

Teknologirapport nr. 2479

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 17a:

**Støttemur på E6 v Taraldrud
Anleggstekniske erfaringer
med bruk av knust betong i ny
betong**



Desember 2007

Teknologiavdelingen

Teknologirapport nr. 2479

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 17a:

Støttemur på E6 v Taraldrud

Anleggstekniske erfaringer med bruk av knust betong i ny betong



Sammendrag

I november 2004 ble det gjennomført støp av en støttemur under Taraldrud bru på E6 hvor 100 % av det grove tilslaget ble erstattet med knust gjenbruksbetong. I Gjenbruksprosjektets regi hadde man fra før noe erfaring med bruk av knust betong i ny betong. Denne var imidlertid begrenset til støper hvor bare en mindre del av tilslaget erstattet av knust betong.

Målet med prosjektet var å få anleggsteknisk erfaring med vegvesenbetong i kombinasjon med høy grad av gjenbruk, samtidig som man også for senere tider ønsker å kunne observere en gjenbrukskonstruksjon som står utsatt for vær og vind.

Forsøket viste at det er praktisk mulig å gjennomføre en slik støp. Samtidig gjorde man flere viktige erfaringer vedrørende urent tilslag, steinstørrelse, støpelighet, fasthet og økonomi.

Å bruke knust betong i ny betong kan trygt kalles høyverdig bruk. Det er imidlertid ingen åpenbare tekniske gevinster ved bruksmåten. Dagens regelverk gir heller ingen store muligheter til å bruke gjenbruksbetong i klimautsatte konstruksjoner.

For utendørs konstruksjoner vil det være av stor betydning å ha kontroll med tilslaget. Kritiske parametre er blant annet alkalireaktivitet, frostbestandighet, klorider og karbonatisering. Dette er naturlig nok vanskeligere å holde styr på med gjenbruksbetong i tilslaget.

I tillegg til de tekniske ulempene, vil man normalt vil få høyere kostnader ved bruk av resirkulert tilslag enn naturtilslag. Det kan likevel tenkes spesielle situasjoner hvor bruken kan forsvares, men noe stort omfang i forhold til anen bruk av gjenbruksbetong forventes det imidlertid ikke å bli.

Det er i denne rapporten lagt mest vekt på de anleggstekniske erfaringene. Mer detaljerte resultat fra prøving mv finnes i Gjenbruksprosjektets prosjektrapport nr 17 "Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag" /7/.

Emneord:

*Støping av knust betong i ny betong. 100 % resirkulert tilslag.
Anleggstekniske og produksjonstekniske erfaringer. Laboratorieresultat.
Begrensninger i regelverket*

Dato:

Desember 2007

Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Teknologiavdelingen

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo

Telefon: 02030 Telefax: 22 07 38 66

Forord

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

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

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

Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt består av åtte delprosjekter:

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

Denne rapporten sorterer primært under **delprosjekt 3 Gjenbruk av betong**, som er delt inn i ulike arbeidsgrupper som ser på følgende tema:

- Uttesting av deklarasjonsordningen i RESIBA-prosjektet
- Mekanisk, kjemisk og frostnedbryting
- Finstoffets betydning for nedbryting
- Bunden bruk av gjenbruksbetong
- Feltprøving

Lederen for DP3 er Geir Berntsen, Vegdirektoratet.

Rapporten hører også til en viss grad under **delprosjekt 6 Gjenbruksvegen**, som har som overordnet målsetting å få testet ut gjenbruksmaterialer i felt. Dette skal skje både med demonstrasjoner av kjente løsninger og uttesting av nye bruksområder hvor vi mangler kunnskap og erfaring. Lederen for DP6 er Dag Atle Tangen.

Se vedleggene 7 og 8 for mer informasjon om delprosjektene 3 og 6. Se vedlegg 9 for oversikt over andre rapporter fra Gjenbruksprosjektet.

Denne rapporten er utarbeidet av Dag Atle Tangen.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	6
1.1	BASERT PÅ TIDLIGERE ERFARINGER	6
1.2	KONSTRUKSJONEN	6
2	ERFARINGER MED GJENBRUKSTILSLAG	7
2.1	NYE OG UVENTEDE PROBLEMSTILLINGER	7
2.2	HVOR RENT ER RENT NOK?	7
2.3	TILSLAG MED ASFALTRESTER (ONSDAG 17. NOV)	7
2.4	EKSTRA INNSATS BLE NØDVENDIG	8
2.5	FOR GROVT TILSLAG (FREDAG 20. NOV)	8
2.6	SNØKAOS (MANDAG 22 NOV)	8
2.7	NESTEN FOR GROVT TILSLAG (MANDAG 22. NOV - ETTERMIDDAG)	9
2.8	NYTT KONTROLLOPPLEGG	9
3	ERFARINGER FRA PRODUKSJON AV BETONGEN	10
3.1	VIKTIG VALG AV BLANDEVERK	10
3.2	PROBLEMER MED OMLEGGING AV PRODUKSJONEN (TIRSDAG 23. NOV – MORGEN)	10
3.3	PRØVEBLANDING	10
3.4	BETONGRESEPT	11
4	ERFARINGER FRA STØPEARBEIDENE	12
4.1	BETONGEN MISTER STØPELIGHET	12
4.2	PROPP I BETONGPUMPA	12
4.3	ANDRE BETONGLASS – BEDRE STØPELIGHET	12
4.4	RIVING AV FORSKALLING (TORS DAG 25 NOV)	13
5	PRØVERESULTAT	14
5.1	PRØVETAKING	14
5.2	DÅRLIG FASTHET	14
5.3	SVAKT TILSLAG GIR SVAK BETONG	15
5.4	MATERIALER I TILSLAGET SOM BLE BRUKT	16
5.5	SYNK	16
5.6	USIKKERT LUFTINNHOLD	16
6	ØKONOMI (SPESIALBLANDING ER DYRT)	17
7	REGLER OG FORMELLE KRAV	18
7.1	REGELVERKET SETTER BEGRENSNINGER	18
7.2	DAGENS REGLER	18
8	OPPSUMMERING	19
8.1	USIKKER KVALITET	19
8.2	TEKNISKE OG FORMELLE ULEMPER	19
8.3	BRUKSOMRÅDER FINNES, TROSS ALT	19
8.4	KONKLUSJON	19
9	REFERANSER	20

1 Innledning

1.1 Basert på tidligere erfaringer

Gjenbruksprosjektet hadde fra før flere gode erfaringer med knust betong i ny betong. Det ble gjort vellykkede referanseprosjekt i forbindelse med RESIBA-prosjektet (Resirkulert tilslag for bygg og anlegg) og senere under Gjenbruksprosjektet. For en oversikt over øvrige prosjekt – se vedlegg 1

Tidligere erfaringer omfattet imidlertid forsøk hvor kun en del av det grove tilslaget ble erstattet av knust betong. Derfor ønsket man en konstruksjon hvor man tok skrittet fullt og erstattet 100 % av det knuste tilslaget med gjenbruksbetong

Målsetningen med dette forsøket var å få anleggsteknisk erfaring med støp av betong tilsvarende ”Statens vegvesen SV40 C45”. Samtidig er det et ønske å kunne observere en klimautsatt konstruksjon med gjenbruksbetong over lengre tid.

1.2 Konstruksjonen

Konstruksjonen er en enkel støttemur under E6 ved Taraldrud bru (krysset til Kolbotn). Muren ligger i forlengelsen av en tilsvarende konstruksjon med vanlig betong.

Sålen for muren ble støpt med vanlig betong, mens selve støttemuren ble utført med gjenbruksbetong. Det gikk med ca 13 m³ gjenbruksbetong i selve muren.



Figur 1: Betongen pumpes på plass i forma



Figur 2: Støpearbeidene går for fullt



Figur 3: Betongen er avforskalt og ser fin ut

2 Erfaringer med gjenbrukstilslag

2.1 Nye og uventede problemstillinger

Under gjennomføringen fikk man frem en rekke problemstillinger som for eksempel manglede deklarasjon av gjenbruksbetongen, feil steinstørrelse, betydningen av riktig håndtering av materialene, problem ved endring i produksjonslinjer, usikkerhet med tilsetningsstoff, regelverkets begrensninger, problem med luft, problem med synk, problem med fasthetstap osv.

2.2 Hvor rent er rent nok?

Norsk brubetong er høyteknologi bygget på erfaringer gjennom flere tiår. De er basert på en stabil leveranse av rent og riktig sammensatt tilslag. Med mindre opprinnelsen er av god kvalitet, stabil og godt dokumentert, kan man ikke forvente at knust betong har slike egenskaper.

Rivebetong bærer ofte med seg sin historie i form av maling og puss, vannrør, klorider, asfaltrester osv. En nullgrense for forurensninger i form av andre materialer er urealistisk, og det er derfor satt opp retningslinjer for hva som er godt nok. Kravene varierer mellom maks 1 % og maks 5 % uønskede materialer. Se Kap 7 for detaljer.

2.3 Tilslag med asfaltrester (onsdag 17. nov)

På anlegget E-6 Klemetsrud-Assurtjern var det produsert tre typer knust betong fra henholdsvis gamle vegdekker, bruer som ble revet og betongheller fra gater i Oslo. Den knuste betongen var tilgjengelig i fraksjonen 10-20 mm, hvilket passet godt som grovt tilslag til betong. Derfor ble det valgt å bruke dette tilslaget istedenfor det grove naturtilslaget i betongen.

To lass av den knuste betongen ble kjørt ned på blanderiet til NorBetong på Alnabru kvelden før støpen. Det hadde ikke vært gjort noe forsøk på å holde de ulike betongtypene fra hverandre under knusingen. Ved ankomst til blanderiet viste det seg at tilslaget kom fra den delen av gjenbruksbetongen som hadde ligget under asfalt. Det var ca 5 % asfaltrester i massen. Det er på grensen til å være rent nok til vegbygging, men for betongproduksjon er det ubrukelig, /4, 9/. Støpen ble derfor stoppet mens alternativene ble vurdert.



Figur 4: Fra NorBetongs blanderi: Asfalt i betongtilslaget



Figur 5: Edgar Dønåsen med asfaltfri betong hos BA Gjenvinning

2.4 Ekstra innsats ble nødvendig

Å plutselig mangle gjenbrukstilslag gjorde det usikkert om støpen i det hele tatt kunne gjennomføres. Problemene kunne bare løses ved at alle deltagerne gjorde en ekstra innsats.

