 2. (50 m prøvefelt)	Bærelag (naturlig tilslag 0-60 mm)	165	61	117	1,9
		172,5	40	84	2,1
		180	56	93	1,7
		187,5	82	159	1,9
		Snitt	60	113	1,9
Felt 3. Referanse	Bærelag (naturlig tilslag 0-60 mm)	215	169	315	1,9
		222,5	169	338	2,0
		Snitt	169	327	2,0

^{*)} Gjennomsnittlig E2/E1 er beregnet som snitt av individuelle E2/E1-verdier

7.2.4.2 Vurderinger

Resultater fra kornfordelingsprøver viser at for blandet masse er finstoffinnholdet noe større enn det spesifiserte kravet på maks. 6 %. Dette er imidlertid av liten betydning for en såpass grov fraksjon (38-120 mm) der materiale < 19 mm utgjør kun 2,5 % av den totale prøven.

Dokumentasjon av materialsammensetning viste at andelen av asfalt var større enn ventet og betydelig høyere enn maksimal 5 % i henhold til CEN-klassifisering BII, som spesifisert for dette prosjektet. I henhold til forslag til deklarasjonsordning fra RESIBA skal også asfalt innholdet være mindre enn 5 % for både Type 1 og 2²³. Generelt var ikke materialsammensetningen ved de ulike prøveuttakene vesentlig forskjellig. Produsenten ble gjort oppmerksom på det høye asfaltinnholdet, og asfaltandelen var noe lavere i de etterfølgende leveranser. Det ble imidlertid ikke gjort flere prøveuttak som dokumenterer dette.

Platebelastningsmålingene på forsterkningslaget av resirkulert tilslag gir noe lavere verdier (E-moduler) enn på forsterkningslag av stein. Veiledende verdier gitt i håndbok 018 (figur 522.4 side 166 veiledende verdier for fylling og forsterkningslag av grus- og steinmaterialer) kan benyttes som foreløpig sammenligningsgrunnlag for resultatene⁹. Det er ikke angitt tilsvarende verdier for E2 og E2/E1 for bærelag.

For forsterkningslag er de veiledende verdiene henholdsvis $E2/E1 \leq 2,5$ og $E2 \geq 150$ MPa. De målte E2-verdiene for forsterkningslaget med resirkulert tilslag er vesentlig lavere enn veiledende verdi for forsterkningslag av stein. Dette anses ikke å ha noen praktisk betydning for G/S-vegen det her er snakk om. Med hensyn til E2/E1-forholdet har det naturlige tilslaget noe høyere verdi enn den veiledende verdien. Hele prøvestreningen må anses å være normalt komprimert. På det resirkulerte tilslaget med denne sorteringen, oppnår man ikke uten videre E2-verdier opp mot veiledende verdi.

7.2.5 Rampe E6 Svartdalstunnelen

7.2.5.1 Resultater

Det ble ikke gjennomført materialtesting i forbindelse med prøvofelt i rampe E6 Svartdalstunnelen. Det var en del fremmedlegemer, tre- og metallrester, som måtte fjernes for hånd. I følge byggeleder fra Statens vegvesen i Oslo som også hadde vært byggeleder ved utbyggingen av Skullerudkrysset, virket det resirkulerte tilslaget å være relativt likt det som i sin tid ble levert til Skullerudkrysset.

Gjennomsnittresultater fra platebelastningsmålinger utført ved bygging er gitt i Tabell 11. E1 og E2 er resultat fra henholdsvis første og andre belastning.

Tabell 11. Gjennomsnittresultater fra platebelastningsmåling på forsterkningslag, nedre bærelag og bindlag, E6 rampe Svartdalstunnelen

Felt	Type lag	Antall målepkt.	E-modul E1 (MPa)	E-modul E2 (MPa)	E2/E1 ¹⁾
Prøvefelt, 50 m	Bindlag	9	110	210	1,97
	Nedre bærelag	9	66	156	2,49
	Forsterkn.lag	9	45	106	2,44
Referanse, 20 m	Bindlag	3	123	214	1,73
	Nedre bærelag	3	55	156	3,03
	Forsterkn.lag	3	106	204	1,97

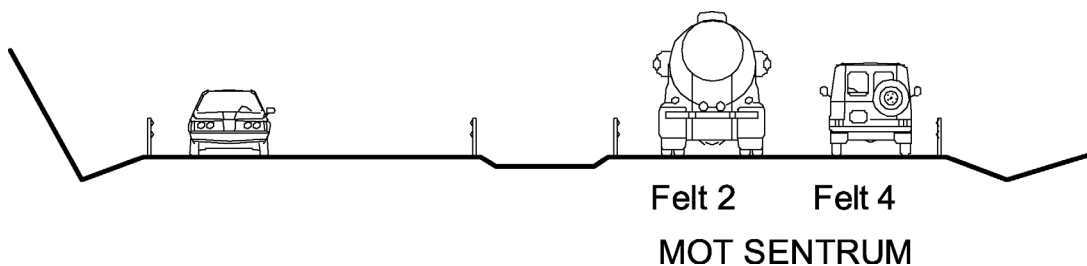
¹⁾ Gjennomsnittlig E2/E1 er beregnet som snitt av individuelle E2/E1-verdier

Måledatoer og resultater for spor- og jevnhetsmålinger er vist i Tabell 12. I tillegg er tverrprofil av vegen med feltinndeling er vist i Figur 17. Bilde av ferdig veg er vist i Figur 18. Følgende begrep er benyttet i Tabell 12:

- *IRI* = International Roughness Index, uttrykk for vegbanens jevnhet, varierer fra 1 (god veg) til ca. 5 (veg med dårlig asfaltdekke).
- *Spor* = Spordybde i mm, målt og beregnet etter Vegdirektoratets metoder

Tabell 12. Spor- og jevnhetsmålinger på ferdig veg, E6 rampe Svartdalstunnelen

Måledato	Prøvestrekning (50 m)				Referansestrekning (ca. 20 m)			
	Kjørefelt 2, ytre hjulspor		Kjørefelt 4, ytre hjulspor		Kjørefelt 2, ytre hjulspor		Kjørefelt 4, ytre hjulspor	
	IRI	Spor, mm	IRI	Spor, mm	IRI	Spor, mm	IRI	Spor, mm
31.08.2000	1,4	4,3	1,2	4,0	1,2	4,0	1,0	4,0
13.10.2000	1,7	4,1	1,3	4,6	1,6	3,5	1,3	3,9
09.04.2001	1,3	4,8	1,2	5,7	0,8	5,2	1,0	6,3
11.06.2001	1,4	5,2	1,3	5,6	1,0	5,3	1,0	5,5
30.08.2001	1,4	5,5	1,3	6,8	0,9	6,3	1,0	6,5
03.12.2001	1,3	4,0	1,2	5,4	0,9	4,0	1,0	5,3
10.05.2002	1,4	5,0	1,2	7,0	0,9	5,0	1,1	5,7
08.07.2002	1,3	5,6	1,2	6,6	1,4	5,0	1,2	6,0
08.10.2002	1,4	4,7	1,3	6,1	0,9	4,7	1,1	5,0



Figur 17. Tverrprofil av veg med feltinndeling



Figur 18. Dagsone utenfor Svartdalstunnelen - kjørebane mot sentrum til høyre

7.2.5.2 Vurderinger

Leveranse av de drøyt 600 tonn resirkulert tilslag som ble benyttet i forsterkningslaget foregikk uten problemer. Bestilling var lagt inn hos produsenten i god tid på forhånd, og samarbeidet mellom produsent, entreprenør og byggherre fungerte godt.

