

Teknologirapport nr. 2431

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 13:

**Materialdeklarasjon av
resirkulert tilslag – Uttesting
av deklarasjonsordning**



November 2007

Teknologiavdelingen

GJENBRUKSPROSJEKTET



Prosjektrapport nr 13: Materialdeklarasjon av resirkulert tilslag – Uttesting av deklarasjonsordning

Sammendrag

Rapporten inngår i en serie rapporter fra Gjenbruksprosjektet 2002-2005 (etatsprosjekt). *Delprosjekt 3 "Gjenbruk av betong"* (DP3), som denne rapporten tilhører, har som overordnet målsetting å formulere et forslag til anvendbare retningslinjer for bruk av resirkulert tilslag (knust betong og tegl) til vegformål og på denne måten gjøre det enklere for bestiller å ta i bruk materialet.

Denne rapporten omhandler deklarasjon av resirkulert tilslag (DP3-1), og er basert på en rekke laboratorieundersøkelser utført på Statens vegvesen Sentrallaboratoriet og Norges Byggforskningsinstitutt. Arbeidet bygger på ØkoBygg-prosjektet RESIBA (Resirkulert tilslag for bygg og anlegg) og forslaget til deklarasjonsordning som ble utarbeidet der. I tillegg til undersøkelsene utført i forbindelse med DP3-1, behandler denne rapporten også resultater fra undersøkelser av resirkulert tilslag fra andre samtidige og tidligere prosjekter

Målsetningene med DP3-1 har vært å:

- Få et bilde av kvaliteten av resirkulert tilslag tilgjengelig på markedet i dag gjennom regelmessig testing av egenskaper valgt ut i RESIBAs forslag til deklarasjonsordning
- Skaffe erfaring med utførelsen av laboratorietester på slike materialer og med testmetodene
- Prøve ut RESIBAs forslag til deklarasjonsordning (etablert også som en egen kontrollklasse av Kontrollrådet) som system for deklarasjon /dokumentasjon av resirkulert tilslag.

I løpet av perioden 1999-2004 har det, gjennom RESIBA-prosjektet og Gjenbruksprosjektets DP3-1, vært gjennomført systematisk testing av resirkulert tilslag. Resultatene fra undersøkelsene viser at enkelte av materialegenskapene til resirkulert tilslag stort sett er stabile over tid, mens andre har større eller mindre variasjoner. Bl.a. er det store variasjoner i det resirkulerte tilslagens finstoffinnhold og materialsammensetning, mens korndensitet, flisighet og mekanisk styrke har kun små forandringer.

Selv om Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag nå er trukket tilbake i påvente av at felleseuropeiske standarder også skal omfatte bestemmelser for resirkulert tilslag, kan deklarasjonsordningen fortsatt brukes som et dokumentasjonssystem. Deklarasjonsordningen er hensiktsmessig oppbygd, den gir god oversikt over hvilke egenskaper som skal testes og er godt egnet til å klassifisere resirkulert tilslag. Med dette grunnlaget kommer *materialet* resirkulert tilslag et skritt nærmere betegnelsen *produkt*. Denne undersøkelsen kunne ikke gi noen synspunkter på deklarasjonsordningens fastsatte prøvingshyppighet. Til det kreves det er mer regelmessig produksjonskontroll.

Emneord:

Resirkulert tilslag, betong, materialegenskaper, deklarasjon

Dato:

November 2007

Forord

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

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

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

Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt består av åtte delprosjekter:

- DP 1 Avfallshåndtering
- DP 2 Miljøpåvirkning
- DP 3 Gjenbruk av betong
- DP 4 Gjenbruk av asfalt
- DP 5 Lette fyllmasser og isolasjonsmaterialer
- DP 6 Gjenbruksvegen
- DP 7 Rammeverk for gjenbruk
- DP 8 Nye ideer, materialer og tiltak

Gjenbruksprosjektet ledes av Gordana Petkovic, Vegdirektoratet.

Delprosjekt 3 "Gjenbruk av betong" (DP3) som denne rapporten tilhører, har som overordnet målsetting å formulere et forslag til anvendbare retningslinjer for bruk av resirkulert tilslag (knust betong og tegl) til vegformål og på denne måten gjøre det enklere for bestiller å ta i bruk materialet. Som ledd i dette må det skaffes en del data om det resirkulerte tilslaget, og om konstruksjoner hvor slik tilslag er benyttet.

Se vedlegg 10 for mer informasjon om delprosjektet. DP3 ledes av Geir Berntsen, Vegdirektoratet.

Denne rapporten er utarbeidet av Synnøve A. Myren, Vegdirektoratet, og Jacob Mehus, Norges byggforskningsinstitutt og Standard Norge.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	6
2	MÅLSETNING	6
3	STANDARDE OG RETNINGSLINJER	7
3.1	GENERELT	7
3.2	NORSK BETONGFORENINGS PUBLIKASJON NR 26	7
3.3	RESIBA-PROSJEKTET OG KONTROLLRÅDETS KLASSE V	8
3.4	STATENS VEGVESENS HÅNDBOK 018 OG PROSESSKODE-2	9
4	PRØVEMATERIALE, PRØVEUTTAK OG PRØVEPROGRAM	10
4.1	GENERELT	10
4.2	GJENBRUKPROSJEKTET	10
4.3	RESIBA	12
4.4	FORNEBU	12
5	PRØVEPROSEDYRER OG KRAV	14
5.1	GENERELT	14
5.2	FYSISKE OG MEKANISKE EGENSKAPER	14
5.2.1	<i>Korngradering</i>	14
5.2.2	<i>Materialsammensetning</i>	17
5.2.3	<i>Humusinnhold</i>	17
5.2.4	<i>Kornform</i>	18
5.2.5	<i>Mekanisk styrke</i>	19
5.2.6	<i>Korndensitet og vannabsorpsjon</i>	20
5.2.7	<i>Bulkdensitet</i>	22
5.3	KJEMISKE EGENSKAPER	22
5.3.1	<i>Kloridinnhold</i>	22
5.3.2	<i>Sulfatinnhold</i>	23
5.3.3	<i>Miljøskadelige stoffer – utlekking</i>	24
5.3.4	<i>Miljøskadelige stoffer – totalinnhold</i>	24
5.4	BESTANDIGHET	25
5.4.1	<i>Frostbestandighet</i>	25
5.4.2	<i>Kjemisk nedbrytning</i>	25
6	RESULTATER OG VURDERINGER	26
6.1	GENERELT	26
6.2	FYSISKE OG MEKANISKE EGENSKAPER	27
6.2.1	<i>Korngradering</i>	27
6.2.2	<i>Materialsammensetning</i>	31
6.2.3	<i>Humusinnhold</i>	34
6.2.4	<i>Kornform</i>	34
6.2.5	<i>Mekanisk styrke</i>	35
6.2.6	<i>Korndensitet og vannabsorpsjon</i>	37
6.2.7	<i>Bulkdensitet</i>	37
6.3	KJEMISKE EGENSKAPER	38
6.3.1	<i>Kloridinnhold</i>	38
6.3.2	<i>Sulfatinnhold</i>	39
6.3.3	<i>Miljøskadelige stoffer – utlekking</i>	40
6.3.4	<i>Miljøskadelige stoffer – totalinnhold</i>	40
7	KONKLUSJON	42
7.1	SAMMENFATNING AV RESULTATER	42
7.2	AVSLUTTENDE KOMMENTARER	44
8	REFERANSER	45

1 Innledning

Resirkulert tilslag er et forholdsvis nytt materiale i Norge, og det er derfor viktig å skaffe kunnskap om materialets egenskaper. Deklarasjon av resirkulert tilslag har vært tema for delaktivitet 1 i delprosjekt 3 Gjenbruk av betong. Gjennom systematiske laboratorieundersøkelser av resirkulert tilslag er resultater fra tidligere undersøkelser supplert, og tilgjengelig dokumentasjon av resirkulert tilslag på markedet i dag er blitt vesentlig større. Undersøkelsene har fungert som en uttesting av deklarasjonsordningen (se punkt 2 i denne rapporten) for resirkulert tilslag, og analysene som er utført følger derfor i hovedsak denne. Resultatene fra undersøkelsene er vurdert opp mot krav stilt til resirkulert tilslag, med hovedvekt på ubunden bruk.

I tillegg til resultater fra laborietester på resirkulert tilslag utført i forbindelse med DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning, presenterer rapporten også:

- resultater fra laborieundersøkelser utført i forbindelse med DP3-6 Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag
- dokumentasjon av materiale brukt på E6 Melhus og E6 Klemetsrud
- sammendrag av resultater fra FoU-prosjektet RESIBA
- dokumentasjon av gjenbruksmasser fra Oslos tidligere hovedflyplass Fornebu

Resultatene fra RESIBA er i hovedsak hentet fra Prosjektrapport 02/2002¹ og Prosjektrapport 03/2002².

Denne rapporten gjengir kun resultater fra Gjenbruksprosjektets delaktivitet 3-1 Uttesting av deklarasjonsordning, mens resultater fra andre av Gjenbruksprosjektets undersøkelser på resirkulert tilslag, samt resultater fra RESIBA-prosjektet og Fornebu-prosjektet er gjengitt i vedlegg. Vurderingene i kapittel 6 omfatter alle resultatene.

2 Målsetning

Målsetningen for DP3-1 er å få en oversikt over spredningen i materialegenskaper for det resirkulerte tilslaget som er tilgjengelig på markedet i dag, ved å gjennomføre testing av tilslagets egenskaper i henhold til Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag³. Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag er basert på FoU-prosjektet RESIBAs forslag til deklarasjonsordning⁴. Disse bestemmelsene ble dessverre trukket tilbake januar 2007 i påvente av tilleggspunkter til CENs tilslagsstandarder (se pkt 3 i denne rapporten). Dette vil også gi erfaring med laborietesting av slike materialer, og med testmetodene. I tillegg vil dette også være en måte å prøve ut Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag³.

Det er et ønske om at arbeidet med dokumentasjon av resirkulert tilslag vil resultere i en vurdering og revisjon av klassifiseringen av resirkulert tilslag gitt i Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 26 Materialgjenvinning av betong og murverk for betongproduksjon⁵, slik at denne gjenspeiler RESIBAs forslag til deklarasjonsordning⁴ og Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³.

3 Standarder og retningslinjer

3.1 Generelt

Arbeidet med å implementere resirkulert tilslag i de felleseuropeiske tilslagsstandardene EN 12620⁶ og EN 13242⁷ er i gang, og forslag til tillegg til de gjeldende standardene er under godkjenning i CEN. Inntil dette arbeidet er fullført finnes det ikke noe felleseuropeisk regelverk for bruk av resirkulert tilslag. Betongstandarden, EN 206-1⁸, viser til nasjonale standarder eller bestemmelser for bruk av resirkulert tilslag. I det nasjonale tillegget til NS-EN 206-1⁹ vises det til Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 26 ”Materialgjenvinning av betong og murverk for betongproduksjon” (NB 26)⁵.

3.2 Norsk Betongforenings publikasjon nr 26

NB 26 er basert på erfaringer fra litteraturen, og gir anvisninger og begrensninger for bruk av resirkulert tilslag i betongproduksjon, klassifisering av resirkulert tilslag, samt regler for produksjon av resirkulert tilslag. Begrensningene er gitt i form av grenseverdier for prosjektering uten at spesielle beregninger må utføres, mens klassifiseringen går på materialsammensetningen av det resirkulerte tilslaget. Klassifisering av resirkulert tilslag i henhold til NB 26 er vist i Tabell 1. I henhold til NB26 er prøvemetoder og prøvingshyppighet for resirkulert tilslag det samme som for naturlig tilslag, men med modifikasjoner vist i Tabell 2.

Tabell 1: Klassifisering av resirkulert tilslag i henhold til Norsk Betongforenings Publikasjon nr 26⁵

EMNE	Type I	Type II
Mineralsk innhold: Betong og/eller stein: Betong, stein, murverk og/eller tegl:	> 95 %	> 99 %
Ikke-mineralsk innhold: (som treverk, papir, metall, isolasjonsmaterialer*, plast, gummi, planterester**), samt glass: * Isolasjonsmaterialer: ** Planterester:	< 5 % < 0,5 v.% ¹ < 0,5 v.%	< 1 % < 0,1 v.% < 0,1 v.%
Densitet: Ovnstørr ² : vannmettet, overflatetørr ² :	> 1500 kg/m ³ > 1800 kg/m ³	> 2000 kg/m ³ > 2100 kg/m ³
Vannabsorpsjon:	< 20 %	< 10 %

¹ v.% betyr % av volum

² Utføres iht. NS-EN 1097-6

Kravet skal oppfylles for minst én av metodene

Tabell 2: Krav til prøvingshyppighet for resirkulert tilslag i henhold til Norsk Betongforenings Publikasjon nr 26⁵

Testparametere	Testfrekvens Type I og II (Det strengeste av:)
Siktekurve	Hver 10. produksjonsdag / 2000 tonn
Densitet	Hver 10. produksjonsdag / 2000 tonn
Vannabsorpsjon	Hver 10. produksjonsdag / 2000 tonn
Kloridinnhold	Hver 10. produksjonsdag / 2000 tonn
Sulfater	Hver 10. produksjonsdag / 2000 tonn
Materialsammensetning	Hver 10. produksjonsdag / 2000 tonn

3.3 RESIBA-prosjektet og Kontrollrådets klasse V

I forbindelse med FoU-prosjektet RESIBA ble det utarbeidet et forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag⁴ basert på prosjektets omfattende undersøkelser av materialer tilgjengelig i Oslo-området. Deklarasjonsordningen omfatter bruk av resirkulert tilslag både i bunden og i ubunden form, og er grunnlaget for Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag³. De tekniske bestemmelsene omfatter bl.a. klassifisering av resirkulert tilslag, prøvingshyppighet og krav til dokumentasjon, samt generelle bestemmelser for produsenter. I påvente av at resirkulert tilslag implementeres i NS-EN 12620¹⁰ og NS-EN 13242¹¹, er de tekniske bestemmelsene nå trukket tilbake. Klassifisering av resirkulert tilslag i henhold til kontrollrådets Tekniske bestemmelser er vist i Tabell 3, og krav til prøvingshyppighet ved løpende kontroll er vist i Tabell 4.

Tabell 3: Klassifisering av resirkulert tilslag i henhold til Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag³

	Type 1 "Knust betong"		Type 2 "Blandet masse"	
	A - Bunden bruk	B - Ubunden bruk	A - Bunden bruk	B - Ubunden bruk
Hoveddelmateriale:				
Knust betong og/eller naturtilslag	> 94 %		-	
Knust betong, knust murverk og naturtilslag	-		> 90 % ¹	
Andre granulære delmaterialer:				
Knust murverk	< 5 %	< 5 %	-	-
Knust gjenbruksasfalt	< 1 %	< 5 %	< 1 %	< 5 %
Ikke-mineralsk innhold:				
Treverk, papir, metall, isolasjonsmaterialer*, planterester**, plast, glass, gummi, annet	< 1 %		< 2,5 %	
* Isolasjonsmaterialer	< 0,1 v. % ²		< 0,5 v. % ²	
**Planterester	< 0,1 v. % ²		< 0,5 v. % ²	
Densitet - ovenstørr ³	> 2000 kg/m ³		> 1500 kg/m ³	
-vannmettet overfl.tørr ³	> 2100 kg/m ³		> 1800 kg/m ³	
Vannabsorpsjon	< 10 %		< 20 %	

¹ for bruksområder der det stilles andre krav til resirkulert tilslag enn materialsammensetningen, anbefales det å holde andelen av ren betong og/eller naturtilslag på min. 80 %

² for planterester og isolasjonsmaterialer regnes prosentandelen i volumprosent

³ utføres iht. NS-EN 1097-6. Kravet skal oppfylles for minst en av metodene

Tabell 4: Krav til prøvingshyppighet for bunden og ubunden bruk, tabell 1 i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag³

Egenskap	Prøvmingsmetode	Utføres av (type lab.)	Prøvingshyppighet ved løpende kontroll	
			Materialer til bunden bruk (tilslag til betong)	Materialer til ubunden bruk (mekanisk stabilisering)
Kornstørrelsesfordeling	NS-EN 933-1	L ¹	Hver uke eller min. per 2000 tonn	
Finstoffinnhold (matr. < 0,063 mm av matr. < 19 mm)	NS-EN 933-1	L ¹	Hver uke eller min. per 2000 tonn	
Innhold av matr. < 0,020 mm regnet av matr. < 19 mm	Håndbok 014 pkt. 14.434	L ¹	-	Ved krav
Materialsammensetning ⁵	prEN 933-11	L ¹	Hver uke eller min. per 2000 tonn	
Organisk materiale ⁵ (humusinnhold)	NS-EN 1744-1	L ¹	Hver uke eller min. per 3000 tonn	-
Kornform (av matr. > 8 mm) (Flisighetsindeks)	NS-EN 933-3	L/S/E ²	Hver måned	
Mekaniske egenskaper (Los Angeles)	EN 1097-2	L/S/E ²	-	Hver 2. uke eller min. hver 10 000 tonn
Korndensitet	EN 1097-6	L/S/E ²	Hver 2. uke eller min. hver 10 000 tonn	
Vannabsorpsjon	EN 1097-6	L/S/E ²	Hver 2. uke eller min. hver 10 000 tonn	
Klorid ⁵	NS-EN 1744-1	L/S/E ²	Hver 2. uke eller min. hver 10 000 tonn	Ved krav
Syreløselig sulfat	NS-EN 1744-1	L/S/E ²	Ved krav	
Kjemisk analyse ⁴ (utlekking)	NS-EN 1744-3	G ³	-	Hver 2. uke eller min. hver 10 000 tonn

¹ Bør utføres lokalt (på produksjonsstedet) med bakgrunn i muligheten for å styre produksjon basert på resultat fra prøvingene

² Kan utføres lokalt, sentralt eller eksternt

³ Skal utføres ved laboratorium godekjent for formålet

⁴ Alternative metoder for vurdering av kjemisk analyse kan aksepteres

⁵ Prøvingshyppigheten kan halveres dersom det er foretatt forhåndsbesiktigelse iht. NB Publikasjon nr. 26

3.4 Statens vegvesens Håndbok 018 og Prosesskode-2

I tillegg til nasjonale bestemmelser har Statens vegvesen, gjennom Håndbok 018 Vegbygging¹² og Prosesskode-2¹³, egne bestemmelser for bruk av resirkulert tilslag. I høringsutgaven av Prosesskode-2 datert april 2006 står det: ”Til betong av fasthetsklasse B35 eller høyere, eller bestandighetsklasse M45 eller bedre, tillates ikke brukt gjenvunnet tilslag av resirkulert betong”. Ved siste revisjon av Håndbok 018 (utgitt 2005) ble det innarbeidet regler for bruk av resirkulert tilslag i ubunden for i vegbygging.

4 Prøvemateriale, prøveuttak og prøveprogram

4.1 Generelt

Det resirkulerte tilslaget som er undersøkt i forbindelse med Gjenbruksprosjektet og RESIBA er materiale tatt ut direkte fra produksjonsbåndet hos produsenten BA Gjenvinning i Oslo, se Figur 1 og Figur 2. Unntak fra dette er materiale fra gjenbruksvegene E6 Melhus og E6 Klemetsrud der materialet kommer fra riveprosjekter på eller ved utbyggingen. På Oslos tidligere hovedflyplass, Fornebu, er materialet gjenvunnet og brukt på stedet.

Knuseutstyret som brukes til produksjon av resirkulert tilslag hos BA Gjenvinning er en kjefteknuser med rotasjonsknuser. Dette er det vanligste knuseutstyret og det som brukes fast hos BA Gjenvinning. Utenom kjefteknuser er også slagmølle aktuelt å bruke på resirkulert tilslag, annet knuseutstyr tåler ikke eventuelle armeringsjern.

Denne rapporten gjengir kun resultater fra Gjenbruksprosjektets delaktivitet 3-1 Uttesting av deklarasjonsordning, mens resultater fra Gjenbruksprosjektets andre undersøkelser på resirkulert tilslag, samt resultater fra RESIBA-prosjektet og Fornebu-prosjektet er gjengitt i vedlegg. Vurderingene i kapittel 6 omfatter alle resultatene.



Figur 1: Resirkulert tilslag av Type 2 Blandet masse, 10-20 mm



Figur 2: Resirkulert tilslag av Type 2 Blandet masse 10-20 mm levert i sekker på 40-50 kg fra BA Gjenvinning

4.2 Gjenbrukprosjektet

Innen Gjenbruksprosjektet er systematisk utprøving av resirkulert tilslag gjennomført i tre prosjektdeler:

- Gjp-1:** Prøving utført i forbindelse med delaktivitet 3-1 (DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning), og som rapporteres i denne rapporten
- Gjp-2:** Prøving utført i forbindelse med delaktivitet 3-6 (DP3-6 Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag), også rapportert i prosjektrapportene 17¹⁴ og 17a¹⁵ fra Gjenbruksprosjektet
- Gjp-3:** Prøving i forbindelse med delprosjekt 6 (DP6 Gjenbruksvegen – E6 Melhus og E6 Klemetsrud), også rapportert i prosjektrapportene 11¹⁶, 12¹⁷ og 18¹⁸ fra Gjenbruksprosjektet

Oversikt over undersøkelsene utført i forbindelse med Gjenbruksprosjektet er vist i Tabell 6.

Gjp-1 Uttesting av deklarasjonsordning

I forbindelse med Gjenbruksprosjektets DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning ble det i tidsrommet høst 2002 – vår 2004 utført seks prøveuttak av resirkulert tilslag ved BA Gjenvinning på Grønmo. Prøveuttakene var av både Type 1 ”Knust betong” og Type 2 ”Blandet masse”, og i to ulike sorteringer; 10-20 mm og 38-120 mm. Oversikt over prøveuttakene er vist i Tabell 5.

Gjenbruksprosjektet utarbeidet en forsøksplan for DP3-1¹⁹. I forsøksplanen er det angitt hvilke egenskaper det skal testes på, hvilke prøvemethoder som skal brukes, hvilke sorteringer testingen skal utføres på, hvor store mengder tilslag som behøves, og hvilke laboratorier som har ansvaret for de ulike prøvingene. Forsøksplanen er vist i sin helhet i vedlegg 1. I tillegg til prøvingene angitt i forsøksplanen er det også utført kjemisk totalanalyse av det resirkulerte tilslaget.

Tabell 5: Oversikt over prøveuttakene tatt ut i forbindelse med Gjenbruksprosjektet DP3-1

Prøveuttak	Type og sortering	Uttaksdato
1	Type 2 Blandet masse, 10-20 mm og 38-120 mm	30.10.2002
2	Type 2 Blandet masse, 10-20 mm og 38-120 mm	25.11.2002
3	Type 2 Blandet masse, 10-20 mm og 38-120 mm	03.03.2003
4	Type 2 Blandet masse, 10-20 mm og 38-120 mm	28.04.2003
5	Type 1 Knust betong, 10-20 mm	21.01.2003
6	Type 2 Blandet masse, 10-38 mm og 38-120 mm	08.03.2004

Gjp-2 Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag

Gjenbruksprosjektets DP3-6 Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag, har to ganger prøvd ut bruk av resirkulert tilslag som tilslag i ny betong. Første gang var høsten 2002 under bygging av Vegdirektoratets nye bygg på Brynseng i Oslo, og andre gang høsten 2004 under bygging av en støttemur under Taraldrud bru på E6. Det resirkulerte tilslaget var, i begge tilfeller, levert av BA Gjenvinning i Oslo, og var av Type 1 ”Knust betong”, sorteringene var henholdsvis 8-22 mm og 10-22 mm. I begge tilfeller ble det utført dokumentasjon av det resirkulerte tilslaget i tillegg til dokumentasjon av fersk og herdet betong. All dokumentasjon finnes i egne rapporter fra DP3-6^{14, 15}.

Gjp-3 Gjenbruksvegen

Gjenbruksprosjektets DP6 Gjenbruksvegen, har hatt to gjenbruksveger, E6 Melhus og E6 Klemetsrud, der ulike gjenbruksmaterialer er testet ut i felt. På E6 Melhus ble kasserte hulldekker fra en betongelementfabrikk knust og brukt i forsterkningslag, tilslaget var i sorteringene 0-100 mm og 20-100 mm. På E6 Klemetsrud ble knust og sortert betong fra fire overgangsbruer, en kulvert og et gammelt betongvegdekke brukt i forsterkningslaget, tilslaget var i sorteringene 10-20 mm og 20-120 mm. Det resirkulerte tilslaget var i begge tilfeller av Type 1 ”Knust betong”. Dokumentasjon av det resirkulerte tilslaget omfatter flere undersøkelser enn det som er tatt med i denne rapporten, og i tillegg til knust betong er det brukt en rekke andre gjenbruksmaterialer på gjenbruksvegene, bl.a. knust asfalt og skumglass. Dette er dokumentert i tre rapporter fra delprosjektet^{16, 17, 18}.

Tabell 6: Prøving utført i forbindelse med Gjenbruksprosjektet

Testparameter	Prøvemethode		
	Gjp-1	Gjp-2	Gjp-3
Kornfordeling	NS-EN 933-1 ²⁰	NS-EN 933-1 ²⁰	HB 014 ²¹
Finstoffinnhold (matr. < 0,063 mm av matr.<19 mm)	NS-EN 933-1 ²⁰	NS-EN 933-1 ²⁰	
Innhold av matr. <0,020 mm regnet av matr.<19 mm)	Håndbok 014 pkt. 14.434 ²¹		
Materialsammensetning	prEN 933-11 ²²	prEN 933-11 ²²	
Organisk materiale (humus)	NS-EN 1744-1 ²³		
Kornform (av matr. > 8 mm) (flisighetsindeks)	NS-EN 933-3 ²⁴	NS-EN 933-3 ²⁴	NS-EN 1097-2 ²⁶
Mekaniske egenskaper (Los Angeles)	ASTM ²⁵ NS-EN 1097-2 ²⁶		
Bulkdensitet	NS-EN 1097-3 ²⁷		
Densitet	NS-EN 1097-6 ²⁸	NS-EN 1097-6 ²⁸	NS-EN 1097-6 ²⁸ (pyknometer)
Vannabsorpsjon	NS-EN 1097-6 ²⁸	NS-EN 1097-6 ²⁸	NS-EN 1097-6 ²⁸ (pyknometer)
Kloridinnhold	NS-EN 1744-1 ²³	NS-EN 1744-1 ²³	
Innhold av sulfater	NS-EN 1744-1 ²³	NS-EN 1744-1 ²³	
Kjemisk analyse (utlekking)	NS-EN 1744-3 ²⁹		
Frostprøving (DP3-4)	utprøving av testmetode		

4.3 RESIBA

I forbindelse med FoU-prosjektet RESIBA ble det utført et stort antall undersøkelser av resirkulert tilslag, og disse er rapportert i en egen rapportserie fra prosjektet ^{1,2,4,30,31,32,33,34}. Rapportene fra RESIBA-prosjektet kan bestilles hos SINTEF Byggforsk.

Resultater fra deler av disse undersøkelsene er presentert i denne rapporten. Undersøkelsene er utført på resirkulert tilslag av Type 1 ”Knust betong” og Type 2 ”Blandet masse” i ulike sorteringer. Oversikt over undersøkelser utført i forbindelse med RESIBA-prosjektet som er rapportert i denne rapporten er vist i Tabell 7.

Tabell 7: Undersøkelser utført på resirkulert tilslag i forbindelse med RESIBA-prosjektet

Testparameter	Prøvemethode
Korngardering	Håndbok 014 ²¹ og Kontrollrådets metodesamling for prøving av betongtilslag ³⁵
Materialsammensetning	Ikke-standardisert metode
Kornform (flisighetsindeks)	NS-EN 933-3 ²⁴
Mekaniske egenskaper (Los Angeles)	NS-EN 1097-2 ²⁶
Bulkdensitet	Ikke-standardisert metode
Korndensitet	Håndbok 014 ²¹ og Kontrollrådets metodesamling for prøving av betongtilslag ³⁵
Vannabsorpsjon	Håndbok 014 ²¹ og Kontrollrådets metodesamling for prøving av betongtilslag ³⁵
Kjemisk analyse (utlekking)	NS-EN 1744-3 ²⁹
Kjemisk totalanalyse	Diverse prøvemethoder

4.4 Fornebu

På Oslos tidligere hovedflyplass, Fornebu, ble det produsert gjenbruksmasser i forbindelse med riving av gammel infrastruktur og nybygging. Disse massene bestod hovedsaklig av asfalt (gamle rulle- og taxebaner), bygge- og riveavfall, masser fra nybygging (matjord, sprengstein, restmasser) og

behandlede masser fra forurenset grunn og avfallsfyllinger. Det var et ønske om å beholde massene innenfor området og prioritere en høyverdig etterbruk.

For å dokumentere kvaliteten av gjenbruksmassene ønsket Fornebu Gjenvinning ANS å følge RESIBAs forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag. Det resirkulerte tilslaget er av Type 2 ”Blandet masse”, i ulike sorteringer. Oversikt over undersøkelser utført på Fornebu er vist i Tabell 8.

Tabell 8: Oversikt over undersøkelser utført på resirkulert tilslag fra Oslos tidligere hovedflyplass, Fornebu³⁶

Testparameter	Prøvemethode
Kornfordeling	NS-EN 933-1 ²⁰
Finstoffinnhold (matr. < 0,063mm av < 19mm)	NS-EN 933-1 ²⁰
Materialsammensetning	prEN 933-11 ²²
Kornform (flisighetsindeks av matr. > 8mm) ¹	NS-EN 933-3 ²⁴
Mekaniske egenskaper (Los Angeles)	NS-EN 1097-2 ²⁶
Densitet	NS-EN 1097-6 ²⁸
Vannabsorpsjon	NS-EN 1097-6 ²⁸
Kjemisk analyse	NS-EN 1744-3 ²⁹

¹ Ble ikke utført

² Materialer til ubunden bruk

5 Prøveprosedyrer og krav

5.1 Generelt

I henhold til Statens vegvesens Håndbok 018 Vegbygging¹² kan resirkulert tilslag brukes i vegbygging. Både Type 1 Knust betong og Type 2 Blandet masse kan brukes i forsterkningslaget, og i tillegg kan Type 1 Knust betong brukes i bærelaget i gang-/sykkelveger og i parkeringsplasser/terminalområder. I tillegg er resirkulert tilslag aktuelt til grøfter, som drenerende masser og som tilslag i ny betong. Typebetegnelse i Håndbok 018 er Gjb 1 og Gjb 2, der Gjb 1 tilsvarer Type 1B Knust betong, og Gjb 2 tilsvarer Type 2B Blandet masse. Håndbok 018 har tatt inn kravene til materialsammensetning, korndensitet og vannabsorpsjon som er gitt i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag³, og stiller i tillegg krav til kornfordeling, finstoffinnhold, humusinnhold, kornform og mekaniske egenskaper (Los Angeles). I det følgende er det angitt hvilke prøvemethoder som er benyttet samt hvilke krav som stilles til de ulike materialegenskapene.

5.2 Fysiske og mekaniske egenskaper

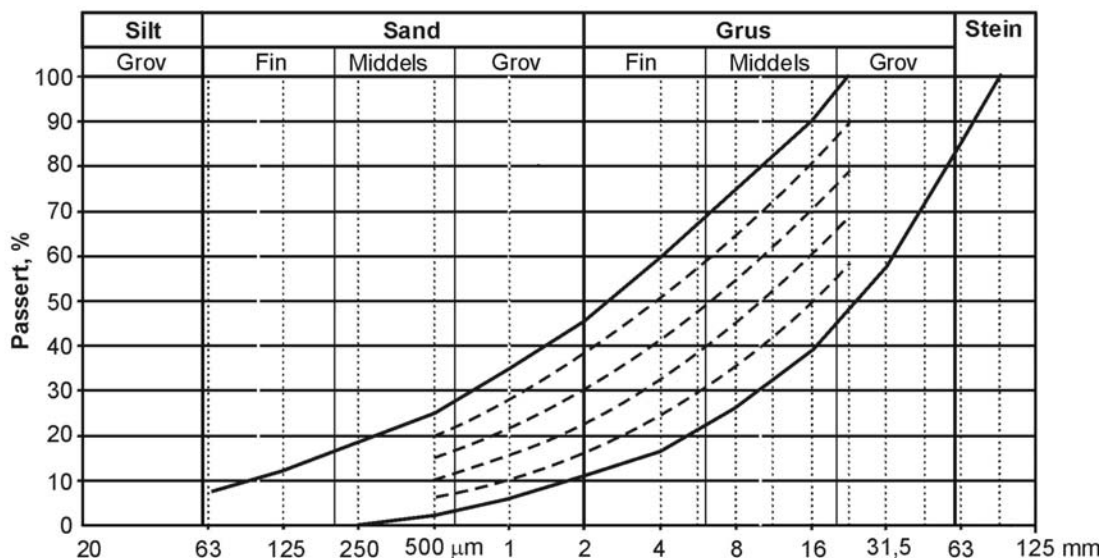
5.2.1 Korngradering

Siktekurver

Prøveprosedyre:	Håndbok 014 Laboratorieanalyser (NS-EN 933-1)
Krav:	Håndbok 018 Vegbygging

Korngradering og siktekurve viser gjennomgang i prosent på siktesatsen, og er utført i henhold til Håndbok 014, punkt 14.432²¹, forsøksplanen forutsatte prøving etter NS-EN 933-1²⁰. Prosedyren i Håndbok 014 avviker fra NS-EN 933-1 ved at minste siktesats er 0,075 mm, ikke 0,063 mm.