Mesta A/S hadde ansvaret for støpen. De la om sin produksjon på tre minutters varsel og det ble bestemt ny støpedato en liten uke senere.

Massen fra anlegget hadde vist seg for usikker, og det var nødvendig med en annen leveranse av gjenbruksbetong. Det er ikke enkelt når man dårlig med tid, men klare krav til sortering og renhet. Løsningen ble å ta kontakt med BA Gjenvinning A/S som holder til på Grønmo, rett syd for Oslo. De driver det eneste oppegående mottaket og produksjonsanlegget for resirkulert tilslag i Norge. De hadde ingen knust betong av riktig kvalitet på lager og det var dårlig med tid, men de la om produksjonen på kort varsel og allerede fredag 20. nov kunne de vise frem første lass med 10-22 mm knust betong. Norges Byggforskningsinstitutt (NBI) tok arbeidet med ekspress deklarasjon av tilslaget. De fikk prøvene levert på døra og kunne godkjenne tilslaget for støp i løpet av et par dager.

2.5 For grovt tilslag (fredag 20. nov)

Ved nærmere undersøkelse av den nye massen ble det tydeliggjort at det er forskjell på hva som kalles 10-20 mm tilslag i henholdsvis betong- og i vegbyggingsmiljø.

For å spare tid hadde knusemannskapet sortert ut overstein over stavsikt, og ikke gjennom firkantet sikteduk. Dermed fikk man med mange lange tynne steiner i størrelsesorden 40-60 mm.

Overstein i tilslaget er ikke noe stort problem ved vegbygging, men de store steinene ville ikke kunne gå gjennom betongpumpa. En bedre sikteprosess var nødvendig. BA-Gjenvinning tok den nye utfordringen på strak arm og bestilte sikteduk 10-22 mm med ekspress leveringstid.



Figur 6: For grovt tilslag til betongpumpin

2.6 Snøkaos (mandag 22 nov)

Det var snøvær og trafikken stod i stampe for femte dag på rad. Snøen gjorde det vanskelig å få frem ny sikteduk og å få siktet betongen. Til tross for dette ankom ny leveranse gjenbruksbetong blandeverket på Alnabru mandag ettermiddag.



Figur 7: Bildet er hentet fra Aftenpostens oppslag om snøkaoset i Oslo

2.7 Nesten for grovt tilslag (mandag 22. nov - ettermiddag)

Under opplasting av tilslag hadde ikke doserføreren vært 100 % nøye med å rengjøre skuffen for snø. En del 50-70 mm stein ble derfor hengende fast og kom med på lasset. Dette ble ikke oppdaget før tilslaget var transportert ned på blanderverket, hvor man umiddelbart slo alarm. Heldigvis var ikke problemet større enn at det kunne løses med en kjapp manuell steinplukking.

2.8 Nytt kontrollopplegg

De ekstra dagene støpen ble utsatt ble brukt til å lage et bedre opplegg for kontroll og ansvarsfordeling. Det kom nå tydeligere frem hva som skulle gjøres og hvem som hadde ansvaret. Se vedlegg 3.

Den mislykkede støpen hadde fått frem at det er viktig å holde full fokus på intern kommunikasjon. Klok av skade tok undertegnede i større grad viktige oppgaver som å kjøre prøvene fra knuseren til laboratoriet, være til stede på blanderiet, snakke med alle som hadde sentrale oppgave, spørre to ganger mer enn nødvendig osv.

3 Erfaringer fra produksjon av betongen

3.1 Viktig valg av blandeverk

I dette tilfelle ble NorBetongs blanderi på Alnabru valgt, da de hadde ledig silokapasitet og god kompetanse på gjenbruksbetong. Det var små problem med å produsere denne gjenbruksbetongen i forhold til hva man kan forvente om man går til et blanderi som tilfeldigvis ligger i nærheten.

Bjørn Moldal var blandeverksansvarlig. Han hadde bl.a. erfaring fra støp med gjenbruksbetong på Gardermoen (se vedlegg 6).



Figur 8: Bjørn Moldal – med en prøveterning gjenbruksbetong

3.2 Problemer med omlegging av produksjonen (tirsdag 23. nov – morgen)

Å endre en pågående produksjonslinje ved å innføre nye materialer vil ofte gi overraskelser. Da man tok i bruk en ledig silo som normalt ikke brukes, nektet lukene å åpne seg i kulda. Problemet var imidlertid ikke større enn at det lot seg løse ved litt heftig dunking og banking. Bortsett fra dette gikk selve blandeprosessen smertefritt.

3.3 Prøveblanding

For å være sikker på at betongen var støpbar ble det gjort 1 m³ prøveblanding som ble plassert i en betongbil med trommelen langsomt i gang.

Etter en halv time så betongen fortsatt god ut, og det ble besluttet å la resten av lasset gå til produksjon uten å endre på resepten.

Det man ikke visste var at etter ytterligere en halv time senere kom et markert tap i støpelighet. Det kom imidlertid for en dag noe senere...



Figur 9: Prøveblanding pågår. Prøvesekkene til høyre er tilslaget som skal til analysering

3.4 Betongresept

Basert på en standard C45 SV 40 satte Bjørn Moldal hos Norbetong opp følgende resept:

Tabell 1: betongresept Taraldrud bru (korrigert for vann i tilslaget)

	Kg / m³
Sand 0-8	408,3
Sand 0-81	406,7
Resirk bet 10-22	788,3
Anleggssement	407,0
Silika	14,8
K vann	225,6
V vann	0,0
Scanflux AD 18	3,256
L-14 F	0,936
Total mengde	2254,9

V/C tall i h t resept	0,4
Synkmål ut fra blandeverk	19 cm
Vannabsorpsjon tilslag	5,6 %
Densitet tilslag (overflatetørr)	2479
7 dagers fasthet	35 Mpa
28 dagers fasthet	44 Mpa

4 Erfaringer fra støpearbeidene

4.1 Betongen mister støpelighet

Betongen hadde en slump på 19 cm da den forlot blanderiet. Den beholdt støpeligheten en halv time, etter ca tre kvarter begynte den å bli stivere, og etter en og en halv time hadde den en slump helt nede på 8 cm. På grunn av kulden ble det heller ikke brukt P-stoff i betongen, da det virker retarderende og gir risiko for frostskafer.

Som en følge av disse faktorene mistet man støpelighet, fikk problem med betongpumpa, mistet mer støpelighet osv.

4.2 Propp i betongpumpa

Det er ofte en fordel å sende et lite lass med redusert steinstørrelse (finsats) gjennom betongpumpa for å smøre opp systemet. Denne støpen var så liten at dette ikke ble gjort. Kombinasjon av slumptap, manglende finsats og for lite P-stoff resulterte i at betongen satte seg fast i pumpa.

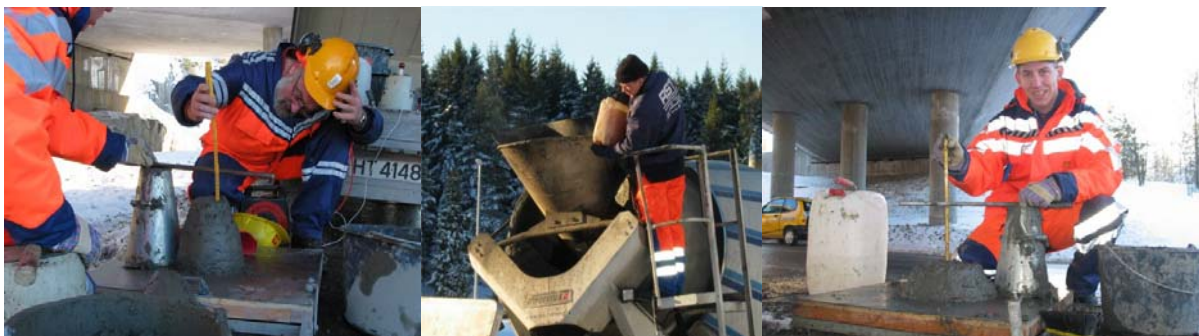
Først ble det prøvd med banking på rør og bend, deretter ble støpeslange og bend demontert og rengjort, og kortere stuss satt på. Dette var godt nok til at pumpingen kunne gjennomføres. Betongen ble etter hvert meget tung å vibrere, men støpemanskapet gikk på med friskt mot og fikk betongen på plass uten steinreir eller luftlommer.



Figur 10: Proppen bankes – uten hell

4.3 Andre betonglass – bedre støpelighet

Da det andre og siste lasset ankom anleggsstedet, var man klar over problemene med slumptapet. Denne betongen fikk derfor en tilsetning på 3 liter SP-stoff mens betongen fortsatt var i bilen. Dette er normal prosedyre når betongen er litt tung å jobbe med. Med denne justeringen fikk man utmerket synk og betongen ble god å arbeide med.



Figur 11: Øystein Lahaug måler synk 8

SP- stoff tilsettes

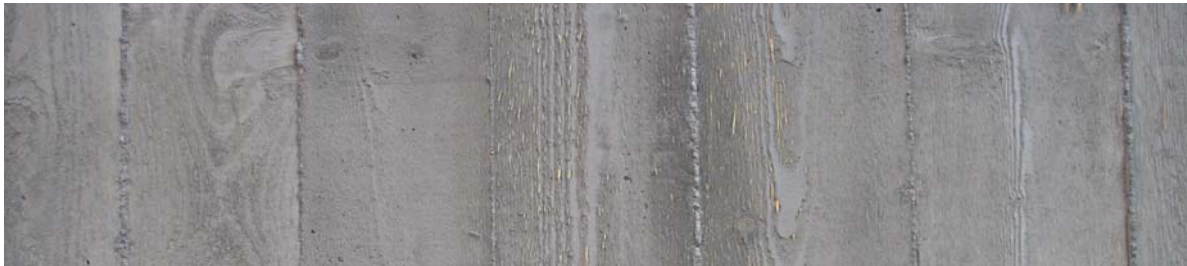
Robert Dahl måler synk 20

4.4 Riving av forskalling (torsdag 25 nov)

Teori om støpelighet, synkmål og resepter er viktig, men når det kommer til saken er det én ting som teller – en feilfri overflate. Da forskallingen ble revet var det ingen som ble skuffet. Støpemannskapet hadde gjort jobben til tross for stiv betong, og det var ingen ting å utsette på finish. Pr dags dato er det en liten fargeforskjell på ny og gammel mur, men denne vil bli mindre etter hvert som sol og regn har gjort sitt.