Visuell vurdering av materialsammensetning viste at det var noe mer urenheter (tre, metall m.v.) i tilslaget enn forventet. Byggherren, Statens vegvesen, Oslo, har gitt uttrykk for at det kun er mindre forbedring med hensyn til urenheter sammenlignet med det som ble levert i forbindelse med ombygning av Skullerudkrysset i 1997. Samtidig ga imidlertid entreprenøren uttrykk for at det resirkulerte tilslaget var greit å bruke og hadde ingen spesielle merknader knyttet til urenheter.

Resultatene fra platebelastningsmålingene på forsterkningslaget ga en E-modul (E2) for resirkulert tilslag på omkring 100 MPa. Dette er en del høyere enn for Skøyen-prosjektet, men lavere enn den veiledende verdi for forsterkningslag i henhold til håndbok 018, figur 522.4, for fylling og forsterkningslag av grus- og steinmaterialer⁹. Veiledende verdier for forsterkningslag er E2 minst 150 MPa og E2/E1 maks. 2,5⁹.

For nedre bærelag av knust asfalt viser målingene, som forventet, at E-modulen E2 er en del høyere enn for forsterkningslaget. Bruk av resirkulert tilslag i forsterkningslaget virker imidlertid å ha liten effekt på E-modulen E2 for bærelaget og bindlaget. Noe overraskende viser målingene at E-modulen E2 for nedre bærelag (ca. 150 MPa) er den samme der bærelaget ligger på resirkulert tilslag som der det ligger på sprengstein. For bindlaget av varmprodusert asfalt er også E-modulen E2 (ca. 210 MPa) den samme tilsynelatende uavhengig av materialet som er brukt i forsterkningslaget.

De oppnådde platebelastningsverdiene på forsterkningslaget i Svartdalsprosjektet er noe høyere enn på Skøyen-prosjektet. Dette kan ha en eller flere årsaker, for eksempel:

- Reelt sterkere masse på prosjektet i dagsonen utenfor Svartdalstunnelen for eksempel på grunn av et noe mindre asfaltinnhold.
- Bedre komprimering (tyngre utstyr og/eller eventuelt flere overfarer).
- Bedre avretting/kraftoverføring mellom plate og underlag.

Generelt er det oppnådd forholdsvis lave E-moduler på alle målte lag (forsterkningslag, nedre bærelag og bindlag). For bærelaget og bindlaget er E-modulen den samme uansett underliggende konstruksjon (resirkulert tilslag eller tunnel stein). For forsterkningslaget av resirkulert tilslag er E-modulen for lav i forhold til veiledende verdi i håndbok 018, mens E-modulen er høyere enn den veiledende verdien for forsterkningslag av stein. Generelt er antall målinger forholdsvis lavt. Det er forholdsvis lite sikre tallverdier.

Platebelastningsmålinger er kun sporadisk benyttet til komprimeringskontroll og har i lang tid ikke vært omtalt i vegnormalene. Det er derfor forholdsvis lite – eller vanskelig tilgjengelig – sammenligningsgrunnlag for denne typen målinger.

Platebelastningsverdier (E-modul E2) på forsterkningslaget av resirkulert tilslag var mindre enn halvparten av E2 for forsterkningslag av knust betong på Statsbyggs forsøksveg på Fornebu (se kapittel 6.2.1 og 7.3.1). Det er mest sannsynlig at massene benyttet i Svartdalsprosjektet reelt sett er svakere og har en ugunstigere kornfordeling enn massene på Fornebu. Det resirkulerte tilslaget av knust betong på Fornebu består av knust ren betong med velgradert sortering, 0-40 (60) mm³⁰.

Forholdet E2/E1

Forholdet mellom E-modulene E2 (2. gangs belastning) og E1 (1. gangs belastning) sier noe om komprimeringsgraden av materialet. Oppnådd E2/E1-verdi må sies å være ganske bra. For forsterkningslaget med resirkulert tilslag er gjennomsnittlig E2/E1 omkring 2,3 og kan sammenlignes med veiledende verdi 2,5 som angitt i håndbok 018 Vegbygging pkt. 522.4⁹. Individuelle E2/E1-verdier varierer forholdsvis mye (1,8-3,2 for 9 målepunkt), men dette er ikke uvanlig.

7.2.5.3 Vurdering av spor- og jevnhetsmålinger

Spor- og jevnhetsmålingene viser normale verdier. Det kan ikke sies å være noen tendens til nedbryting målt som endring av dekketilstanden i løpet av måleperioden på drøyt 2 år. Det er hittil ingen indikasjoner på unormal tilstandsutvikling.

7.2.6 *Parkeringsplass/gårdsplass ved Sørumsand v.g. skole*

Utenomhusarbeidene i forbindelse med Sørumsand v.g. skole ferdigstilles først sommeren 2003. Det er ikke tatt en endelig beslutning om å benytte resirkulert tilslag og det er derfor ikke gjennomført noen spesielle undersøkelser for denne delen av prosjektet. Undersøkelser av prøver med hensyn til miljøpåvirkning er rapportert i RESIBA prosjektrapport 03/2002²⁵. I tillegg er resultater fra undersøkelser av tilslaget benyttet i betongkonstruksjonen er gitt i RESIBA prosjektrapport 07/2002²⁸.

7.3 Utvalgte resultater og vurderinger fra prosjekter utenom RESIBA

Av interesse her er det å se på platebelastningsverdiene for ulike typer konstruksjoner, for sammenligning med tilsvarende som er utført i RESIBA i forbindelse med demonstrasjonsprosjektene på Skøyen og Svartdal.

7.3.1 Prøvefelt på Fornebu

Oppbygging av Statsbyggs prøvefelt på Fornebu er beskrevet i pkt. 6.2.1. Data og måleresultat er rapportert av SINTEF³⁰. Resultatene fra platebelastningsmålinger er gitt nedenfor i Tabell 13. E1 og E2 er resultat fra henholdsvis første og andre belastning.

Tabell 13. Gjennomsnittlige resultater fra platebelastningsmåling for prøvefeltet på Fornebu³⁰.