Krav til kornfordeling er gitt i Statens vegvesens håndbok 018¹². For bruk i bærelaget stilles de samme kravene for resirkulert tilslag som for Knust fjell, Fk. Materialet skal da ligge innenfor og mest mulig parallelt med grensekurvene i Figur 3, og skal ikke krysse mer enn én av de stiplede linjene i området mellom 0,5 mm og 22,5 mm. Dette kravet vil i realiteten bare gjelde resirkulert tilslag av Type 1 Knust betong, da det bare er dette som kan brukes i bærelaget.



Figur 3: Grensekurver for knust fjell (Fk), kap. 5 i Håndbok 018¹²

For bruk i forsterkningslaget er det stilt krav til tilslagets over- og understørrelser, samt graderingstallet, C_u . Krav til over- og understørrelser er gitt i vedlegg 3 i Håndbok 018¹², se Tabell 9. For bruk i forsterkningslaget skal maksimal kornstørrelse være 120 mm. For sorteringene 0-2 mm, 0-4 mm, 0-8 mm, 0-16 mm, 0-22 mm, 0-32 mm og 0-63 mm skal materialet være jevnt fordelt innenfor de respektive fraksjoner.

Tabell 9: Krav til over- og understørrelser for bruk av resirkulert tilslag i forsterkningslaget, vedlegg 3 i Håndbok 018¹²

Sortering d/D ¹	Krav til siktegjennomgang		
	Maks. 5 % skal passere d/2	Min. 98 % skal passere 1,4D	Alt skal passere 2D

¹ d = minste nominelle størrelse i mm, D = største nominelle størrelse i mm

Graderingstallet $C_u = D_{60}/D_{10}$, der D_{60} = kornstørrelse (mm sikt) som 60 % av materialet passerer og D_{10} = kornstørrelse (mm sikt) som 10 % av materialet passerer. I spesielle tilfeller uttrykkes graderingstallet ved D_{75}/D_{25} . Krav til graderingstall, C_u , for bruk av resirkulert tilslag i forsterkningslaget er gitt i Tabell 10.

Tabell 10: Krav til graderingstall, C_u , for bruk av resirkulert tilslag i forsterkningslaget, kap. 5 i Håndbok 018¹²

Krav til resirkulert tilslag	Kvalitetskrav			Kontrollomfang Min. 1 prøve for hver mengdeenhet
	Krav	Toleranser ¹	Maks. avvik	
Graderingstall C_u – øvre forsterkningslag	≥ 15 ²	20 %	- 3	1000 m ³ ³
Graderingstall C_u – nedre forsterkningslag	≥ 5	20 %	- 1	1000 m ³ ³

¹ Maks antall prøver utenfor krav (20 % tilsvarer 1 av 5 prøver utenfor krav)

² $C_u \geq 10$ kan brukes for atkomstveger

³ Prøver for korngradering skal tas på veg

I henhold til Håndbok 018¹² er krav til prøvingshyppighet for korngradering minimum 1 prøve per 500 m³ (for resirkulert tilslag tilsvarer dette ca 1000 tonn), for graderingstall er det minimum 1 prøve per 1000 m³ (for resirkulert tilslag tilsvarer dette ca 2000 tonn). Kravet til prøvingshyppighet for kornstørrelsesfordeling for deklarasjon etter Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³ er hver uke eller minimum per. 2000 tonn (for resirkulert tilslag tilsvarer dette ca 1000 m³).

Finstoffinnhold

Prøveprosedyre: Håndbok 014 Laboratorieanalyser (NS-EN 933-1)
Krav: Håndbok 018 Vegbygging

Finstoffinnhold viser innhold av materiale < 0,063 mm regnet av materiale < 19 mm, og er utført i henhold til Håndbok 014, punkt 14.432²¹, forsøksplanen forutsatte prøving etter NS-EN 933-1²⁰. Prosedyren i Håndbok 014 avviker fra NS-EN 933-1 ved at det forutsettes bruk av 0,075 mm-sikt i stedet for 0,063 mm-sikt. Finstoffinnholdet blir beregnet i henhold til Formel 1.

Formel 1: Finstoffinnhold, f

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} * 100$$

M_1	=	tørrmassen av prøvingsporsjonen (kg)
M_2	=	tørrmassen av den delen av prøven som holdes tilbake på 75 μm -sikten etter vasking (kg)
P	=	massen av siktet materiale som ligger igjen i bunnpotten ved bestemmelse av korngradering

Krav til finstoffinnhold er gitt i Håndbok 018¹², og er vist i Tabell 11.

Tabell 11: Krav til maksimalt finstoffinnhold, < 0,063 mm av < 20 mm, kap. 5 Håndbok 018

Krav til resirkulert tilslag	Kvalitetskrav			Kontrollomfang Min. 1 prøve for hver mengdeenhet
	Krav	Toleranser ¹	Maks. avvik	
Maks. pass. 63 μm av matr. < 20 mm – forsterkningslag	8 % ^{2,3}	20 %	+ 2 %	1000 m ^{3,4}
Maks. pass. 63 μm av matr. > 20 mm – bærelag	8 % ^{2,3}	20 %	+ 2 %	500 m ^{3,4}

¹ Maks antall prøver utenfor krav (20 % tilsvarer 1 av 5 prøver utenfor krav)

² Krav til ferdig utlagt materiale. Prøver tatt fra produksjon bør ha et finstoffinnhold på maks. 5 %

³ Kravene i tidligere utgave av Håndbok 018 (1999)³⁷ er 1 %-poeng høyere, og angir innhold av materiale < 75 μm av matr. < 19 mm. Dette tilsvarer kravene i ny, revidert utgave av håndbok 018 (2005)¹².

⁴ Prøver for korngradering skal tas på veg

I henhold til Håndbok 018¹² er kravet til prøvingshyppighet for finstoffinnhold minimum 1 prøve per 1000 m³ (for resirkulert tilslag tilsvarer dette ca 2000 tonn) for bruk i forsterkningslaget, og minimum 1 prøve per 500 m³ (for resirkulert tilslag tilsvarer dette ca 1000 tonn) for bruk i bærelaget. I Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³ er prøvingshyppigheten satt til hver uke eller minimum per 2000 tonn (for resirkulert tilslag tilsvarer dette ca 1000 m³).

Innhold av materiale < 0,020 mm

Prøveprosedyre:	Håndbok 014 Laboratorieanalyser
Krav:	Håndbok 018 Vegbygging

Innholdet av materiale < 0,020 mm blir regnet av materiale < 19 mm, og er utført i henhold til Håndbok 014, punkt 14.434²¹, Kornfordeling ved våtsikting med slemmeanalyse. Dette gir en indikasjon på materialets telefarlighet ved plassering i telefarlighetsgruppe, se Tabell 12. Innholdet av materiale < 0,020 mm er bestemt på sortering 0-10 mm.

I Håndbok 018¹² er det gitt krav om at overbygningen skal bygges opp av bæredyktige, ikke telefarlige og ikke vannømfintlige materialer, som beholder tilstrekkelig bæreevne hele året. Tilslaget klassifiseres etter Tabell 12.

Tabell 12: Telefarlighetsklasser, kap. 5 i Håndbok 018

Telefarlighetsgruppe		Innhold av material < 20 mm		
		Masse-%		
		< 2 μm	< 20 μm	< 200 μm
Ikke telefarlig	T1		< 3	
Lite telefarlig	T2		3-12	
Middels telefarlig	T3	¹⁾	>12	< 50
Meget telefarlig	T4	< 40	>12	> 50

¹ Også jordarter med mer enn 40 % < 2 μm regnes som middels telefarlig T3.

Verken Håndbok 018¹² eller Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³ stiller krav til prøvingshyppighet for innhold av materiale < 0,020 mm.

5.2.2 Materialsammensetning

Prøveprosedyre:	prEN 933-11 Tests for geometrical properties of aggregates – Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregates
Krav:	Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V resirkulert tilslag Håndbok 018 Vegbygging

Materialsammensetningen viser prosentvis fordeling av ulike materialtyper i det resirkulerte tilslaget målt i masseprosent, og er utført på basis av prEN 933-11²². Standarden angir metode for å bestemme materialsammensetning for kornstørrelser opp til 63 mm, i dette prosjektet er den utført på kornstørrelser opp til 120 mm. I tillegg avviker angivelse av materialtyper fra standarden. Materialet deles i materialtypene betong, stein, tegl, asfalt, lettklinker, metall, tre og annet (planterester, isolasjonsmaterialer, papir, gips mm). Innholdet av planterester og isolasjonsmaterialer beregnes i volumprosent, ikke masseprosent. For massene som produseres på Fornebu, er materialet delt i materialtypene betong/naturtilslag, mur/tegl, asfalt og ikke-mineralsk.

I Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag³ er det for resirkulert tilslag Type 2 Blandet masse er det krav om minimum 90 % knust betong, knust murverk og naturtilslag. For Type 1 Knust betong er det krav om minimum 94 % knust betong og naturtilslag. I tillegg er det også krav til maksimalt innhold av andre granulære delmaterialer og til innhold av ikke-mineralske materialer, se Tabell 3 side 8. Kravene i Håndbok 018¹² er tilsvarende kravene i de tekniske bestemmelsene, men gjelder kun for ubunden bruk. Betegnelse Gjb I og Gjb II i Håndbok 018 tilsvarer henholdsvis Type 1B og Type 2B i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser.

Det er ikke satt krav til prøvingshyppighet for materialsammensetningen for bruk i forsterkningslaget i Håndbok 018¹², kravet til prøvingshyppighet for bruk i bærelaget er minimum 1 prøve per 500 m³ (for resirkulert tilslag tilsvarer dette ca 1000 tonn). I Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³ er kravet til prøvingshyppighet satt til hver uke eller minimum per 2000 tonn (for resirkulert tilslag tilsvarer dette ca 1000 m³).

5.2.3 Humusinnhold

Prøveprosedyre:	Håndbok 014 Laboratorieanalyser (NS-EN 1744-1 Prøvmåter for kjemiske egenskaper for tilslag - Del 1: Kjemisk analyse)
Krav:	Håndbok 018 Vegbygging NS-EN 12620 Tilslag for betong

Bestemmelse av innhold av organisk materiale (humus) er utført i henhold til Håndbok 014²¹, punkt 14.445, og ikke NS-EN 1744-1²³ som angitt i forsøksplanen. NS-EN 1744-1 angir bestemmelse av innhold av organisk materiale ved natriumhydroksidprøving, mens Håndbok 014 angir glødetapsmetoden.

For bruk i forsterkningslaget er det i Håndbok 018¹² gitt krav til et maksimalt innhold av organisk materiale på 1 % for sand/grus. Hvis forsterkningslaget er godt drenerende og/eller har et åpent steinskjelett med kontakt stien mot stein, er der ingen krav til innhold av organisk materiale. Det resirkulerte tilslaget i sorteringen 10-20 mm ligger i området middels grus. I tillegg stilles det i NS-EN 12620¹⁰ krav til maksimalt innhold av organisk material for tilslag for bunden bruk. Et høyt humusinnhold kan ha en retarderende effekt på herdeprosessen. Hvis prøving etter NS-EN 1744-1,

punkt 15.1, indikerer et høyt humusinnhold, skal det testes for innhold av fulvosyre etter NS-EN 1744-1, punkt 15.2. Det er fulvosyre som virker retarderende på herdeprosessen.

Det er ikke satt krav til prøvingshyppighet for innhold av organisk materiale i Håndbok 018¹². Krav til prøvingshyppighet i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³ for innhold av organisk materiale gjelder kun for tilslag til betong, og er satt til hver uke eller minimum per 3000 tonn (for resirkulert tilslag tilsvarer dette ca 1500 m³).

5.2.4 Kornform

Prøveprosedyre:	NS-EN 933-3 Prøvningsmetoder for geometriske egenskaper for tilslag - Del 3: Bestemmelse av kornform - Flisighetsindeks
Krav:	Håndbok 018 Vegbygging NS-EN 13242 Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging (klassifisering)

Kornformen har stor innflytelse på materialets mekaniske egenskaper og kan blant annet måles i flisighetsindeks (FI). FI-bestemmelsen er utført i henhold til NS-EN 933-3²⁴. Flisighetsindeksen beregnes i henhold til Formel 2.

Formel 2: Flisighetsindeks, FI

$$FI = \frac{M_2}{M_1} * 100$$

- M_2 = summen av massene av korn i hver enkelt kornstørrelsesfraksjon d_i/D_i (g)
 M_1 = summen av massen av korn i hver enkelt kornstørrelsesfraksjon som passerer gjennom de tilvarende spaltebreddene $D_i/2$ (g)

Klassifisering av tilslagets kornform (flisighetsindeks) er gitt i NS-EN 13242¹¹. Kategoriene er vist i Tabell 13.

Tabell 13: Kategorier for flisighetsindeks i henhold til NS-EN 13242¹¹

Flisighetsindeks	Kategori
≤ 20	FI ₂₀
≤ 35	FI ₃₅
≤ 50	FI ₅₀
> 50	FI _{Declared}
Ingen krav	FI _{NR}

Krav til flisighetsindeks (flakindeks) er gitt i Håndbok 018¹². I forsterkningslaget er det ingen krav til kornform, fordi det er forutsatt at en dårlig kornform fanges opp ved testing av mekanisk styrke etter Los Angeles-metoden. For bruk av Type 1 Knust betong i bærelaget i gang- og sykkelveger er kravet til flakindeks ≤ 30. Dette kravet gjelder for sortering 8-16 mm. Toleransen er 20 % (antall prøver utenfor krav), og maksimalt tillatt avvik er + 3. Kontrollomfanget bør følge Kontrollrådets Tekniske bestemmelser Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag³.

I henhold til Håndbok 018¹² bør prøvingshyppigheten for flisighetsindeks følge produsentens produksjonskontroll. Krav til prøvingshyppighet for kornform gitt i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³ er satt til hver måned.

5.2.5 Mekanisk styrke

Prøveprosedyre:	Håndbok 014 Laboratorieanalyser (NS-EN 1097-2 Prøvningsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag - Del 2: Metoder for bestemmelse av motstand mot knusing og ASTM C535)
Krav:	Håndbok 018 Vegbygging NS-EN 13242 Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging (klassifisering)

Den mekaniske styrken viser tilslaget evne til motstand mot knusing. Den mekaniske styrken er testet etter Los Angeles-metoden for både 10-20 mm og 38-120 mm. Los Angeles-prøvingen er utført i henhold til Håndbok 014, punkt 14.456²¹ for begge sorteringer, mens forsøksplanen forutsatte prøving i henhold til NS-EN 1097-2²⁶ for sortering 10-20 mm, og i henhold til ASTM C535²⁵ for sortering 38-120 mm. For sortering 38-120 mm innebærer dette at tilslaget er siktet til 10-14 mm før prøving, og ikke 31,5-50 mm som forutsatt i ASTM C535. Los Angeles-koeffisienten beregnes i henhold til Formel 3.

Formel 3: Los Angeles-koeffisient, LA

$$LA = \frac{M - m}{M} * 100$$

M = opprinnelig tørrmasse
m = massen som holdes tilbake på 1,6 mm-sikt (g)

Klassifisering av tilslaget mekaniske styrke er gitt i NS-EN 1324211. Kategoriene er vist i Tabell 14.

Tabell 14: Kategorier for mekanisk styrke (Los Angeles) i henhold til NS-EN 13242¹¹

Los Angeles-verdi	Kategori
≤ 20	LA ₂₀
≤ 25	LA ₂₅
≤ 30	LA ₃₀
≤ 35	LA ₃₅
≤ 40	LA ₄₀
≤ 50	LA ₅₀
≤ 60	LA ₆₀
> 60	LA _{Declared}
Ingen krav	LA _{NR}

Krav til Los Angeles-verdier (LA-verdier) er gitt i håndbok 018¹², se Tabell 15.

Tabell 15: Krav til LA-verdier, kap. 5 Håndbok 018¹²

Krav til resirkulert tilslag	Kvalitetskrav			Kontrollomfang Min. 1 prøve for hver mengdeenhet
	Krav	Toleranser ¹	Maks. avvik	
Los Angeles-verdi – øvre forsterkningslag	≤ 35 ²	20 %	+ 5	3
Los Angeles-verdi – nedre forsterkningslag	≤ 40	20 %	+ 5	3
Los Angeles-verdi – bærelag	≤ 35	20 %	+ 5	3

¹ Maks antall prøver utenfor krav (20 % tilslaver 1 av 5 prøver utenfor krav)

² For atkomstveger, P-plasser og G/S-veger

³ Produsentens produksjonskontroll i henhold til aktuell standard bør følges

I henhold til Håndbok 018¹² bør prøvingshyppigheten for Los Angeles-prøving følge produsentens produksjonskontroll i henhold til aktuell standard. I Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³ er prøvingshyppigheten for Los Angeles-prøving satt til hver 2. uke eller minimum hver 10 000 tonn, og gjelder for ubunden bruk av tilslaget.

5.2.6 Korndensitet og vannabsorpsjon

Prøveprosedyre:	Håndbok 014 Laboratorieanalyser NS-EN 1097-6 Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag - Del 6: Bestemmelse av korndensitet og vannabsorpsjon
Krav:	Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag Håndbok 018 Vegbygging

Bestemmelse av korndensitet og vannabsorpsjon er utført i henhold til NS-EN 1097-6²⁸, korndensiteten er bestemt både på ovnstørr (ρ_{rd}) basis og på vannmettet, overflatetørr (ρ_{ssd}) basis. På Fornebu-prosjektet er bestemmelse av korndensitet og vannabsorpsjon utført etter Håndbok 014²¹, denne prøvingsmetoden tilsvarer metoden i NS-EN 1097-6. Vannmettet, overflatetørr korndensitet er her merket ρ_s , ovnstørr korndensitet er merket ρ_a , og vannabsorpsjonen w_{abs} .

Basert på vannmettet, overflatetørr korndensitet (ρ_{ssd}) og bulkdensitet (v_b og v_{bk} , se punkt 5.2.7) blir også materialets hulromsprosent bestemt. Det bestemmes løst, lagret hulromsprosent (v_b), og komprimert hulromsprosent (v_{bk}). Korndensitet, vannabsorpsjon og bulkdensitet beregnes i henhold til Formel 4 til Formel 8.

Formel 4: Ovnstørr korndensitet, ρ_{rd} (g/cm³)

$$\rho_{rd} = \frac{M_4}{M_V}$$

Formel 5: Vannmettet, overflatetørr korndensitet, ρ_{ssd} (g/cm³)

$$\rho_{ssd} = \frac{M_1}{M_V}$$

Formel 6: Vannabsorpsjon WA_{24} (%)

$$WA_{24} = \frac{(M_1 - M_4)}{M_4} * 100$$

Formel 7: Hulromsprosent basert på vannmettet, overflatetørr korndensitet og løst lagret bulkdensitet, v_b (%)

$$v_b = \frac{(\rho_{ssd} - \rho_b)}{\rho_{ssd}} * 100$$

Formel 8: Hulromsprosent basert på vannmettet, overflatetørr korndensitet og vibrert bulkdensitet, v_{bk} (%)

$$v_{bk} = \frac{\rho_{ssd} - \rho_{bk}}{\rho_{ssd}} * 100$$

M_1 = masse av vannmettet, overflatetørr prøve (g)

M_4 = masse av tørr prøve (g)

M_V = masse av prøve nedsenket og hengende i vann, tilsvarer volum (cm^3)

Formlene for korndensitet avviker fra formlene gitt i NS-EN 1097-6²⁸. Grunnen til dette er at standarden forutsetter at tilslaget settes på vekten under veiing i vann, mens det i tilfellet overforutsettes at tilslaget veies hengende i vann, og volumet tilsvarer da massen av det fortrenkte vannet når vannet holder 20 °C.

I henhold til NS-EN 13242¹¹ kan vannabsorpsjonsverdien brukes til å bestemme om tilslaget kan anses å ha tilstrekkelig motstand mot frysing og tining. Vannabsorpsjonen må da være bestemt i henhold til metode 7, pyknometermetoden, i NS-EN 1097-6²⁸, og verdien må være lavere enn verdien i valgt kategori i Tabell 16. Her er prøvingen utført etter metode 6, wirebasketmetoden, i 1097-6²⁸.

Tabell 16: Kategorier for vannabsorpsjon i henhold til NS-EN 13242

Vannabsorpsjon masse-%	Kategori WA_{24}
≤ 1	$WA_{24}1$
≤ 2	$WA_{24}2$

Kravene til korndensitet er gitt i både Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag³³, og også i Håndbok 018¹². Kravene er vist i Tabell 17.

Tabell 17: Krav til korndensitet og vannabsorpsjon etter Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³ og kap. 5 i Håndbok 018

	Type 1 "Knust betong"	Type 2 "Blandet masse"
Densitet – ovnstørr ¹	> 2000 kg/m^3	> 1500 kg/m^3
– vannmettet overflatetørr ¹	> 2100 kg/m^3	> 1800 kg/m^3
Vannabsorpsjon	< 10 %	< 20 %

¹ Kravet for minst én av metodene skal oppfylles

Det er ikke satt krav til prøvingshyppighet for korndensitet og vannabsorpsjon i Håndbok 018¹². I Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³ er prøvingshyppigheten satt til hver 2. uke eller minimum hver 10 000 tonn (for resirkulert tilslag tilsvarer dette ca 5000 m^3).

5.2.7 Bulkdensitet

Prøveprosedyre:	NS-EN 1097-3 Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag - Del 3: Bestemmelse av løst lagret densitet og hulrominnhold Metode utviklet i RESIBA-prosjektet
Krav:	Ingen krav

Bestemmelse av løst lagret bulkdensitet (ρ_b) er utført i henhold til NS-EN 1097-3²⁷. I tillegg er det bestemt vibrert bulkdensitet (ρ_{bk}) etter samme metode som i RESIBA, der materialet vibreres 1 minutt på vibrobord for betong. Vibrert bulkdensitet er en ikke-standardisert metode.

Tørket materiale fylles i en beholder med kjent volum, V_1 , og veies, M . Deretter vibreres beholderen med materiale 1 minutt på vibrobord for betong, og nytt volum beregnes, V_2 . Bulkdensiteten viser masse av materialet per volum i henhold til Formel 9 og Formel 10.

Formel 9: Løst lagret bulkdensitet, ρ_b (kg/dm³)

$$\rho_b = \frac{M}{V_1}$$

Formel 10: Vibrert bulkdensitet, ρ_{bk} (kg/dm³)

$$\rho_{bk} = \frac{M}{V_2}$$

M	=	materialets tørrmasse (kg)
V_1	=	volum før vibrering (dm ³)
V_2	=	volum etter vibrering (dm ³)

Det er ingen krav til bulkdensitet, men materialets bulkdensitet har betydning for både transportering og utlegging. Det er ikke krav til prøving av bulkdensitet i verken Håndbok 018¹² eller i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³.

5.3 Kjemiske egenskaper

5.3.1 Kloridinnhold

Prøveprosedyre:	NS-EN 1744-1 Prøvmingsmetoder for kjemiske egenskaper for tilslag - Del 1: Kjemisk analyse
Krav:	NS-EN 206-1 Betong - Del 1: Spesifikasjon, egenskaper, fremstilling og samsvar

Bestemmelse av kloridinnhold er utført i henhold til NS-EN 1744-1²³, metode 8 "Determination of water-soluble chloride salts by potentiometry (Alternative method)". Kloridinnholdet bestemmes i henhold til Formel 11.

Formel 11: Kloridinnhold, C (%)

$$C = 0,000709V_7 * W$$

V_7	=	konsum av AgNO ₃
W	=	vann (i g vann/g tilslag)

Etter NS-EN 206-1⁹ skal verdi for kloridinnhold deklarerer etter NS-EN 12620¹⁰, punkt 6.2. Der er det angitt testing av vannløselige klorider etter NS-EN 1744-1²³, metode 7. Krav til største kloridinnhold er vist i Tabell 18.

Tabell 18: Krav til største kloridinnhold i betong, fra NS-EN 206-1⁹

Anvendelse	Kloridinnhold Klasse ¹	Største Cl ⁻ -innhold i forhold til sementmasse ²
Uten armeringsstål eller annet innstøpt metall, unntatt korrosjonsbestandige løfteinnretninger	Cl 1,0	1,0 %
Med armeringsstål eller annet innstøpt metall	Cl 0,20	0,20 %
	Cl 0,40	0,40 %
Med spennstålarmoring	Cl 0,10	0,10 %
	Cl 0,20	0,20 %

¹ Hvilken klasse som skal anvendes for en bestemt anvendelse, avhenger av bestemmelsene som gjelder på betongens brukssted

² Hvis det brukes tilsetningsmaterialer av type II (flygeaske, silikastøv) og det tas hensyn til disse i sementinnholdet, uttrykkes kloridinnholdet som andelen av kloridioner i prosent av sementmassen pluss den totale massen av tilsetningsmaterialer som det er tatt hensyn til

Det er ikke satt krav til prøving av kloridinnhold i Håndbok 018¹². I Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³ er prøvingshyppigheten satt til hver 2. uke eller minimum hver 10 000 tonn for tilslag til betong.

5.3.2 Sulfatinnhold

Prøveprosedyre: NS-EN 1744-1 Prøvmingsmetoder for kjemiske egenskaper for tilslag - Del 1: Kjemisk analyse
Krav: NS-EN 12620 Tilslag for betong (deklarasjon)

Bestemmelse av innhold av sulfater er utført i henhold til NS-EN 1744-1²³, metode 10 "Determination of water-soluble sulphates". Sulfatinnholdet blir beregnet i prosent av det resirkulerte tilslaget.

Etter NS-EN 206-1⁹ skal kategori for syreløselige sulfater bestemmes etter NS-EN 12620¹⁰, tabell 20. Der er det angitt testing etter NS-EN 1744-1²³, metode 12. Kategoriene for syreløselige sulfater er vist i Tabell 19. Prosesskode-2¹³ krever at tilslag skal kunne klassifiseres etter kategori AS_{0,2} iht. NS-EN 12620, altså maks. 0,2 %.

Tabell 19: Kategorier for maksimale verdier av syreløselige sulfater, fra NS-EN 12620¹⁰

Aggregate ¹	Acid soluble sulphate content Percentage by mass	Category
Aggregates other than air-cooled blastfurnance slag	≤ 0,2	AS _{0,2}
	≤ 0,8	AS _{0,8}
	> 0,8	AS _{Declred}
Air-cooled blastfurnance slag	No requirement	AS _{NR}
	≤ 1,0	AS _{1,0}
	> 1,0	AS _{Declred}
	No requirement	AS _{NR}

¹ Det er kravene for "aggregates other than air-cooled blastfurnance slag" som er gjeldende for resirkulert tilslag.

Det er ikke satt krav til prøving av sulfatinnhold i Håndbok 018¹². I Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³ er det forutsatt prøving kun ved krav.

5.3.3 Miljøskadelige stoffer – utlekking

Prøveprosedyre:	NS-EN 1744-3 Prøvingsmetoder for kjemiske egenskaper for tilslag - Del 3: Tilberedning av væske for analyse ved utvasking av tilslag
Krav:	Ingen krav (vurdert mot grenseverdier for drikkevann gitt i den norske drikkevannsforeskriften)

Utlekkingsanalyse av resirkulert tilslag er utført i henhold til NS-EN 1744-3²⁹.

Det er ikke satt krav til kjemisk analyse – utlekking i Håndbok 018¹². I Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³ er prøvingshyppigheten satt til hver 2. uke eller minimum hver 10 000 tonn for tilslag til ubunden bruk (for resirkulert tilslag tilsvarer dette ca 5000 m³).

Tabell 20 viser et utdrag fra den norske drikkevannsforeskriften, grenseverdier for drikkevann. Siden resirkulert tilslag ikke legges ut i drikkevann, er det ingen direkte sammenheng mellom kravene gitt i drikkevannsforeskriften og verdiene fra utlekkingsforsøkene gjort i laboratorium, men grenseverdiene gir et visst grunnlag for vurdering av resultatene fra laboratorietesene².

Tabell 20: Grenseverdier for drikkevann, drikkevannsforeskriften³⁸

Parameter	Grenseverdi, µg/L
Arsen	10
Bly	10
Kadmium	5
Kobber	100
Krom	50
Kvikksølv	0,5
Nikkel	20
Sink	Ingen verdi oppgitt
PAH	0,1 ¹

¹ Gjelder summen av benzo(b)fluoraten, benzo(k)fluoraten, benzo(ghi)perylene og indeno(1, 2, 3-cd)pyren

5.3.4 Miljøskadelige stoffer – totalinnhold

Prøveprosedyre:	Flere – se vedlegg 9
Krav:	Ingen krav (vurdert mot SFTs bakgrunns- og normverdier for norsk jord)

Analyse av kjemisk totalinnhold omfatter bestemmelse av det resirkulerte tilsalgets innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB), samt arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni) og sink (Zn). I tillegg er prøvens tørrstoffinnhold bestemt. Det er ulike metoder for bestemmelse av de ulike bestanddelene, og det vises til vedlegg med analyseresultater for prøvingsmetoder.

Siden resirkulert tilslag hovedsakelig brukes til vegbygging, er det naturlig å sammenligne tilslaget totalinnhold med SFTs bakgrunns- og normverdier for norsk jord. Det er her viktig å understreke at normverdiene gjelder for mest følsom arealbruk, der det ikke er aktuelt å legg ut resirkulert tilslag. Bakgrunns- og normverdier er vist i Tabell 21. Til sammenligning er bygningsavfall med et innhold av PCB høyere enn 50 mg/kg å regne som farlig avfall.

Tabell 21: Bakgrunnsverdier og normverdier for norsk jord, fra SFT³⁹

Parameter	Konsentrasjon (mg/kg)		
	Bakgrunnsverdier i norsk jord ¹	Normverdi ²	
Arsen	As	0,7-8,8	2
Bly	Pb	8,5-107	60
Kadmium	Cd	0,1-1,7	3
Kobber	Cu	6-27	100
Krom	Cr	3-30	25
Kvikksølv	Hg	0,05-0,20	1
Nikkel	Ni	3-19	50
Sink	Zn	25-104	100
PCB ³		0,003-0,03	0,01
PAH ⁴		0,005-0,8	2

¹ Rapporterte data fra SFTs miljøgiftsrapport⁴⁰

² Gjelder mest følsom arealbruk

³ Summen av 7 PCB

⁴ Summen av 16 PAH-forbindelser

Det er ikke satt krav til bestemmelse av totalinnhold verken i Håndbok 018¹² eller i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser³.

5.4 Bestandighet

5.4.1 Frostbestandighet

Frostbestandighet for resirkulert tilslag er egen delaktivitet, DP3-4, under DP3 Gjenbruk av betong. Målet med DP3-4 var å prøve ut effekten prøveprepareringen har på resirkulert tilslags frostbestandighet, samt å modifisere testmetoden for frostbestandighet av naturtilslag slik at også skal kunne anvendes på resirkulert tilslag. Det vises til prosjektrapport 10⁴¹ fra Gjenbruksprosjektet.

5.4.2 Kjemisk nedbrytning

Kjemisk nedbrytning er egen delaktivitet, DP3-3, under DP3 Gjenbruk av betong. Målsetningen med DP3-3 var å undersøke bestandighet av resirkulert tilslag under stadig påvirkning av vanngjennomstrømning. Det vises til prosjektrapport 16⁴² fra Gjenbruksprosjektet.

6 Resultater og vurderinger

6.1 Generelt

Det resirkulerte tilslaget tatt ut i forbindelse med Gjenbruksprosjektet DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning er undersøkt med hensyn på alle parametrene gitt i forsøksplanen¹⁹. Unntaket fra dette er prøveuttak 5 som er av Type 1 Knust betong og ikke undersøkt i samme grad som de andre uttakene. Resultatene i det følgende er gitt med gjennomsnittsverdier og standardavvik av, for de fleste undersøkelsene, tre parallelle prøver. Standardavviket er tatt med for å vise spredningen i resultatene, selv om datagrunnlaget ikke er tilstrekkelig for statistisk beregning.