Figur 12: Rune Bråten t.v. og Jan Prahll rensker forskaling



Figur 13: Perfekt overflate...

5 Prøveresultat

Bruker man knust gjenbruksbetong til vegbygging vil man normalt oppleve styrkevekst i forhold til bruk av vanlig tilslag. Ved bruk av knust betong i ny betong vil man ikke få noen tilsvarende gevinst, snarere tvert i mot.

Her er gitt en kort omtale av de egenskapene som har anleggsteknisk og konstruksjonsteknisk interesse. For detaljer om kornfordeling, korntelling, elastisitetsmodul osv henvises til Gjenbruksprosjektets prosjektrapport nr 17 Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag /7/.



Figur 14: Laboratorium Region øst – Ian Willoughby måler E-modul

5.1 Prøvetaking

Den største forskjellen på knust betong og stein er betongens porøsitet. Dette får betydning når vannabsorpsjon og luftinnhold beregnes. Det ble tatt prøver av luft og synk ute på anleggsstedet.

Fersk betong ble sendt inn til sentrallaboratoriet region øst for utstøping i former for senere testing av e-modul, svinn, fasthet osv. Se egen rapport for disse resultatene /7/.



Figur 15: Per Sydsæther tar ut betongprøver

5.2 Dårlig fasthet

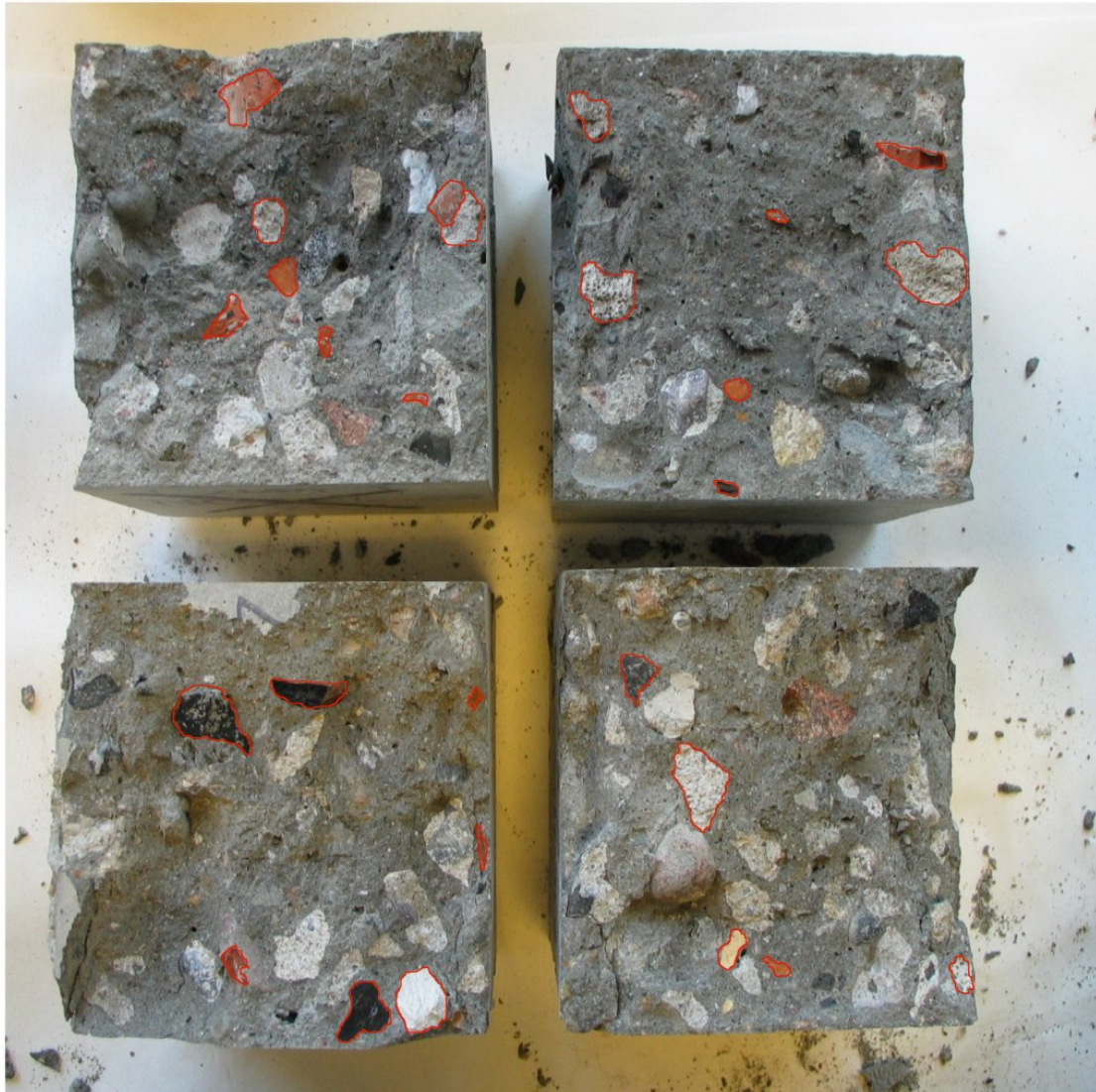
Med denne resepten skulle betongen normalt få en gjennomsnittlig fasthet på 55 MPa. Målingene av gjenbruksbetongen viste et snitt på 44 MPa. Dette fasthetstapet må man ta i betraktning når man bruker gjenbruksbetong i ny betong.

Beregningsmessig var støttemuren beskrevet med en C45, mens gjenbruksbetongen knapt nok tilfredsstillende kravet til C40. I og med at dette er en ”kosmetisk” støttemur med bakfylling av lette masser, er dette udramatisk i vårt tilfelle.

5.3 Svakt tilslag gir svak betong

Korntellinger viste at 5 % av tilslaget bestod av andre materialer som siporex, kull, tegl og kritt. Ved analyse av bruddene ser vi at bruddflaten går gjennom disse svake kornene. Det har også skjedd heftbrudd ved naturlig tilslag. På bildet nedenfor er det vist fire typiske bruddflater, de to øverste fra første lass. Svake korn er markert med rødt. Disse består av følgende materialer:

- Tegl – røde tilslagskorn
- Kull – sorte tilslagskorn
- Siporex/pussmørtel - lys grå
- Kritt – helt hvitt



Figur 16: Bruddflater. Dårlige materialer er rammet inn med rødt. God gjenbruksbetong vises som lyse tilslagskorn som ikke er markert

5.4 Materialer i tilslaget som ble brukt

Se Kap 7 for krav til tilslaget. Korntelling basert på et snitt av 3 prøver viser følgende materialfordeling målt som vekt %:

Tabell 2: Deklarasjon av tilslag – snitt av tre prøver

Asfalt	1,6 %			
Tegl	4,9 %			
Betong	57,0 %			
Stein	35,5 %			
Leca	0,6 %			
Metall	0,0 %			
Annet	0,1 %			
Tre	0,1 %			
Glass	0,2 %			
		Sum betong stein	Sum betong stein tegl	Sum betong stein tegl leca
		92,5 %	97,4 %	98,0 %

5.5 Synk

På første lass ble synken merkbart dårligere etter hvert som tiden gikk. Ut fra blandeverket var den 19 cm. På grunn av problemer med støpelighet og betongpumpe gikk det en og en halv time fra blanding til pumping. Da var synken nede i 8.

På andre lasset ble det tilsatt tre liter SP stoff da betongen ankom anleggsstedet. Synken ble nå målt til 20cm, og betongen gikk rett gjennom pumpa og lot seg støpe ut uten problem. Også her fikk man imidlertid noe tap av synk etter hvert. Da det ble tatt ut prøver som ble transportert til Sentrallaboratoriet bemerket laboratoriemannskapet at betongen virket stivere ved ankomst ca en halv time senere. Dette ble ikke dokumentert ved målinger.

5.6 Usikkert luftinnhold

Luftinnholdet skal være $(5,0 \pm 1,5)$ % for spesifiserte fasthetsklasser til og med C55. På Taraldrud ble det målt 5,6 % luft ved blanderiet og 7 % ute på anleggsplass. Forskjellen kan imidlertid skyldes at det ble brukt måleutstyr fra forskjellige leverandører.

6 Økonomi (spesialblanding er dyrt)

Bare ett blanderi i området hadde ledig silokapasitet og tilgang til anleggssement. Ved å velge dette måtte entreprenøren samtidig gå utenom sin faste (rimelige) leverandør. Det skal godt gjøres at en liten mengde spesialblandet betong ikke gir høyere pris.

I vårt tilfelle måtte knust betong skaffes til veie og kjøres til blandeverket. I første omgang hadde man tenkt seg å bruke knust betong fra kontrollstasjonen på Åsland, da denne var greit tilgjengelig og billig. Dette gikk ikke på grunn av asfalt i tilslaget, og knust betong måtte skaffes hos BA Gjenvinning, som på sin side måtte kjøpe inn ekstra sikteduk, og kjøre egen produksjonslinje. Her må det nevnes at mange av bidragsyterne har vært meget tilbakeholdne med å sende regninger på denne støpen.

På Taraldrud var det en spesiell situasjon med små mengder og mye uforutsette problem. Konklusjonen må allikevel bli at man under normale markedsmessige og anleggstekniske forhold må regne med ekstra utgifter ved å støpe betong med knust betong som tilslag.

7 Regler og formelle krav

7.1 Regelverket setter begrensninger

Det finnes to publikasjoner som sier noe konkret om gjenbruksbetong i ny betong:

- 1 Kontrollrådet for betongprodukter ”Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilsag” /4/
- 2 Norsk betongforenings publikasjon nr 26. ”Materialgjenvinning av betong og murverk for betongproduksjon”/9/.

Tabell 3: Sammenligning av regelverk

	Kontrollrådet kl V Grenser for bunden bruk		Norsk betongforening publ.nr 26	
	Type 1	Type 2	Type I	Type II
Knust betong og/eller naturtilslag	> 94 %			> 99 %
Knust betong, murverk eller naturtilslag		>90 %	> 95 %	
Knust murverk	< 5 %			
Knust gjenbruksasfalt	< 1 %	< 1 %		
Treverk, papir, metall, gummi, plast osv	< 1 %	< 2,5 %	< 5 %	< 1 %
Korndensitet ovenstørr kg/m ³	>2000	>1500	>1500	>2000
Korndensitet vannmettet kg/m ³	>2100	>1800	>1800	>2100
Vannabsorpsjon	< 10 %	< 20 %	< 20 %	< 10 %
Maks tilslag 0-4 mm i betong ≤ C25			5 %	10 %
Maks tilslag 4-32 mm i betong ≤ C25			10 %	30 %
Maks tilslag 4-32 mm i betong ≤ C55			0 %	20 %

7.2 Dagens regler

Den nye ”utførelsesstandard”, NS 3465 ”Utførelse av betongkonstruksjoner– allmenne regler” /9/, bygger på den europeiske standarden ENV 13670-1 ”Execution of concrete structures – Part 1: Common rules”. Den henviser til NS-EN 206-1, som i det nasjonale tillegget henviser til Norsk Betongforenings publikasjon nr 26 /10/ .