Type lag	E-modul E1 (MPa) E-modul E2 (MPa) E2/E1 ^{*)}						
	Felt 7	Felt 6	Felt 5	Felt 1	Felt 2	Felt 4	Felt 3
Slitelag	E1 =163	169	147	112	94	108	110
	E2 =273	292	251	246	159	197	195
	E2/E1=1,7	1,7	1,7	2,2	1,7	1,8	1,8
Bindlag							
Øvre bærelag					25	43	62
					127	193	208
					5,1	4,5	3,3
Nedre bærelag							
Forsterkningslag	117	74	32	67			
	257	191	79	218			
	2,2	2,6	2,5	3,3			
Undergrunn	72						
	182						
	3,1						

^{*)} Gjennomsnittlig E2/E1 er beregnet som snitt av individuelle E2/E1-verdier

Måling på forsterkningslag 0-40 mm av knust betong i Fornebu-prosjektet gir betraktelig høyere E2-verdi enn det man målte på 38-120 mm blandet masse i E18 Skøyen-prosjektet (se 7.2.4.1). Forskjellen må skyldes både at 0-40 mm massen er en tettere og mer stabil masse, og at det er en renere og mekanisk bedre masse med svært liten eller ingen andel asfaltpartikler. Der det ble benyttet blanding av asfalt og knust betong 0-40 mm har man også målt gode E2-verdier, men E2 er litt lavere enn for masser bestående av knust betong. Der forsterkningslaget består av "ren" knust asfalt er E2-verdien forholdsvis lav.

For målingene på bærelaget ser man de samme tendensene, nemlig at den knuste betongen har best E2-verdi, masser med innslag av asfalt har noe lavere E2-verdi og knust asfalt har lavest E2-verdi. Alt i alt indikerer platebelastningsmålingene på Fornebu, sammenlignet med målingene i RESIBA, at 0-40 mm gradering gir høyere stivhet/stabilitet enn 38-120 mm gradering. Dette er som forventet.

7.3.2 Gang/sykkelveg Rv 4 Kalbakken-Linderud

Prosjektet er ikke fulgt opp med testing og dokumentasjon.

7.3.3 Prosjekter i Sverige

Data og måleresultat for de to svenske forsøksvegene er rapportert av Boverket ³².

Resultat fra statiske platebelastningsmålinger er vist i Tabell 14. Målingene utført i henhold til Vägverkets metodbeskrivning VVMB 606:1993, publ. 1993:019 ³².

Belastningsplatens diameter er ikke gitt, det vanlige i Norge er 300 mm. E1 og E2 er resultat fra henholdsvis første og andre belastning.

Tabell 14. Platebelastningsmåling på Väg 109 og Väg 597 ³²

Felt	Type lag	Antall målepkt. ^{**}	E-modul E1 (MPa)	E-modul E2 (MPa)	E2/E1
Väg 109, Prøvefelt	Forsterkningslag av knust betong 0-60 mm	(forst.lag)		118	
		(bærelag)		143	
Väg 109, Referanse	Forsterkningslag av knust betong 0-60 mm	(forst.lag)		141	
		(bærelag)		128	
Väg 597, Prøvefelt-1	Forsterkningslag av knust betong 0-45 mm	6 pkt. (bærelag)		115	1,9
Väg 597, Referanse-1	Vanlig forsterkningslag	5 pkt. (bærelag)		155*	1,9 ⁾
Väg 597, Prøvefelt-2	Bærelag av knust betong 0-22 mm	4 pkt. (bærelag)		104	1,8
Väg 597, Referanse-2	Vanlig bærelag	4 pkt. (bærelag)		119	1,7

⁾ Noen tallverdier angitt i Boverkets rapport synes å være inkonsistente, men dette er vanskelig å vurdere basert på opplysningene gitt i rapport.

^{**}) Antall målepunkt er ikke kjent for Väg 109.

E2-målingene for Väg 109 og Väg 597, der det er benyttet knust betong av "0-sortering" (0-60 og 0-45 mm), er i samme størrelsesorden som ved Fornebu-forsøket, og indikerer at stivheten blir noe større med 0-sorteringer enn med grove/ensgraderte sorteringer som ble benyttet i RESIBA – E18 Skøyen og E6-rampe Svartdalstunnelen.

8. ØKONOMI

8.1 Generelt

8.1.1 Pris fra produsent

Prisen fra produsent på alle aktuelle sorteringer er pr. dato lavere enn for tilsvarende naturlig tilslag. Tabell 15 under viser en sammenligning av listepriiser innhentet fra leverandører i midten av februar 2002. Prisene på resirkulert tilslag er fra BA Gjenvinning mens prisen på naturlig tilslag er fra en stor leverandør i Østlandsområdet. Sammenligningen viser at det er under halv pris på resirkulert tilslag i forhold til naturlig tilslag.

Tabell 15. Listepriiser på resirkulert og naturlig tilslag fra verk, februar 2002

Varetype	Sortering (mm)	Tilslagspriser (kr/tonn)		Differanse	
		Resirkulert	Naturlig	kr / tonn	% av naturlig
Subbus	0-10 / 0-4	10,-	99,-	89,-	10%
	0-20	35,-	98,-	63,-	36%
Sams / pukkk	0 - 60	39,-	106,-	67,-	37%
Pukkk	4 - 10 / 4 - 8	55,-	149,-	94,-	37%
	10-20 / 11-16	56,-	147,-	91,-	38%
	20-38 / 22-32	46,-	115,-	69,-	40%
Maskinkult	38-120 / 20-120	27,-	84,-	57,-	32%

8.1.2 Transport

Avstand fra produsent til det sted der massene skal brukes får stor betydning pga transportkostnadene. Mobile knuseverk kan endre dette forholdet ved knusing av ett eller flere riveobjekt på stedet for å bruke tilslaget i samme område. Kravet til dokumentasjon av tilslagets egenskaper og kvalitet kan i så fall bli avgjørende for om dette er mulig. Dessuten må det innhentes tillatelse til å knuse på plassen. Dette kan være vanskelig på grunn av krav om begrensning av støv og støyplager for beboere i nærheten. Transport pr. km er lik enten steinmaterialene er naturlige eller resirkulerte, men egenvekten på resirkulert tilslag er lavere (ca. 1,25 tonn/m³ mot ca. 1,43 tonn/m³) og transportøren kan derfor ta med seg mer på hvert lass. Således blir transportkostnadene lavere for resirkulert tilslag forutsatt lik transportavstand. I praksis vil den reelle transportavstand bli avgjørende. Priser for fyllmassekjøring for februar 2002 fra Transportsentralen i Asker og Bærum er gitt i Tabell 16.

Tabell 16. Transportkostnader for fyllmassekjøring pr. m³ og transportlengde fra Transportsentralen i Asker og Bærum pr. februar 2002.