Resultater fra tilsvarende undersøkelser utført på resirkulert tilslag i andre aktiviteter i Gjenbruksprosjektet (Gjenbruksprosjektet DP3-6 Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag, Gjenbruksprosjektet DP6 Gjenbruksvegen), samt andre prosjekter (RESIBA-prosjektet og Fornebu-prosjektet) er vurdert sammen med resultatene fra Gjenbruksprosjektets DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning. Resultatene fra forsøkene utenom DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning er kun gjengitt i vedlegg. Det vises til referanser under hvert delkapittel. Undersøkelser som er rapportert i denne rapporten er vist i Tabell 22

Tabell 22: Rapporterte undersøkelser

Testparameter	(Del)prosjekter				
	Gjp-1	Gjp-2	Gjp-3	RESIBA	Fornebu
Siktekurver	X	X	X	X	X
Over- og understørrelser	X ¹	–	–	–	–
Graderingstall C _u	X ¹	–	–	–	X
Finstoffinnhold	X ¹	X	–	–	X
Materiale < 0,020 mm	X ¹	–	–	X	–
Materialsammensetning	X	X	–	X	X
Organisk materiale	X	X	–	–	–
Kornform	X	X	–	X	–
Mekaniske egenskaper	X	–	X	X	X
Bulkdensitet	X	–	–	X	–
Korndensitet og vannabsorpsjon	X	X	X	X	X
Kloridinnhold	X ²	X	–	X	–
Innhold av sulfater	X ²	X	–	X	–
Kjemisk analyse – utlekking	X	–	–	X	X
Kjemisk totalinnhold	X	–	–	–	X

¹ Ikke prøveuttak 5

² Prøveuttak 1 og 2

Resultatene fra undersøkelsene er vurdert opp mot krav til resirkulert tilslag i ubunden bruk gitt i Håndbok 018 Vegbygging¹². De fleste kravene i Håndbok 018 er gitt med en toleranse på 20 %, som betyr at en av fem delprøver kan være utenfor krav. I forbindelse med Gjenbruksprosjektets undersøkelser er det testet på maksimalt tre parallelle prøver, og det kan derfor ikke avgjøres om tilslaget tilfredsstillende kravene i Håndbok 018 fullt ut. For enkelte av materialegenskapene som er undersøkt, er det ikke stilt krav for ubunden bruk. Disse er vurdert opp mot eventuelle krav stilt i aktuelle felleseuropeiske standarder (NS-EN).

6.2 Fysiske og mekaniske egenskaper

6.2.1 Korngradering

Undersøkelse av tilslagets kornfordeling omfatter siktekurver, over- og understørrelser, graderingstall, finstoffinnhold og innhold av materiale mindre enn 0,020 mm. For bruk i forsterkningslaget stilles det krav til over- og understørrelser, graderingstall og finstoffinnhold, mens det for bruk i bærelaget også stilles krav til tilslagets siktekurver. Det er kun resirkulert tilslag av Type 1 Knust betong som er aktuelt i bærelaget.

Siktekurver, over- og understørrelser og graderingstall

Parametrene over- og understørrelser og graderingstall er sammen bestemmende for om det resirkulerte tilslaget tilfredsstillter kravene til kornfordeling gitt i Håndbok 018 for bruk i forsterkningslaget, og her viser resultatene fra Gjp-1 store variasjoner. Andel overstørrelser er ikke problematisk for det resirkulerte tilslaget, men andel understørrelser varierer fra 1,0 % og helt opp til 20,7 %. Graderingstallet varierer fra 1,7 til 32,9. Resultatene viser at de prøveuttakene som tilfredsstillter kravene til graderingstall, prøveuttakene 2 og 6, har spesielt stor andel understørrelser. Og omvendt vises at prøveuttakene som tilfredsstillter kravene til understørrelser, har for lavt graderingstall. Ingen av prøveuttakene som er aktuelle for bruk i bærelaget tilfredsstillter kravene til siktekurver.

Finstoffinnhold

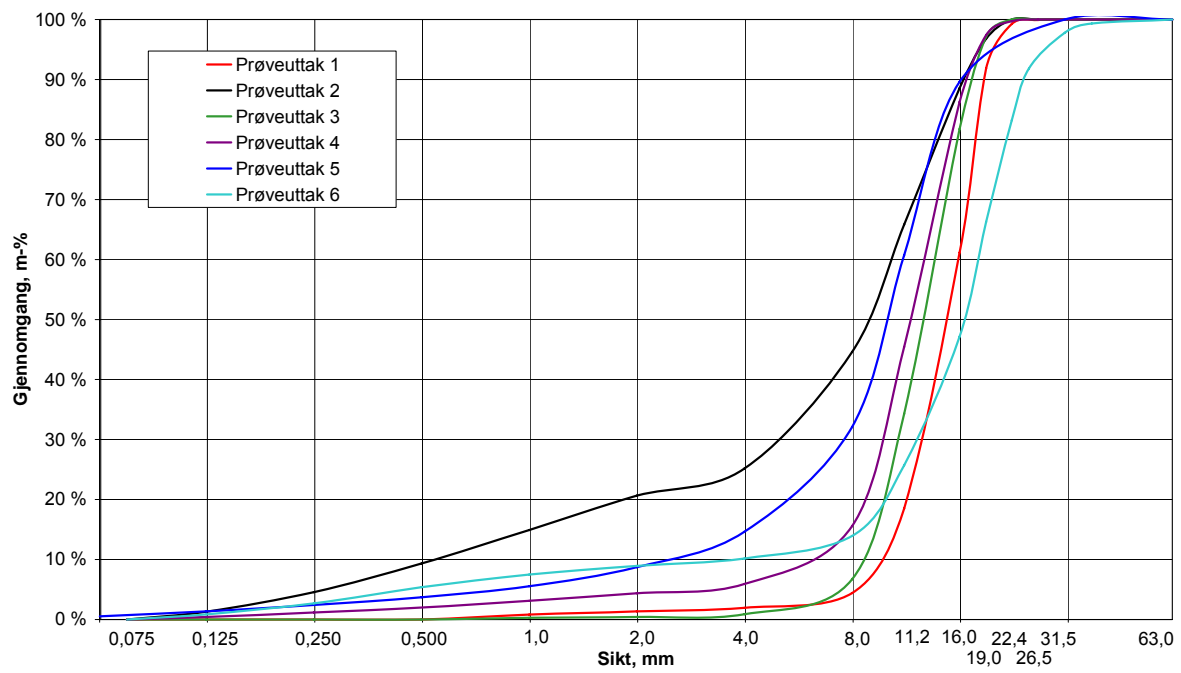
Det er forholdsvis stor variasjon i finstoffinnhold for de enkelte prøveuttakene, fra 1,47 % til 6,00 % for materiale fra Gjp-1, og enkelte av prøveuttakene ligger dermed tett opp under kravet til maksimalt finstoffinnhold.

Innhold av materiale < 0,020 mm

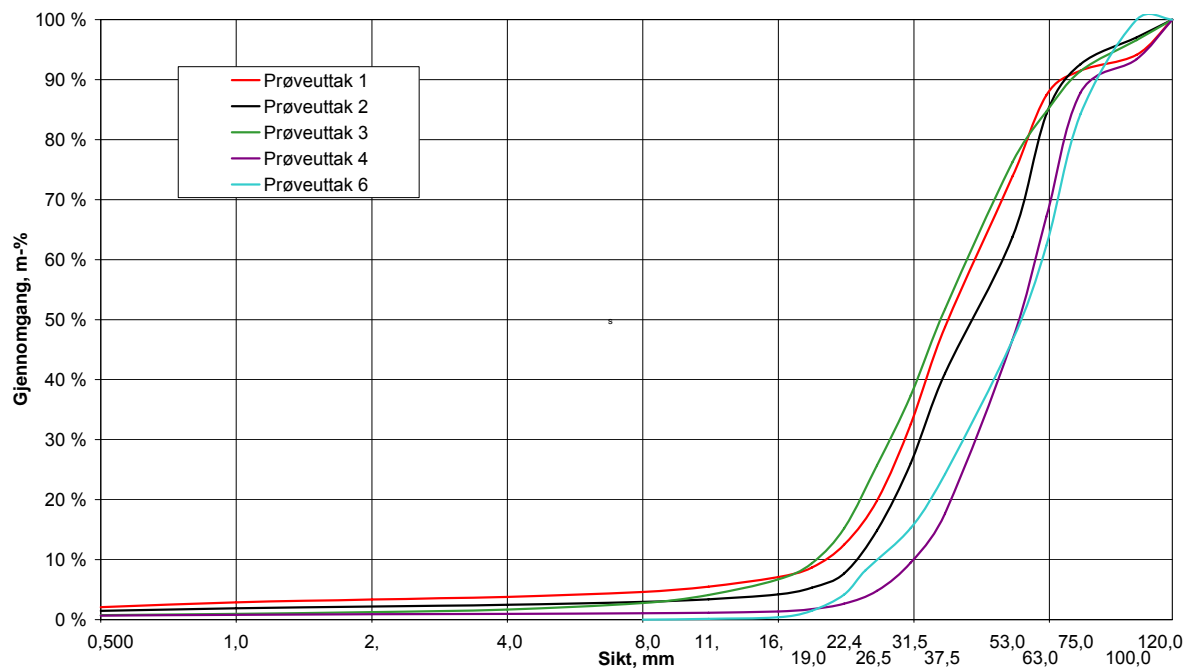
Det resirkulerte tilslaget fra Gjp-1 havner i telefarlighetsgruppe T1 Ikke telefarlig, og T2 Lite telefarlig, og innhold av materiale < 0,020 mm (av materiale < 19 mm) varierer fra 0,7 % til 3,6 %. Ut fra dette er teleproblematikken er ingen aktuell problemstilling for resirkulert tilslag. Prosjektrapport nr 15⁴³ fra Gjenbruksprosjektet presenterer resultater fra et begrenset teleforsøk på resirkulert tilslag gjennomført i laboratorium.

Siktekurver, over- og understørrelser og graderingstall

Siktekurver for det resirkulerte tilslaget tatt ut i forbindelse med Gjp-1 er vist i Figur 4 og Figur 5, over- og understørrelser i Tabell 23 og Tabell 24, og graderingstall i Tabell 25. Detaljer, samt resultater fra Gjp-2, Gjp-3, RESIBA og Fornebu er gitt i vedlegg 2.



Figur 4: Siktekurver 10-20 mm, Gjp-1



Figur 5: Siktekurver, 38-120 mm, Gjp-1

Tabell 23: Over- og understørrelser, 10-20 mm, Gjp-1

Prøveuttak	d/2		1,4D		2D	
	5 mm (4 mm) (%)		28 mm (26,5 mm) (%)		40 mm (%)	
	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik
1	1,3	0,6	99,3	0,6	100,0	0,0
2	20,7	9,6	100,0	0,0	100,0	0,0
3	1,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
4	4,3	1,2	99,7	0,6	100,0	0,0
6 ¹	10,3	3,5	100,0	0,0	100,0	0,0
Gj.snitt.	7,5		99,8		100,0	
St.avvik	8,3		0,3		0,0	

¹ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

Tabell 24: Over- og understørrelser, 38-120 mm, Gjp-1

Prøveuttak	d/2		1,4D		2D	
	19 mm (%)		168 mm (%)		240 mm (%)	
	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik
1	7,3	2,9	100,0	0,0	100,0	0,0
2	4,3	1,5	100,0	0,0	100,0	0,0
3	6,7	3,2	100,0	0,0	100,0	0,0
4	1,7	0,6	100,0	0,0	100,0	0,0
6	1,3	0,6	100,0	0,0	100,0	0,0
Gj.snitt.	4,3		100,0		100,0	
St.avvik	2,8		0,0		0,0	

Tabell 25: Graderingstall C_u , 10-20 mm, Gjp-1

Prøveuttak	Graderingstall – C_u	
	Gjennomsnitt	Standardavvik
1	2,2	0,4
2 ¹	32,9	6,6
3	1,7	0,0
4	2,5	0,5
6 ²	19,2	15,1
Gjennomsnitt	11,7	
Standardavvik	14,0	

¹ For en av de tre parallelle prøvene er C_u uttrykt ved D_{75}/D_{25} i stedet for D_{60}/D_{10}

² Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm, og C_u er uttrykt ved D_{75}/D_{25} i stedet for D_{60}/D_{10}

Det er kun materiale av Type 1 Knust betong som er tillatt brukt i bærelaget, og kravene til siktekurver gitt i Håndbok 018¹² gjelder dermed bare for prøveuttak 5. Siktekurven for prøveuttak 5 (se Figur 4) ligger ikke innefor grensekurvene i Figur 3, kap. 5.2.1, og krysser i tillegg alle de fire stiplede linjene, og tilfredsstillter dermed ikke kravet.

Alle prøveuttakene fra Gjp-1 er aktuelle for bruk i forsterkningslaget, men ingen av prøveuttakene tilfredsstillter kravene til både over- og understørrelser, samt til graderingstall gitt i Håndbok 018¹²:

- **Prøveuttak 1** tilfredsstillter kravene til over- og understørrelser i sortering 10-20 mm, men ikke i sortering 38-120 mm der andelen material mindre enn d/2 er for stor. Kravene til graderingstall er ikke tilfredsstillt, verken for bruk i øvre eller nedre forsterkningslag
- **Prøveuttak 2** tilfredsstillter ikke kravene til over- og understørrelser i sortering 10-20 mm. Totalt sett er kravene oppfylt i sortering 38-120 mm, men én av tre delprøver er utenfor krav med en andel mindre enn d/2 for stor. Kravene til graderingstall er oppfylt til bruk i både øvre og nedre forsterkningslag.

- **Prøveuttak 3** tilfredsstillende kravene til over- og understørrelser i sortering 10-20 mm. I sortering 38-120 mm er andelen materiale mindre enn $d/2$ for stor. Kravene til graderingstall er ikke tilfredsstillende, verken for øvre eller nedre forsterkningslag.
- **Prøveuttak 4** tilfredsstillende kravene til over- og understørrelser i begge sorteringer. Kravene til graderingstall er ikke tilfredsstillende, verken for øvre eller nedre forsterkningslag.
- **Prøveuttak 5** tilfredsstillende ikke kravene til over- og understørrelser, andelen materiale mindre enn $d/2$ er for stor. Graderingstall er ikke bestemt for prøveuttak 5.
- **Prøveuttak 6** tilfredsstillende kravene til over- og understørrelser i sortering 38-120, i sortering 10-38 mm er andelen materiale mindre enn $d/2$ for stor. Totalt sett er kravene til graderingstall oppfylt i sortering 10-38 mm, men én av tre delprøver er utenfor krav.

Materialet fra Gjp-2 og Gjp-3 er av Type 1 Knust betong, og er aktuelt å bruke både i bærelag og forsterkningslag. Kravene til forsterkningslag er gitt ved over- og understørrelser og ved graderingstallet C_u , men det er ikke utført bestemmelse på noen av disse parametrene på dette materialet. Kravene til bruk i bærelaget er ikke oppfylt ved at kornkurven ligger utenfor eller krysser flere av grensekurvene gitt i Figur 3.

På materialet fra FoU-prosjektet RESIBA er det ikke utført analyser av over- og understørrelser og graderingstall, og kan ikke vurderes med hensyn på krav til bruk i forsterkningslaget. Materialet av Type 1 Knust betong er aktuelt i bærelaget, men siktekurvene ligger utenfor grensekurvene i Figur 3, og tilfredsstillende derfor ikke kravet.

Materialet fra Fornebu kan klassifiseres som Type 2 Blandet masse (se pkt. 6.2.2), og er i vegbyggingssammenheng derfor bare aktuelt i forsterkningslaget. Sorteringene 0-4 mm, 0-25 og 0-50 mm tilfredsstillende kravene til graderingstall C_u for bruk i nedre forsterkningslag. I tillegg tilfredsstillende sorteringen 0-25 mm kravene til bruk i øvre forsterkningslag, og sorteringen 0-50 mm tilfredsstillende kravene til bruk i øvre forsterkningslag i atkomstveger.

Finstoffinnhold

Resultater fra undersøkelsene av det resirkulerte tilslagets finstoffinnhold er vist i Tabell 26. Detaljer, samt resultater fra Gjp-2, Gjp-3, RESIBA og Fornebu er gitt i vedlegg 2.

Tabell 26: Finstoffinnhold, 10-20 mm, Gjp-1

Prøveuttak	% materiale < 0,075 mm av materiale < 19 mm	
	Gjennomsnitt	Standardavvik
1	6,00	0,85
2	5,13	0,67
3	1,47	0,32
4	1,63	0,67
6 ¹	4,90	0,35
Gjennomsnitt	3,83	
Standardavvik	2,12	

¹ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

I Håndbok 018¹² gis det krav til innhold av materiale < 0,063 mm regnet av materiale < 19 mm, mens det her er bestemt innhold av materiale < 0,075 mm regnet av materiale < 20 mm. I tidligere utgave av Håndbok 018³⁷ var kravene gitt til andel materiale < 0,075 mm regnet av materiale < 19 mm 1 %-poeng høyere. Tar vi hensyn til denne uoverensstemmelsen mellom prøvemethoden og kravene, vil alle prøveuttakene tilfredsstillende kravet til finstoffinnhold. Dette gjelder også for materialet tatt ut i forbindelse med Gjp-2 samt fra Fornebu Gjenvinning, med unntak av sortering 0-25 mm. Finstoffinnholdet varierer for de ulike prøveuttakene, og for enkelte ligger finstoffinnholdet tett opp til kravet til maksimalt innhold.

Innhold av materiale < 0,020 mm

Resultater fra undersøkelsene av det resirkulerte tilslagets innhold av materiale < 0,020 mm er vist i Tabell 27. Detaljer er gitt i vedlegg 2.

Tabell 27: Innhold av materiale < 0,020 mm, 10-20 mm, Gjp-1

Prøveuttak	Innhold av materiale < 0,020 mm (av materiale < 19 mm)	
	Gjennomsnitt	Standardavvik
2	3,6	0,82
4	0,7	0,40
6 ¹	1,8	0,44
Gjennomsnitt	2,03	
Standardavvik	1,36	

¹ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

Prøveuttak 2 ligger i telefarlighetsgruppe T2, lite telefarlig, og prøveuttakene 4 og 6 ligger i telefarlighetsgruppe T1, ikke telefarlig. Resultater fra RESIBA-prosjektet på materiale av Type 2 Blandet masse i sortering 0-10 mm ga telefarlighetsgruppe T2, lite telefarlig. Disse resultatene viser at teleproblematikken ikke er en aktuell problemstilling for resirkulert tilslag.

6.2.2 Materialsammensetning

Materialsammensetning er en egenskap som er spesiell for resirkulert tilslag, der innholdet av ulike typer delmaterialer er bestemmende for hvordan tilslaget klassifiseres. Tilslagets typeklassifisering avgjør hvor det er aktuelt å bruke tilslaget. Tilslaget klassifiseres i typene Type 1 Knust betong (Gjb I), og Type 2 Blandet masse (Gjb II), der Type 1 har de strengeste kravene til renhet. I tillegg deles begge typene inn i underklasser for bunden og ubunden bruk, benevnt henholdsvis Type 1A/Type 2A og Type 1B/Type 2B.

Det er som forventet store variasjoner i det resirkulerte tilslagets materialsammensetning, og dette gjelder for både andel hoveddelmateriale og andel andre granulære delmaterialer, det vil si betong, stein, tegl og asfalt. For resirkulert tilslag av Type 2 Blandet masse fra Gjp-1 varierer andelen betong fra 29,6 % til 86,7 %, andelen stein fra 1,5 % til 39,8 %, andelen tegl fra 0,4 % til 22,9 %, og andelen asfalt fra 0,0 % til 20,1 %. Andel hoveddelmateriale (betong, stein og tegl) varierer fra 77,0 % til 99,6 %. Resultatene reflekterer trolig spredningen til det rivematerialet som til enhver tid leveres til gjenvinning, og det er derfor ingen utvikling i retning av mindre variasjon i materialsammensetning i perioden fra første uttak i 1998 fram til siste uttak i 2004.

Resultater fra undersøkelsene av det resirkulerte tilslagets materialsammensetning er vist i Tabell 28, Figur 6 og Figur 7. Detaljer, samt resultater fra Gjp-2, Gjp-3, RESIBA og Fornebu er gitt i vedlegg 3.

Tabell 28: Materialsammensetning, 10-20 mm, Gjp-1

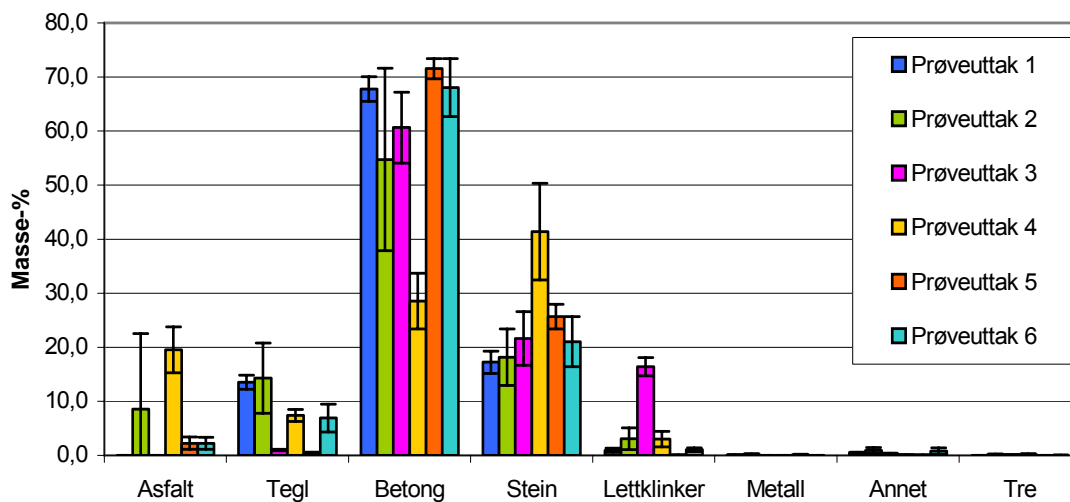
Prøveuttak	Materialsammensetning – masse-%							
	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Metall	Annet	Tre
1	0,0	13,6	67,8	17,2	0,9	0,0	0,5	0,0
2	9,0	14,5	54,8	17,4	3,1	0,1	1,0	0,2
3	0,0	1,0	60,9	21,4	16,3	0,0	0,3	0,1
4	20,1	7,6	29,6	39,8	2,7	0,0	0,1	0,1
5 ¹	2,3	0,4	71,6	25,6	0,0	0,1	0,0	0,0
6 ²	2,2	6,9	68,0	21,0	1,0	0,0	0,8	0,0
Gjennomsnitt	5,4	7,2	58,6	24,2	4,1	0,0	0,4	0,1
Standardavvik	7,6	5,9	15,9	8,9	6,2	0,1	0,4	0,1

¹ Prøveuttak 5 er ikke inkludert i gjennomsnitt og standardavvik, fordi det er av Type 1 Knust betong og derfor ikke sammenlignbart med de andre prøveuttakene av Type 2 Blandet masse

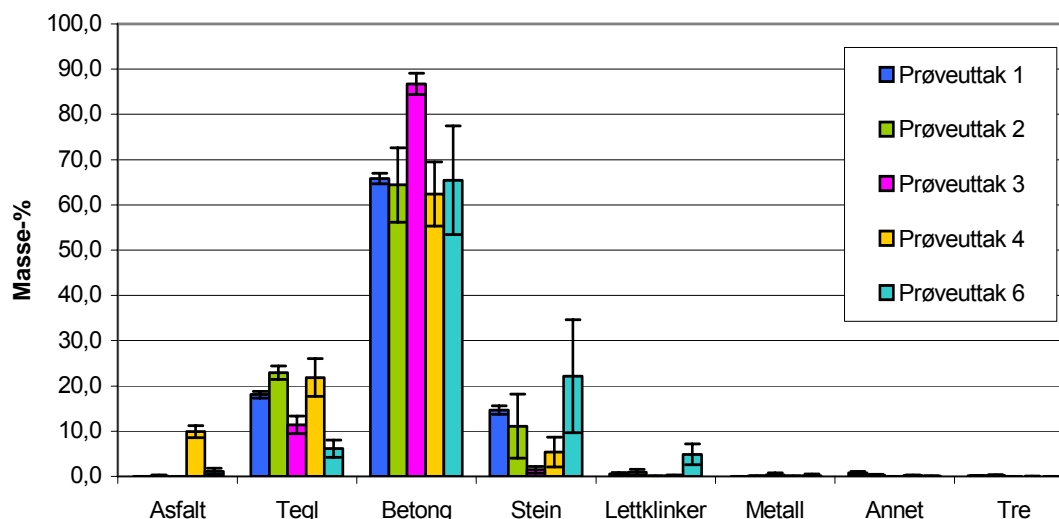
² Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

Tabell 29: materialsammensetning, 38-120 mm, Gjp-1

Prøveuttak	Materialsammensetning – masse-%							
	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Metall	Annet	Tre
1	0,0	18,0	65,9	14,6	0,5	0,0	0,8	0,1
2	0,1	22,9	64,5	11,0	0,9	0,1	0,2	0,2
3	0,0	11,4	86,7	1,5	0,1	0,3	0,0	0,0
4	10,0	21,9	62,7	5,0	0,1	0,1	0,2	0,0
6	1,1	6,1	65,5	22,2	4,9	0,2	0,1	0,0
Gjennomsnitt	2,2	16,1	69,0	11,0	1,3	0,1	0,3	0,1
Standardavvik	4,3	7,2	10,0	8,1	2,0	0,1	0,3	0,1



Figur 6: Materialsammensetning, 10-20 mm, Gjp-1



Figur 7: Materialsammensetning, 38-120 mm, Gjp-1

Tre av seks prøveuttak i sortering 10-20 mm og fire av fem prøveuttak i sortering 38-120 mm fra Gjp-1 tilfredsstillter kravene som er satt til materialsammensetning:

- **Prøveuttak 1** tilfredsstillter kravene til materialsammensetning for Type 2A og Type 2B/Gjb II både i sortering 10-20 mm og i sortering 38-120 mm
- **Prøveuttak 2** tilfredsstillter kravene til materialsammensetning for Type 2A og Type 2B/Gjb II i sortering 38-120 mm. I sortering 10-20 mm er andelen betong, tegl og stein for lav, og andelen asfalt for høy
- **Prøveuttak 3** tilfredsstillter kravene til materialsammensetning for Type 2A og Type 2B/Gjb II i sortering 38-120 mm. I sortering 10-20 mm er andelen betong, tegl og stein for lav
- **Prøveuttak 4** tilfredsstillter ikke kravene til materialsammensetning verken i sortering 10-20 mm eller i sortering 38-120 mm. I begge sorteringer er andelen betong, tegl og stein for lav, samt at andelen asfalt er for høy
- **Prøveuttak 5** tilfredsstillter kravene til materialsammensetning for Type 1B/Gjb I. Andelen asfalt er for høy til at kravene til Type 1A er tilfredsstilt
- **Prøveuttak 6** tilfredsstillter kravene til materialsammensetning for Type 2A og Type 2B/Gjb II i sortering 10-20 mm, og til Type 2B/Gjb II i sortering 38-120 mm

Materialet fra Gjp-2 har for lav andel betong og stein, og for høy andel asfalt, til at det tilfredsstillter kravene til Type 1A. Materialet tilfredsstillter heller ikke kravet til Type 2A pga. for høy andel asfalt. Materialet fra RESIBA-prosjektet tilfredsstillter ingen av kravene til materialsammensetning pga. for lav andel betong, tegl og stein og for høy andel asfalt. Unntak fra dette er materiale av type 1 Knust betong i sortering 10-20 mm som tilfredsstillter de strengeste kravene til materialsammensetning, Type 1A. Materialet fra Fornebu tilfredsstillter kravene til Type 2A og Type 2B/Gjb II.

6.2.3 Humusinnhold

Humus i det resirkulerte tilslaget kan ha en retarderende og fasthetsreducerende virkning når tilslaget brukes i ny betong, mens det for ubunden bruk kan føre til at materialet bedre holder på vann og dermed blir mer ustabil.

Humusinnholdet for det resirkulerte tilslaget fra Gjp-1 varierer fra 2,4 % til 11,4 %. Kravet på maksimalt 1 % humusinnhold for ubunden bruk gjelder kun for materiale med en lukket korngradering, og for materiale med høyt finstoffinnhold. Det resirkulerte tilslaget har en åpen gardering, men for to av prøveuttakene vil likevel kravet kunne gjelde på grunn av høyt finstoffinnhold.

Resultater fra undersøkelsene av det resirkulerte tilslagets humusinnhold (innhold av organisk materiale) er vist i Tabell 30. Detaljer, samt resultater fra Gjp-2 er gitt i vedlegg 4.

Tabell 30: Humusinnhold 10-20 mm, Gjp-1

Prøveuttak	Humusinnhold – %	
	Gjennomsnitt	Standardavvik
1	2,4	0,1
2	2,4	0,1
3	4,5	0,1
4	4,1	0,2
6 [†]	11,4	0,5
Gjennomsnitt	4,96	
Standardavvik	3,73	

[†] Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

Materialet tatt ut høsten 2004 i forbindelse med Gjp-2 hadde et innhold av organisk materiale på 4,1 %.

Prøveuttakene som er testet for innhold av organisk materiale har en åpen gradering, og da gjelder i utgangspunktet ikke kravet til maksimalt innhold av organisk materiale. Ved høye finstoffandeler, som for prøveuttakene 1 og 2 (se Tabell 26, pkt. 6.2.1), vil kravet på maksimalt 1 % humusinnhold likevel kunne gjelde. Ingen av prøveuttakene har lavere humusinnhold enn kravet på 1 %.

6.2.4 Kornform

Parameteren kornform har sammenheng med det resirkulerte tilslagets mekaniske styrke, og har også innvirkning på komprimering og stabilitet.

Kornformen (flisighetsindeksen) for det resirkulerte tilslaget fra Gjp-1 varierer fra FI = 10 til FI = 15. Det er kun satt krav til tilslagets kornform for bruk i bærelaget, mens det for bruk i forsterkningslaget forutsettes ivaretatt gjennom testing av mekanisk styrke. Det er kun resirkulert tilslag av Type 1 Knust betong som er aktuelt i bærelaget, og dermed gjelder ikke kravet for det materialet fra Gjp-1. Resultatene fra undersøkelsene viser likevel at materialet har lavere FI-tall enn kravet på FI ≤ 30

Resultater fra undersøkelsene av det resirkulerte tilslagets kornform (flisighetsindeks) er vist i Tabell 31. Detaljer, samt resultater fra Gjp-2 og RESIBA er gitt i vedlegg 5.

Tabell 31: Kornform (flisighetsindeks), 10-20 mm, Gjp-1

Prøveuttak	Flisighetsindeks – FI-tall	
	Gjennomsnitt	Standardavvik
1	14	1,2
2	15	0,6
3	10	1,3
4	10	1,5
6 ¹	11	5,0
Gjennomsnitt	11,93	
Standardavvik	3,21	

¹ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

I forbindelse med Gjp-2 ble det utført bestemmelse av kornform kun på materialet fra 2004, med et FI-tall på 13. I RESIBA-prosjektet ble bestemmelse av kornform kun utført i den avsluttende prøveserien, og da på resirkulert tilslag av Type 1 Knust betong. FI-tallet for 10-20 mm var 10.

Alle prøveuttakene fra Gjp-1 og materialet fra Gjp-2, samt RESIBA kan klassifiseres i flisighetskategori FI₂₀ i henhold til NS-EN 13242¹¹, og tilfredsstillende også kravet om $FI \leq 30$ for bruk i bærelaget i gang- og sykkelveger etter. Siden prøveuttakene 1-4 og 6 er av Type 2 Blandet masse, er det iht. gjeldende regler i Håndbok 018¹², ikke aktuelt for bruk i bærelaget, og kravet til flisighetsindeks gjelder ikke. Det er ikke krav til kornform i forsterkningslaget fordi dette forutsettes ivaretatt gjennom testing av mekanisk styrke etter Los Angeles-metoden. Prøveuttakene 1 og 2 har litt høyere flisighetsindeks enn de resterende prøveuttakene, dette gjenspeiles i dårligere mekaniske egenskaper, se pkt. 6.2.5.

6.2.5 Mekanisk styrke

Mekanisk styrke er en parameter som er svært relevant for tilslag i ubunden bruk, og dermed også for resirkulert tilslag. For bruk i forsterkningslaget er dette den eneste mekaniske egenskapen det stilles krav til.