NS 3465 forutsetter med andre ord at publikasjon nr 26 legges til grunn ved bruk av knust betong i ny betong. I henhold til denne publikasjonen er det ikke tillatt å benytte resirkulert tilsag for bestandighetsklasse M 45 og M 40, hvilket i praksis vil si alle Statens Vegvesen sine konstruksjoner i vegnettet. Disse er nesten uten unntak er utendørs, klimautsatte konstruksjoner. For andre konstruksjoner vil man ved lavere fastheter kunne bruke inntil 30 % resirkulert tilsag.



8 Oppsummering

8.1 Usikker kvalitet

For utendørs konstruksjoner vil det være av stor betydning å vite hva man blander inn i betongen. Det er flere forhold å ta hensyn til:

- Dersom man ikke har tilgang til lavalkiesement (anleggsement) må man sikre seg at tilslaget ikke er alkalieraktivt. Dette kan være vanskelig med knust betong av ukjent opprinnelse
- Frostbestandighet er et problem dersom det knuste tilslaget har lav fasthet eller ugunstig porefordeling
- Det knuste tilslaget kan inneholde klorider. Dette er forholdsvis lett å påvise, men man er avhenging av god kontroll på tilslaget for å være sikker
- Dersom det knuste tilslaget er karbonatisert vil dette fremskynde karbonatisering i den nye betongen. Problemet er mindre for høyfast betong

8.2 Tekniske og formelle ulemper

Knust betong brukt i overbygningen på en veg gir ekstra styrkemessig gevinst ved at tilslagsmaterialet får en etterbinding. Betong laget med resirkulert tilslag derimot får ikke en tilsvarende styrkemessig gevinst. Man risikerer tvert i mot å få et tap i fasthet. Ved å gå ned på andelen til 1/3 av det grove tilslaget, vil man redusere ulempene betraktelig (se vedlegg 6). Mer om fasthet er rapportert i /7/.

Knust betong brukt som tilslag i ny betong gir nye produksjonstekniske utfordringer. Man må derfor ha klare krav til deklarasjon, renhet og kontinuitet.

8.3 Bruksområder finnes, tross alt

Det mest opplagte bruksområdet for knust betong i ny betong er utbyggingsprosjekt hvor store mengder betong blir revet. Her har man både mulighet til å forhåndsdeklare tilslaget, ta vare på logistikken og bygge opp et tilfredsstillende kontrollapparat.

Det beste eksempelet på lønnsom gjenbruk av knust betong i ny betong er utbyggingen av Gardermoen. Her ble over 4.000 tonn knust betong brukt som tilslag til ny. Den knuste betongen kom fra returlass og annen kassert betong fra ny produksjon. Ved å la denne gå til gjenbruk istedenfor deponi ble regnskapet positivt. (se vedlegg 6).

I Pilestedet Park er man for tiden i gang med å bruke flere tusen tonn gjenbruksbetong som tilslag til ny betong. Dette skjer for å imøtekomme byggherrens krav til gjenbruk. Gjenbruksbetongen kommer fra BA Gjenvinning som har fått deklarerert tilslag med tanke på disse arbeidene. Også her legger man opp til en delvis erstatning av det grove tilslaget.

8.4 Konklusjon

Knust betong i ny betong utgjør forsvinnende liten del av gjenbruksbetongen i forhold til veger og grøfter. Med unntak av enkelte prosjekt hvor forholdene ligger spesielt godt til rette, er det ingen grunn til å prøve å endre på dette.

9 Referanser

- /1/ Materialdokumentasjon av C35 NA betong med resirkulert tilslag, Parkeringshus Fornebu. Norges byggforskningsinstitutt. 15.12.1999
- /2/ Materialdokumentasjon av C45 NA betong med resirkulert tilslag, Parkeringshus Fornebu. Norges byggforskningsinstitutt. 15.05.2000
- /3/ Lahus, O., et al.: Bruk av resirkulert tilslag i sementbaserte produkter, RESIBA – Prosjektrapport 07/2002, NBI, 2002
- /4/ Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag. Kontrollrådet for betongprodukter. Mars 2003
- /5/ Petkovic, G, B. Lillestøl.: Materialeegenskaper for resirkulert tilslag, RESIBA – Prosjektrapport 02/2002, NBI 2002
- /6/ Prosesskode standard arbeidsbeskrivelse for bruer og kaier. Håndbok 026, prosesskode 2. Statens Vegvesen 1996
- /7/ Myren, S. A. og J. Mehus: ”Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag”, Prosjektrapport nr 17, Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2439, Statens vegvesen 2007.
- /8/ Kontrollplan – Vedlegg 3
- /9/ Norsk Standard 3465 ”Utførelse av betongkonstruksjoner– allmenne regler” 2003
- /10/ Norsk Betongforenings publikasjon nr 26 ”Materialgjenvinning av betong og murverk for betongproduksjon” 2003

VEDLEGG

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 1: ANDRE PROSJEKT MED RESIRKULERT TILSLAG I BETONGEN	III
VEDLEGG 2: BETONGRESEPT	V
VEDLEGG 3: KONTROLLPLAN	VII
VEDLEGG 4: TESTING AV TILSLAG (UTDRAG)	XV
VEDLEGG 5: TESTING AV HERDET BETONG (UTDRAG)	XVII
VEDLEGG 6: GJENBRUKSBETONG PÅ GARDERMOEN	XXI
VEDLEGG 7: DELPROSJEKT 3 "GJENBRUK AV BETONG"	XXIII
VEDLEGG 8: DELPROSJEKT 6 "GJENBRUKSVEGEN"	XXV
VEDLEGG 9: RAPPORTOVERSIKT STATENS VEGVESENS GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005	XXVI

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 1: ANDRE PROSJEKT MED RESIRKULERT TILSLAG I BETONGEN

Gjenbruksprosjektet har flere gode erfaringer med knust betong i ny betong, men bare forsøk hvor en del av det grove tilslaget er erstattet av knust betong.

- På Telenors parkeringshus på Fornebu ble 25 av fundamentene utført i C35 NA betong hvor 20 % av pukken ble erstattet med resirkulert tilslag. Vinteren 2000. /1/ /3/
- På samme bygg ble det i forbindelse med støp av søylene gjort en prøvestøp med resirkulert tilslag i C45 betong. Henholdsvis 20% og 40% av pukken ble erstattet med resirkulert tilslag i fraksjonen 10-20 mm /2/ /3/
- I en støttemur i Vegdirektoratets nybygg på Brynseng ble det gjort to støper det gove tilslaget ble erstattet av henholdsvis 20 % og 40% av resirkulert tilslag. I tillegg ble det gjort en prøveblanding med 60% grovt resirkulert tilslag. /3/
- På sidene av en superlettfylling ved Gaustadbekkdalen i Oslo ble det brukt sprøytebetong hvor 20 % av sanda var erstattet av resirkulert tilslag. /3/
- Optiroc har produsert 2000 Leca lydblokker hvor opptil 30 % av tilslaget ble erstattet av resirkulert betong. Dette skjedde september 2000. /3/
- Ved bygging av ny videregående skole på Sørumsand i Akershus ble det støpt 800 m³ C35 Na betong med 37 % resirkulert tilslag. Dette skjedde høsten 2001. /3/
- Ved leveranser av hulldekker til Pilestredet park var kravet at 25 vektprosent av elementene skulle være resirkulert materiale. /3/

- Utenom disse prosjektene ble det i forbindelse med bygging av ny hovedflyplass på Gardermoen brukt i overkant av 4.000 tonn knust betong 10-22 mm blandet i ny betong i forholdet 1:3. (vedlegg 7)

Det gjennomføres i 2005 betongarbeider på Pilestredet Park hvor 30% av det grove tilslaget erstattes av deklartert gjenbruksbetong fra BA Gjenvinning. Omfanget er ennå ikke helt klarlagt, men det vil være snakk om noen tusen tonn resirkulert tilslag.

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 2: BETONGRESEPT

Data fra NorBetong:

	Oppmålt Kg / m³	Vann Innhold	Korrigert Kg / m³
Sand 0-8	412.5	-1,0 %	408,3
Sand 0-8 1	410,4	-0,9 %	406,7
Resirk bet 10-22	835,0	-5,6 %	788,3
Anleggssement	407,0		407,0
Silika	14,8		14,8
K vann	171,0	100 %	225,6
V vann	0,0	100 %	0,0
Scanflux AD 18	3,256	82 %	3,256
L-14 F	0,936	95 %	0,936
Total mengde	2254,9		2254,9

V/C tall i h t resept	0,4
Synkmål ut fra blandeverk	19 cm
Vannabsorpsjon tilslag	5,6 %
Densitet tilslag (overflatetørr)	2479
7 dagers fasthet	35 MPa
28 dagers fasthet	40 MPa



VEDLEGG 3: KONTROLLPLAN

Forslag til prøveprogram og prosedyrer for be tong med resirkulert tilslag

Kort sammendrag

I forbindelse av støttemur under Taraldrud bru er det besluttet å benytte betong der 100 % av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag. Det planlagte prosjektet med bruk av resirkulert tilslag i betongkonstruksjonen utføres som en del av Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt.

Vedlagt finnes et forslag til prøveprogram for dokumentasjon av det resirkulerte tilslaget, den ferske betongen og den herdede betongen. Dokumentasjonen av det resirkulerte tilslaget er basert på *Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag, fra kontrollrådet for betongprodukter datert mars 2003*.

Byggverkets adresse: Støttemur under Taraldrud – E6			Byggeår: 2004
Delprosjekt 3-6 Knust betong Bunden bruk	Metode Laboratorieundersøkelse	Emneord Resirkulert tilslag, Betong, Miljø	Filnavn Forsøksplan Klemetsrud.doc

Bakgrunn

I forbindelse av bygging av støttemur under Taraldrud bru er det i veggen besluttet å benytte betong der 100 % av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag (sortering 10 – 22 mm). Sålen støpes i vanlig betong uten resirkulert tilslag.