Distanse (km)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
kr/m³	23,50	27,10	31,00	34,70	38,50	42,40	46,40	50,40	54,20	58,20
Distanse (km)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
kr/m³	62,00	65,80	69,60	72,00	77,50	78,40	82,20	85,90	89,60	94,50
Distanse (km)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
kr/m³	97,10	100,70	104,40	106,90	111,20	114,70	118,00	121,30	124,60	127,90
Distanse (km)	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Kr/m³	131,20	134,50	137,80	141,10	144,40	147,70	151,00	154,30	157,60	160,90

8.1.2.1 Beregningseksempel

Gang-/Sykkelveg , lengde = 100 m, bredde = 4 m, forsterkningslag = 500 mm

Alternativ 1:

200 m³ naturlig tilslag maskinkult 20-120 mm (1,43 tonn/m³) erstattes med resirkulert tilslag 38-120 mm (1,25 tonn/m³) blandet masse.

Maskinkult 20 – 120 mm	200 x 1,43 x 84,-	kr 24.024,-
Resirkulert tilslag 38-120 mm	200 x 1,25 x 27,-	kr 6.750,-
Differanse		kr 17.274,-

Dette tilsvarer en besparelse på 17.274 kr : 200 m³ = 86 kr/m³

Går vi inn i Tabell 16 ser vi at vi kan transportere det resirkulerte tilslaget 18 km lenger og få samme totalpris på dette levert på byggeplass.

Alternativ 2:

200 m³ sprengstein (1,50 tonn/m³) fra en tunnel i nærheten erstattes med resirkulert tilslag 38-120 mm (1,25 tonn/m³) blandet masse.

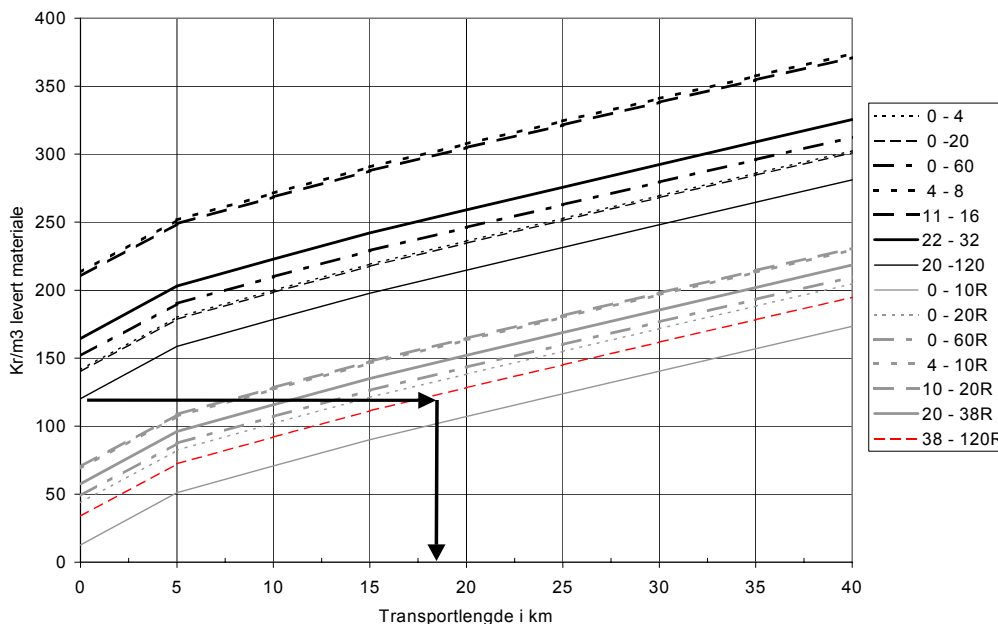
Sprengstein D _{maks} 300 mm	200 x 1,50 x 7,- ^{*)}	kr 2.100,-
Resirkulert tilslag 38-120 mm	200 x 1,25 x 27,-	kr 6.750,-
Differanse2		kr -4.650,-

^{*)} Antatt kostnad for opplasting av tunnelstein = 7 kr/tonn (ca. 10kr/m³)

Dette tilsvarer økte kostnader på 4.650 kr : 200 m³ = 23 kr/m³

Vi får en negativ differanse og går vi nå inn i Tabell 16 ser vi at vi kan transportere sprengsteinen ca 1 km lenger og få samme totalpris. Det er ikke nødvendigvis riktig å regne en kostnad for sprengsteinen. Situasjonen kan være at denne må kjøres ut uansett. Men vi ser samtidig at tilgjengelig resirkulert ikke behøver å ligge mye nærmere for at dette likevel kan lønne seg.

Figur 19 illustrerer sammenhengen mellom prisen på naturlig og resirkulert tilslag levert på byggeplass for ulike sorteringer som funksjon av transportlengde. For enkelhets skyld er det brukt samme densitet, 1,25 tonn / m³, for ulike sorteringer av resirkulert tilslag. Tilsvarende er det brukt samme densitet, 1,43 tonn/m³, for naturlig tilslag. Tallene er hentet fra RESIBA prosjektrapport 06/2002, Ubunden bruk av resirkulert tilslag i VA-grøfter, tabell 6, kap 7.2.3²⁹. Avlesning for beregningseksempel, Alternativ 1, er vist i Figur 19.



Figur 19. Transportkostnader (kr/m³) for ulike standard sorteringer av resirkulert tilslag og naturlig tilslag

Dersom transportøren har kjøring f.eks. til BA Gjenvinning og kan hente resirkulert tilslag som returlass kan det imidlertid lønne seg økonomisk å bruke dette selv om avstanden skulle være betydelig lenger enn til nærmeste pukkverk. Det samme vil naturligvis gjelde for naturlig tilslag.

8.1.3 Håndteringskostnader

Resirkulert tilslag er lettere enn naturlig steinmaterialer. Dette betyr at det også er lettere og raskere å håndtere. Dette vil være med på å redusere kostnadene. Praktiske erfaringer fra RESIBA-prosjektet viser at komprimeringsbehovet er likt eller noe høyere. Det har også vært noen støvproblemer som kan medføre kostnader til vanning.

Urenheter i massene kan forekomme. For eksempel kan rester av armeringsjern skape problemer og må plukkes ut for å unngå risiko for punktering eller eventuelle andre ulemper for anleggsdriften. Dette øker tidsforbruket og driver kostnaden opp. Trebiter og andre større urenheter bør også plukkes ut og vil føre til økte håndteringskostnader. Dette er allikevel av relativt liten betydning.

Det er noe høyere finstoffinnhold i resirkulerte materialer enn i det naturlige tilslaget. For eksempel i forbindelse med komprimering kan det derfor blir mer ”klebrig” å jobbe med når det er vått. Dette kan muligens øke håndteringskostnadene noe.

8.1.4 Leveringsdyktighet

Enkelte sorteringer er mye etterspurt på grunn av sin anvendelighet og lave pris. Erfaringen fra RESIBA er at etterspørselen i perioder overstiger produksjons- og lagerkapasiteten hos BA Gjenvinning og leveransene til anlegget blir forsinket. Det er svært dårlig økonomi å vente på tilslag eller kjøre ”bomtut”, og naturlig tilslag vil

således bli valgt. Sannsynligvis vil dette også bidra til å presse opp prisene på de mest etterspurte sorteringene av resirkulert tilslag, for eksempel 10-20 mm og 20-38 mm.