Typisk ligger Los Angeles-verdien mellom 30 og 35, mens de målte verdiene på materiale fra Gjp-1 viser en minimumsverdi på 27,5 og en maksimumsverdi på 37,5. Alle prøveuttakene tilfredsstillende kravet på $LA \leq 40$ for bruk i nedre forsterkningslag, mens tre av seks prøveuttak i sortering 10-20 mm og tre av fem prøveuttak i sortering 38-120 mm også tilfredsstillende kravet på $LA \leq 35$ til bruk i øvre forsterkningslag. Kravet til bærelag er det samme som for øvre forsterkningslag, men her er det kun aktuelt å bruke resirkulert tilslag av Type 1 knust betong. Generelt viser resultatene at materiale av Type 1 Knust betong har en høyere mekanisk styrke enn materiale av Type 2 Blandet masse

Resultater fra undersøkelsene av det resirkulerte tilslagets mekaniske styrke (Los Angeles-verdi) er vist i Tabell 32. Detaljer, samt resultater fra Gjp-3, RESIBA og Fornebu er gitt i vedlegg 6.

Tabell 32: Los Angeles-verdier og Los Angeles-kategorier, 10-20 mm, Gjp-1

Prøveuttak	LA-verdi		LA-kategori
	Gjennomsnitt	Standardavvik	
1	35,7	1,2	LA ₄₀
2	36,7	0,6	LA ₄₀
3	31,7	0,6	LA ₃₅
4	27,5	0,6	LA ₃₀
5 ^{1,2}	36,8	0,5	LA ₄₀
6 ³	32,0	1,0	LA ₃₅
Gjennomsnitt	32,7		
Standardavvik	3,4		

¹ Prøvingen er gjort på materialet som det er levert fra produsent, ikke siktet i sortering 10-14 mm som angitt i standarden, derfor ligger nok Los Angeles verdien høyere enn den ville gjort ved testing på 10-14 mm

² Prøveuttak 5 er ikke inkludert i gjennomsnitt og standardavvik, fordi det er av Type 1 Knust betong og derfor ikke sammenlignbart med de andre prøveuttakene av Type 2 Blandet masse

³ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

Tabell 33: Los Angeles-verdier og Los Angeles-kategorier, 38-120 mm, Gjp-1

Prøveuttak	LA-verdi		LA-kategori
	Gjennomsnitt	Standardavvik	
1	33,3	1,2	LA ₃₅
2	31,5	0,7	LA ₃₅
3	36,7	0,6	LA ₄₀
4	34,0	1,0	LA ₃₅
6	37,5	0,5	LA ₄₀
Gjennomsnitt	34,8		
Standardavvik	2,3		

Alle prøveuttakene fra Gjp-1 tilfredsstiller kravet til bruk i nedre forsterkningslag, mens tre av seks prøveuttak i sortering 10-20 mm og tre av fem prøveuttak i sortering 38-120 mm også tilfredsstiller kravet på $LA \leq 35$ til bruk i øvre forsterkningslag:

- **Prøveuttak 1** sortering 10-20 mm tilfredsstiller kravet til bruk i nedre forsterkningslag, mens sortering 38-120 mm i tillegg tilfredsstiller kravet til bruk i øvre forsterkningslag
- **Prøveuttak 2** sortering 10-20 mm tilfredsstiller kravet til bruk i nedre forsterkningslag, mens sortering 38-120 mm i tillegg tilfredsstiller kravet til bruk i øvre forsterkningslag
- **Prøveuttak 3** sortering 10-20 mm tilfredsstiller kravene til bruk i både øvre og nedre forsterkningslag, mens sortering 38-120 mm tilfredsstiller kravet til bruk i nedre forsterkningslag
- **Prøveuttak 4** tilfredsstiller kravene til bruk i både øvre og nedre forsterkningslag i begge sorteringer
- **Prøveuttak 5** tilfredsstiller kravet til bruk i nedre forsterkningslag
- **Prøveuttak 6** sortering 10-20 mm tilfredsstiller kravene til bruk både i øvre og nedre forsterkningslag, mens sortering 38-120 mm tilfredsstiller kravet til bruk i nedre forsterkningslag

Materialet fra Gjp-3 tilfredsstiller kravene til bruk både i øvre og nedre forsterkningslag, samt i bærelaget. Dette materialet er knuste hulldekker av høy kvalitet, noe som gjenspeiles i materialets mekaniske styrke ved en lav Los Angeles-verdi. Materialet fra RESIBAs forundersøkelse av Type 1 Knust betong tilfredsstiller kravene til bruk i både øvre og nedre forsterkningslag, samt i bærelag, mens materialet av Type 2 Blandet masse tilfredsstiller kravet til bruk i nedre forsterkningslag. Materialet fra RESIBAs Forundersøkelse tilfredsstiller kravene til bruk i både øvre og nedre forsterkningslag. Materialet fra Fornebu tilfredsstiller kravene til bruk i både øvre og nedre forsterkningslag.

6.2.6 Korndensitet og vannabsorpsjon

Resirkulert tilslag har generelt høyere porøsitet enn naturtilslag, og dermed også lavere densitet og høyere vannabsorpsjon. Tidligere undersøkelser har vist en nesten lineær sammenheng mellom korndensitet og vannabsorpsjon, men med resultatene fra Gjenbruksprosjektet blir sammenhengen noe mer uklar.

Det er små variasjoner i det resirkulerte tilslags korndensitet, mens vannabsorpsjonen varierer noe mer. Overflatetørr korndensitet for materialet fra Gjp-1 varierer fra 2,27 g/cm³ til 2,37 g/cm³, ovnstørr korndensitet fra 2,09 g/cm³ til 2,21 g/cm³, mens vannabsorpsjonen varierer fra 5,49 % til 9,41 %. Alle prøveuttakene tilfredsstillter kravene gitt til korndensitet og vannabsorpsjon.

Resultater fra undersøkelsen av det resirkulerte tilslags korndensitet og vannabsorpsjon er vist i Tabell 34. Detaljer, samt resultater fra Gjp-2, Gjp-3, RESIBA og Fornebu er gitt i vedlegg 8.

Tabell 34: Korndensitet og vannabsorpsjon, 10-20 mm, Gjenbruksprosjektet DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning

Prøveuttak	Overflatetørr korndensitet ρ_{ssd} (g/cm ³)		Ovnstørr korndensitet ρ_{rd} (g/cm ³)		Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)	
	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik
1	2,37	0,02	2,21	0,03	7,49	0,64
2	2,29	0,00	2,09	0,00	9,41	0,04
3	2,27	0,01	2,14	0,01	5,95	0,26
4	2,29	0,00	2,17	0,01	5,49	0,35
5 ¹	2,27	0,01	2,14	0,01	6,07	0,13
6 ²	2,32	0,02	2,14	0,03	8,49	0,55
Gj.snitt	2,31		2,15		7,37	
St.avvik	0,04		0,04		1,66	

¹ Prøveuttak 5 er ikke inkludert i gjennomsnitt og standardavvik, fordi det er av Type 1 Knust betong og derfor ikke sammenlignbart med de andre prøveuttakene av Type 2 Blandet masse

² Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

Alle prøveuttakene tilfredsstillter kravene til korndensitet og vannabsorpsjon gitt i Håndbok 018 og Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag. Det samme gjelder for materiale fra RESIBA-prosjektet, fra Fornebu og fra E6 Melhus og E6 Klemetsrud. Resirkulert tilslag har generelt høy vannabsorpsjon, og kan derfor ikke klassifiseres direkte etter NS-EN 13242¹¹, se Tabell 16, kap 5.2.6. I tillegg er det benyttet en annen metode enn foreskrevet i NS-EN 13242¹¹.

6.2.7 Bulkdensitet

Undersøkelse av det resirkulerte tilslags bulkdensitet omfatter den standardiserte metoden for løst lagret bulkdensitet, den ikke-standardiserte metoden for vibrert bulkdensitet utviklet i RESIBA-prosjektet, og uvibrert og vibrert hulromsprosent. Bulkdensiteten vil kunne ha innvirkning på transportkostnader, samt utleggingen av materialet.

Resirkulert tilslag har lavere bulkdensitet enn naturtilslag, og uvibrert bulkdensitet for materialet fra Gjp-1 varierer fra 1,12 kg/dm³ til 1,28 kg/dm³. At den vibrerte bulkdensiteten også har små variasjoner, fra 1,28 kg/dm³ til 1,47 kg/dm³, samtidig som resultatene ikke avviker fra resultatene fra RESIBA-prosjektet, tyder på at den ikke-standardiserte prøvemethoden utviklet i RESIBA-prosjektet gir konsistente resultater. Uvibrert hulromsprosent varierer fra 47 % til 53 %, mens vibrert hulromsprosent varierer fra 35 % til 46 %.

Resultater fra undersøkelsene av det resirkulerte tilslagets bulkdensitet og hulromsprosent er vist i Tabell 35. Detaljer, samt resultater fra RESIBA er gitt i vedlegg 7.

Tabell 35: Bulkdensitet og hulromsprosent, 10-20 mm, Gjp-1

Prøveuttak	Uvibrert bulk, ρ_b (kg/dm ³)		Vibrert bulk, ρ_{bk} (kg/dm ³)		Hulrom, uvibrert, v_b (%)		Hulrom, vibrert, v_{bk} (%)	
	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik
1	1,12	0,01	1,28	0,00	53	0,01	46	0,00
2	1,16	0,01	1,36	0,01	49	0,00	40	0,00
3	1,20	0,01	1,34	0,01	47	0,01	41	0,01
4	1,22	0,01	1,38	0,02	47	0,00	40	0,01
5 ¹	1,28	0,02	1,47	0,02	44	0,01	35	0,01
6 ²	1,13	0,02	1,31	0,03	51	0,01	43	0,01
Gjennomsnitt	1,17		1,34		49		42	
Standardavvik	0,04		0,04		0,03		0,03	

¹ Prøveuttak 5 er ikke inkludert i gjennomsnitt og standardavvik, fordi det er av Type 1 Knust betong og derfor ikke sammenlignbart med de andre prøveuttakene av Type 2 Blandet masse

² Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

Det stilles ikke krav til det resirkulerte tilslagets bulkdensitet og hulromsprosent, men undersøkelsene viser at resirkulert tilslag har lavere bulkdensitet enn naturtilslag. Dette fører i praksis til lavere transportkostnader. I tillegg vil lavere bulkdensitet bety at tilslaget er lettere håndterlig ved for eksempel utlegging. Vibrert bulkdensitet viser komprimerbarheten til det resirkulerte tilslaget. RESIBA-prosjektet gjennomførte undersøkelser også av naturtilslags bulkdensitet, resultatene her viser at forholdet mellom naturlig tilslags vibrerte og uvibrerte bulkdensitet (ρ_{bk}/ρ_b) er lavere enn for resirkulert tilslag. Ved så få prøvinger kan det ikke trekkes konklusjoner, men det kan tyde på at resirkulert tilslag lettere komprimeres enn naturtilslag. Det er små variasjoner i det resirkulerte tilslagets bulkdensitet og hulromsprosent. Dette viser at den ikke-standardiserte prøvemethoden utviklet i RESIBA-prosjektet gir konsistente resultater.

6.3 Kjemiske egenskaper

6.3.1 Kloridinnhold

Kloridinnhold i resirkulert tilslag har hovedsakelig betydning når tilslaget skal benyttes i ny betong. Høyt kloridinnhold i betong kan føre til armeringskorrosjon. Med bakgrunn i betong der 100 % av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag, viser resultatene fra undersøkelsene av kloridinnhold at resirkulert tilslag tilfredsstillende det strengeste kravet for bruk i ny betong.

Resultater fra undersøkelsene av det resirkulerte tilslagets kloridinnhold er vist i Tabell 36. Detaljer, samt resultater fra Gjp-2, RESIBA og Fornebu er gitt i vedlegg 9.

Tabell 36: Innhold av vannløselige klorider, 10-20 mm, Gjp-1

Prøveuttak	Innhold av vannløselige klorider – masse-%	
	Gjennomsnitt	Standardavvik
1	0,0030	0,0003
2	0,0133	0,0029
Gjennomsnitt	0,0082	
Standardavvik	0,0073	

Det er kun satt krav til kloridinnhold for tilslag som skal brukes i ny betong. For betong der 100 % av det grove tilslaget er erstattet med resirkulert tilslag, med 300 kg sement og 900 kg resirkulert tilslag

(se prosjektrapport 17¹⁴ fra Gjenbruksprosjektet), vil det maksimale kloridinnholdet i det resirkulerte tilslaget for de ulike kloridklassene bli som vist i Tabell 37. Det resirkulerte tilslaget fra Gjp-1, Gjp-2 og RESIBA tilfredsstiller kravet til strengeste kloridklasse.

Tabell 37: Maksimale kloridinnhold i det resirkulerte tilslaget for de enkelte kloridklasser i NS-EN 206-1⁹ når 100 % av det grove tilslaget erstattes med resirkulert tilslag (antatt 300 kg sement og 900 kg resirkulert tilslag)

Kloridklasse	Største Cl ⁻ -innhold i forhold til sementmasse	Maksimale kloridinnhold i det resirkulerte tilslaget ¹⁾
Cl 1,0	1,0 %	0,333 %
Cl 0,20	0,20 %	0,133 %
Cl 0,40	0,40 %	0,067 %
Cl 0,10	0,10 %	0,033 %

¹⁾ her er det ikke tatt hensyn til evt. kloridinnhold i andre tilslagsmaterialer

6.3.2 Sulfatinnhold

Sulfatinnhold i resirkulert tilslag har hovedsakelig betydning når tilslaget skal benyttes i ny betong. Høyt sulfatinnhold i betong kan føre til utvidelse og oppsprekking av betongen. For å kunne deklarerer etter NS-EN 12620 skal innhold av syreløselige sulfater bestemmes, mens det i Gjp-1 er utført analyse av vannløselige sulfater. Undersøkelsene kan dermed ikke brukes til å klassifisere tilslaget mhp. sulfatinnhold.

Resultater fra undersøkelsene av det resirkulerte tilslagets innhold av sulfater er vist i Tabell 38. Detaljer, samt resultater fra Gjp-2, RESIBA og Fornebu er gitt i vedlegg 9.

Tabell 38: Innhold av vannløselige sulfater, 10-20 mm, Gjp-1

Prøveuttak	Innhold av vannløselige sulfater – masse-%	
	Gjennomsnitt	Standardavvik
1	0,0414	0,0106
2	0,2456	0,0282
Gjennomsnitt	0,1435	
Standardavvik	0,1444	

I RESIBA-prosjektet ble det utført analyse av syreløselige sulfater på resirkulert tilslag brukt i ny betong ved Fornebu, resultatene viste et innhold av syreløselige sulfater på 0,42 % av prøvens masse. I tillegg ble det utført analyse av vannløselige sulfater på resirkulert tilslag brukt i ny betong på Sørumsand videregående skole, resultatene viste et innhold av vannløselige sulfater på 0,0095 %.

I henhold til både NS-EN 12620 og NS-EN 13242 skal innholdet av syreløselige sulfater bestemt i henhold til punkt 12 i NS-EN 1744-1, når det kreves, deklarerer i henhold til aktuelle kategorier. Kategoriene er like i begge standardene. Det resirkulerte tilslaget fra DP3-6 tatt ut i 2002 havner i kategori AS_{1,0}, mens det resirkulerte tilslaget fra DP3-6 tatt ut i 2004, samt materialet brukt som tilslag i betong ved Fornebu i RESIBA-prosjektet havner i kategori AS_{0,8}. Ingen av uttakene tilfredsstiller dermed kravet til maks sulfatinnhold gitt i Prosesskode-2¹³. Det er ikke angitt krav til innhold av vannløselige sulfater.

6.3.3 Miljøskadelige stoffer – utlekking

Resultatene fra utlekkingsforsøkene på materialet fra Gjp-1 viser at konsentrasjonen av tungmetaller ligger lavere enn grenseverdiene gitt for tungmetaller i drikkevannsforskriften. For materialet fra Gjp-1 er innholdet av PAH funnet som summen av sju PAH-forbindelser, mens drikkevannsforskriftens grenseverdier gjelder for summen av fire PAH-forbindelser, og kan derfor ikke direkte sammenlignes.

Resultater fra undersøkelsene av det resirkulerte tilslagets kjemiske utlekking er vist i Tabell 39. Detaljer, samt resultater fra RESIBA og Fornebu er gitt i vedlegg 9.

Tabell 39: Kjemisk analyse – utlekking, 10-20 mm, Gjp-1

Parameter	Miljøskadelige stoffer – utlekking – Konsentrasjon i eluat (µg/L)			
	Prøveuttak 1		Prøveuttak 2	
	Gjennomsnitt	Standardavvik	Gjennomsnitt	Standardavvik
pH ¹	10,9	0,14	11,1	0,21
Arsen, As	< 1		< 1	
Bly, Pb	< 10		< 10	
Kadmium, Cd	< 0,5		0,5	
Kobber, Cu	11	< 5	12,5	0,71
Krom, Cr	35	2,8	14,5	0,71
Kvikksølv, Hg	0,03	0,00	0,02	0,00
Nikkel, Ni	< 5		< 5	
Sink, Zn	8	1,4	< 5	5
PCB	< 0,01		< 0,01	
PAH ²	1,48	0,34	1,24	0,06

¹ Angitt i standard pH-enheter

² Summen av sju PAH-forbindelser

Med unntak av bly for prøven 0-50 mm fra Fornebu og kvikksølv for alle prøvene fra Fornebu, ligger alle prøvene under grenseverdiene gitt for tungmetaller i drikkevannsforskriften. Grenseverdien som er gitt for PAH i drikkevannsforskriften er basert på summen av fire PAH-forbindelser. Flere av prøvene har høyere PAH-verdier enn grenseverdiene gitt i drikkevannsforskriften. Grenseverdien gjelder for summen av fire PAH-forbindelser, mens det for utlekkingsforsøkene utført i DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning, RESIBA og Fornebu er det summen av henholdsvis 7, 16 og 15 PAH-forbindelser som er bestemt. Prøveuttakene tatt ut i forbindelse med DP3-1 har vesentlig høyere innhold av PAH enn materialet fra RESIBA og Fornebu.

Omfattende arbeid på miljøegenskaper til resirkulert tilslag inklusivt beregning av maksimalt tillatt innhold av forurensninger for bruk i vegbygging, ble gjort i DP2 Miljøpåvirkning. Se prosjektrapportene 14⁴⁴ og 14a⁴⁵.

6.3.4 Miljøskadelige stoffer – totalinnhold

Det er forholdsvis store forskjeller i det resirkulerte tilslagets totale innhold av tungmetaller, noe som, på samme måte som for materialsammensetningen trolig reflekterer spredningen til det rivematerialet som til enhver tid leveres til gjenvinning. Enkelte parametere ligger innfor både bakgrunnsverdier for norsk jord og normverdier for mest følsom arealbruk, mens andre ligger over. Eksempelvis er konsentrasjonen av kvikksølv veldig lav, mens konsentrasjonen av krom ligger både utenfor bakgrunnsverdien for norsk jord og over normverdien for mest følsom arealbruk.

Resultatene fra undersøkelsene av det resirkulerte tilslaget kjemiske totalinnhold er vist i Tabell 40. Detaljer, samt resultater fra RESIBA er vist i vedlegg 9.

Tabell 40: Kjemisk totalinnhold, 10-20 mm, Gjp-1

Parameter	Miljøskadelige stoffer – totalinnhold – mg/kg					
	Prøveuttak 1	Prøveuttak 2	Prøveuttak 3	Prøveuttak 4	Prøveuttak 5	Prøveuttak 6
Arsen, As	3,6	5,8	6,4	3,2	3,3	3,4
Bly, Pb	8,8	11	4,5	8,5	6,5	17
Kadmium, Cd	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Kobber, Cu	10	17	9,3	16	15	150
Krom, Cr	49	92	120	100	80	110
Kvikksølv, Hg	0,029	0,036	0,021	0,029	0,009	0,022
Nikkel, Ni	15	36	22	22	19	27
Sink, Zn	110	150	61	230	43	200
PCB (7) Totalsum	0,052	0,088	<0,004	0,045	<0,004	0,055
Sum PAH (16)	1,5	1,9	0,03	9,2	0,02	1,0

Sammenligning viser at konsentrasjonen av arsen, bly, kadmium, kobber og kvikksølv i det resirkulerte tilslaget ligger innefor bakgrunnsverdiene for norsk jord, med unntak av konsentrasjonen av kobber for prøveuttak 6. Konsentrasjonen av krom var høyere enn bakgrunnsverdien for alle prøveuttak, og konsentrasjonen av nikkel og sink, samt innhold av PAH og PCB i de fleste tilfeller lå over bakgrunnsverdien. Når det gjelder normverdien for mest følsom arealbruk i SFTs veiledning³⁹, ligger konsentrasjonen av bly, kadmium, kobber, kvikksølv og nikkel under (med unntak av konsentrasjonen av kobber i prøveuttak 6), mens konsentrasjonen av arsen, krom og sink, samt innholdet av PAH og PCB i de fleste tilfeller lå over normverdien. Sammenlignet med SFTs grenseverdi for PCB for hva som regnes som farlig avfall, ligger det resirkulerte tilslaget lavt.

Omfattende arbeid på miljøegenskaper til resirkulert tilslag inklusivt beregning av maksimalt tillatt innhold av forurensninger for bruk i vegbygging, ble gjort i DP2 Miljøpåvirkning. Se prosjektrapportene 14⁴⁴ og 14a⁴⁵.

7 Konklusjon

7.1 Sammenfatning av resultater

Systematisk testing av resirkulert tilslag har vist at enkelte materialegenskaper har større variasjon enn andre. I perioden 1999-2004 utførte RESIBA-prosjektet og Gjenbruksprosjektets DP 3-1 systematiske prøveuttak av prøvemateriale hos BA Gjenvinning AS, den eneste produsenten som har hatt løpende produksjon av resirkulert tilslag i det tidsrommet. Tabell 41 nedenfor viser spredningen i resultater for de ulike materialegenskapene.

Tabell 41: Spredning i materialegenskaper for resirkulert tilslag tatt ut hos BA Gjenvinning AS i perioden 1999-2004

Materialegenskap	10 – 20 mm		38 – 120 mm ¹⁾
	Type 1 Knust betong	Type 2 Blandet masse	Type 2 Blandet masse
Siktekurver	Se nedenfor		
Finstoffinnhold (matr. < 0,075 mm av matr. < 19 mm) (%)		1,47 - 6,00	
Graderingstall C _U		1,7 - 32,9	
Understørrelser < d/2 (%)		1,0 – 20,7	1,3 – 7,3
Overstørrelser > 1,4 D (%)		99,3 - 100,0	100,0
Overstørrelser > 2D (%)		100,0	100,0
Innhold av matr. < 0,020 mm regnet av matr. < 19 mm (%)		0,7 - 3,6	
Materialsammensetning ⁵⁾	Se nedenfor		
Organisk materiale ⁵⁾ (humusinnhold) (%)		2,4 - 11,4	
Kornform (Flisighetsindeks) (FI-tall)	10 ²⁾	10 - 15	
Mekaniske egenskaper (Los Angeles) (LA-verdi)	25,4 - 36,8	27,5 - 41,0	31,5 - 37,5
Korndensitet – overflatetørr (g/m ³)	2,27-2,59	2,27-2,48	
Korndensitet – ovenstørr (g/m ³)	2,14-2,52	2,09-2,40	
Vannabsorpsjon (%)	2,70 - 6,07	3,50 - 9,41	
Bulkdensitet – uvibrert (kg/dm ³)	1,26 - 1,28	1,12 - 1,23	
Bulkdensitet – vibrert (kg/dm ³)	1,37 - 1,47	1,28 - 1,38	
Hulrom – uvibrert (%)	44 - 49	47 - 53	
Hulrom – vibrert (%)	35 - 45	40 - 46	
Klorid ⁵⁾ vannløselige	0,0021 - <0,007	0,0030 - 0,0133	
Syreløselig sulfat	0,42 ²⁾		
Vannløselige sulfat	0,0095 ²⁾	0,0414 - 0,2456	
Kjemisk analyse – utlekking	Se nedenfor		
Kjemisk analyse – totalinnhold	Se nedenfor		

¹⁾ For sortering 38-120 mm ble det kun tatt ut materiale av Type 2 Blandet masse

²⁾ Kun én verdi

Siktekurver

Siktekurvene for sortering 10-20 mm er stort sett jevne og fine innenfor sorteringen, både for materiale fra Gjenbruksprosjektets Gjp-1 og RESIBA-prosjektet. Unntakene er prøveuttakene 2 og 5 fra Gjenbruksprosjektets Gjp-1, som har en andel materiale mindre enn 8 mm på henholdsvis ca 45 % og litt over 30 %. Også siktekurvene for sortering 38-120 mm er fine og jevne, men flere av prøveuttakene har en forholdsvis stor andel materiale mellom 19 og 37,5 mm. Materialet fra RESIBA, i sortering 20-120, er fint fordelt innenfor sorteringen.

Materialsammensetning

Spredning i materialsammensetning for utvalgte viktige delmaterialer for resirkulert tilslag er vist i Tabell 42.

Tabell 42: Spredning i innhold av ulike delmaterialer for resirkulert tilslag tatt ut hos BA Gjenvinning AS i perioden 1999-2004. Verdier i masse-%

Delmateriale	10 – 20 mm		38 – 120 mm ¹⁾
	Type 1 Knust betong	Type 2 Blandet masse	Type 2 Blandet masse
Betong	71,6 ²⁾	29,6 - 67,8	57,4 - 86,7
Betong og stein	94,1 - 97,2	69,4 - 88,7	64,0 - 88,2
Betong, stein og tegl	97,6 - 100	77,0 - 98,6	79,5 - 99,6
Asfalt	0,3 - 2,3	0 - 20,1	0 - 18,5
Tegl	0,4 - 5,6	1 - 15	5,2 - 22,9

¹⁾ For sortering 38-120 mm ble det kun tatt ut materiale av Type 2 Blandet masse. Materialet fra RESIBA-prosjektet er i sortering 20-120 mm

²⁾ Kun én verdi

Kjemisk analyse

Spredning i utlekking og totalkonsentrasjon av tungmetaller, PCB og PAH er vist i Tabell 43 og Tabell 44.

Tabell 43: Spredning i utlekking av tungmetaller, PCB og PAH for resirkulert tilslag tatt ut hos BA Gjenvinning AS i perioden 1999-2004

Konsentrasjon i eluat (µg/L) – Utlekking	10 – 20 mm	
	Type 1 Knust betong ¹⁾	Type 2 Blandet masse
Arsen – As	<1	<0,3 - <1
Bly – Pb	<10	<1 - <10
Kadmium – Cd	<0,5	<0,2 - <0,5
Kobber – Cu	<5	<2 – 12,5
Krom – Cr	8	7 – 35
Kvikksølv – Hg	<0,01	0,02 - <0,1
Nikkel – Ni	<5	<5 - <10
Sink – Zn	<5	<5 - <50
PCB	<0,005	<0,005 - <0,01
PAH ²⁾	<0,30	0,2 - 1,48

¹⁾ Kun én verdi

²⁾ Summen av PAH-forbindelser varierer fra 7 til 16

Tabell 44: Spredning i totalkonsentrasjon av tungmetaller, PCB og PAH for resirkulert tilslag tatt ut hos BA Gjenvinning AS i perioden 1999-2004

Totalkonsentrasjon mg/kg	10 – 20 mm	
	Type 1 Knust betong	Type 2 Blandet masse
PAH – totalsum av 16	0,02 - 19,8	0,03 - 9,2
PCB – totalsum av 7	<0,004 - 0,017	<0,004 – 0,088
Arsen – As	3,1 - 3,3	1 - 6,4
Bly – Pb	6,5 - 9	4,5 - 17
Kadmium – Cd	<0,1 - <0,2	<0,1 - <0,2
Kobber – Cu	15 - 18	9,3 - 150
Krom – Cr	65 - 80	49 - 120
Kvikksølv – Hg	0,009 - 0,02	0,01 - 0,036
Nikkel – Ni	19 - 20	15 - 36
Sink – Zn	43 - 71	61 - 230

7.2 Avsluttende kommentarer

Forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag ble etablert som et resultat av RESIBA-prosjektet, og ble utgitt som egen prosjektrapport⁴ der. Kontrollrådet administrerte ordningen gjennom sine Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag³ i perioden mars 2003 til januar 2007. I januar 2007 ble de tekniske bestemmelsene trukket tilbake i påvente av at resirkulert tilslag skulle implementeres i CEN-standarder.

Deklarasjonsordningen for resirkulert tilslag gir en klassifisering av resirkulert tilslag med hensyn på sammensetning, samt en oversikt over egenskaper som skal deklarerer og hyppighet for prøving. Ingen produsent har tatt i bruk ordningen, og med manglende erfaring fra produksjonskontroll kan man ikke si noe om hyppigheten på de utvalgte testene. Arbeidet med DP3-1 kan dessverre ikke bidra til å gi noen synspunkter når det gjelder den fastsatte prøvingshyppigheten. Deklarasjonsordningen kan likevel benyttes som et dokumentasjonssystem, den har en hensiktsmessig oppbygning som gir god oversikt over hvilke egenskaper som skal testes, hvilke prøvemethoder som skal benyttes, samt hvilke egenskaper som er aktuelle for bruksområdene bunden eller ubunden bruk. Statens vegvesens Håndbok 018 Vegbygging¹² har benyttet deklarasjonsordningen som bakgrunn for sine krav til dokumentasjon av resirkulert tilslag, klassifiseringen er gjengitt i sin helhet.