Hovedhensikten med prosjektet er å ha en synlig klimautsatt konstruksjon hvor det er benyttet resirkulert tilslag. Det er ønskelig å se på flere egenskaper som vannbehov, støpelighet, egenskaper i forhold til svinn og riss, fasthet osv.

Det planlagte prosjektet med bruk av resirkulert tilslag i betongkonstruksjonen utføres som en del av Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt.

Forslaget til dokumentasjonen av det resirkulerte tilslaget er basert på *Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag, fra kontrollrådet for betongprodukter datert mars 2003*. I tillegg til egne prøver må det sikres at data fra betongleverandørens egenkontroll, resepter og eventuelle korreksjoner av resepter er dokumentert og blir tatt vare på.

<p>Innledende prøver klorider</p> <p><u>Materialer:</u> 5 materialprøver fra forskjellige steder i produksjonen</p> <p><u>Kritisk</u> <i>Innen det resirkulerte tilslaget godkjennes for bruk i ny konstruksjonsbetong må vi være sikre på at det ikke er klorider i tilslaget.</i></p> <p><u>Utførelse</u> fredag 19. nov Prøver tas av haugen som skal i knuseren og fraktes til NBI Prøver tørkes og klargjøres Testing utføres i løpet av helga</p> <p><u>Utførelse</u> mandag 22 nov Resultat analyseres Avgjørelse om videre framdrift fattes</p> <p><u>Krav</u> Maks 0,1 % klorider i forhold til prøvens betongvekt, forutsatt at det ikke finnes klorider i sanden som brukes i betongproduksjonen.</p>	<p><i>D A Tangen</i> <i>NBI</i> <i>NBI</i></p> <p><i>NBI</i> <i>D A Tangen</i></p>
<p>Tilslag - innledende prøver densitet og absorpsjon</p> <p><u>Materialer:</u> Prøveuttak resirkulert tilslag i sortering 10-22 mm</p> <p><u>Kritisk</u> <i>Forsøk i RESIBA-prosjektet viste ingen nedgang i støpelighet over tid selv om det ble benyttet inntil 100% resirkulert tilslag. Dette forutsetter imidlertid at vannabsorpsjon (1-times sug) i betongen er kjent og blir kompensert.</i> <i>Viktig med rent nok tilslag, ingen asfalt og ikke mer enn 1% tegl, jern etc.</i> <i>Det er fare for mye finstoff og fare for produksjonsstans v snøfall</i></p> <p><u>Utførelse</u> fredag 19. sept 5 stk prøver hentes ut av produksjonen på Grønmo Prøven vurderes for visuelt for renhet Prøven siktes for overstein og legges i vann, prøven merkes</p> <p><u>Utførelse</u> mandag 22 nov Første prøve analyseres (jfr fredag) Prøveskjema for vannabsorpsjon og densitet føres. Tilslaget knuses og siktes på ny 22 mm sikt på Grønmo. Tilslaget vurderes visuelt ute på Grønmo før opplasting Tilslaget kjøres ned til blanderiet Det tas ut prøve for bestemmelse av vannabsorpsjon, korndensitet og kornfordeling Prøvene merkes og prøveskjema for vannabsorpsjon og densitet føres.</p> <p><u>Krav</u> Tilslaget må tilfredsstillende type-1A i henhold til <i>Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag, fra Kontrollrådet for betongprodukter (mars 2003).</i></p>	<p>D.A.Tangen DA Tangen/ B Moldal</p> <p>NorBetong v Moldal NorBetong v Moldal BA-Gjenvinning DA Tangen + B Moldal Mesta v T. Grinden NorBetong</p> <p>NorBetong</p>

Innledende prøver av tilslag*Kornkurve*

Det tas ut en prøve for vurdering av kornfordeling. Dersom snøen gir problem med at finstoffet kleber seg fast under siktingen må det gjøres en vurdering av eventuell betydning for resepten.

Renhet

Tilslaget må tilfredstille type-1A i henhold til *Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag, fra Kontrollrådet for betongprodukter (mars 2003)*.

Klorider

Prøvene som ble tatt ut fredag 19. nov må sannsynliggjøre at det ikke blir mer enn 0,1 % klorider av betongvekt for den ferdige betongen. Med dette på plass tar man sjansen på å gjennomføre prøvestøpen med det aktuelle tilslaget.

Tabell 1. Innledende prøving av resirkulert tilslag

Testparameter	Prøvemethode	Antall prøver fra hvert prøveuttak	Utføres av
Klorider	NS-EN 1744-1	1 (19.nov)	NBI
Kornfordeling	NS-EN 933-1	3 (22.nov)	NorBetong
Korndensitet	EN 1097-6	1 (19.nov) + 5 (22.nov)	NorBetong
Vannabsorpsjon	EN 1097-6	1 (19.nov) + 5 (22.nov)	NorBetong

Kontroll av det resirkulerte tilslaget under produksjonMaterialer:

Prøveposer

3 prøveuttak a 60 kg fordelt på 24 prøveposer a 15 kg.

Kritisk

Lab-Øst har et logistikk problem med tanke på produksjonsprøvetaking. Det beste er derfor hvis NorBetong kan ta ut prøvene etter veiledning fra Geir Andersen

Det er viktig at NBI får oversendt sine prøver

Utførelse mandag 22 nov

Geir Andersen fra Lab-Øst stikker innom betongstasjonen og instruerer Bjørn Moldal om hvordan tilslagsprøvene skal tas ut. Samtidig overleveres prøveposer.

Utførelse tirsdag 23 nov

Det tas ut tre prøver a 60 kg under produksjonen

1 prøveuttak før første lass

1 prøveuttak mellom lassene

1 prøveuttak i etterkant av betongproduksjonen.

Prøvene hentes bringes til Lab-Øst

Prøvene splittes og den del som skal til NBI kjøres dit

For hver av prøvene skal det gjennomføres dokumentasjon i henhold til Tabell 2.

Krav

Tilslaget må tilfredsstille type-1A i henhold til *Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag, fra Kontrollrådet for betongprodukter (mars 2003)*, .

*Lab-Øst kontakter
NorBetong*

NorBetong
NorBetong
NorBetong
Lab-Øst
Lab-Øst
Lab-Øst og NBI

Tabell 2. Dokumentasjon av tilstandsegenskaper

Testparameter	Prøvemethode	Antall prøver fra hvert av 3 prøveuttak *	Utføres av
Kornfordeling	NS-EN 933-1	2	Lab-Øst
Finstoffinnhold	NS-EN 933-1	2	Lab-Øst
Materialsammensetning	prEN 933-11	3	Lab-Øst
Organisk materiale	NS-EN 1744-1	2	Lab-Øst
Kornform	NS-EN 933-3	1	Lab-Øst
Korndensitet	EN 1097-6	1	NBI
Vannabsorpsjon	EN 1097-6	1	NBI
Kloridinnhold	NS-EN 1744-1	3	NBI
Innhold av sulfater	NS-EN 1744-1	3	NBI

*) Det tas ut tre prøveuttak nå, men hvor mange prøver som skal gjennomføres avgjøres senere.

Betong – prøveblanding og blanding	
<p>Materialer: Betong B35 MF 40 i ht -NS-EN 206-1 (tilsvarer tidligere SV40 C 45 m luft) Det resirkulerte tilslaget er 10-22 mm og skal utgjøre 100 % av det grove tilslaget</p> <p>Kritisk <i>Finne resept med god støpelighet, så nær opp til ordinær resept som mulig. Huske å dokumentere resept og korrigeringer av denne Husk å dokumentere prøver – også de som tas av blanderiet.</i></p> <p>Utførelse tirsdag 23 nov <i>Forsøk I RESIBA-prosjektet tyder på en fasthetsreduksjon i området 10-15% ved bruk av 100% resirkulert grovt tilslag. Erfaringstallene fra NorBetong avgjør om resepten skal justeres for å kunne oppnå tilstrekkelig fasthet..</i> Utgangsresept bestemmes ut fra densitet/vannabsorpsjon Det kjøres en prøveblanding på 1m3 betong. Første vurdering gjøres i selve blandetrommelen. Dersom betongen virker stiv tilsettes vann og sement i forholdet 4:10, eventuelt supplert med ekstra SP-stoff. Det tas slumpmåling og øvrige betongprøver når blandingen er godkjent Prøveblandingen helles deretter over på bil med langsomt roterende trommel. Denne kjøres 15-30 min mens man kontinuerlig følger med på blandingen. Det tas ny slumpmåling som sammenlignes med den første. Er man fornøyd blandes den øvrige betongen som forutsatt. I motsatt fall justeres resept, ny prøveblanding og ny vurdering Prøveskjema fylles ut fortløpende og tas vare på Log for blandeprosedyrer og eventuell justeringer av resepter føres fortløpende</p> <p>Krav Betong B35 MF 40 i ht -NS-EN 206-1 (tilsvarer tidligere SV40 C 45 m luft) Det må benyttes sement med lavt alkalieinnhold (anleggscement)</p>	<p><i>Utføres av NorBetong vedv B Moldal I samarbeide med: Mesta v T Grinden og GjBrPr v D A Tangen</i></p>

<p>Mottak betong på anleggsstedet – prøving – støp</p> <p><u>Materialer:</u> <i>Betong</i> <i>Måleutstyr og former</i></p> <p><u>Kritisk</u> <i>Eventuell fall i støpelighet må kompenseres med SP stoff</i> <i>Få frem nok former til alle prøvene (noen må lånes av NBI)</i> <i>Ta ut nok betong til å fylle alle prøveformene</i> <i>Prøvene må merkes godt og sikres mot kulde</i></p> <p><u>Utførelse mandag 22 nov</u> Nødvendige prøveformer klargjøres De formene som er nødvendig å låne fra NBI hentes</p> <p><u>Utførelse tirsdag 23 nov</u> Ute på anlegget gjøres det en vurdering av om betongen trenger SP-stoff. Dersom betongen har for dårlig støpelighet kjøres betongen opp i mot åpningen, det tilsettes 3 liter SP. Trommelen kjøres for fullt i 5 min. Betongprøver tas ut, synk, densitet, luftinnhold og temperatur måles. Betongen pumpes i forma og støpingen begynner Det støpes ut prøver for dokumentasjon av herdet betong for hver av betongreseptene i henhold til oversikt gitt i tabell 4.</p> <p>* * * * *</p> <p>Andre lasset utføres som over * * * * *</p> <p>Det tas bilder av prøvetaking og støping</p> <p><u>Krav</u> NS-EN 12350-2, NS-EN-12350-6, NS-EN-12350-7</p>	<p><i>Lab-Øst</i> <i>Lab-Øst</i></p> <p><i>Støpeleder Mesta</i> <i>Støpeleder Mesta</i></p> <p><i>Lab-Øst *</i> <i>Støpeleder Mesta</i> <i>Lab-Øst *</i></p> <p><i>Dag Atle Tangen</i></p>
--	--