8.1.5 Dokumentasjon

8.1.5.1 Dokumentasjon fra produsent.

Dersom produsentene blir pålagt et omfattende kvalitetsikringssystem og krav til dokumentasjon slik som for eksempel deklarasjonsordningen for resirkulert tilslag foreslått av RESIBA, så vil dette føre til økte kostnader. Dette vil antakelig medføre noe høyere pris på de resirkulerte materialene. Men man vil da til gjengjeld være sikrere på at det resirkulerte tilslaget holder en jevn og god kvalitet.

8.1.5.2 Dokumentasjon fra entreprenørene

På grunn av generell usikkerhet til lite prøvde produkter vil entreprenører som tar resirkulerte materialer i bruk kunne bli pålagt strengere krav til dokumentasjon, prøvetaking og oppfølging fra de aktuelle byggherrer. Dette avstedkommer økte kostnader, men man må forvente at slike kostnader vil avta etter hvert som flere får erfaring med bruk av resirkulert tilslag.

8.2 Demonstrasjonsprosjektene

8.2.1 Ramper m.v. ved E6, Skullerudkrysset

Det var ingen tilleggs kostnader ved bruk av resirkulert tilslag. Totalt sett ble det oppnådd vesentlige besparelser.

8.2.2 Bussoppstillingsplass på Klemetsrud

Klemetsrud ligger rett ved BA Gjenvinning, og resirkulert tilslag ble valgt av entreprenøren av rene økonomiske grunner.

Kostnader resirkulert tilslag lagt i forsterkningslag:

Innkjøp av 4000 (3200 x 1,25) tonn 38-120 mm a kr 20,- =	kr 80.000,-
Transport fra BA Gjenvinning: 3200 m ³ a kr 25,- =	kr 80.000,-
Dokumentasjonskostnader	0,-
<u>Ekstra kostnader med utlegging urenheter o.a. anslått til</u>	<u>kr 7.000,-</u>
<u>SUM</u>	<u>kr 167.000,-</u>

(Noe forenklet, har bl.a. kun tatt med *merkostnader* for utleggingen)

Kostnader ved eventuell bruk av naturlig tilslag lagt i forsterkningslag:

Innkjøp av 4576 (3200 x 1,43) tonn 20-120 mm a kr 80,-	kr 366.080,-
<u>Transport fra pukkleverandør (avstand ca 6 km) 3200 m³ a kr 35,-</u>	<u>kr 112.000,-</u>
<u>SUM</u>	<u>kr 478.080,-</u>

(Noe forenklet, tar bl.a. ikke med utleggingskostnader)

Besparelse som følge av bruk av resirkulert tilslag: **kr 311.080,-**

8.2.3 Veg- og trikke trasé Gaustad

Bruk av resirkulert tilslag over EPS fyllingen i Gaustadbekkdalen ble valgt av økonomiske årsaker. Både byggherren og entreprenøren sparte penger. Under er kun vist total besparelse, og beregningen er noe forenklet.

Kostnader resirkulert tilslag lagt i forsterkningslag:

Innkjøp av 5000 (4000 x 1,25) tonn 38-120 mm a kr 27,- =	kr 135.000,-
Transport fra BA Gjenvinning: (18 km) 4000 m ³ a kr 85,- =	kr 340.000,-
Dokumentasjonskostnader anslått til:	kr 15.000,-
Ekstra kostnader med utlegging urenheter o.a. anslått til	kr 7.000,-
<u>SUM</u>	<u>kr 497.000,-</u>

(Noe forenklet, har bl.a. kun tatt med *merkostnader* for utleggingen)

Kostnader ved eventuell bruk av naturlig tilslag lagt i forsterkningslag:

Innkjøp av 5720 (4000 x 1,43) tonn 20-120 mm a kr 84,-	kr 480.480,-
Transport fra pukkleverandør (avstand ca 12 km) 4000 m ³ a kr 65,-	kr 260.000,-
<u>SUM</u>	<u>kr 740.480,-</u>

(Noe forenklet, tar bl.a. ikke med utleggingskostnader)

Besparelse som følge av bruk av resirkulert tilslag: **kr 243.480,-**

8.2.4 Gang/Sykkelveg E18 Skøyen

Kostnader resirkulert tilslag lagt i forsterkningslag og bærelag:

Innkjøp av 300 tonn 38-120 mm a kr 27,- =	kr 8.100,-
Transport fra BA Gjenvinning (ca 18 km): 240 m ³ a kr 85,- =	kr 20.400,-
Innkjøp av 50 tonn ren knust betong 8-60 mm a kr 56,-	kr 2.800,-
Transport fra BA Gjenvinning (ca 18km): 40 m ³ a kr 85,-	kr 3.400,-
Dokumentasjonskostnader	kr 25.000,-
Ekstra kostnader med utlegging urenheter o.a. anslått til	kr 2.000,-
<u>SUM</u>	<u>kr 61.700,-</u>
<u>SUM uten dokumentasjonskostnader</u>	<u>kr 36.700,-</u>

(Noe forenklet, har bl.a. kun tatt med *merkostnader* for utleggingen)

Kostnader ved bruk av naturlig tilslag lagt i forsterkningslag og bærelag:

Innkjøp av 343(240 x 1,43) tonn 20-120mm a kr 84,-	kr 28.812,-
Transport fra pukkleverandør (avstand ca 15 km) 240 m ³ a kr 77,-	kr 18.480,-
Innkjøp av 57,2(40 x 1,43) tonn 8-60mm a kr 120,-	kr 6.864,-
Transport fra pukkleverandør (avstand ca 15km) 40m ³ a kr 77,-	kr 3.080,-
<u>SUM</u>	<u>kr 57.236,-</u>

(Noe forenklet, tar bl.a. ikke med utleggingskostnader)

Besparelse som følge av bruk av resirkulert tilslag: **kr 20.536,-**

Kostnader for dokumentasjon av tilslaget, utført i RESIBA-prosjektet er ikke inkludert.

8.2.5 E6 rampe i dagsonen ved Svartdalstunnelen

I kontrakten var det beskrevet bruk av sprengstein til forsterkningslaget i dagsonen. Det var rikelig tilgang på sprengstein fra tunneldrivingen. Entreprenøren hadde lav pris på utlegging av stein til forsterkningslag.

Ved bruk av resirkulert tilslag ble det merknader på grunn av at vesentlig lengre frakt av det resirkulerte tilslaget, og på grunn av borttransportering av overskuddsmasse fra tunneldrivingen. Det var ingen reelle merknader til selve utleggingen og komprimeringen.