8 Referanser

- ¹ Petkovic, G. B. Lillestøl.: Materialeegenskaper for resirkulert tilslag, RESIBA – Prosjektrapport 02/2002, NBI 2002
- ² Engelsen, C. et al.: Miljøpåvirkning ved bruk av resirkulert tilslag, RESIBA – Prosjektrapport 03/2002, NBI 2002
- ³ Kontrollrådet, Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag, 2002, www.kontrollradet.no
- ⁴ Karlsen, J et al.: Forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag, RESIBA – Prosjektrapport 04/2002, NBI 2002
- ⁵ Norsk Betongforening, Publikasjon nr. 26: Materialgjenvinning av betong og murverk for betongproduksjon, 2003
- ⁶ EN 12620: Aggregates for concrete, 2002
- ⁷ EN 13242: Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction, 2002
- ⁸ EN 206-1: Concrete - Part 1: Specification, performance, production and conformity, 2000
- ⁹ NS-EN 206-1: Betong – Del 1: Spesifikasjon, egenskaper, fremstilling og samsvar (innbefattet endringsblad prA1:2003), 2001
- ¹⁰ NS-EN 12620: NS-EN 12620: Tilslag for betong, 2003
- ¹¹ NS-EN 13242: Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging, 2003
- ¹² Håndbok 018 Vegbygging, Statens vegvesen, 2005
- ¹³ Prosesskode-2, Standard beskrivelse for bruer og kaier, Statens vegvesen, høringsutgave april 2006
- ¹⁴ Myren, S. A. og J. Mehus: Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag, Prosjektrapport nr. 17, Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2439, Statens vegvesen, 2006
- ¹⁵ Tangen, D. A.: Støttemur ved E6 Taraldrud. Anleggstekniske erfaringer med bruk av knust betong i nye betong, Prosjektrapport nr 17a, Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2440, Statens vegvesen, 2006
- ¹⁶ Aurstad, J. et al: Gjenbruk av knust betong i vegbygging. Mekaniske egenskaper og testmetoder for resirkulert tilslag, Prosjektrapport nr 11, Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2422, Statens vegvesen, 2006
- ¹⁷ Aksnes, J. og D. A. Tangen: Gjenbruksvegen E6 Melhus, Prosjektrapport nr. 12, Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2423, Statens vegvesen, 2005
- ¹⁸ Tangen, D. A.: Gjenbruksvegen E6 Klemetsrud – Assurtjern, Prosjektrapport nr 18, Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2441, Statens vegvesen, 2006
- ¹⁹ Forsøksplan.doc, www.gjenbruksprosjektet.net/article/darticleview/48/?Ref=/article/darchive/18&dpnr=3, 2002
- ²⁰ NS-EN 933-1: Prøvmingsmetoder for geometriske egenskaper for tilslag – Del 1: Bestemmelse av kornstørrelsesfordeling – Sikteanalyse, 1998
- ²¹ Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser, Statens vegvesen, 1997
- ²² EN 933-11: Tests for geometrical properties of aggregates – Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregates, 2001
- ²³ NS-EN 1744-1: Prøvmingsmetoder for kjemiske egenskaper til tilslag – Del 1: Kjemisk analyse, 1998
- ²⁴ NS-EN 933-3: Prøvmingsmetoder for geometriske egenskaper for tilslag – Del 3: Bestemmelse av kornform Flisighetsindeks, 1997
- ²⁵ ASTM C535: Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine, American Society for Testing and Materials
- ²⁶ NS-EN 1097-2: Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag – Del 2: Metoder for bestemmelse av motstand mot knusing, 1999
- ²⁷ NS-EN 1097-3: Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag – Del 3: Bestemmelse av løst lagret densitet og hulromsinnhold, 1998
- ²⁸ NS-EN 1097-6: Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag – Del 6: Bestemmelse av korndensitet og vannabsorpsjon
- ²⁹ NS-EN 1744-3: Prøvmingsmetoder for kjemiske analyser for tilslag – Del 3: Tilbereding av væske for analyse ved utvasking av tilslag, 2002
- ³⁰ Jacobsen, S. et al.: Bruk av resirkulert tilslag i bygg og anlegg – status 2000, RESIBA – Prosjektrapport 01/2000, NBI 2000
- ³¹ Engelsen, C.J et al.: Miljøpåvirkning ved bruk av resirkulert tilslag, RESIBA – Prosjektrapport 03/2002, NBI 2002
- ³² Myhre, Ø. et al.: Ubunden bruk av resirkulert tilslag i veger og plasser, RESIBA – Prosjektrapport 05/2002, NBI 2003

- ³³ Mehus, J. et al: Ubunden bruk av resirkulert tilslag i veger og grøfter, RESIBA – Prosjektrapport 06/2002, NBI 2002
- ³⁴ Lahus, O. et al.: Bruk av resirkulert tilslag i sementbaserte produkter, RESIBA – Prosjektrapport 07/2002, NBI 2002
- ³⁵ Kontrollrådet, Klasse P Betongtilslag, metoder for prøving av betongtilslag, 1998
- ³⁶ I henhold til telefaks fra Fornebuprosjektet
- ³⁷ Tidligere utgave av Håndbok 018 Vegbygging, Statens vegvesen, 1999
- ³⁸ www.lovdatab.no
- ³⁹ Statens forurensningstilsyn, Risikovurdering av forurenset grunn, veiledning 99:01a, 1999
- ⁴⁰ Beck, P. Å., og R. Jaques: Datarapport for miljøgifter i Norge, SFT, 1993
- ⁴¹ Myren, S. A., og J. Mehus: Frostbestandighet av resirkulert tilslag, Prosjektrapport nr 10, Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2411, Statens vegvesen, 2005
- ⁴² Wester-Plessner, T. S. et al: Kjemisk nedbrytning av resirkulert tilslag. Forsøk med akselerert vanngjennomstrømning, prosjektrapport nr 16, Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2438, Statens vegvesen, 2007
- ⁴³ Aurstad, J. et al: Finstoffinnhold i gjenbruksbetong, Prosjektrapport nr 15, Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2437, Statens vegvesen, 2006
- ⁴⁴ Petkovic, G. et al: Miljøpåvirkning av gjenbruksmaterialer i vegbygging, Prosjektrapport nr 14, Gjenbruksprosjektet, Teknologirapport nr 2432, Statens vegvesen, 2007
- ⁴⁵ Engelsen, C. et al: Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – sementbaserte materialer, Prosjektrapport nr 14a, Gjenbruksprosjektet, teknologirapport nr 2433, Statens vegvesen, 2007

VEDLEGG

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 1: FORSØKSPLAN 2002-11-06	III
VEDLEGG 2: KORNFORDELING	IX
VEDLEGG 3: MATERIALSAMMENSETNING	XXVII
VEDLEGG 4: ORGANISK MATERIALE (HUMUSINNHOLD)	XXXIX
VEDLEGG 5: KORNFORM (FLISIGHETSINDEKS).....	XLI
VEDLEGG 6: MEKANISK STYRKE (LOS ANGELES).....	XLIII
VEDLEGG 7: KORNDENSITET OG VANNABSORPSJON	XLVII
VEDLEGG 8: BULKDENSITET.....	LIII
VEDLEGG 9: KJEMISKE EGENSKAPER	LV
VEDLEGG 10: DELPROSJEKT 3 "GJENBRUK AV BETONG"	LXI
VEDLEGG 11: RAPPORTOVERSIKT STATENS VEGVESENS GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005	LXIII

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 1: FORSØKSPLAN 2002-11-06

DP 3 Gjenbruk av betong

DP 3-1 Uttesting av deklarasjonsordning - Forsøksplan

1. Overordnet målsetting for aktivitet DP 3-1

Aktivitet DP 3-1 Uttesting av deklarasjonsordning” har følgende overordnet målsetting:

- få et bilde av kvaliteten av resirkulert tilslag tilgjengelig på markedet (i første omgang Oslo-området) gjennom regelmessig testing av egenskaper iht RESIBAs forslag til deklarasjonsordning
- skaffe erfaring med utførelse av laboratorietester på slike materialer og med testmetodene

Denne aktiviteten er samtidig en utprøving av RESIBAs forslag til deklarasjonsordning. Ordningen innebærer jevnlig testing av utvalgte egenskaper av resirkulert tilslag, og en deklarasjon fra produsentens side om middelverdien og variasjonen som produksjonsanlegget kan oppnå.

2. Aktuelle samarbeidspartnere

Følgende produsenter er det aktuelt å ta med:

- BA Gjenvinning, Grønmo – den største leverandør i Oslo-området, sentral deltaker i RESIBA-prosjektet
- Franzefoss pukk, anlegg Bondkall - produserer ren betong, men ikke kontinuerlig produksjon
- Statens vegvesen Buskerud har mobilt knuseverk som de vurderer å bruke for knusing av betong og tegl. Det kan være aktuelt å inkludere en dokumentasjon av egenskaper (i første omgang kun sentrale egenskaper) i deres tilbud overfor oppdragsgivere for knusejobber.
- vi undersøker muligheter for samarbeid med Statsbygg vedr. på materialene fra Fornebu og Pilestredet Park

En delfinansiering av prøvingen er forutsatt, men ingen avtaler er inngått. Samarbeid mellom produsentene, VEGTEK og SV Akershus er nyttig for alle parter:

- Gjenbruksprosjektets interesse er å få kjennskap til kvalitet av resirkulert tilslag i Oslo-området, å prøve ut deklarasjonsordningen og å bidra til at denne ordningen blir akseptert av produsentene av resirkulert tilslag.
- Produsentens interesse er å komme et skritt nærmere deklarasjonsordningen og dermed skaffe seg et konkurransefortrinn
- SV Akershus sin interesse er å lære å utføre slike tester på rutinebasis og dermed være godt utrustet for tiden når gjenbruk blir et krav.

I første omgang er det viktig å komme i gang med BA Gjenvinning, da dette er den største leverandøren av resirkulert tilslag i Oslo-området. BA Gjenvinning har daglig /løpende produksjon av resirkulert tilslag av betong og tegl, ”blandet masse” eller Type 2B iht RESIBAs Forslag til deklarasjonsordning.

På BA Gjenvinning er det mest aktuelt å teste to fraksjoner:

- 10 – 20 mm, mest aktuell som grøftepukk
- 20 – 120 mm, mest aktuell for bruk i vegbygging – for eksempel forsterkningslag i vegger og g/s-veger

3. Forsøksplan

I utgangspunkt vil vi gjerne prøve ut RESIBAs Forslag til deklarasjonsordning både mht analysene som skal kjøres, men også mht hyppighet. Testhyppigheten er imidlertid avhengig av avtalen om finansiering vi oppnår med produsenten. I starten skal vi satse på to prøveuttak i år 2002 og fire prøveuttak i 2003.

Vi vil velge ut analysene vi ønsker å gjennomføre hver gang vi tar ut en prøve. Hver større prøve resirkulert tilslag vil også bli sett på som referanse for andre tester som ikke tilhører deklarasjonsordningen, for eksempel testing av frostegenskaper (DP 3-4).

Tabell 1 er basert på RESIBAs forslag til deklarasjonsordning. Den gir en oversikt over undersøkelser, testmetoder, prøvemengder og ansvar for utførelse.

Den totale mengden av prøven for en gjennomgang av forsøksplanen er:

* 1000 kg av fraksjonen 38 – 120 mm

* 600 kg av fraksjonen 10 – 20 mm.

Prøven blir fordelt på følgende måte:

Fraksjon	Delprøver	Analyser
38 – 120 mm (1000 kg)	700 kg til SVA	korngradering materialsammensetning bulkdensitet
	300 kg til VEGTEK (utføres av SVA)	Los Angeles (ASTM) kornform
10 – 20 mm (600 kg)	200 til SVA	korngradering materialsammensetning bulkdensitet
	250 til NBI	densitet klorid- og sulfatinnhold utlekking frostprøving
	150 til VEGTEK (utføres av SVA)	kornform Los Angeles

Tabell 1 Forsøksplan for uttesting av deklarasjonsordning

Testparameter	Prøvemethode	Prøvens størrelse		Parall. pr	Utføres av
		38–120 mm	10-20 mm		
Kornfordeling	NS-EN 933-1	60	10	x 2	SVA
Finstoffinnhold (matr. < 0,063 mm av matr.<19 mm)	NS-EN 933-1		samme prøve som over		SVA
Innhold av matr. <0,020 mm regnet av matr.<19 mm	Håndbok 014 pkt. 14.434	gjøres på 0- 10 mm, egen testserie			SVA
Materialsammensetning ¹	prEN 933-11	80 (samme prøve som korngrad)	10 (samme prøve som korngrad)	x 3	SVA
Organisk materiale (humus)	NS-EN 1744-1		5	x 2	SVA
Kornform (av matr. > 8 mm) (flisighetsindeks)	NS-EN 933-3	60	10	x 2	SVA på VEGTEK
Mekaniske egenskaper (Los Angles)	ASTM EN 1097-2	ASTM 25 kg (nedsikting)	NS-EN 15 kg (nedsikting)	x 2	SVA på VEGTEK
Bulkdensitet ²	EN 1097-3	60	15	x 3	SVA
Densitet ³	EN 1097-6		5	x 3	NBI
Vannabsorpsjon	EN 1097-6		samme prøve som over		NBI
Kloridinnhold	NS-EN 1744-1		5	nok til 6 prøver	NBI
Innhold av sulfater	NS-EN 1744-1		5	nok til 6 prøver	NBI
Kjemisk analyse (utlekking)	EN 1744-3		20	x2	NBI
Frostprøving (DP 3-4) ⁴	utprøving av testmetode		25	3	NBI

¹ Materialsammensetning bestemmes på fraksjon 8 – 120 mm, (ikke til 63 mm som i standarden). Alle korn over 120 mm veies men skilles ut av prøven. Samme prøve kan brukes til materialsammensetning og korngradering. Massetypene som telles: stein, betong, asfalt, tegl, lettklinker, metall, planterester, isolasjonsmaterialer, annet (papir, trevirke, gips mm). Innhold av planerester og isolasjonsmaterialer skal etter reglene uttrykkes i volum-%. Dette må beregnes på følgende måte: isolasjonsmaterialets anslåtte volum / [prøvens tørrmasse/tørr partikkeldensitet].

² Romvekt /bulkdensitet skal bestemmes i løs og komprimert stand. Komprimeringsgraden etterligner det som tidligere er gjort i RESIBA-prosjektet. Tilslag fylles i en beholder med kjent volum og innvendig diameter (areal), toppen strykes av. Vekten av tilslaget bestemmes. Beholderen vibreres på vibrobord for betong i 1 minutt. Volumet av setningen etter komprimering måles. Med bakgrunn i kjent partikkeldensitet beregnes bulkdensitet og hulromsprosent for før og etter komprimering.

³ Bestemmelse av partikkeldensitet er en del av frostprøvingen og kan derfor utføres kun ett sted (NBI). SVA får tilsendt resultater.

⁴ Variasjon av prøvepreparering til frostprøving: fortørking 105° med /uten salt, uten fortørking med/uten salt >> 3 parallelle, 12 prøver.

4. Fordeling av oppgaver

VEGTEK v/Gordana Petkovic har ansvar for å sette aktiviteten i gang og for å få inn eventuelle andre produsenter som det kan være aktuelle å ha med.

Jacob Mehus (NBI) og Edgar Dønåsen (BA Gjenvinning) er medarbeider i arbeidsgruppen for DP 3-1.

Staten vegvesen Akershus v/Geir Andersen har ansvar for prøvetaking, gjennomføring og rapportering av alle analyser unntatt:

- partikkeldensitet og vannabsorpsjon
- utlekkingsstester
- klorid- og sulfatinnhold

Disse analysene utføres av NBI på prøver sendt fra SV Akershus. NBI rapporterer resultatene til SV Akershus. Densitetsmålinger prioriteres.

Los Angeles test og bestemmelse av kornform utføres av SV Akershus i VEGTEKs laboratorier.

Testing av frostegenskaper gjennomføres av arbeidsgruppen for DP 3-4, men tas hensyn til ved prøvetaking.

Arbeidsgruppen for DP 3-1
2002-11-06

Vedlegg 1. Aktivitetsplan for DP 3-1 pr november 2002

Vedlegg 1

DP 3-1 Uttesting av deklarasjonsordning

Aktivitetsplan pr november 2002

<p>Overordnet mål</p> <ul style="list-style-type: none"> - Få et bilde av kvaliteten av resirkulert tilslag tilgjengelig på markedet (i første omgang Oslo-området) gjennom regelmessig testing av egenskaper valgte ut i RESIBAs forslag til deklarasjonen. <ul style="list-style-type: none"> - - Skaffe erfaring med utførelse av laboratorietester på slike materialer og med testmetodene. - Prøve ut RESIBAs forslag til deklarasjonsordning som system for omdefinering av resirkulert tilslag fra materiale til produkt
<p>Mål /sluttprodukt: Erfaringsrapport – om bruk av deklarasjonsordningen</p>
<p>Aktivitet i år to prøveuttak testing av fysiske og mekaniske egenskaper frost og utlekking - testing utføres hvis det blir nok ressurser, ellers spares til neste år</p>
<p>Ressursbehov i år: 60' testing SV Akershus 30' forberedelse av prøveoppsettet og oppfølging SUM 90' delfinansiering fra produsentene er ønskelig, men ikke avtalt</p>
<p>Aktivitet framover 2003 - fire prøveuttak: fysiske og mekaniske egenskaper frosttesting vår 2003 – utføres som en del av DP 3-4 utlekking knyttet til DP2 og miljødeklarasjon</p>
<p>Ressursbehov framover 2003: 100' SV Akershus 80' utlekking (sammenheng med DP2) 50' arbeidstimer ----- SUM 230' + delfinansiering fra produsentene 40' til frosttesting avsettes fra budsjettet for DP 3-4</p>

Aktivitet	høst 2002	vår 2003	høst 2003
Forberedelse av testopplegget	xxxxxxxx		
Mekanisk fysiske egenskaper	xxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxx
Frostegenskaper		xxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxx
Utlekking		xxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxx
Oppfølging, møter		xxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxx

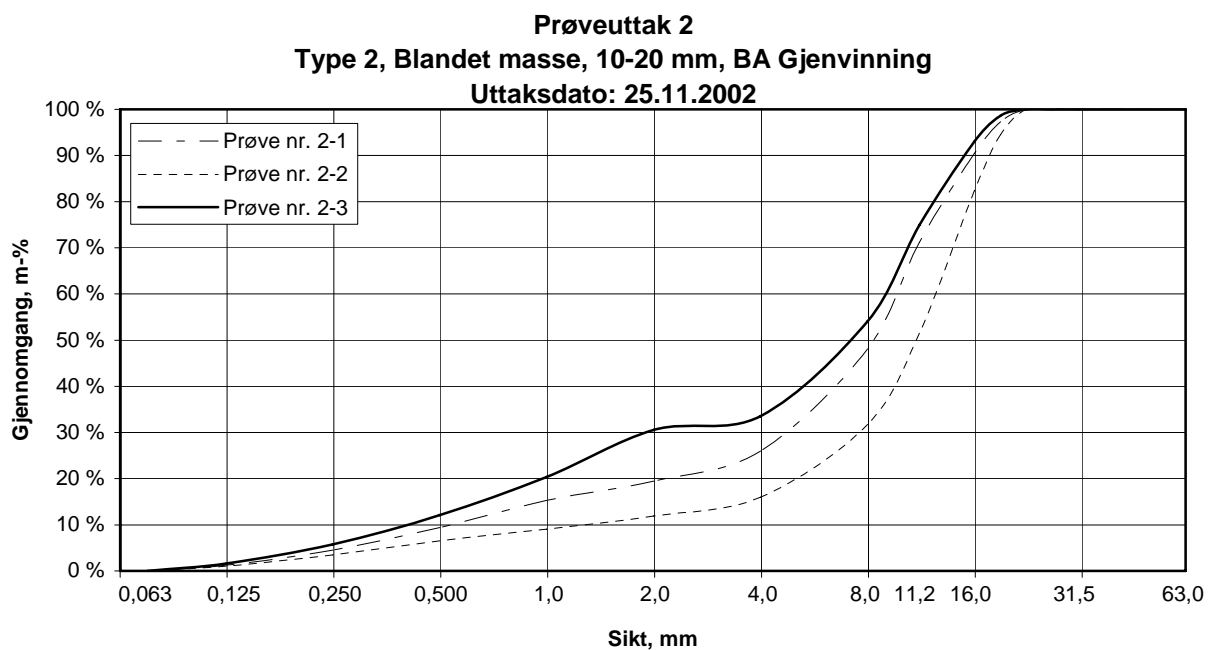
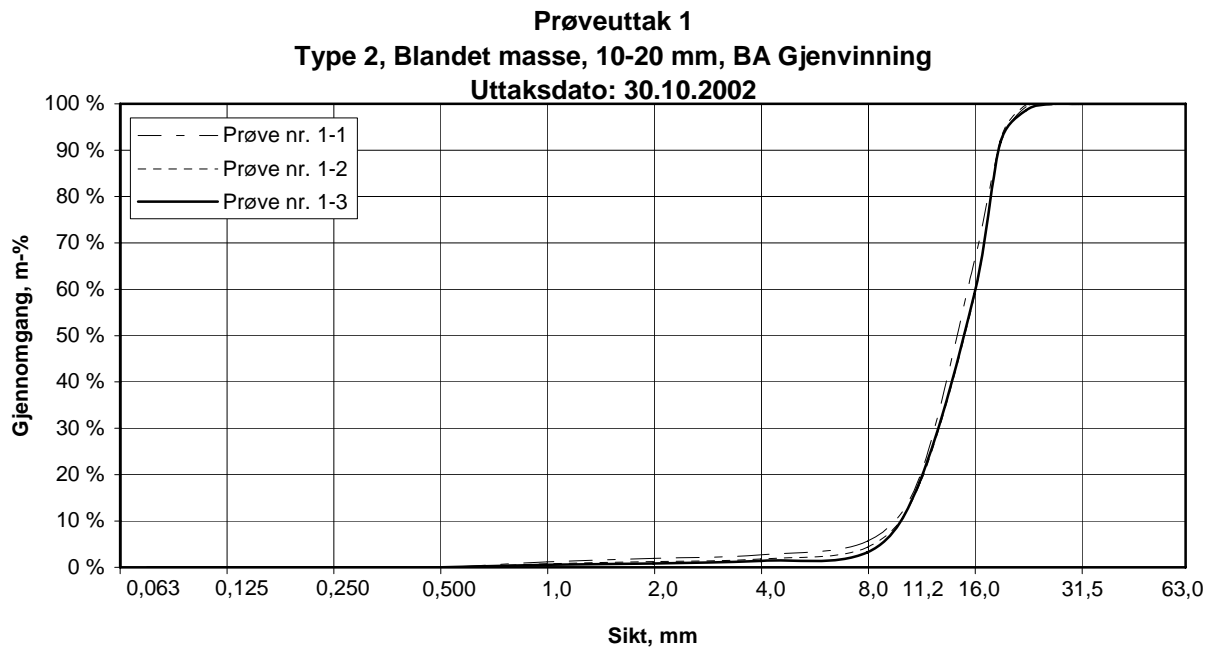
GJENBRUKSPROSJEKTET

VEDLEGG 2: KORNFORDELING

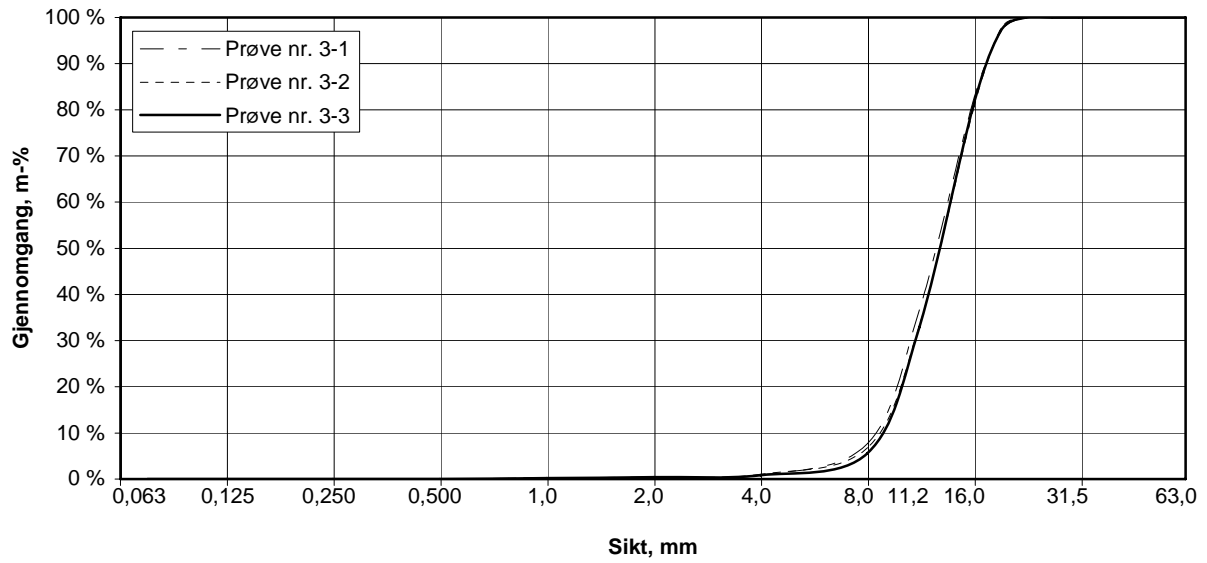


- Korngradering (siktekurver), Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, Gjp-1
- Korngradering (siktekurver), Type 2 Blandet masse, 38-120 mm, Gjp-1
- Korngradering (siktekurver), Type 1 Knust betong, 8-22 mm, Gjp-2
- Korngradering (siktekurver), Type 1 Knust betong, 10-22 mm, Gjp-2
- Korngradering (siktekurver), Type 1 Knust betong, 0-25 mm, Gjp-3
- Korngradering (siktekurver), Type 1 Knust betong, 0-100 mm, Gjp-3
- Korngradering (siktekurver), Type 1 Knust betong, 20-64 mm, Gjp-3
- Korngradering (siktekurver), Type 1 Knust betong, 20-120 mm, Gjp-3
- Korngradering (siktekurver), Type 2 Blandet masse, 0-4 mm, RESIBA
- Korngradering (siktekurver), Type 1 Knust betong og Type 2 Blandet masse, 0-8 mm, RESIBA
- Korngradering (siktekurver), Type 1 Knust betong, 8-12 mm, 16-22 mm og 8-60 mm, RESIBA
- Korngradering (siktekurver), Type 1 Knust betong og Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, RESIBA
- Korngradering (siktekurver), Type 2 Blandet masse, 20-120 mm, RESIBA
- Korngradering (siktekurver), Type 2 Blandet masse, 0-4 mm, Fornebu
- Korngradering (siktekurver), Type 2 Blandet masse, 0-25 mm, Fornebu
- Korngradering (siktekurver), Type 2 Blandet masse, 0-50 mm, Fornebu
- Korngradering (siktekurver), Type 2 Blandet masse, 4-16 mm, Fornebu
- Korngradering (siktekurver), Type 2 Blandet masse, 16-32 mm, Fornebu
- Over- og understørrelser, Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, Gjp-1
- Over- og understørrelser, Type 2 Blandet masse, 38-120 mm, Gjp-1
- Finstoffinnhold (innhold av materiale $< 0,075$ mm), innhold av materiale $< 0,020$ mm og graderingstall C_u , Type 2 Blandet masse 10-20 mm, Gjp-1
- Innhold av materiale $< 0,020$ mm, Type 2 Blandet masse 0-10 mm RESIBA
- Finstoffinnhold (innhold av materiale $< 0,075$ mm) og graderingstall C_u , Type 2 Blandet masse, 0-4 mm, Fornebu
- Finstoffinnhold (innhold av materiale $< 0,075$ mm) og graderingstall C_u , Type 2 Blandet masse, 0-25 mm, Fornebu
- Finstoffinnhold (innhold av materiale $< 0,075$ mm) og graderingstall C_u , Type 2 Blandet masse, 0-50 mm, Fornebu
- Finstoffinnhold (innhold av materiale $< 0,075$ mm) og graderingstall C_u , Type 2 Blandet masse, 4-16 mm, Fornebu
- Finstoffinnhold (innhold av materiale $< 0,075$ mm og graderingstall C_u , Type 2 Blandet masse, 16-32 mm, Fornebu

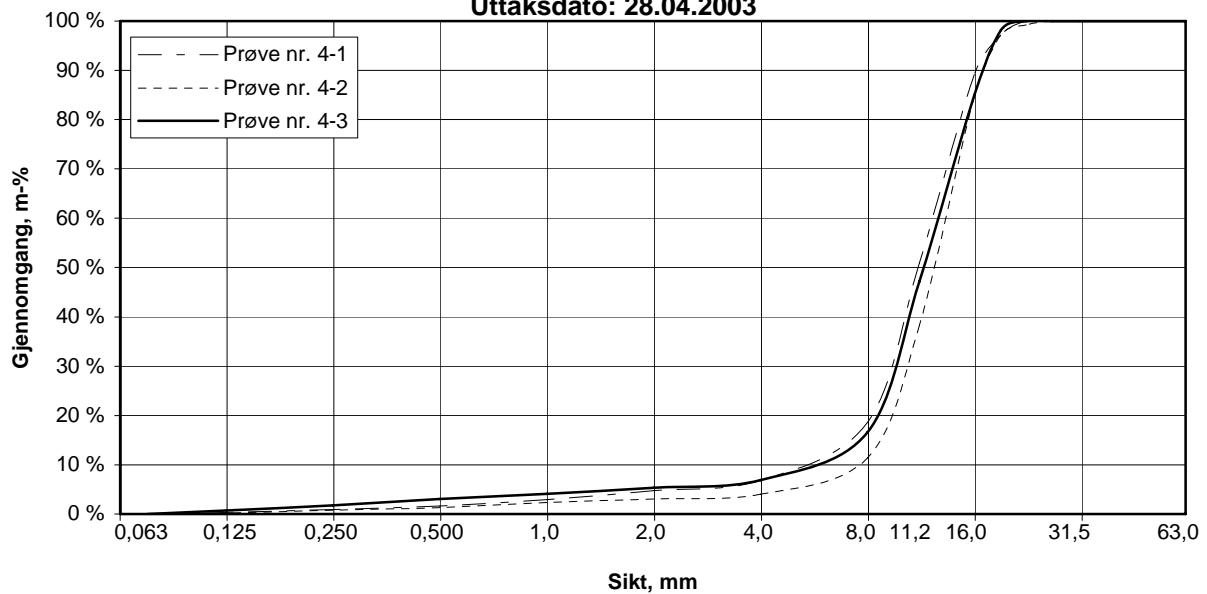
Bestemmelse av korngradering og finstoffinnhold er utført etter NS-EN 933-1. Avvik fra standard: Finstoffinnhold er bestemt på materiale $< 0,075$ mm i stedet for på materiale $< 0,063$ mm som angitt i standard. Innhold av materiale $< 0,020$ mm er bestemt i henhold til Statens vegvesens Håndbok 014 Laboratorieanalyser.