Tabell 3. Dokumentasjon av fersk betong egenskaper

Testparameter	Prøvemethode	Antall pr. betongresept	Utføres av
Synk	NS-EN 12350-2	6 (0, 30 og 60 min)	Lab-Øst *
Densitet	NS-EN-12350-6	2 (hver bil)	Lab-Øst *
Luftinnhold	NS-EN-12350-7	2 (hver bil)	Lab-Øst *
Temperatur		2 (hver bil)	Lab-Øst *

*) *Robert Dahl*
Per Sysether
Øystein Lahaug

Kortfattet framdriftsplan

Fredag 19 nov	Uthenting av div prøver	
Mandag 22 nov	Kusing + sikting over nymonter 22 mm duk Vurdering av tilsaget Lab-Øst må hente formene hos NBI Transport av tilslag til Blanderiet Prøver tas ut for absorpsjon/densitet/kornkurve	For detaljert ansvarfordeling Se prosedyrer over
Tirsdag 23 nov	Prøveblanding 1m3 inkl justering av resept Slumpmåling og ventetid på blandebil Ny slumpmåling og godkjenning av betong Eventuelle justeringer av resept logges Første lass blandes ferdig Uttak av tilslagsprøver under produksjonen Ankomst støpested og vurdering av støpelighet Eventuell justering med SP Måling av synk +uttak av første prøveserie Første støp Andre støp ankomst og vurdering av støpelighet Eventuelle justeringer av resept logges Måling av synk og uttak av ferskbetongprøver Andre støp utføres Prøvene transporteres til frostfri oppbevaring Tilslagsprøver fra NorBetong hentes til Lab-Øst	
Onsdag 24. nov	Prøvene avformes og lagres forskriftsmessig De prøvene som skal til NBI kjøres dit 1 døgns prøvingen utføres.	Lab-Øst v Robert Dahl og Olav Bårdseth
Tirsdag 30. nov	7 døgns fasthet	Lab-Øst og NBI
Osv	Øvrige resultat etter hvert Resultat fra betongprodusent hentes og samordnes med øvrig.	Dag Atle Tangen

Telefonliste

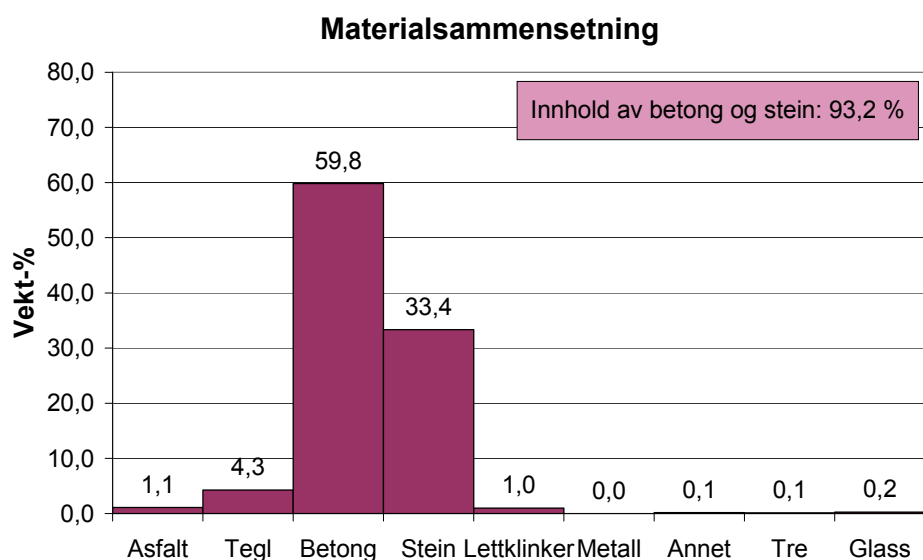
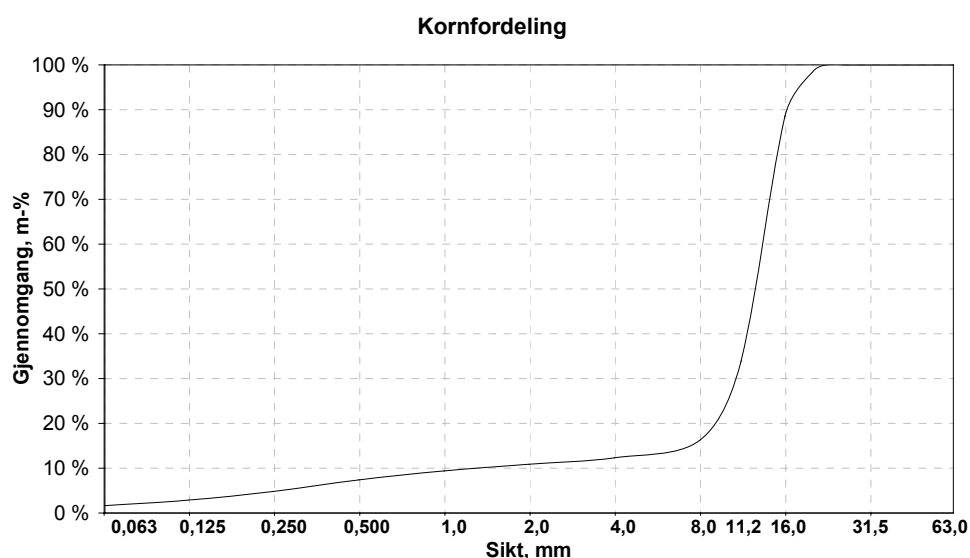
Dag Atle Tangen	91339384	Vegdirektoratet & Gjenbruksprosjektet
Bjørn Moldal	95987795	NorBetong
Tormod Grinden	95199014	Mesta
Edgar Dønåsen	90139230	BA Gjenvinning & Gjenbruksprosjektet
Robert Dahl	99743109	Vegdirektoratet
Christian Engelsen	93821882	NBI & Gjenbruksprosjektet
Gordana Petkovic	97508047	Vegdirektoratet & Gjenbruksprosjektet
Jacob Mehus	47015702	Standard Norge & Gjenbruksprosjektet

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 4: TESTING AV TILSLAG (UTDRAG)

Vedlegget gir et utdrag av resultater fra dokumentasjon av det resirkulerte tilslaget. For utfyllende resultater, samt resultater fra de innledende prøvingene vises det til prosjektrapport 17 Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag.

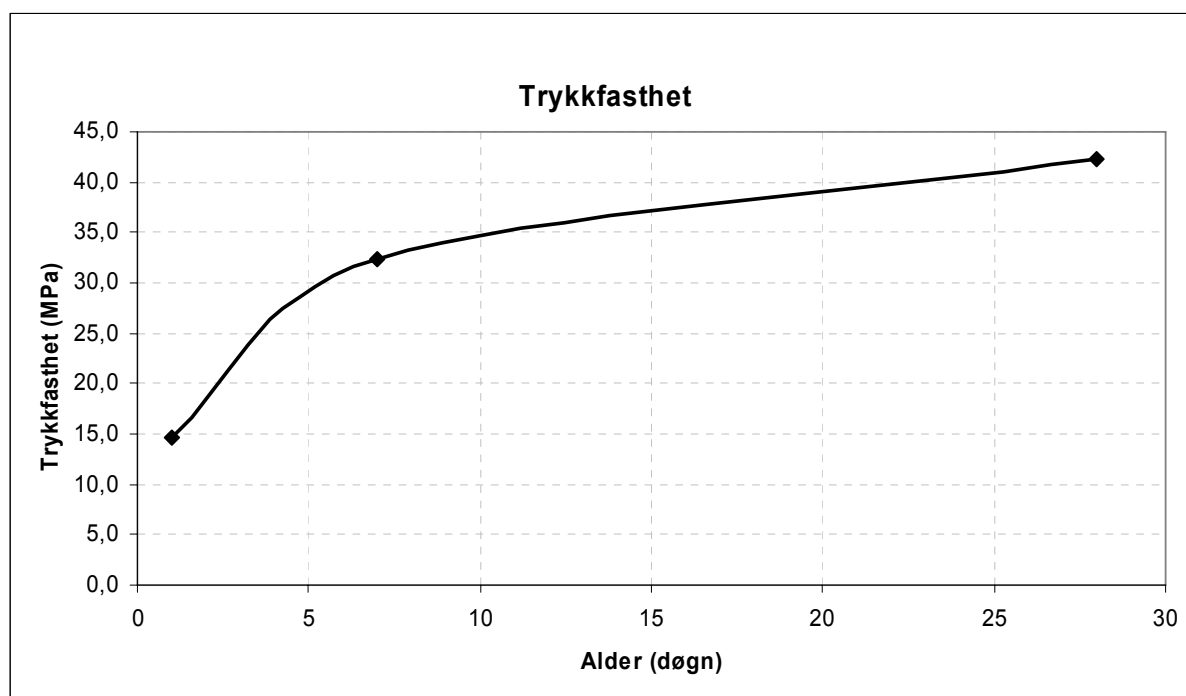


Korndensitet og vannabsorpsjon

Overflatetørr korndensitet ρ_{ssd} (g/cm ³)	Ovnstørr korndensitet ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
2,42	2,27	6,61