Kostnader ved bruk av naturlig tilslag lagt i forsterkningslag på prøvestrekningen:

Selmers kontrakt: Sprengstein kr 32,- pr. m³

Totale kostnader 500 m² x 0,9 m = 450 m³ x 32,- kr/m³: kr 14.400,-

Kostnader ved bruk av resirkulert tilslag lagt i forsterkningslag på prøvestrekningen:

Innkjøp av 630 tonn 38-120mm x 20,- pr. tonn kr 12.620,-

Transport, utlegging og komprimering, pris fra Selmer: kr 84,- pr. tonn kr 53.000,-

SUM kr 65.620,-

Merkostnad som følge av bruk av resirkulert tilslag ca.: kr 51.220,-

Merknad 1:

Levering, transport, utlegging og komprimering resirkulert tilslag = 20,- + 84,- = 104,- kr/tonn, til sammenligning med 200 kr/tonn for tilkjørt 20-120 stein i dagsonen.

Merknad 2:

Overskuddsmasse, dvs. ubenyttet tunnelstein, ble fraktet bort til diverse småanlegg i Oslo og til lager ved Berger grustak, Akershus.

8.2.6 Oppsummering økonomi demonstrasjonsprosjekter

En oppsummering av de ulike demonstrasjonsprosjektene med hensyn til økonomi er gitt i Tabell 17.

Tabell 17. Oppsummering økonomi RESIBA demonstrasjonsprosjekter

Demonstrasjonsprosjekt	Sortering	Tonn	Besparelse	Kommentar
Ramper m.v. ved E6, Skullerudkrysset	0-20	150	Ikke beregnet	
	10-20	250		
	20-150	1.300		
Bussoppstillingsplass på Klemetsrud	38-120	4.000	311.080,-	Kort transport
Veg- og trikke trasé Gaustad	38-120	5.000	243.480,-	
Gang / Sykkelveg, E18, Skøyen	38-120	300	20.536,- (totalt)	
	8-60	50		
E6 rampe i dagsonen ved Svartdalstunnelen	38-120	630	- 51.220,-	Merkostnad

9. KONKLUSJONER

9.1 Generelt

Resultater og erfaringer fra RESIBA-prosjektet med bruk av resirkulert tilslag i veger og plasser er generelt gode. Det gjeldende regelverk på området er ikke tilpasset resirkulert tilslag pr. dato. Det forventes imidlertid at revidert regelverk om relativt kort tid vil ha retningslinjer også for denne type tilslag. Av størst betydning her er nye håndbok 018 som forventes ferdig i løpet av 2003. Sammen med tekniske bestemmelser fra Kontrollrådet for betongprodukter og Norsk betongforenings publikasjon nr. 26, vil revidert håndbok 018 danne kjernen i første generasjons regelverk for bruk av resirkulert tilslag^{24, 34}.

Bruk i veger og plasser kan bli et viktig område for resirkulert tilslag. Det er viktig å opparbeide kunnskaper om tilslagets egenskaper, muligheter og begrensninger. Resultatene som framlegges i denne rapporten utgjør et viktig skritt på veien.

Statens vegvesen, Vegdirektoratet har startet Gjenbruksprosjektet, et stort FoU prosjekt (2002-2005) der det jobbes videre med gjenvinning samt ombruk, avfallshåndtering og avfallsreduksjon i vegbygging³⁵.

9.2 Tekniske egenskaper

Tekniske egenskaper undersøkt gjennom laboratorieforsøk og demonstrasjonsprosjekter i RESIBA viser at resirkulert tilslag er godt egnet for bruk til vegbygging.

Det er alminnelig antatt at knust betong og tegl er noe svakere enn vanlig stein. Dette vises indirekte gjennom resultater fra platebelastningsmålinger. Platebelastningsmålingene indikerer som forventet, at det oppnås betydelig lavere stivhet i lag av resirkulert tilslag av grove/ensgraderte materialer, for eksempel 38-120 mm, i forhold til stivhet av lag med 0-fraksjon (for eksempel 0-40 mm).

Kvaliteten bør imidlertid ikke vurderes bare ut fra platebelastningsmålinger i anleggsperioden, da flere faktorer kan påvirke og bidra positivt til kvalitetsøkning over tid. En viktig faktor vil være etterherding på grunn av hydratasjon av fri sement i den knuste betongen. Dette vil ventelig være mest utpreget for resirkulert tilslag med 0-fraksjon, men er ikke undersøkt i dette prosjektet.

Tilstandsregistrering med spor- og jevnhetsmålinger på prøvefeltet ved Svartdals-tunnelen viser normale verdier. Det kan ikke sies å være noen unormal tilstandsutvikling på dekket i løpet av måleperioden, som hittil er drøyt 2 år.

Det resirkulerte tilslagets mekaniske egenskaper er undersøkt i laboratoriet og dokumentert i RESIBA prosjektrapport 02/2002³³. Metodene som er benyttet er i utgangspunktet tilpasset naturlige steinmaterialer og erfaringen viser at disse metodene ikke nødvendigvis er egnet for resirkulert tilslag. Los Angeles-metoden er den metoden som så langt er inkludert i RESIBAs forslag til deklarasjonsordning, men også denne testmetoden har enkelte svakheter²³. **Feil! Bokmerke er ikke definert.** Resultatene fra testing av mekaniske egenskaper for resirkulert tilslag

tyder på at for eksempel forsterkningslag i veger vil kunne være et svært aktuelt bruksområde.

Frostbestandighet av resirkulert tilslag er undersøkt og rapportert i RESIBA prosjektrapport 06/2002²⁹. Resultatene viser også her at prøvemethoden som er beregnet på naturlige steinmaterialer ikke uten videre kan benyttes for resirkulert tilslag. Konklusjonen fra undersøkelsene av frostbestandighet er at resirkulert tilslag kan benyttes så fremt det ikke blir stående neddykket i vann og eksponert for tinesalter ved frysing. For de fleste eksponeringsforhold vil derfor resirkulert tilslag kunne benyttes. Erfaringen fra demonstrasjonsprosjektet med veg og trikkestrasé over Gaustadbekkdalen der tilslaget har ligget frostutsatt, underbygger denne konklusjonen. Etter tre år er det her ingen indikasjoner på en unormal tilstandsutvikling.

9.3 Utførelsesmessige egenskaper

De praktiske erfaringene med bruk av resirkulert tilslag i veger og plasser er stort sett gode. Erfaringene så langt viser at:

- Den relativt lave egenvekten gjør resirkulert tilslag lettere å håndtere enn naturlig tilslag.
- Høyere finstoffinnhold gjør at det resirkulerte tilslaget kan bli noe mer "klebrig" enn naturlig tilslag i fuktig vær, dessuten kan det støve mer ved utlegging og komprimering i tørt vær.
- Finstoffinnholdet kan også gjøre at det resirkulerte tilslaget "pakker" seg og blir fastere, og dermed gi en positiv effekt.
- Urenheter i massene kan gi et dårlig visuelt inntrykk, og bør fjernes (trebiter, plastposer, etc). Rester av armeringsjern i massene kan medføre en viss risiko for punktering av bildekk for anleggstrafikk, men det er ikke rapportert slike tilfeller.
- Komprimeringsbehovet er muligens noe større enn ved bruk av vanlig stein.
- Tilgangen på resirkulert tilslag kan være noe ustabil. Det kan rett og slett være mangel på masse i visse tilfeller.