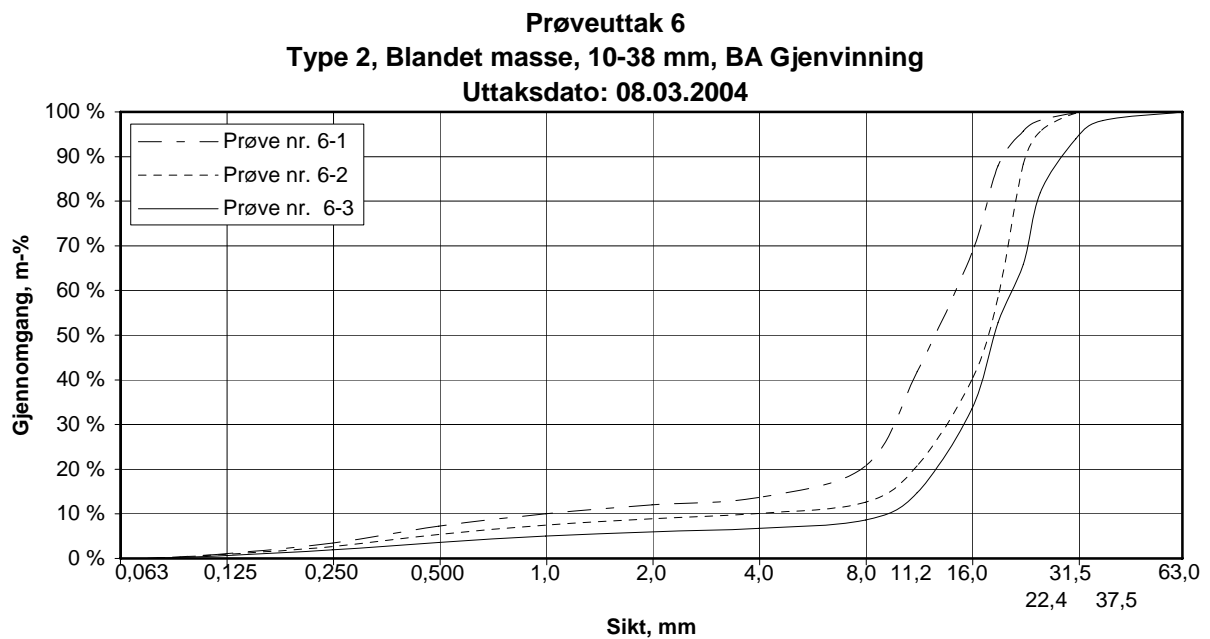
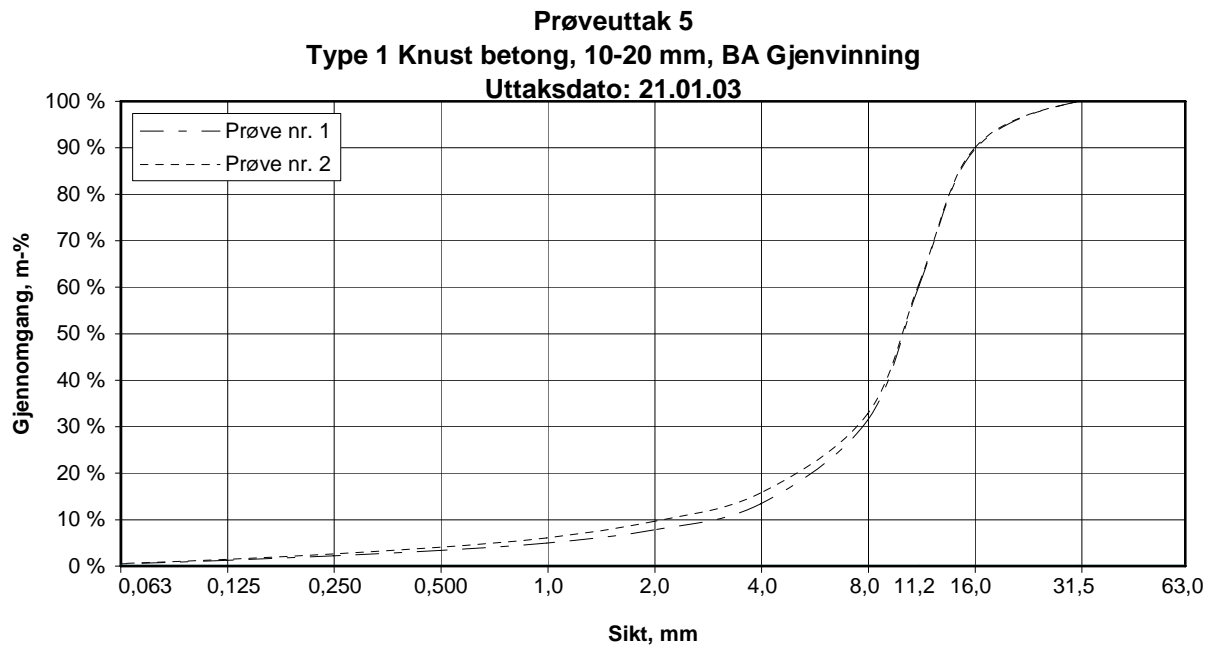
KORNGRADERING – SIKTEKURVER – GJP-1

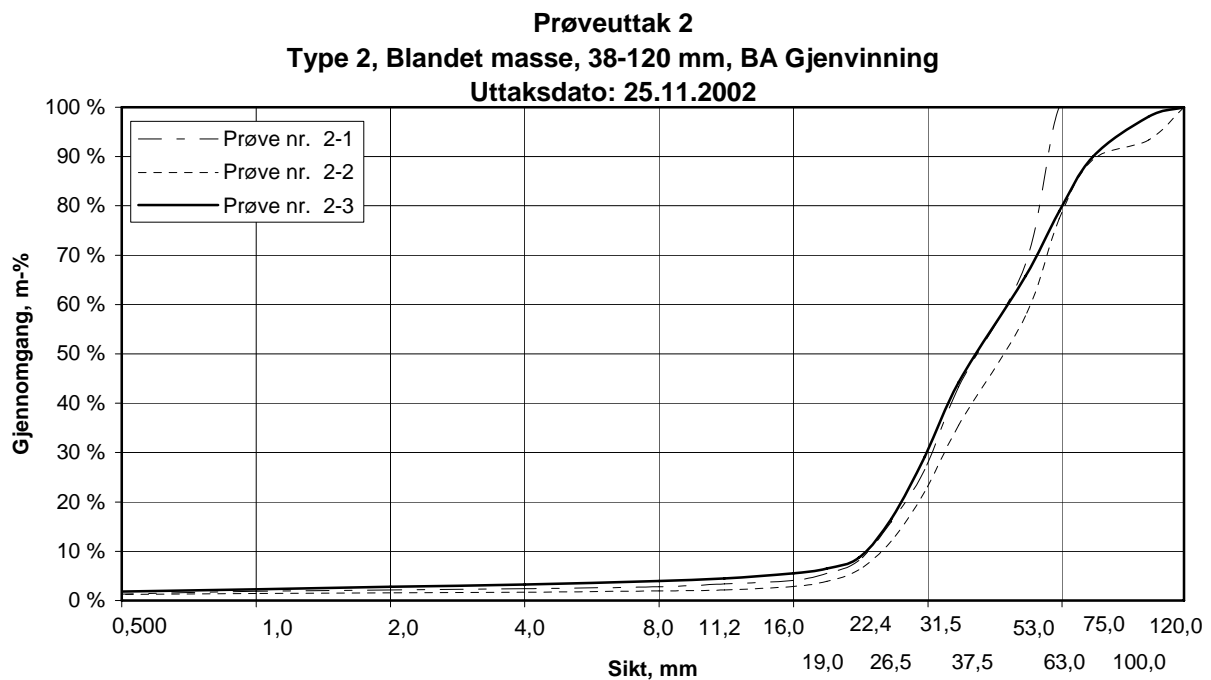
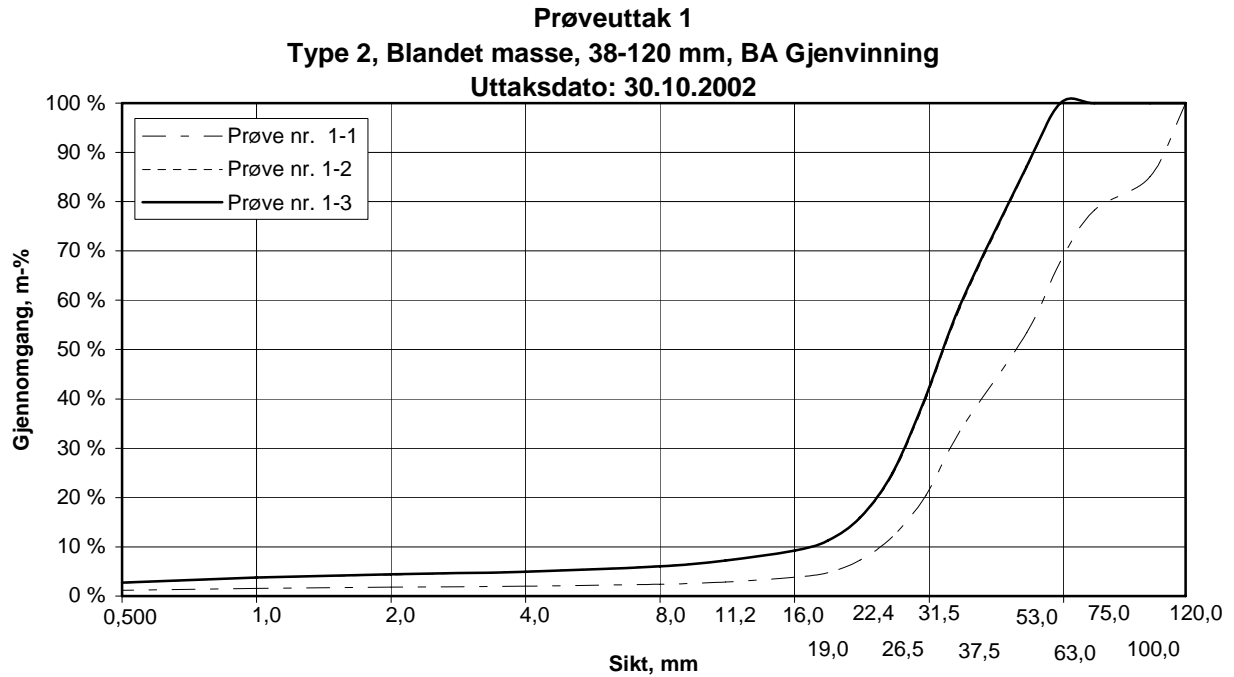
Prøveuttak 3
Type 2, Blandet masse, 10-20 mm, BA Gjenvinning
Uttaksdato: 03.03.2003

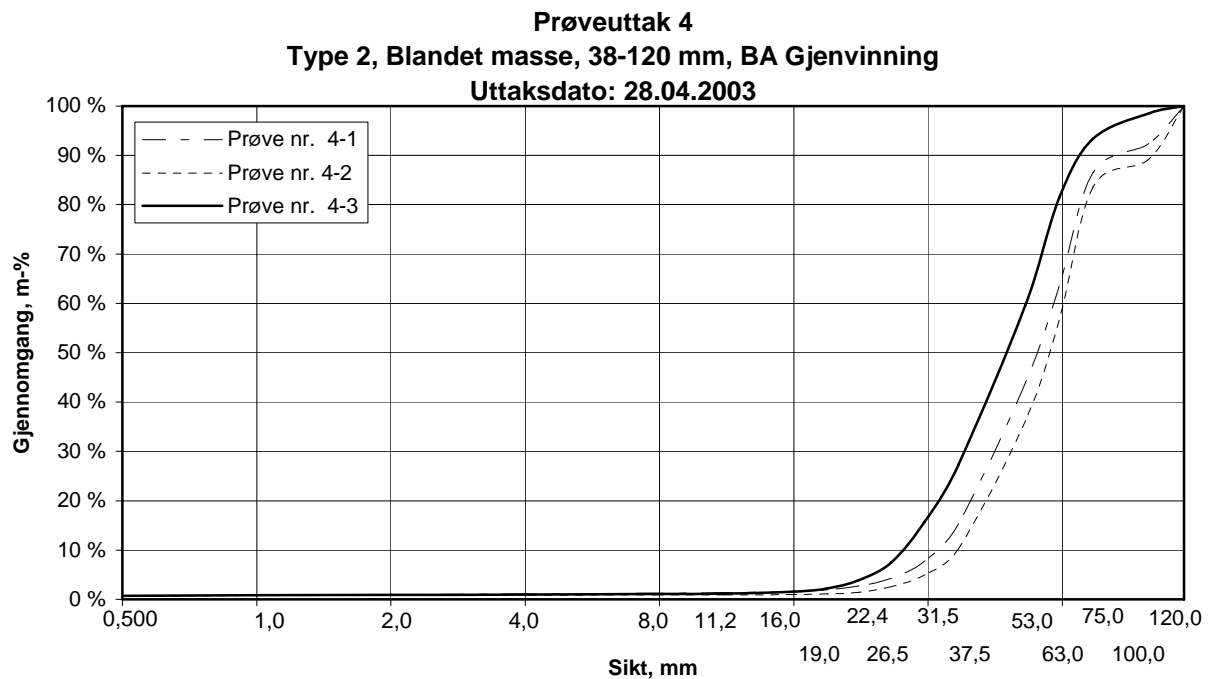
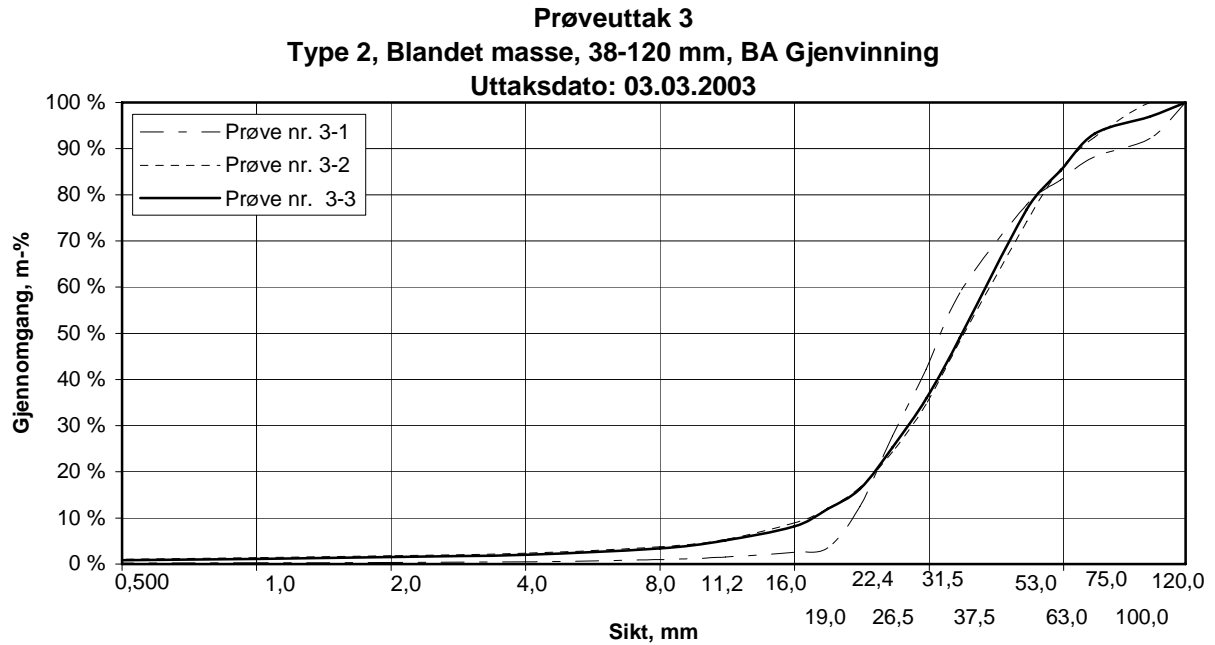


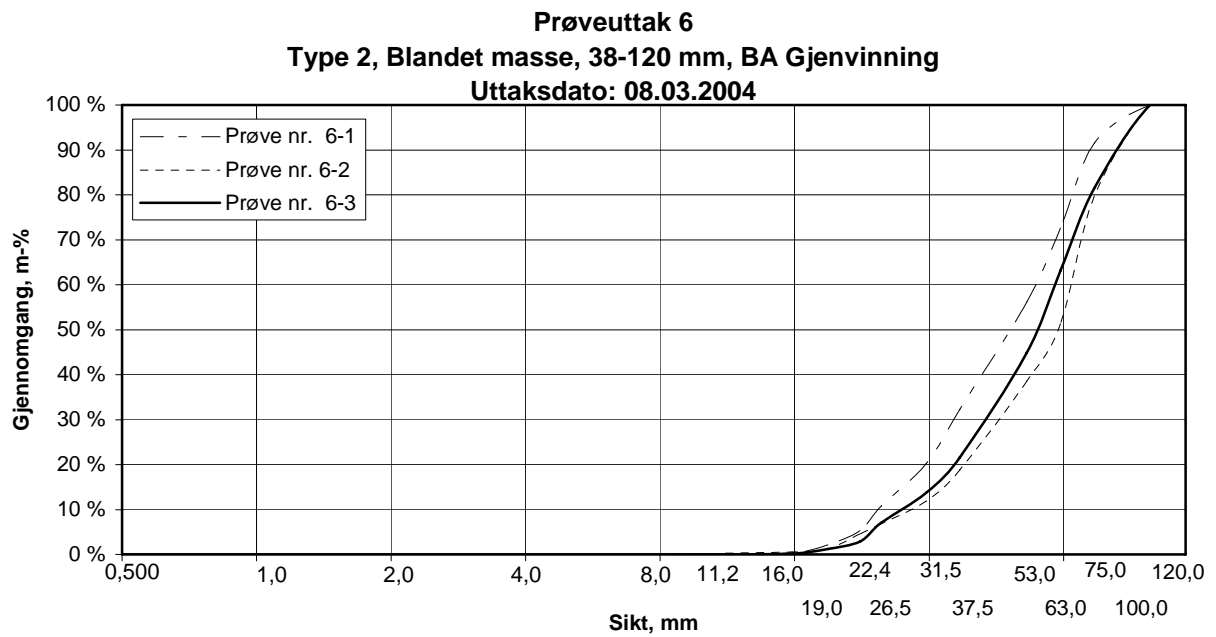
Prøveuttak 4
Type 2, Blandet masse, 10-20 mm, BA Gjenvinning
Uttaksdato: 28.04.2003

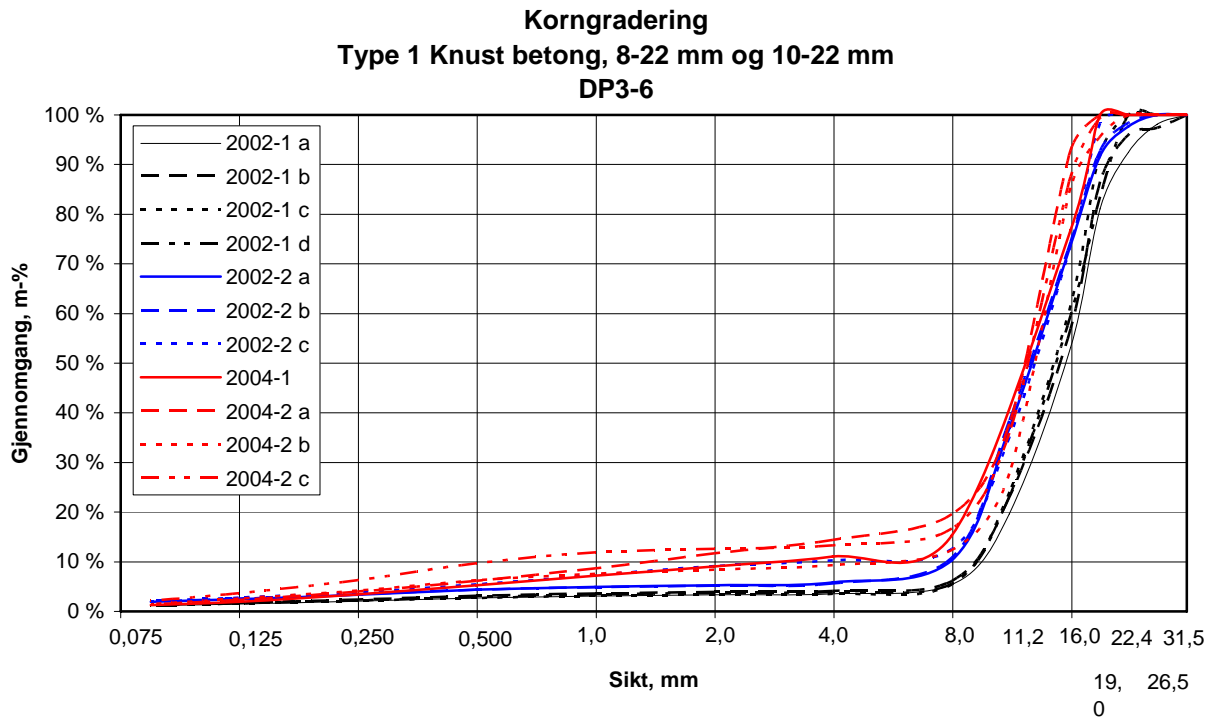
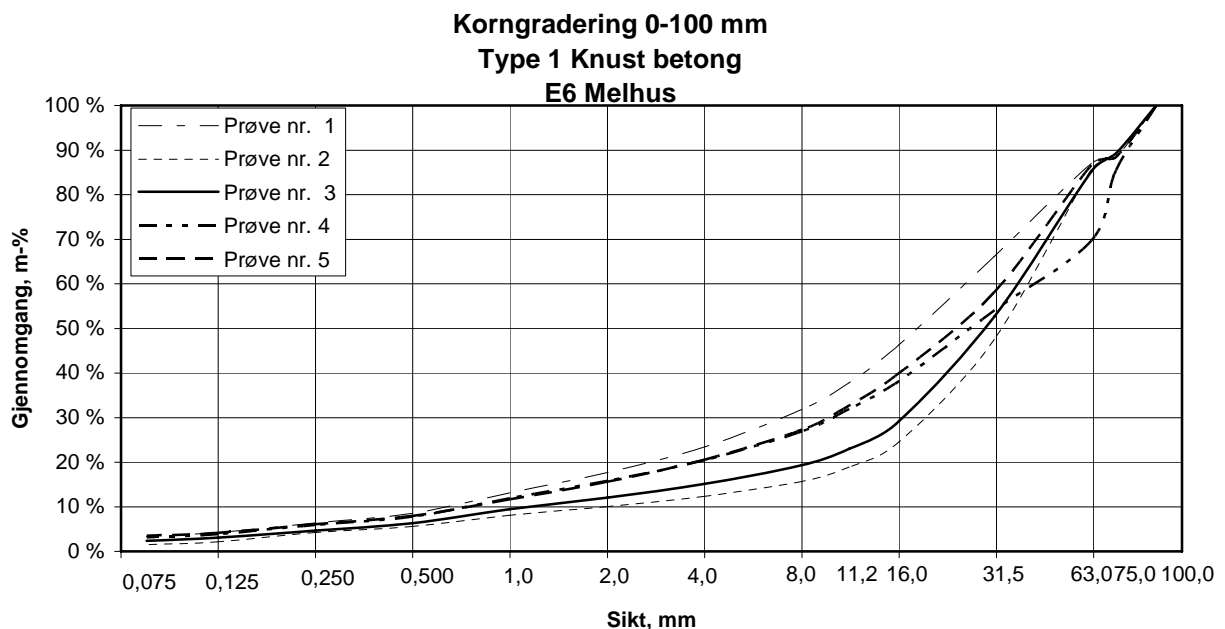


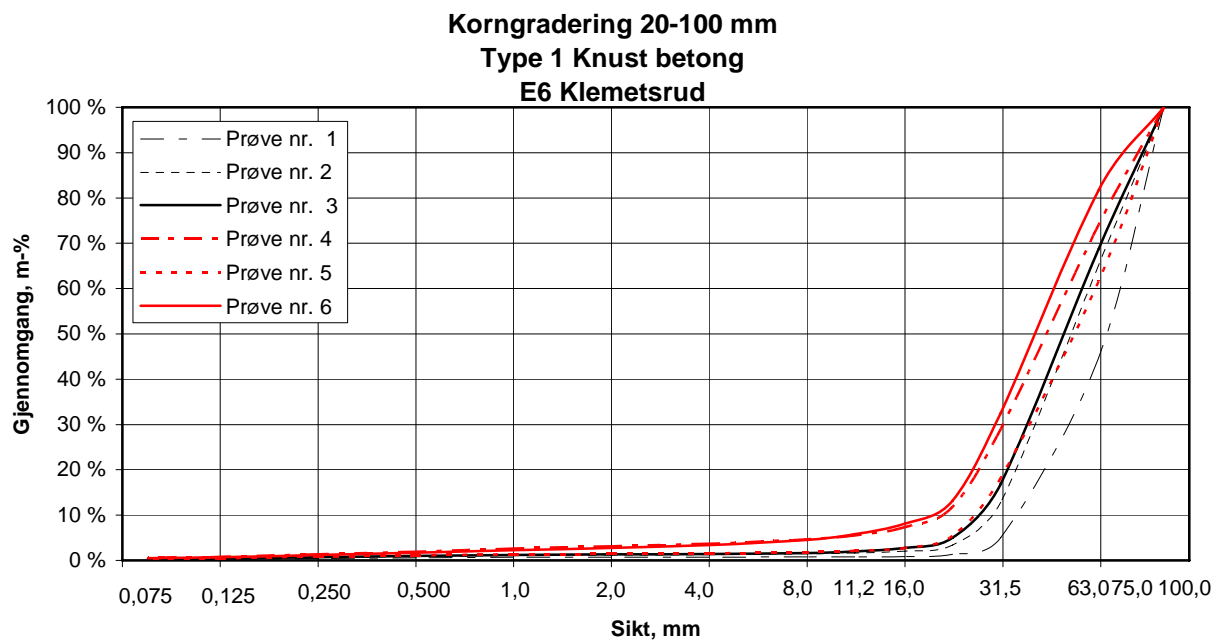
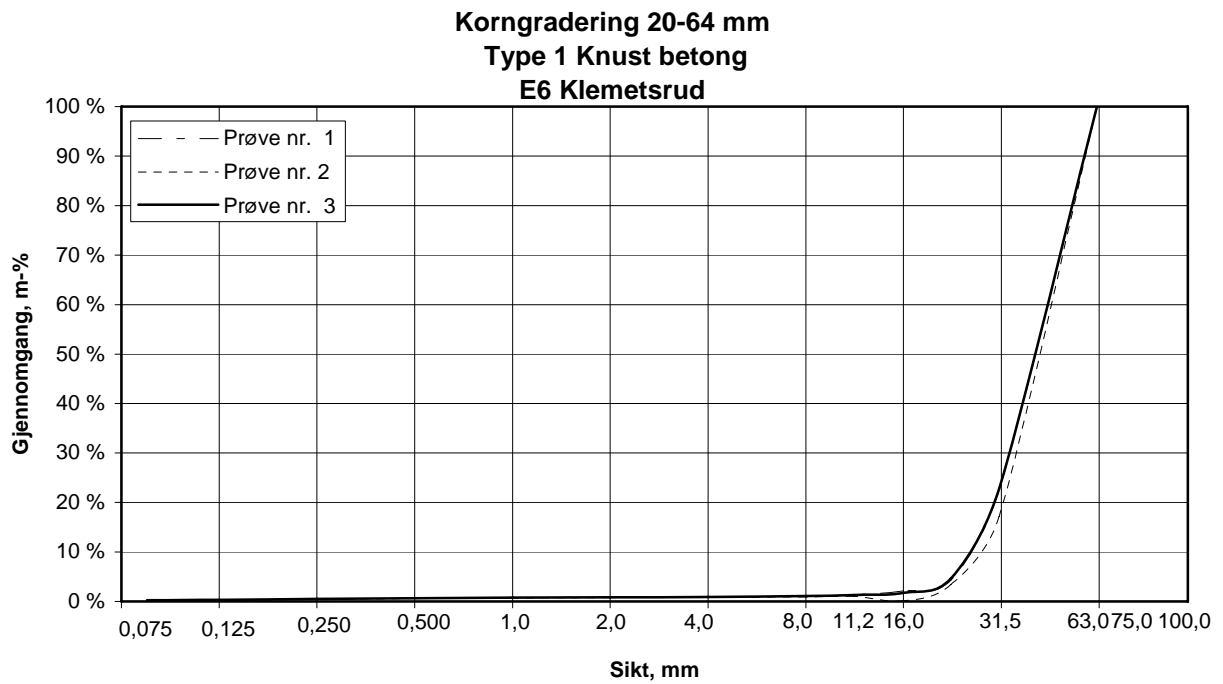




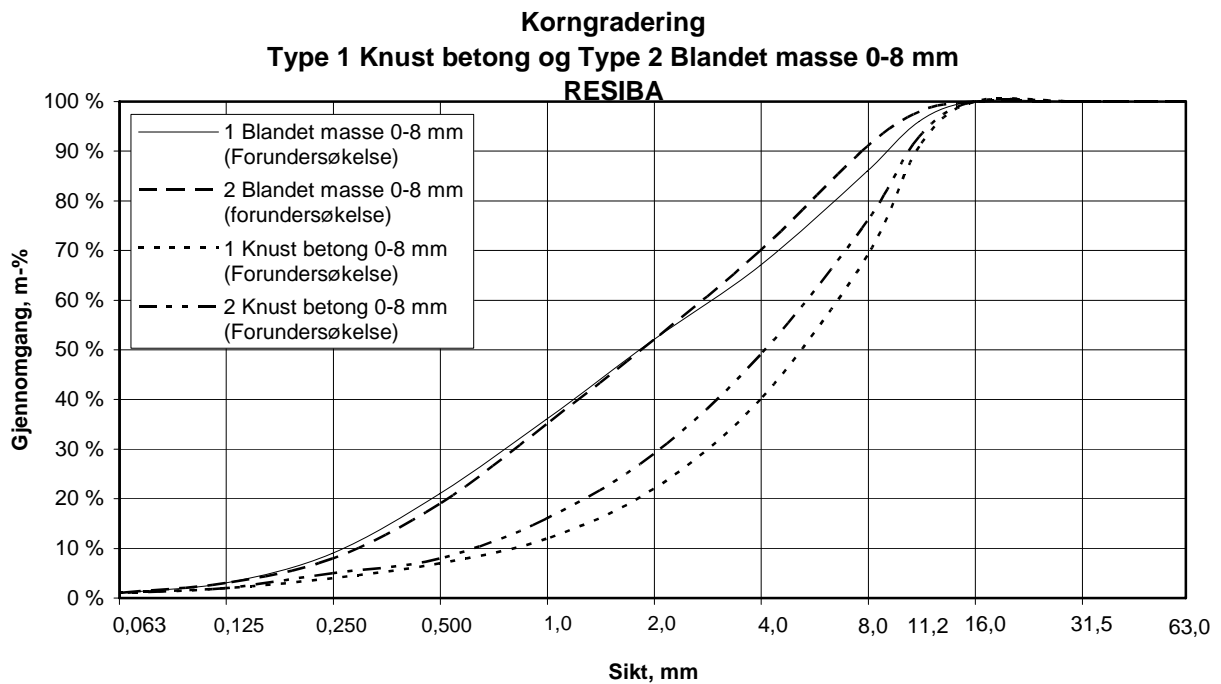
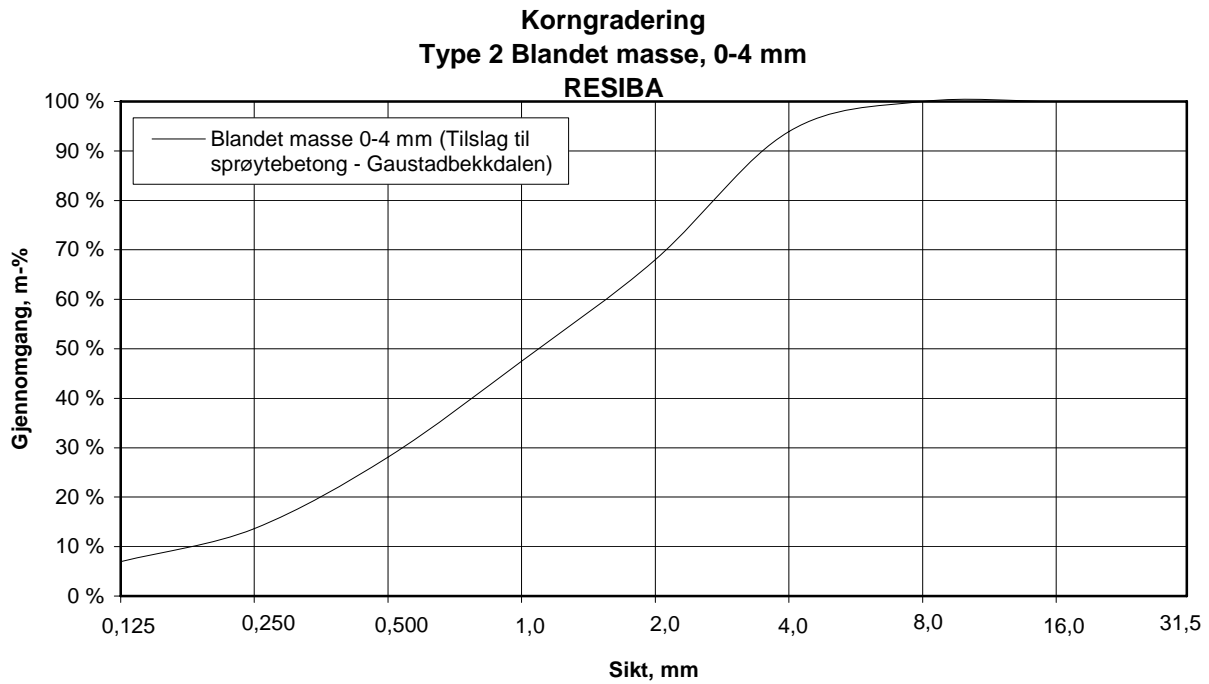


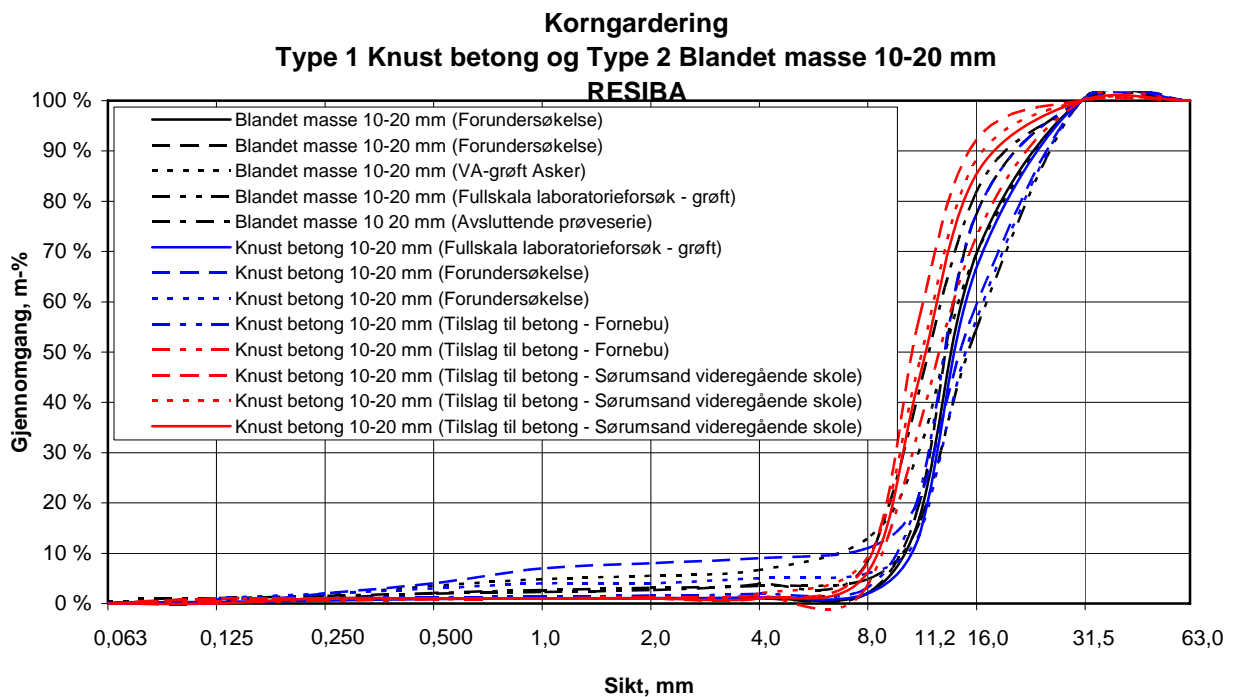
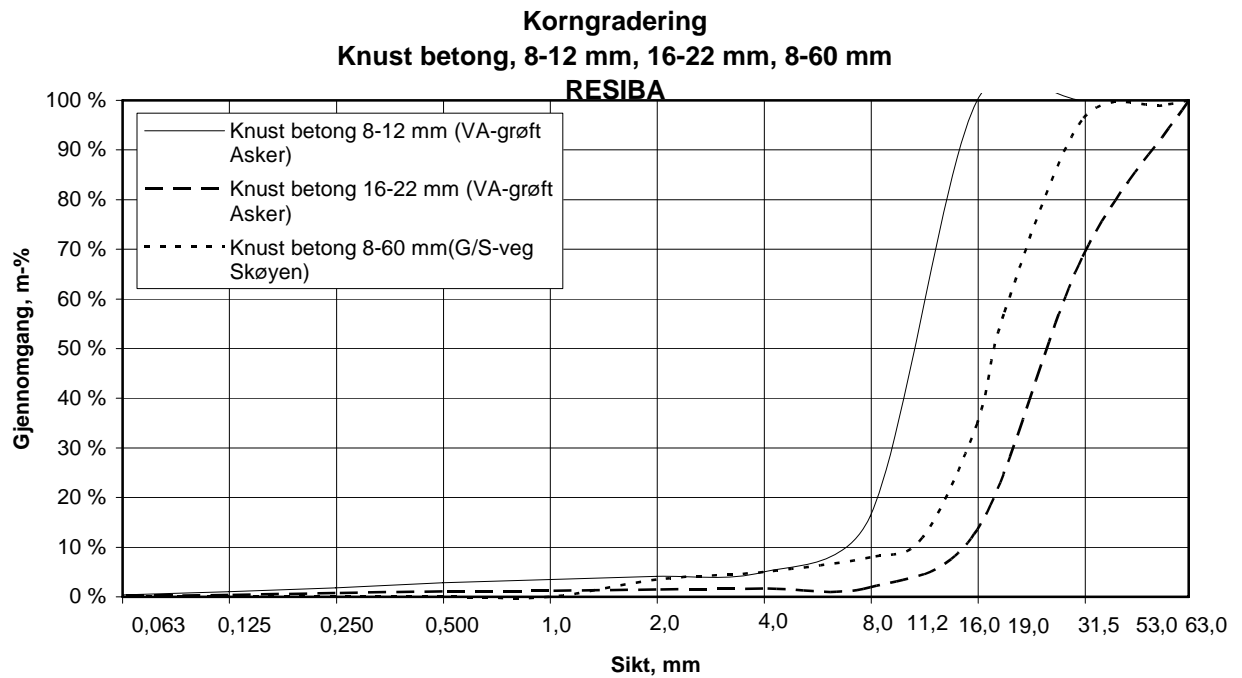