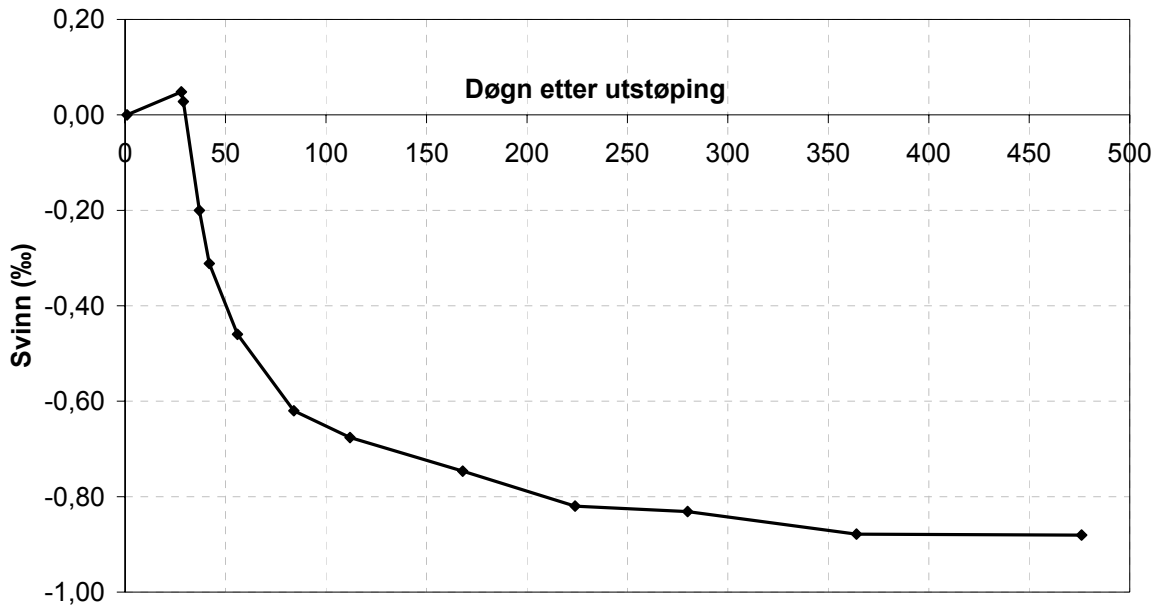
VEDLEGG 5: TESTING AV HERDET BETONG (UTDRAG)

Vedlegget gir resultater fra undersøkelser utført på herdet betong. For detaljer, samt sammenligning med resultater fra undersøkelser utført på betong med mindre andel resirkulert tilslag, vises det til projektrapport 17 Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag.

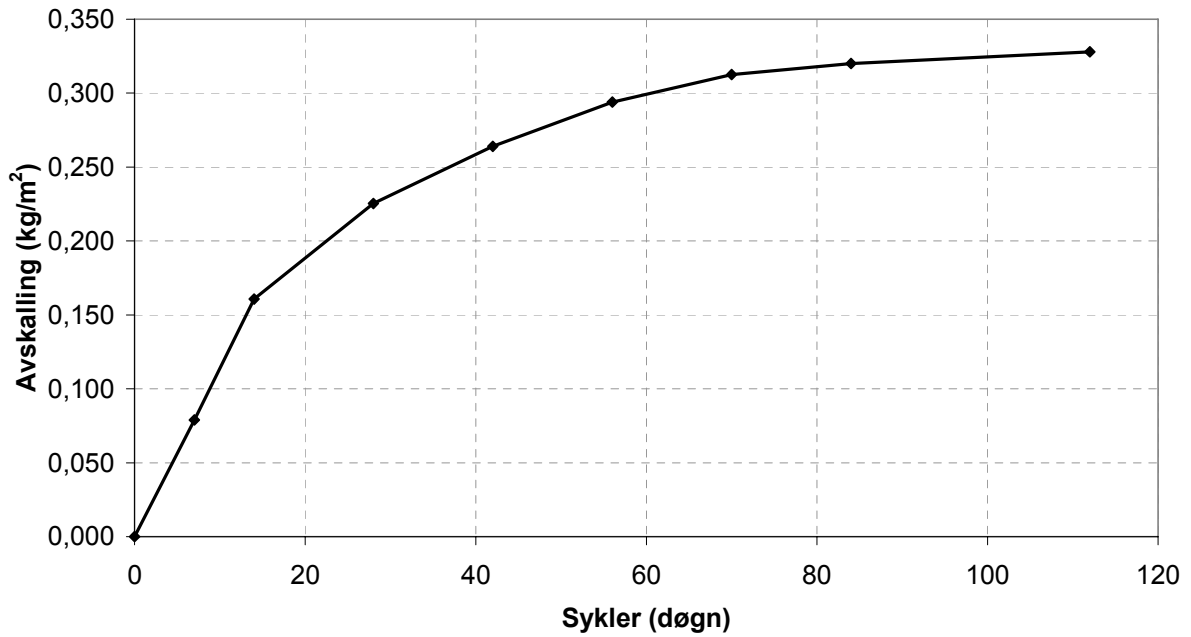


E-modul (MPa)			
E _o		E _c	
7	28	7	28
17500	20000	18500	20500

Uttørkingssvinn



Avskalling ved frostprøving



Beregning av C_s og D

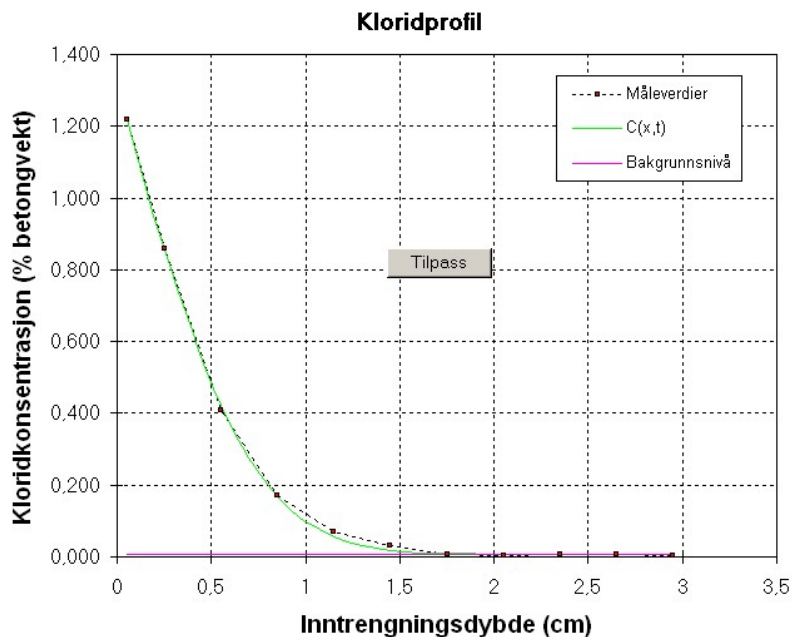
Prosjekt: Gjenbruksprosjektet DP3-6 Prøve nr. Gj.snitt av 3 prøver

1999-06-30 ss

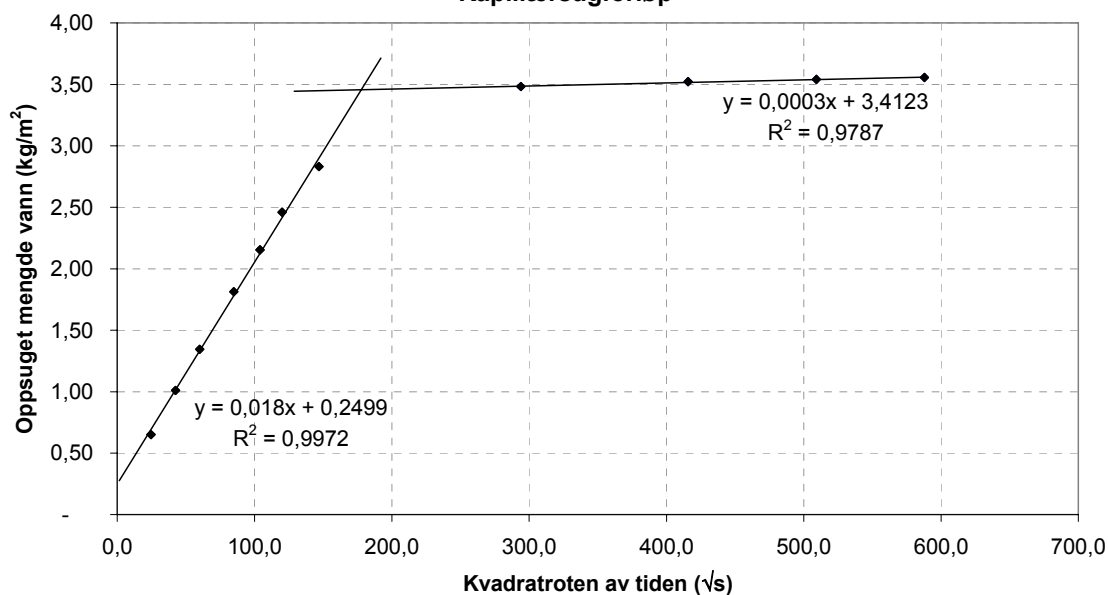
100 % Resirkulert tilslag

Eksponeertid	920	timer
Bakgrunn	0,004	% betong
C_s	1,242	% betong
D	5,11	$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
R^2	0,9995	
Inntrengning	181,1	g/m^2
k (0,1 %)	3,18	cm

x	målt	status
0,05	1,160	
0,25	0,833	ok
0,55	0,423	ok
0,85	0,180	ok
1,15	0,073	ok
1,45	0,033	ok
1,75	0,005	ok
2,05	0,003	ok
2,35	0,004	ok
2,65	0,005	ok
2,95	0,004	ok


Kapillær absorpsjon

Kapillaritetstallet k ($\text{kg}/\text{m}^2\sqrt{\text{s}}$)	1,95E-02
Motstandstallet m (s/m^2)	7,97E+07
Densitet tørr (kg/m^3)	2057
Densitet faststoff (kg/m^3)	2690
Sug porøsitet (%)	18,7
Makroporøsitet (%)	4,9
Total porøsitet (%)	23,5
Q_{kap} (kg/m^2)	3,46
$\sqrt{t_{\text{kap}}}$ ($\sqrt{\text{s}}$)	177,5
t_{kap} (s)	31544

Kapillærsugforløp


GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 6: GJENBRUKSBETONG PÅ GARDERMOEN

Artikkel april 2005 - Dag Atle Tangen

Det ukjente gjenbruksprosjektet

Gardermoen hovedflyplass er en av de største bygge- og anleggstekniske utfordringene som er gjennomført i Norge. Det mange ikke er klar over er at det samtidig ble gjennomført et omfattende gjenbruksprosjekt, ved at 4.000 tonn knust betong ble brukt om igjen som tilslag i ny betong.