Egenskapene over er av forholdsvis liten betydning. Alt i alt har resirkulert tilslag utførelsesmessige egenskaper omtrent som for naturlig tilslag.

9.4 Økonomi

Noen av demonstrasjonsprosjektene i RESIBA er blitt igangsatt nettopp som en følge av ønske om å redusere kostnader. Dette gjelder for eksempel bussoppstillingsplass på Klemetsrud og veg- og trikkestrasé over Gaustadbekkdalen. I disse prosjektene er besparelsene blitt betydelige. De øvrige demonstrasjonsprosjektene kan også vise til besparelser etter bruk av resirkulert tilslag.

Ett unntak er E6 dagsone ved Svartdalstunnelen. Her hadde vegvesenet overskudd av tunnelstein til bygging av forsterkningslaget, men aksepterte bruk av resirkulert tilslag for å få utprøvet dette anleggsteknisk i full skala. I et slikt tilfelle blir det isolert sett dyrere å bruke resirkulert tilslag. Det resirkulerte tilslaget må kjøpes og transporteres lengre, og overskuddsstein må transporteres ut fra anlegget. Likevel er

prosjektet ved Svartdalstunnelen viktig, og det kan bidra til å gi god økonomi til andre prosjekter.

Oppsummert er de viktigste konklusjoner når det gjelder økonomi:

- Listeprisen på resirkulert tilslag er pr. februar 2002 bare 30-40% av prisen på tilsvarende sorteringer med naturlig tilslag.
- Transportavstand og tilgjengelighet er av stor betydning
- Resirkulert tilslag har lavere egenvekt enn naturlig tilslag. Samme tonnasje bygger mer i den konstruksjon som skal etableres, og det er mulig å transportere mer på hvert lass. Det er dessuten lettere å håndtere.
- Eventuelle dokumentasjonskostnader må medregnes. Dette kommer selvfølgelig an på de generelle og spesielle krav som stilles.
- Det vil normalt ikke være merkostnader i forbindelse med praktisk bruk.

9.5 Miljøpåvirkning

I forbindelse med demonstrasjonsprosjektet fra Skullerudkrysset er det foretatt undersøkelser for å finne ut hvilken påvirkning resirkulert tilslag i overvannsgrøft har på omkringliggende jordmasser. Undersøkelsene omfattet både laboratorieforsøk og fullskalaforsøk med hensyn på utlekking av miljøfarlige stoffer. Resultatene viser at det sannsynligvis ikke er noen helse- og miljøfare ved bruk av resirkulert tilslag i veger og grøfter som er definert som "ufølsomme" områder i motsetning til "mest følsomme arealbruk" slik det er definert av SFT. Dette er mer utførlig behandlet i RESIBA Prosjektrapport nr 03/2002²⁵. En miljøkonsekvens ved bruk av resirkulert tilslag er noe øket støving ved utlegging og komprimering pga høyere finstoffinnhold.

Riktig bruk av resirkulert tilslag vil generelt også gi bedre ressursutnyttelse med redusert masseuttak av fjell for naturlig tilslag og redusert belastning på kommunale fyllplasser.

10. REFERANSER

- 1 Statens vegvesen, Håndbok 223 Steinmaterialer til veger, flyplasser og jernbaner, 2000
- 2 prEN 13285, Unbound mixtures, CEN/TC 227, 1998
- 3 prEN 13242, Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction, CEN/TC 154, 1998
- 4 Forslag til terminologi knyttet til resirkulert tilslag, Høringsutkast, Pukk- og Grusleverandørenes Gjenvinningsforum, juni 2001
- 5 Statistisk sentralbyrå: Bygg- og anleggsavfall 1998 – 1,5 millioner tonn bygg- og riveavfall, Ukens statistikk nr. 50/1999 s.5-6, (<http://www.ssb.no/avfbygganl/>).
- 6 Bøe, T.: Pukkverksdrift kontra gjenvinning – kan vi spille på lag ? Innlegg under seminaret ”Resirkulert betong og tegl – en stor bløff eller et kvalitetsprodukt ?” i regi av RESIBA og Akershus fylkeskommune, Veidekke, Skøyen 25. nov. 1999
- 7 <http://www.grip.no/okobygg>
- 8 Statens vegvesen, Håndbok 223, Steinmaterialer til veger, flyplasser og jernbaner, 2000.
- 9 Statens vegvesen, Håndbok 018 Vegbygging, 1999.
- 10 Statens vegvesen, Håndbok 017, Veg- og gateutforming, 1993.
- 11 håndbok, håndbok 100 Bruprosjektering
- 12 Statens vegvesen, Håndbok 018 Vegbygging, høringsutkast, 2002
<http://www.vegvesen.no/vegnormaler/hb/018/>
- 13 Statens vegvesen, Håndbok 025 Prosesskode – 1 Standard arbeidsbeskrivelse for vegarbeidsdrift, 1994.
- 14 Statens vegvesen, Håndbok 211 Avfallshåndtering, 1998.
- 15 Statens vegvesen, Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser, 1997.
- 16 Statens vegvesen, Håndbok 015 Feltundersøkelser, 1997.
- 17 Instruks for gravearbeider i Oslos gater og veier, Oslo kommune Samferdselsetaten og Statens vegvesen i Oslo, desember 1997.
- 18 Brev fra Oslo kommune, Samferdselsetaten til Oslo kommune, VAV 09.07.99.
- 19 NS 3420-H:1999, Beskrivelsestekster for bygg, anlegg, installasjoner. Del I5: Fundamenter for veier, baner og plasser.
- 20 CEN Technical Committees: http://www.cenorm.be/standardization/tech_bodies/cen_tcs.htm
- 21 CEN/TC 154 Aggregates Work Programme:
http://www.cenorm.be/standardization/tech_bodies/cen_bp/workpro/tc154.htm
- 22 CEN/TC 227 Road Materials Work Programme:
http://www.cenorm.be/standardization/tech_bodies/cen_bp/workpro/tc227.htm
- 23 Karlson, J., Petkovic, G., Lahus O.: Forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag, RESIBA Prosjektrapport 04/2002, NBI prosjektrapport 328
- 24 Kontrollrådet for betongprodukter, Tekniske bestemmelser for resirkulert tilslag, desember 2002.
- 25 Engelsen, C., Hansen, E., Hansesveen, H.: Miljøpåvirkning ved bruk av resirkulert tilslag, RESIBA Prosjektrapport 03/2002, under utgivelse, NBI.
- 26 Jacobsen S.: Deklarasjon av egenskaper for resirkulert tilslag – forprosjekt 1998 (foreløpig rapport pr. 10.12.98), rapport E 7753, 6 s./6 appendiks, NBI, Oslo 1998.
- 27 Brev fra Statens vegvesen Vegdirektoratet til Statens vegvesen Oslo 04.01.2000, ref. 1998/04853-011
- 28 Lahus, O., et.al.: Bruk av resirkulert tilslag i sementbaserte produkter, RESIBA Prosjektrapport 07/2002, NBI prosjektrapport 331.
- 29 Mehus, J., Skaare, L., Myhre, Ø.: Ubunden bruk av resirkulert tilslag i VA-grøfter, RESIBA Prosjektrapport 06/2002, NBI prosjektrapport 330.
- 30 Aurstad J.: Gjenbruk av masser på Fornebu – Forstudie forsøksveg Del B: Etablering av forsøksveg, SINTEF rapport SFT22 A00455, 2000.
- 31 Gjenbruk av betong og tegl, brosjyre fra Statens vegvesen Vegdirektoratet, mars 2001.
- 32 "Betong i vägar - materialstudie. Om möjligheterna att återvinna betong från husriving", Boverket 1999
- 33 Petkovic, G., Lillestøl, B.: Materialeegenskaper for resirkulert tilslag, RESIBA Prosjektrapport 02/2002, NBI prosjektrapport 332, 2002.
- 34 Norsk betongforenings publikasjon nr. 26, Materialgjenvinning av betong og murverk for betongproduksjon, 1999
- 35 Statens vegvesens, Vegdirektoratet: Gjenbruksprosjektet, <http://gjenbruksprosjektet.net>