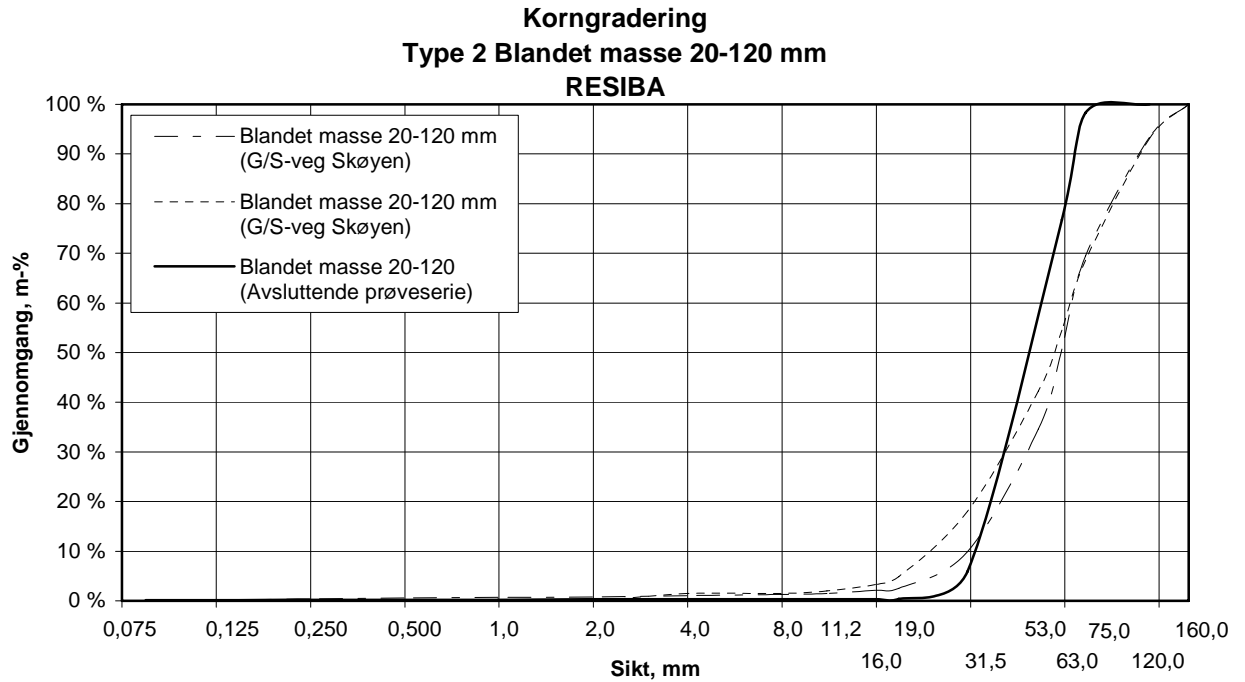
KORNGRADERING – SIKTEKURVER – GJP-2**KORNGRADERING – SIKTEKURVER – GJP-3**

KORNGRADERING – SIKTEKURVER – GJP-3

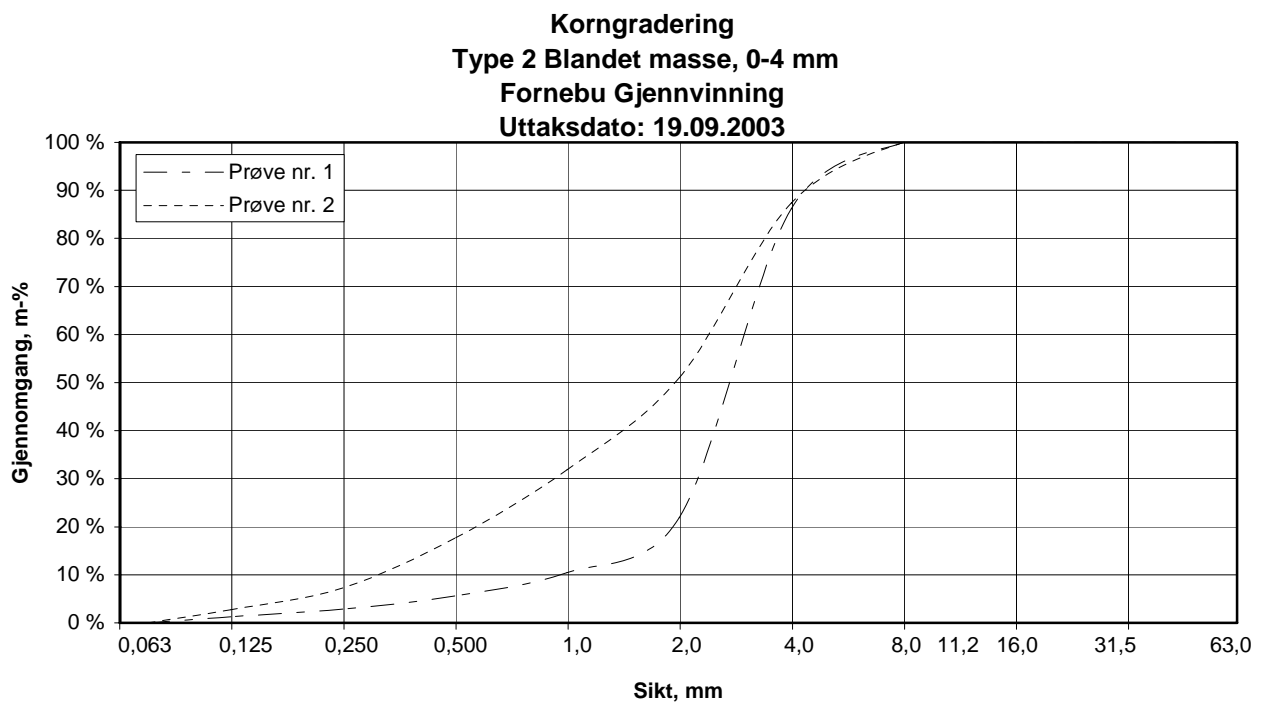
KORNGRADERING – SIKTEKURVER – RESIBA



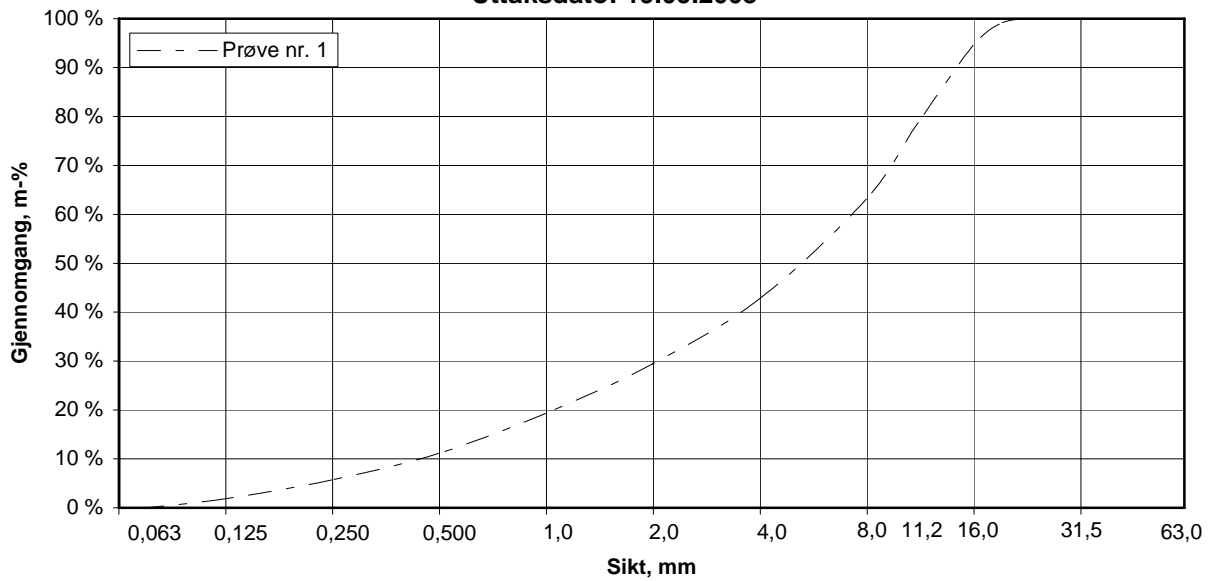




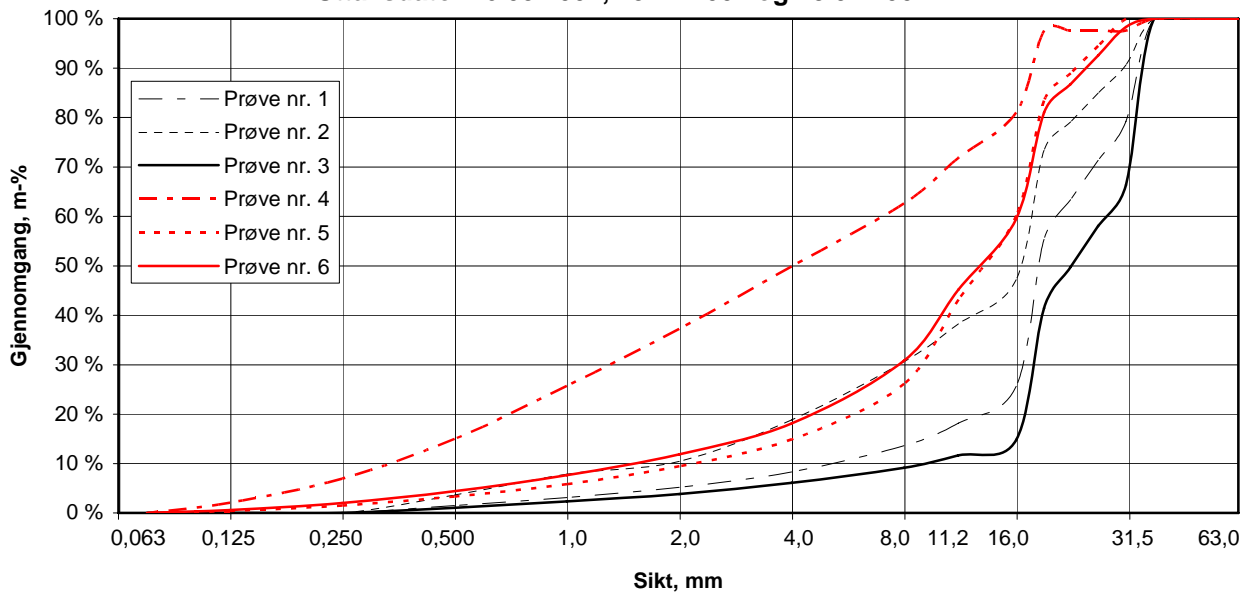
KORNGRADERING – SIKTEKURVER – FORNEBU

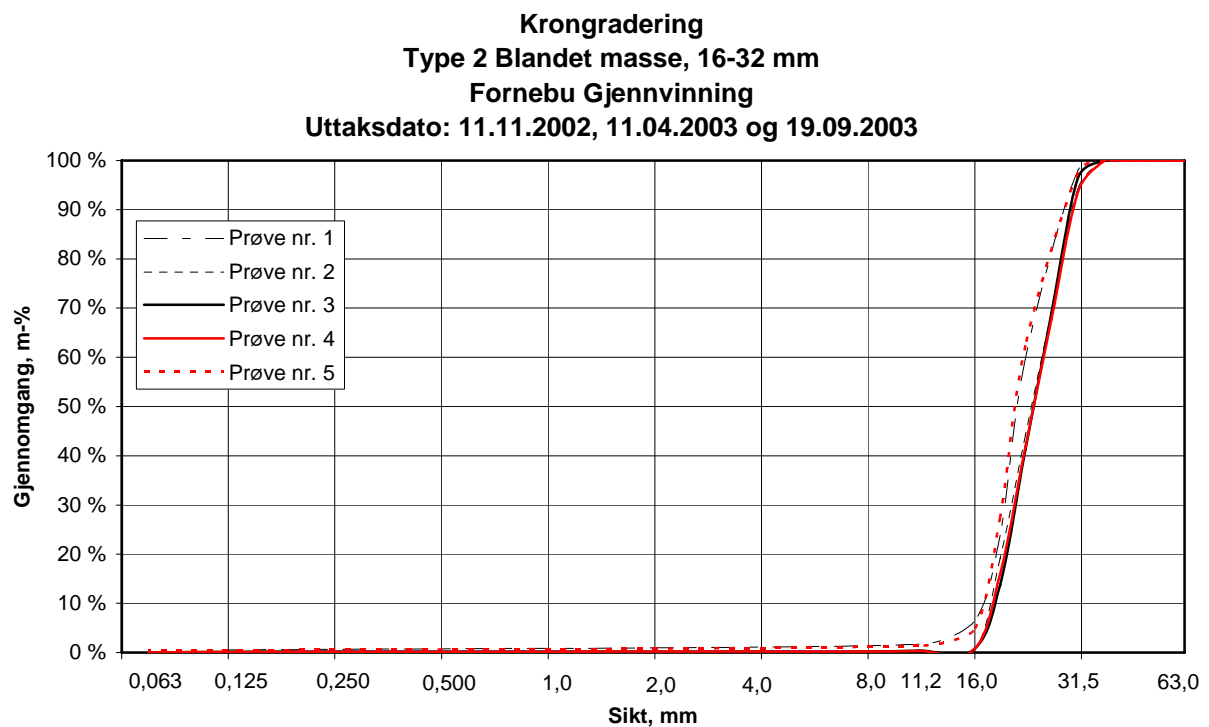
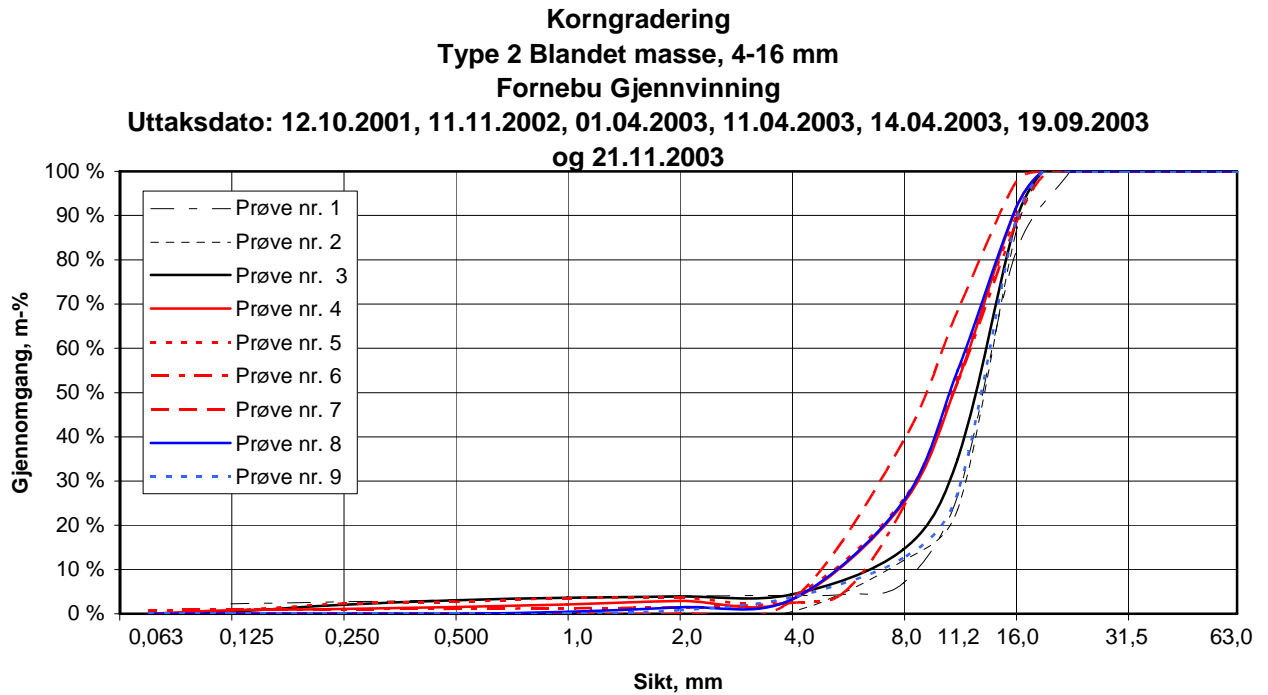


Korngradering
Type 1 Knust betong, 0-25 mm
Fornebu Gjenvinning
Uttaksdato: 19.09.2003



Korngradering
Type 2 Blandet masse, 0-50 mm
Fornebu Gjenvinning
Uttaksdato: 26.05.2001, 15.11.2001 og 18.04.2002





OVER- OG UNDERSTØRRELSER – GJP-1

Over- og understørrelser	d/2	1,4D	2D
Type 2 Blandet masse 10-20 mm	5 mm (4 mm)	28 mm (26,5 mm)	40 mm
1-1	2,0 %	99,0 %	100,0 %
1-2	1,0 %	100,0 %	100,0 %
1-3	1,0 %	99,0 %	100,0 %
Gjennomsnitt	1,3 %	99,3 %	100,0 %
Standardavvik	0,6 %	0,6 %	0,0 %
2-1	19,0 %	100,0 %	100,0 %
2-2	12,0 %	100,0 %	100,0 %
2-3	31,0 %	100,0 %	100,0 %
Gjennomsnitt	20,7 %	100,0 %	100,0 %
Standardavvik	9,6 %	0,0 %	0,0 %
3-1	1,0 %	100,0 %	100,0 %
3-2	1,0 %	100,0 %	100,0 %
3-3	1,0 %	100,0 %	100,0 %
Gjennomsnitt	1,0 %	100,0 %	100,0 %
Standardavvik	0,0 %	0,0 %	0,0 %
4-1	5,0 %	100,0 %	100,0 %
4-2	3,0 %	99,0 %	100,0 %
4-3	5,0 %	100,0 %	100,0 %
Gjennomsnitt	4,3 %	99,7 %	100,0 %
Standardavvik	1,2 %	0,6 %	0,0 %
6-1 ¹⁾	14,0 %	100,0 %	100,0 %
6-2 ¹⁾	10,0 %	100,0 %	100,0 %
6-3 ¹⁾	7,0 %	100,0 %	100,0 %
Gjennomsnitt	10,3 %	100,0 %	100,0 %
Standardavvik	3,5 %	0,0 %	0,0 %
Totalt gjennomsnitt	7,5 %	99,8 %	100,0 %
Totalt standardavvik	8,6 %	0,4 %	0,0 %

¹⁾ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

Over- og understørrelser Type 2 Blandet masse 38-120 mm	d/2 19 mm	1,4D 168 mm	2D 240 mm
1-1	4,0 %	100,0 %	100,0 %
1-2	9,0 %	100,0 %	100,0 %
1-3	9,0 %	100,0 %	100,0 %
Gjennomsnitt	7,3 %	100,0 %	100,0 %
Standardavvik	2,9 %	0,0 %	0,0 %
2-1	4,0 %	100,0 %	100,0 %
2-2	3,0 %	100,0 %	100,0 %
2-3	6,0 %	100,0 %	100,0 %
Gjennomsnitt	4,3 %	100,0 %	100,0 %
Standardavvik	1,5 %	0,0 %	0,0 %
3-1	3,0 %	100,0 %	100,0 %
3-2	9,0 %	100,0 %	100,0 %
3-3	8,0 %	100,0 %	100,0 %
Gjennomsnitt	6,7 %	100,0 %	100,0 %
Standardavvik	3,2 %	0,0 %	0,0 %
4-1	2,0 %	100,0 %	100,0 %
4-2	1,0 %	100,0 %	100,0 %
4-3	2,0 %	100,0 %	100,0 %
Gjennomsnitt	1,7 %	100,0 %	100,0 %
Standardavvik	0,6 %	0,0 %	0,0 %
6-1	2,0 %	100,0 %	100,0 %
6-2	1,0 %	100,0 %	100,0 %
6-3	1,0 %	100,0 %	100,0 %
Gjennomsnitt	1,3 %	100,0 %	100,0 %
Standardavvik	0,6 %	0,0 %	0,0 %
Totalt gjennomsnitt	4,3 %	100,0 %	100,0 %
Totalt standardavvik	3,1 %	0,0 %	0,0 %

FINSTOFFINNHold, INNHOLD AV MATERIALE < 0,020 MM OG GRADERINGSTALL – GJP-1

Type 2 Blandet masse 10-20 mm	Finstoffinnhold og innhold av materiale < 0,020 mm		Graderingstall C _u
	% < 0,075 mm av < 19 mm	% < 0,020 mm av < 19 mm	
Uttak 1-1	6,80	Ikke utført	2,6
Uttak 1-2	6,10	Ikke utført	2,0
Uttak 1-3	5,10	Ikke utført	1,9
Gjennomsnitt	6,00	---	2,2
Standardavvik	0,85	---	0,4
Uttak 2-1	4,70	3,80	30,7 ¹⁾
Uttak 2-2	4,80	2,70	27,7
Uttak 2-3	5,90	4,30	40,4
Gjennomsnitt	5,13	3,60	32,9
Standardavvik	0,67	0,82	6,6
Uttak 3-1	1,60	Ikke utført	1,7
Uttak 3-2	1,10	Ikke utført	1,7
Uttak 3-3	1,70	Ikke utført	1,7
Gjennomsnitt	1,47	---	1,7
Standardavvik	0,32	---	0,0
Uttak 4-1	1,30	0,70	2,6
Uttak 4-2	1,20	0,30	2,0
Uttak 4-3	2,40	1,10	2,9
Gjennomsnitt	1,63	0,70	2,5
Standardavvik	0,67	0,40	0,5
Uttak 6-1 ²⁾	4,70	1,50	33,4
Uttak 6-2 ²⁾	5,30	2,30	20,9
Uttak 6-3 ²⁾	4,70	1,60	3,4
Gjennomsnitt	4,90	1,80	19,2
Standardavvik	0,35	0,44	15,1
Total gj.snitt	3,83	2,03	11,7
Total st.avvik	2,12	1,46	14,4

¹⁾ C_u uttrykt ved C₇₅/C₂₅ i stedet for C₆₀/C₁₀

²⁾ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

INNHOLD AV MATERIALE < 0,020 MM – RESIBA

Type 2 Blandet masse sortering 0-10 mm fra RESIBA havner i telefarlighetsgruppe 2 "Litt telefarlig", dvs. innhold av materiale < 0,020 mm på 3-12 % (masse-%).

FINSTOFFINNHOLD OG GRADERINGSTALL - FORNEBU

Type 2 Blandet masse 0-4 mm	Finstoffinnhold Innhold av materiale < 0,075 mm av materiale < 19 mm (%)	Graderingstall C _u
1	3,3	4,9
2	5,3	12,8
Gjennomsnitt	4,3	8,9
Standardavvik	1,41	5,59

Type 2 Blandet masse 0-25 mm	Finstoffinnhold Innhold av materiale < 0,075 mm av materiale < 19 mm (%)	Graderingstall C _u
1	2,2	20,1

Type 2 Blandet masse 0-50 mm	Finstoffinnhold Innhold av materiale < 0,075 mm av materiale < 19 mm (%)	Graderingstall C _u
1	0,0	4,7
2	0,0	19,5
3	0,0	3,5
4	3,4	27,3
5	0,7	7,9
6	0,8	11,2
Gjennomsnitt	0,8	12,4
Standardavvik	1,32	9,30

Type 2 Blandet masse 4-16 mm	Finstoffinnhold Innhold av materiale < 0,075 mm av materiale < 19 mm (%)	Graderingstall C _u
1	---	---
2	0,0	2,3
3	0,9	2,3
4	0,5	2,3
5	0,4	2,4
6	---	---
7	0,0	2,3
8	0,0	2,4
9	0,0	2,3
Gjennomsnitt	0,3	2,3
Standardavvik	0,36	0,05

Type 2 Blandet masse 16-32 mm	Finstoffinnhold Innhold av materiale < 0,075 mm av materiale < 19 mm (%)	Graderingstall C _u
1	---	---
2	0,0	1,4
3	0,4	1,4
4	0,3	1,4
5	---	---
Gjennomsnitt	0,2	1,4
Standardavvik	0,20	0,00

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 3: MATERIALSAMMENSETNING

- Materialsammensetning, Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, Gjp-1
- Materialsammensetning, Type 1 Knust betong, 10-20 mm, Gjp-1
- Materialsammensetning, Type 2 Blandet masse, 38-120 mm
- Materialsammensetning, Type 1 Knust betong, 8-22 mm, Gjp-2 (2002)
- Materialsammensetning, Type 1 Knust betong, 10-22 mm Gjp-2 (2004)
- Materialsammensetning, Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, RESIBA
- Materialsammensetning, Type 2 Blandet masse, 8-16 mm, RESIBA
- Materialsammensetning, Type 2 Blandet masse, 20-120 mm, RESIBA
- Materialsammensetning, Type 1 Knust betong, 8-12 mm, 8-16 mm og 10-20 mm, RESIBA
- Materialsammensetning, Type 2 Blandet masse, 4-16 mm, Fornebu
- Materialsammensetning, Type 2 Blandet masse, 16-32 mm, Fornebu

Bestemmelse av materialsammensetning er utført etter prEN 933-11.

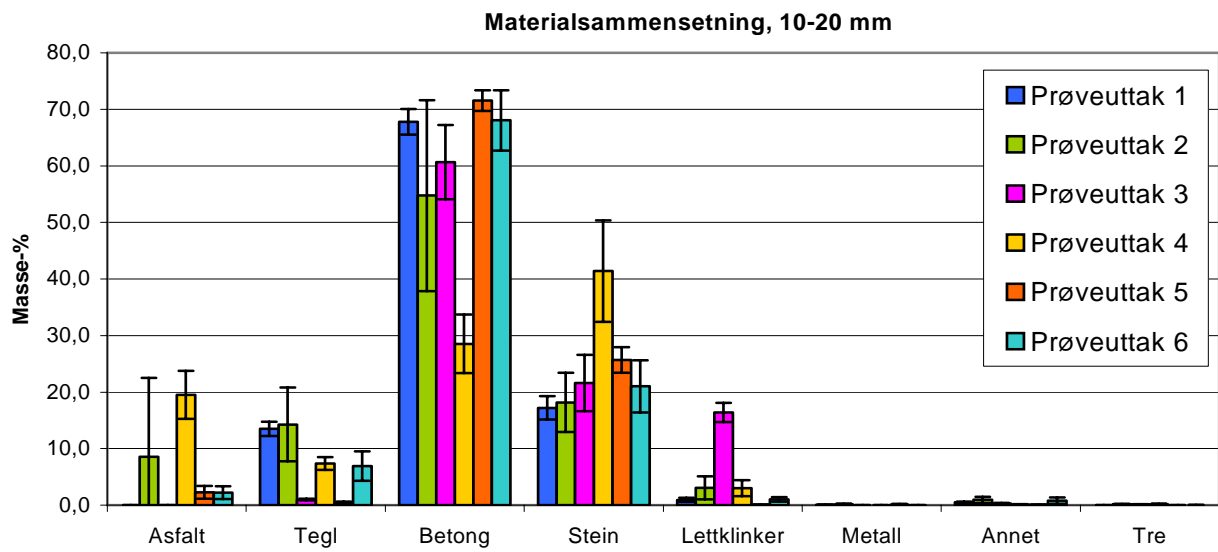
Avvik fra standard: Standard angir bestemmelse av materialsammensetningen opp til 63 mm, for sorteringen 38-120 mm er det materialsammensetningen bestemt på hele fraksjonen. På Fornebu-prosjektet ble det resirkulerte materialet delt i materialtypene betong/naturtilslag og mur. De to første RESIBA-forsøkene ble gjort før standarden kom, men prøvemethoden stemmer i hovedsak med standard.