Betong er ferskvare

Grunnlaget for gjenbruken var haugen av returbetong etter hvert hadde antatt store dimensjoner. Lars Busterud som var kvalitets-ansvarlig for tre blandeverk på Gardermoen kan fortelle at det ofte gikk en kule varmt med bestilling og produksjon. Derfor fikk man tilsvarende mye returbetong. I tillegg kom den lille slumpen som normalt blir bestilt ekstra for sikkerhets skyld. Betong er ferskvare, og man måtte derfor dumpe all returbetongen på en oppsamlingsplass i nærheten av blanderiet.



Gjenbruk fordi det lønte seg

Etter hver satt man igjen med flere tusen tonn herdet vrakbetong. Valget stod mellom å betale dyrt for å få kjørt bort massene, eller å finne en form for gjenbruk. Den siste løsningen ble valgt. Betongen ble pigget, knust og sortert som 8-16 mm tilslag for bruk i ny betong.

Prøvestøp

Det ble gjort prøvestøp og tester bl.a. hos Norcem i Brevik. Det skjer normalt tap av fasthet og støpelighet ved bruk av knust betong i ny betong. Forsøkene viste imidlertid at hvis man holdt seg til maks 30 % resirkulert tilslag, så ble ikke egenskapene nevneverdig påvirket.

Det største skillet mellom knust betong og naturlig tilslag er porøsiteten. For det knuste tilslaget lå denne på 5-7 % mens naturlig tilslag ligger på ca 1 %. Ved å blande 1:3 fikk man en total porøsitet på ca 2-3 %, hvilket gikk greit å håndtere for blandeverket.

Så god som ny

På krevende element som flyplassdekker og innvendige søyler var det krav om spesielle tilslag, men for øvrig var det ingen begrensninger på hvor man kunne benytte den resirkulerte betongen. Massen ble hovedsakelig blandet inn i betong av fasthet C35-C45. I alt ble det brukt 4 000 tonn knust betong som erstatning for grovt tilslag på Gardermoen.

FOU uten dokumentasjon

I og med at gjenbruksbetongen ble solgt som vanlig betong sitter man igjen med svært dårlig oversikt over hvor den resirkulerte betongen faktisk landet. Utseendet er det samme, egenskapene til betongen er den samme og forhåpentligvis er bestandigheten den samme.

Det er et paradoks at et av Norges største gjenbruksprosjekt med høyverdig gjenbruk også er det dårligst dokumenterte. Trøsten får være at det ble en fin flyplass.





VEDLEGG 7: DELPROSJEKT 3 "GJENBRUK AV BETONG"

Overordnet mål for DP3 er å formulere et forslag til anvendbare retningslinjer for bruk av resirkulert tilslag til vegformål og på denne måten gjøre det enklere for bestiller å ta i bruk materialet. Samtidig vil produsenter av resirkulert tilslag vite hvilke kvalitetskrav som gjelder. I tillegg skal også en deklarasjonsordning foreslått gjennom RESIBA-prosjektet utprøves.

En egen aktivitet i delprosjektet vil bli knyttet til resirkulert tilslag til ny betong, selv om det trolig er lite aktuelt å bruke vesentlige mengder resirkulert tilslag i bruer og kaikonstruksjoner. Tidligere prosjekter har vist at fasthet og egenskaper av fersk betong ikke er særlig påvirket av resirkulert tilslag brukt i grovere fraksjoner. Bestandighetsrelaterte egenskaper er lite undersøkt.

Delprosjekt 3 "Gjenbruk av betong" er delt inn i 7 aktiviteter:

- DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning
- DP3-2 Mekaniske egenskaper
- DP3-3 Kjemisk nedbrytning
- DP3-4 Frostnedbrytning
- DP3-5 Finstoffets betydning
- DP3-6 Bunden bruk
- DP3-7 Feltprøving

DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning

RESIBAs forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag ønskes utprøvd på resirkulert tilslag tilgjengelig på markedet. På den måten får man kjennskap til materialenes egenskaper samtidig som vi skaffer erfaring med laboratorieprøving av slike materialer.

DP3-2 Mekaniske egenskaper

Tradisjonelle laboriemetoder for testing av mekaniske egenskaper av steinmaterialer er ikke optimale for resirkulert tilslag. Målet med aktiviteten er å beskrive mekanismer som fører til mekanisk nedbrytning, beskrive aktuelle testmetoder og vurdere hvilke krav som bør stilles til resirkulert tilslag.

DP3-3 Kjemisk nedbrytning

Aktiviteten tar for seg nedbrytning av resirkulert tilslag på grunn av gjennomstrømning av vann. Målet er å vurdere om dette er et problem ved bruk av resirkulert tilslag i vegbygging, å vurdere hvilke materialegenskaper som best beskriver kjemisk nedbrytning og å vurdere hvilke krav som bør stilles til materiale og bruksmåte.

DP3-4 Frostnedbrytning

Motstand mot frostnedbrytning er viktig for resirkulert tilslag. Metoder for testing av frostegenskaper av vanlige steinmaterialer har vist seg å være for tøffe for resirkulert tilslag i forhold til realistiske eksponeringsforhold. Målet er å foreslå passende testmetode og realistiske krav til frostbestandighet.

DP3-5 Finstoffets betydning

Overordnet målsetting for denne aktiviteten er å beskrive og vurdere finstoffets sammensetning og dets betydning for oppførselen til resirkulert tilslag i vegkonstruksjoner, så som stivhetsøkning pga etterbinding, utvasking osv. Til slutt ønskes det å formulere et forslag til krav mht finstoffinnhold.

DP3-6 Bunden bruk

Bruk av resirkulert tilslag som tilslag i ny betong er ikke det største bruksområdet for resirkulert tilslag i Statens vegvesen, men man ønsker å supplere erfaringer fra RESIBA-prosjektet med bestandighetsrelaterte egenskaper. Aktiviteten er knyttet til bygging av Vegdirektoratets kontorbygg på Alnabru i Oslo.

DP3-7 Feltprøving

Overordnet målsetting er å ta vare på og systematisere erfaringer fra utførte prosjekter med gjenbruksmaterialer, bl.a. med tanke på innspill til feltforsøk i DP 6. For bedre oppfølging av prosjekter med gjenbruksmaterialer er det utviklet en database med kortfattet informasjon om utførelser med gjenbruksmaterialer, tilhørende laboratorie- og feltmålinger, rapporter, bilder m.v.

Delprosjektgruppen for DP3 "Gjenbruk av betong" består av:

- Geir Berntsen, Statens vegvesen (delprosjektleder)
- Nils Uthus, Franzefoss Pukk AS (nå Statens vegvesen)
- Edgar Dønåsen, Veidekke ASA
- Joralf Aurstad, Sintef (nå Statens vegvesen)
- Brit Sylte, Statsbygg (fram til 2003)
- Jacob Mehus, Norges byggforskningsinstitutt, NBI (nå Standard Norge)
- Jan Erik Dahlhaug, Statens vegvesen
- Jostein Aksnes, Statens vegvesen
- Øystein Myhre, Statens vegvesen
- Gordana Petkovic, Statens vegvesen

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 8: DELPROSJEKT 6 "GJENBRUKSVEGEN"

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

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

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

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

"Gjenbruksvegene" E6 Melhus og E6 Klemetsrud – Assurtjern blir rapportert i hver sin prosjektrapport (hhv prosjektrapport 12 og 18 fra Gjenbruksprosjektet).

Arbeidsgruppen for DP6 og delprosjektleder har variert med tid og oppgaver:

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

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 9: RAPPORTOVERSIKT STATENS VEGVESENS GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005

Prosjekt-rapport nr.	Intern rapport nr. ¹⁾	Tittel	Del-prosjekt	Utarbeidet av
1	2309	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 1: Gjenbruk av knust betong og tegl i vegbygging Testing av mekaniske egenskaper – Erfaringsinnsamling	DP3	Joralf Aurstad, SINTEF
2	2310	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 2: Bruk av bildekk i støyvoller – Livsløpsvurdering	DP2 / DP5	Karin Synnøve Østby, stud. techn. NTNU
3	2350	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 3: Varm asfaltgjenvinning i verk	DP4	Olav Ruud, ATI et al.
4	2351	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 4: Kontroll og dokumentasjon av returafalt	DP4	Olav Ruud, ATI
5	2357	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 5: Gjenbruk av bildekk i vegbygging – Tekniske og miljøtekniske vurderinger	DP5	Arnt-Olav Håøya, Rambøll AS og Roald Aabøe, Statens vegvesen
5A	2375	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 5A: Miljøovervåking av 3 pilotprosjekter med oppkuttete bildekk 2001-2003	DP5	Arnt-Olav Håøya og Guro Thue Unsgård, Rambøll AS
6	2408	Erfaringer fra feltstrekninger med kaldblandet gjenbruksafalt - Vurdering av tilstandsutvikling og dekkelevetid	DP4	Joralf Aurstad, SINTEF et al.
7	2420	Materialegenskaper for kaldblandet gjenbruksafalt - vannfølsomhet og styrkeparametere	DP4	Johnny Stenshagen, Mesta as, Øivind Moen, Veidekke ASA et al.
8	2421	Feltforsøk med ubundet asfaltgranulat - Avsluttende undersøkelser på forsøksstrekningene på Fornebu	DP4	Ragnar Bragstad, ATI et al.
9	2410	Materialstrøm for gjenvunnet asfalt	DP4	Ragnar Evensen, Via Nova et al.
10	2411	Frostbestandighet av resirkulert tilslag	DP3	Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, NBI /Standard Norge
11	2422	Gjenbruk av knust betong i vegbygging. Mekaniske egenskaper og testmetoder for resirkulert tilslag	DP3	Joralf Aurstad, SINTEF et al.
12	2423	Gjenbruksvegen E6 Melhus	DP6	Jostein Aksnes og Dag Atle Tangen, Statens vegvesen
13	2431	Materialdeklarasjon av resirkulert tilslag. Uttesting av deklarasjonsordning	DP3	Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, NBI /Standard Norge
14	2432	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging	DP2	Gordana Petkovic, Statens vegvesen et al.
14A	2433	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – sementbaserte materialer	DP2	Christian J. Engelsen, NBI /Sintef Byggforsk et al.
14B	2434	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – asfalt	DP2	Torbjørn Jørgensen, Statens vegvesen et al.
14C	2435	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – oppkuttete bildekk	DP2	Arnt-Olav Håøya, Rambøll AS et al.
14D	2436	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – Skumglass	DP2	Arnt-Olav Håøya, Rambøll AS et al.
15	2437	Finstoffinnhold i gjenbruksbetong	DP3	Joralf Aurstad, Statens vegvesen et al.

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

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