Oversikt over målepunkter i overbygning på Gaustatrikken

MP1 - MP21: Målepunkter i overbygningen

RP1 – RP8: Referansepunkter for underliggende EPS fylling

A1 – A3: Tre måleakser langs brua. A1 lengst mot øst (nærmest Blindern) ved KTL-mast nr. 27, A2 i midten ved KTL-mast nr. 26 og A3 lengst vest (nærmest Vegteknisk) ca. 7,5 meter øst for aksene som dannes av KTL-mast nr. 25.

Punktene ble satt ut 10-12 november 1999. Både trikketraseen og G/S vei hadde vært i bruk noen uker mens trafikken på veien ikke var påsatt enda. Boltene i asfalten ble satt ut av Veidekke ASA mens referansepunktene RP1 – RP8 ble satt ut av NBI.

Punkt	Akse	Beskrivelse
MP1	A1	G/S vei på sydside i senter av flaten med bolt i asfalten rett under overflaten. Lokalisert mellom rekkverksstolpe 5 og 6 fra øst og ca. 165 cm ut fra innsiden av kantstein på sydsiden av G/S vei.
MP2	A1	I kjørevei antatt hjulbelastet del nærmest trikketrasé. Bolt i asfalt forsenket ca 20 mm under overflate. Lokalisert i akse med dreneringskummer på trikkeskinnene litt vest for KTL-mast 27 og 154 cm ut fra innsiden av kantstein på sydsiden.
MP3	A1	I kjørevei antatt ubelastet del i senter av veien. Bolt i asfalt forsenket ca 20 mm under overflate. Lokalisert i akse med dreneringskummer på trikkeskinnene litt vest for KTL-mast 27 og 537 cm ut fra innsiden av kantstein på sydsiden (veien har en betydelig breddeutvidelse i dette området)
MP4	A1	I kjørevei antatt hjulbelastet del nærmest fortau. Bolt i asfalt forsenket ca 20 mm under overflate. Lokalisert i akse med dreneringskummer på trikkeskinnene litt vest for KTL-mast 27 og 238 cm ut fra innsiden av kantstein på nordsiden.
MP5	A1	I kjørevei antatt ubelastet del nærmest fortau. Bolt i asfalt forsenket ca 20 mm under overflate. Lokalisert i akse med dreneringskummer på trikkeskinnene litt vest for KTL-mast 27 og 28,5 cm ut fra innsiden av kantstein på nordsiden.
MP6	A1	I dreneringskasse sveiset på nordlig trikkeskinne for trikk i retning sentrum. Forsenket ned og merket med gulmaling. Punktet ligger i kanten på dreneringskassen, ikke i lokket (punkt i lokket er feilmerket).
MP7	A1	I dreneringskasse sveiset på nordlig trikkeskinne for trikk i retning Rikshospitalet. Målepunktet er forsenket ned og merket med gulmaling. Punktet ligger i kanten på dreneringskassen, ikke i lokket (punkt i lokket er feilmerket).
RP1	A1	På sydsiden med merke i toppen av rekkverksstolpe nr. 5 fra øst. Målepunktet er forsenket ned og merket med gulmaling.

Punkt	Akse	Beskrivelse
RP2	A1	På nordsiden med merke i toppen av rekkverksstolpe nr. 16 fra øst. Målepunktet er forsenket ned og merket med gulmaling.
RP3	A1	Nederst på KTL-mast nr. 27 på innfestningsforsterkning mot sydvest. Målepunktet er forsenket ned og merket med gulmaling.
MP8	A2	Tilsvarende P1 i Akse-1 med avstand fra kantstein på 161 cm.
MP9	A2	Tilsvarende P2 i Akse-1 med avstand fra kantstein på 78 cm.
MP10	A2	Tilsvarende P3 i Akse-1 med avstand fra kantstein på 372 cm.
MP11	A2	Tilsvarende P4 i Akse-1 med avstand fra kantstein på 75 cm.
MP12	A2	Tilsvarende P5 i Akse-1 med avstand fra kantstein på 17 cm.
MP13	A2	Punktet er merket av på styredelen av skinnen (ikke direkte slitasje). Målepunktet er som for P6 på nordlig trikkeskinne for trikk i retning sentrum. Målepunktet er forsenket ned og merket med gulmaling.
MP14	A2	Punktet er merket av på styredelen av skinnen. Målepunktet er som for P7 på nordlig trikkeskinne for trikk i retning Rikshospitalet. Målepunktet er forsenket ned og merket med gulmaling.
RP4	A2	Tilsvarende R1 på sydside stolpe nr. 18 fra øst.
RP5	A2	Tilsvarende R2 på nordside stolpe nr. 10 fra vest.
RP6	A2	Tilsvarende R3 på KTL-mast nr. 26.
MP15	A3	Tilsvarende P1 i Akse-1 med avstand fra kantstein på 224 cm. Ikke midt i G/S vei pga drengskum.
MP16	A3	Tilsvarende P2 i Akse-1 med avstand fra kantstein på 91 cm.
MP17	A3	Tilsvarende P3 i Akse-1 med avstand fra kantstein på 356 cm.
MP18	A3	Tilsvarende P4 i Akse-1 med avstand fra kantstein på 109 cm.
MP19	A3	Tilsvarende P5 i Akse-1 med avstand fra kantstein på 19 cm.
MP20	A3	Tilsvarende P6 i Akse-1 på drengskasse.
MP21	A3	Tilsvarende P7 i Akse-1 på drengskasse.
RP7	A3	Tilsvarende R1 i Akse-1 stolpe.
RP8	A3	Tilsvarende P2 i Akse-1 på første stolpe fra vest.