MATERIALSAMMENSETNING – GJP-1

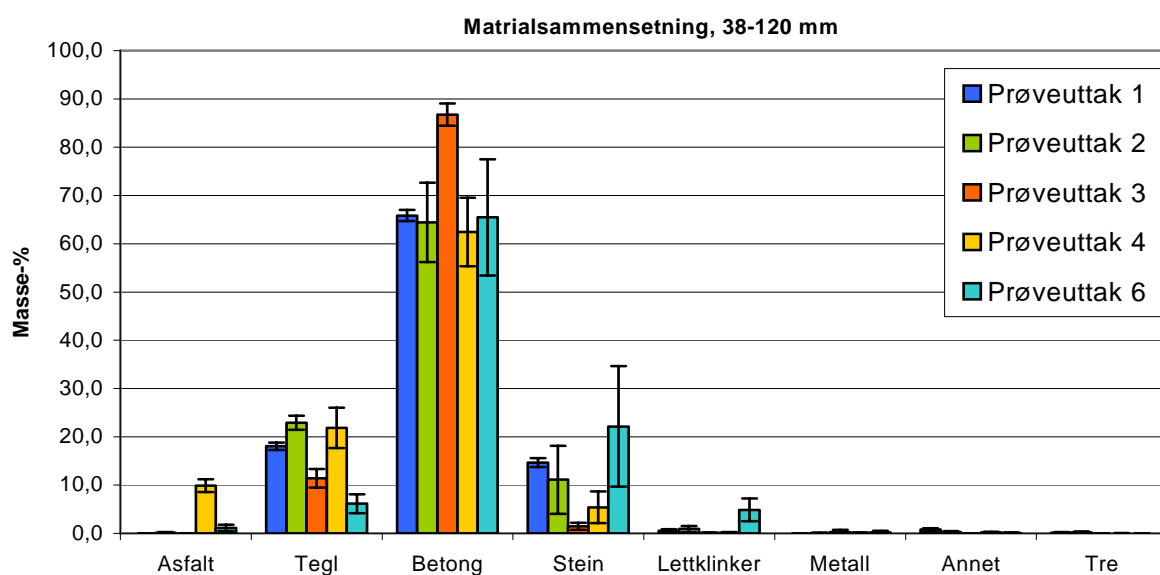
Type 2 Blandet masse 10-20 mm	Materialsammensetning, masseprosent							
	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Metall	Annet	Tre
Uttak 1-1	0,0	15,0	67,1	16,0	1,3	0,0	0,6	0,0
Uttak 1-2	0,0	13,1	65,9	19,6	1,0	0,1	0,4	0,0
Uttak 1-3	0,0	12,6	70,3	16,0	0,6	0,0	0,5	0,0
Gjennomsnitt	0,0	13,6	67,8	17,2	0,9	0,0	0,5	0,0
Standardavvik	0,0	1,3	2,3	2,1	0,4	0,1	0,1	0,0
Uttak 2-1	25,1	22,0	35,8	15,3	0,8	0,3	0,6	0,1
Uttak 2-2	1,3	10,7	67,9	13,6	4,7	0,0	1,6	0,2
Uttak 2-3	0,5	10,7	60,7	23,4	3,7	0,1	0,7	0,2
Gjennomsnitt	9,0	14,5	54,8	17,4	3,1	0,1	1,0	0,2
Standardavvik	14,0	6,5	16,9	5,2	2,0	0,2	0,5	0,1
Uttak 3-1	0,0	1,1	68,5	15,6	14,4	0,0	0,1	0,2
Uttak 3-2	0,0	0,9	57,4	24,2	17,1	0,0	0,3	0,1
Uttak 3-3	0,0	0,9	56,9	24,3	17,5	0,0	0,3	0,1
Gjennomsnitt	0,0	1,0	60,9	21,4	16,3	0,0	0,3	0,1
Standardavvik	0,0	0,1	6,6	5,0	1,7	0,0	0,1	0,1
Uttak 4-1	15,3	7,2	26,2	48,3	2,9	0,0	0,0	0,0
Uttak 4-2	21,5	6,7	27,0	40,6	4,0	0,0	0,1	0,0
Uttak 4-3	23,5	8,8	35,5	30,4	1,2	0,0	0,2	0,4
Gjennomsnitt	20,1	7,6	29,6	39,8	2,7	0,0	0,1	0,1
Standardavvik	4,3	1,1	5,1	9,0	1,4	0,0	0,1	0,2
Uttak 6-11)	1,4	10,0	61,4	25,3	0,7	0,0	1,2	0,1
Uttak 6-21)	1,7	4,8	69,7	22,2	1,4	0,0	0,2	0,0
Uttak 6-31)	3,5	7,0	71,3	16,2	0,8	0,0	1,2	0,0
Gjennomsnitt	2,2	7,2	67,5	21,2	1,0	0,0	0,9	0,0
Standardavvik	1,1	2,6	5,3	4,6	0,4	0,0	0,6	0,0
Totalt gj.snitt	6,3	8,8	56,1	23,4	4,8	0,0	0,5	0,1
Totalt st.avvik	9,7	5,8	16,4	4,6	6,1	0,1	0,5	0,1

¹⁾ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

Type 1 Knust betong 10-20 mm	Materialsammensetning, masseprosent							
	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Metall	Annet	Tre
Uttak 5-1	1,3	0,3	73,1	25,1	0,0	0,2	0,1	0,0
Uttak 5-2	2,1	0,2	69,5	28,1	0,0	0,0	0,1	0,0
Uttak 5-3	3,5	0,6	72,1	23,7	0,1	0,0	0,0	0,0
Gjennomsnitt	2,3	0,4	71,6	25,6	0,0	0,1	0,0	0,0
Standardavvik	1,1	0,3	1,8	2,3	0,0	0,1	0,0	0,0



Type 2 Blandet masse 38-120 mm	Materialsammensetning, masseprosent							
	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Metall	Annet	Tre
Uttak 1-1	0,0	17,1	67,1	13,6	0,9	0,0	1,1	0,2
Uttak 1-2	0,0	18,5	64,8	15,4	0,4	0,0	0,7	0,2
Uttak 1-3	0,0	18,4	65,7	14,9	0,3	0,0	0,6	0,0
Gjennomsnitt	0,0	18,0	65,9	14,6	0,5	0,0	0,8	0,1
Standardavvik	0,0	0,8	1,2	0,9	0,3	0,0	0,3	0,1
Uttak 2-1	0,3	22,6	55,5	19,1	1,5	0,1	0,5	0,4
Uttak 2-2	0,0	21,5	71,5	5,9	0,9	0,1	0,0	0,0
Uttak 2-3	0,0	24,5	66,6	8,2	0,3	0,1	0,2	0,2
Gjennomsnitt	0,1	22,9	64,5	11,0	0,9	0,1	0,2	0,2
Standardavvik	0,2	1,5	8,2	7,1	0,6	0,0	0,2	0,2
Uttak 3-1	0,0	9,9	87,6	1,7	0,0	0,8	0,0	0,0
Uttak 3-2	0,0	10,6	88,6	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0
Uttak 3-3	0,0	13,6	84,1	2,1	0,2	0,0	0,0	0,0
Gjennomsnitt	0,0	11,4	86,7	1,5	0,1	0,3	0,0	0,0
Standardavvik	0,0	2,0	2,3	0,7	0,1	0,5	0,0	0,0
Uttak 4-1	11,5	26,6	56,0	5,4	0,3	0,1	0,1	0,0
Uttak 4-2	9,4	18,6	70,1	1,5	0,0	0,0	0,3	0,1
Uttak 4-3	9,0	20,4	62,1	8,0	0,1	0,1	0,3	0,0
Gjennomsnitt	10,0	21,9	62,7	5,0	0,1	0,1	0,2	0,0
Standardavvik	1,3	4,2	7,1	3,3	0,2	0,1	0,1	0,0
Uttak 6-1	0,8	6,3	68,2	20,6	4,0	0,0	0,0	0,0
Uttak 6-2	0,6	8,2	50,9	36,9	2,8	0,6	0,0	0,0
Uttak 6-3	1,8	4,4	73,9	12,4	7,3	0,0	0,2	0,0
Gjennomsnitt	1,1	6,3	64,3	23,3	4,7	0,2	0,1	0,0
Standardavvik	0,6	1,9	12,0	12,5	2,3	0,3	0,1	0,0
Totalt gj.snitt	2,2	16,1	68,8	11,1	1,3	0,1	0,3	0,1
Totalt st.avvik	4,1	6,9	11,2	9,7	2,0	0,2	0,3	0,1



MATERIALSAMMENSETNING – GJP-2

Type 1 Knust betong 8-22 mm	Materialsammensetning, masseprosent					
	Asfalt	Andre byggematr. (hovedsakt. tegl)	Betong og mørtel	Stein	Lettklinker	Div. (ståltråd, glass, papir)
2002-1	6,2	1,6	52,5	39,6	0,0	0,1
2002-2	0,9	4,6	70,4	23,0	0,6	0,5
Gjennomsnitt	3,6	3,1	61,5	31,3	0,3	0,3
Standardavvik	3,7	2,1	12,7	11,7	0,4	0,3

Feil! Ugyldig kobling.

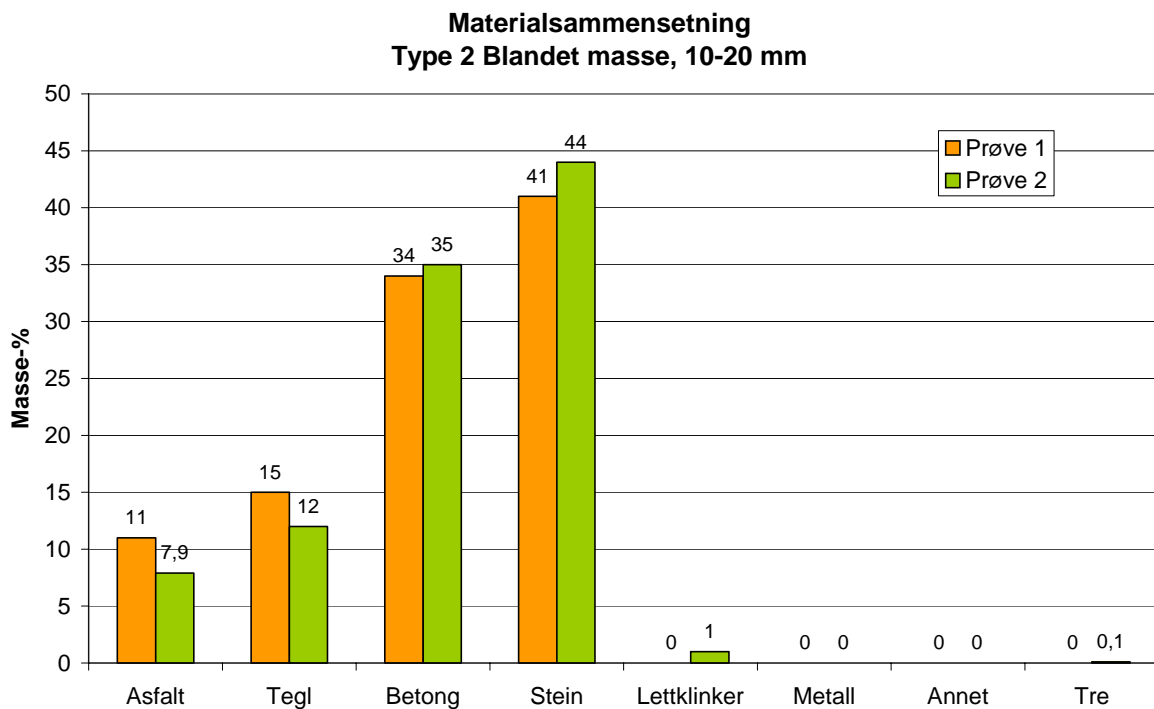
Type 1 Knust betong 10-22 mm	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Metall	Annet	Tre	Glass
2004	1,1	4,3	59,8	33,4	1,1	0,0	0,1	0,1	0,2

Feil! Ugyldig kobling.

MATERIALSAMMENSETNING - RESIBA

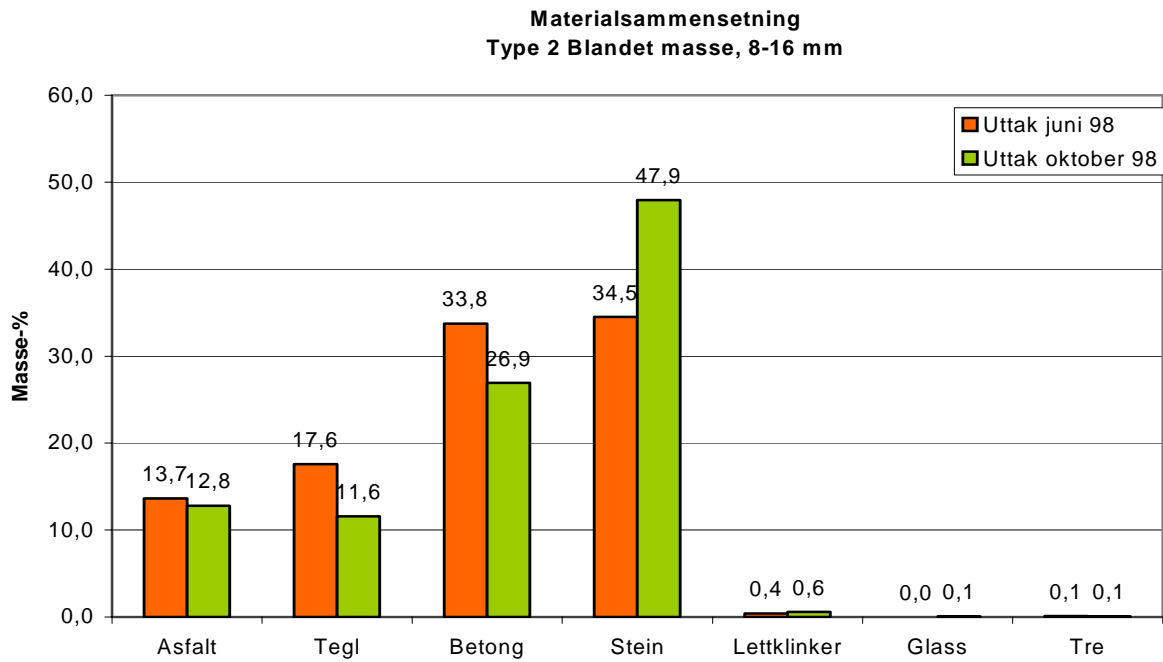
Type 2 Blandet masse 10-20 mm	Materialsammensetning, masseprosent							
	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Metall	Annet	Tre
Prøve 1	11	15	34	41	0	0	0	0
Prøve 2	7,9	12	35	44	1	0	0	0,1
Gjennomsnitt	9,5	13,5	34,5	42,5	0,5	0,0	0,0	0,1
Standardavvik	2,2	2,1	0,7	2,1	0,7	0,0	0,0	0,1

Materiale fra Miljøpåvirkning ved bruk av resirkulert tilslag



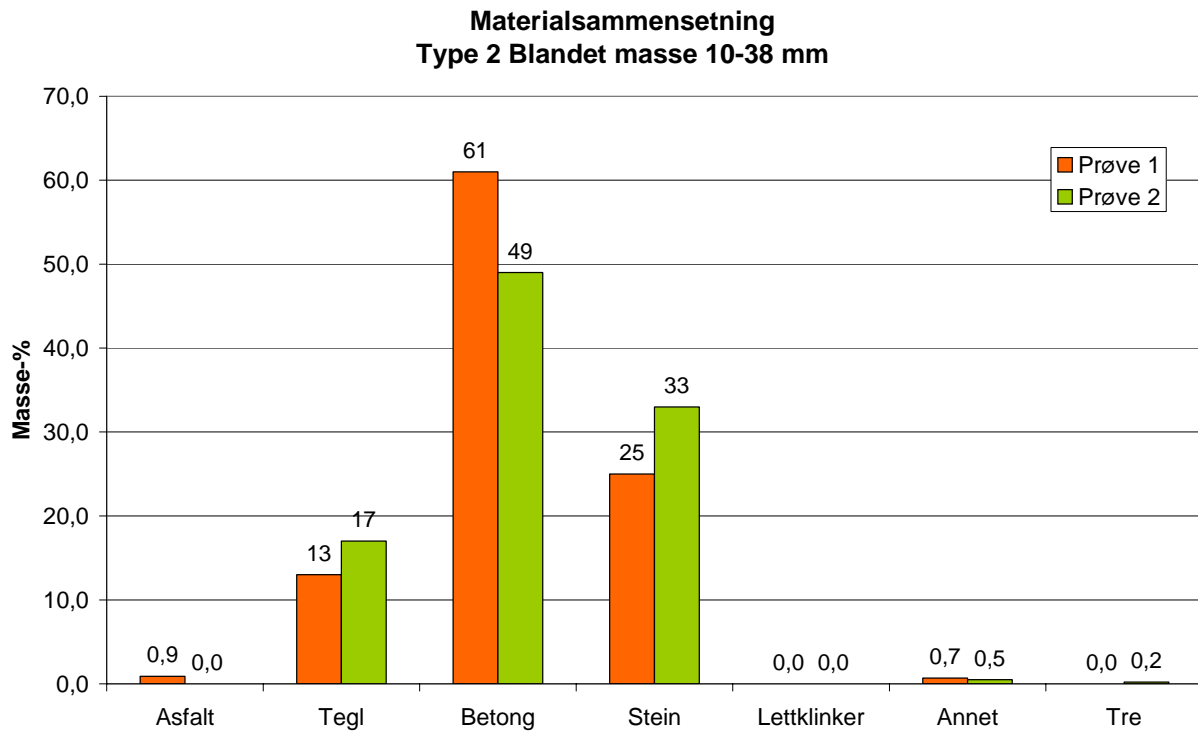
Type 2 Blandet masse 8-16 mm	Materialsammensetning, masseprosent						
	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Glass	Tre
1	13,7	17,6	33,8	34,5	0,4	0,0	0,1
2	12,8	11,6	26,9	47,9	0,6	0,1	0,1
Gjennomsnitt	13,2	14,6	30,3	41,2	0,5	0,0	0,1
Standardavvik	0,6	4,2	4,8	9,5	0,1	0,1	0,0

Materiale fra NBIs Forundersøkelse



Type 2 Blandet masse 10-38 mm	Materialsammensetning, masseprosent						
	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Annet	Tre
1	0,9	13	61	25	0,0	0,7	0,0
2	0,0	17	49	33	0,0	0,5	0,2
Gjennomsnitt	0,5	15	55	29	0,0	0,6	0,1
Standardavvik	0,6	2,8	8,5	5,7	0,0	0,1	0,1

Materiale fra Miljøpåvirkning ved bruk av resirkulert tilslag

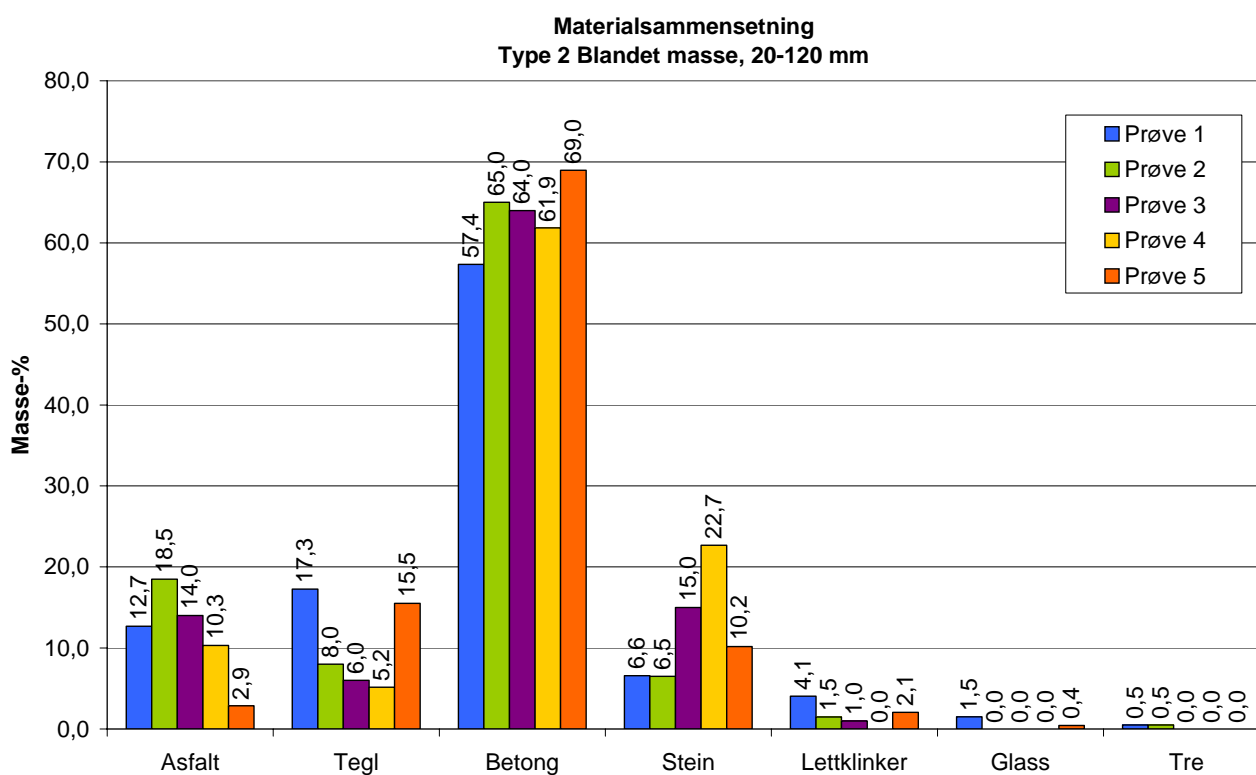


Type 2 Blandet masse 20-120 mm	Materialsammensetning, masseprosent						
	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Glass	Tre
1	12,7	17,3	57,4	6,6	4,1	1,5	0,5
2	18,5	8,0	65,0	6,5	1,5	0,0	0,5
3	14,0	6,0	64,0	15,0	1,0	0,0	0,0
4	10,3	5,2	61,9	22,7	0,0	0,0	0,0
5	2,9	15,5	69,0	10,2	2,1	0,4 ¹⁾	0,0 ²⁾
Gjennomsnitt	11,7	10,4	63,4	12,2	1,7	0,4	0,2
Standardavvik	5,8	5,6	4,3	6,8	1,5	0,7	0,3

Prøve 1-4 er fra tester utført på masser fra G/S-veg Skøyen, prøve 5 er fra RESIBAs avsluttende prøveserie

¹⁾ Annet mineralisk

²⁾ Organisk



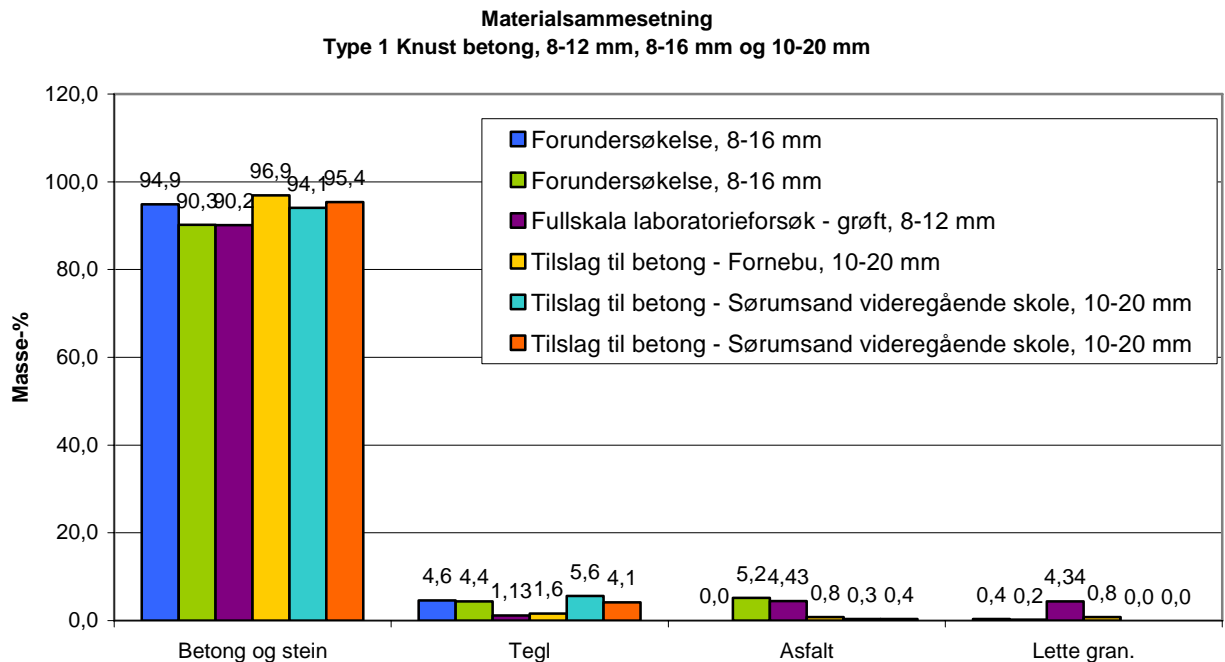
Type 1 Krust betong	Materialsammensetning masse-%			
	Asfalt	Tegl	Betong og stein	Lette gran.
8-16 mm ¹	0,0	4,6	94,9	0,4
8-16 mm ¹	5,2	4,4	90,3	0,2
8-12 mm ²	4,43	1,13	90,2	4,34
10-20 mm ³	0,8	1,6	96,9	0,8
10-20 mm ⁴	0,3	5,6	94,1	0,0
10-20 mm ⁴	0,4	4,1	95,4	0,0
Gjennomsnitt	1,8	3,6	93,6	0,9
Standardavvik	2,3	1,8	2,8	1,7

¹ RESIBAs Forundersøkelse

² Fullskala laboratorieforsøk – grøft

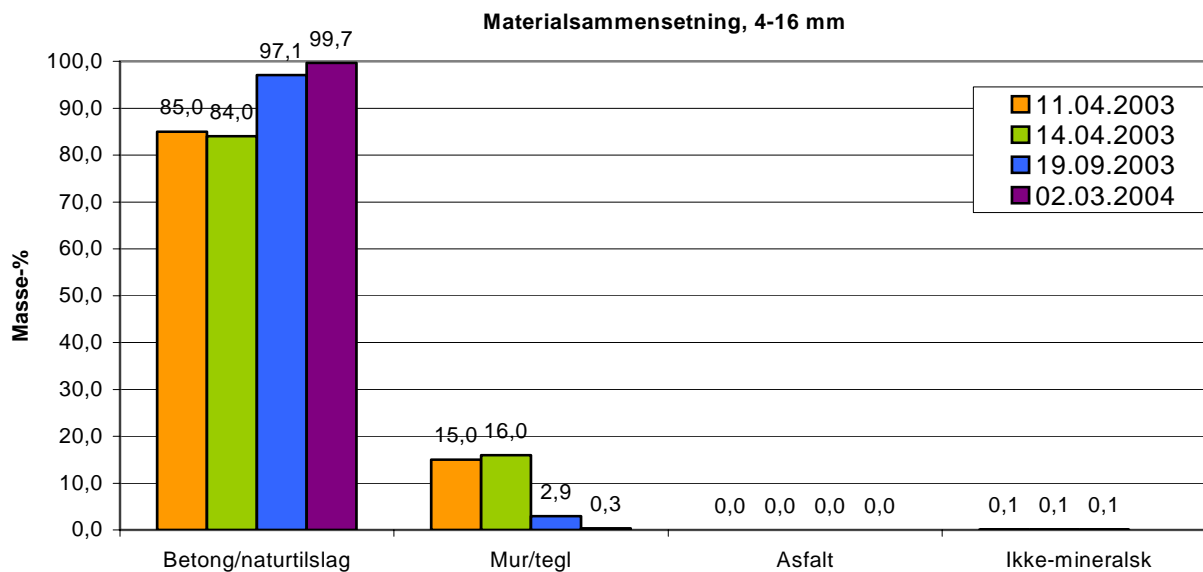
³ Tilslag til betong – Fornebu

⁴ Tilslag til betong – Sørumsand videregående skole

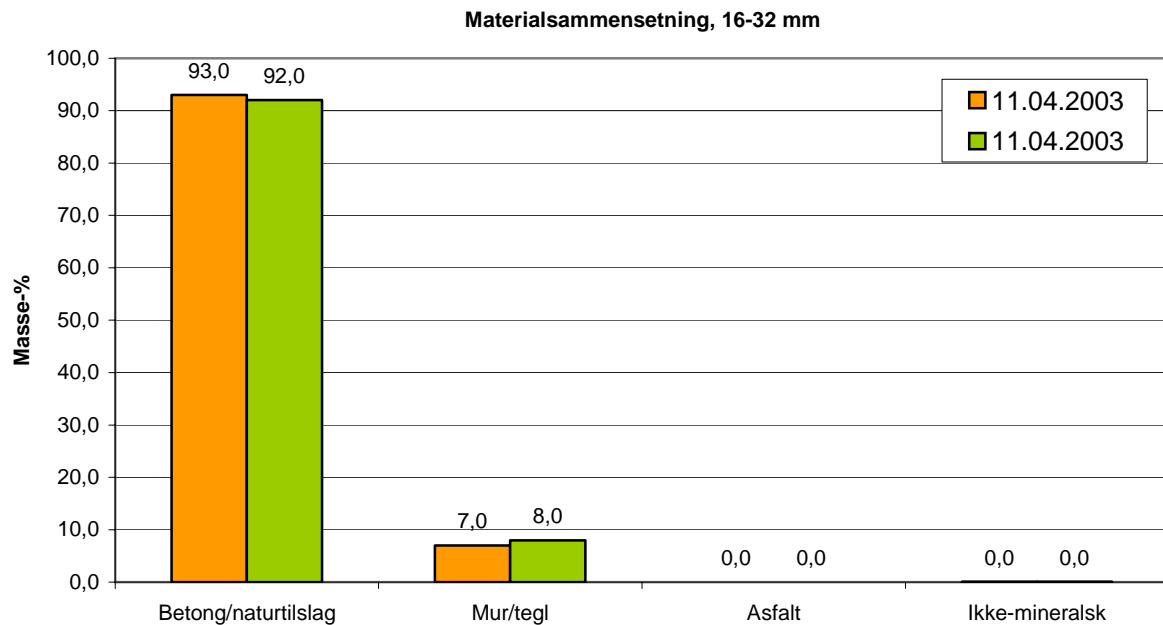


MATERIALSAMMENSETNING - FORNEBU

Type 2 Blandet masse 4-16 mm	Materialsammensetning, masse-%				Gj.snitt	St.avvik
	1 (14.04.03)	2 (11.04.03)	3 (19.09.03)	4 (02.03.04)		
Betong/naturtilslag	84,0	85,0	97,1	99,7	91,4	8,1
Mur/tegl	16,0	15,0	2,9	0,3	8,6	8,1
Asfalt	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ikke-mineralsk	0,1	0,1	0,1	---	0,1	0,0



Type 2 Blandet masse 16-32 mm	Materialsammensetning, masse-%			
	1 (11.04.2003)	2 (11.04.2003)	Gj.snitt	St.avvik
Betong/naturtilslag	93,0	92,0	92,5	0,69
Mur/tegl	7,0	8,0	7,5	0,69
Asfalt	0,0	0,0	0,0	0,00
Ikke-mineralsk	0,0	0,0	0,0	0,00



GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 4: ORGANISK MATERIALE (HUMUSINNHOLD)

- Innhold av organisk materiale, Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, Gjp-1
- Innhold av organisk materiale, Type 1 Knust betong, 10-22 mm, Gjp-2

Bestemmelse av innhold av organisk materiale er bestemt etter glødetapsmetoden i henhold til Statens vegvesens Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser.

INNHold AV ORGANISK MATERIALE – GJP-1

Type 2 Blandet masse 10-20 mm	Humusinnhold (%) glødetap
Uttak 1-1	2,4
Uttak 1-2	2,3
Uttak 1-3	2,5
Gjennomsnitt	2,4
Standardavvik	0,1
Uttak 2-1	2,4
Uttak 2-2	2,3
Uttak 2-3	2,5
Gjennomsnitt	2,4
Standardavvik	0,1
Uttak 3-1	4,6
Uttak 3-2	4,5
Uttak 3-3	4,4
Gjennomsnitt	4,5
Standardavvik	0,1
Uttak 4-1	4,1
Uttak 4-2	4,3
Uttak 4-3	3,9
Gjennomsnitt	4,1
Standardavvik	0,2
Uttak 6-1 ¹⁾	11,2
Uttak 6-2 ¹⁾	11,0
Uttak 6-3 ¹⁾	12,0
Gjennomsnitt	11,4
Standardavvik	0,5
Total gjennomsnitt	4,96
Total standardavvik	3,73

¹⁾ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

INNHold AV ORGANISK MATERIALE – GJP-2

Type 1 Knust betong 10-22 mm	Humusinnhold (%) glødetap
2004-1	4,0
2004-2	4,5
2004-3	3,8
Gjennomsnitt	4,1
Standardavvik	0,36

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 5: KORNFØRM (FLISIGHETSINDEKS)

- Kornform (flisighetsindeks), Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, Gjp-1
- Kornform (flisighetsindeks), Type 1 Knust betong, 10-22 mm, Gjp-2 (2004)
- Kornform (flisighetsindeks), Type 1 Knust betong, 10-20 mm RESIBA (avsluttende prøveserie)

Bestemmelse av kornform (flisighetsindeks) er utført i henhold til NS-EN 933-3.

KORNFORM – FLISIGHETSINDEKS – GJP-1

Type 2 Blandet masse 10-20 mm	Kornform, FI-tall
1-1	15
1-2	13
1-3	---
Gjennomsnitt	14
Standardavvik	1,2
2-1	15
2-2	16
2-3	16
Gjennomsnitt	15
Standardavvik	0,6
3-1	10
3-2	9
3-3	12
Gjennomsnitt	10
Standardavvik	1,3
4-1	12
4-2	9
4-3	9
Gjennomsnitt	10
Standardavvik	1,5
6-1 ¹⁾	16
6-2 ¹⁾	9
6-3 ¹⁾	7
Gjennomsnitt	11
Standardavvik	5,0
Totalt gjennomsnitt	11,93
Totalt standardavvik	3,21

¹⁾ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

KORNFORM – FLISIGHETSINDEKS – GJP-2

Type 1 Knust betong 10-22 mm	Kornform, FI-tall
2004-1	14
2004-2	11
2004-3	11
Gjennomsnitt	12,7
Standardavvik	1,9

KORNFORM – FLISIGHETSINDEKS – RESIBA

FI-tall for RESIBA Type 1 Knust betong, 10-20 mm er 10.

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 6: MEKANISK STYRKE (LOS ANGELES)

- Mekanisk styrke, Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, Gjp-1
- Mekanisk styrke, Type 2 Blandet masse, 38-120 mm, Gjp-1
- Mekanisk styrke, Type 1 Knust betong, 10-20 mm, Gjp-1
- Mekanisk styrke, Type 1 Knust betong, Gjp-3, 10-14 mm og 31,5-50 mm
- Mekanisk styrke, Type 1 Knust betong, Gjp-3, 10-14 mm og 31,5-50 mm
- Mekanisk styrke, Type 1 Knust betong og Type 2 Blandet masse, RESIBA, 10-20 mm
- Mekanisk styrke, Type 2 Blandet masse, Fornebu

Bestemmelse av mekanisk styrke er for sorteringen 10-20 m utført i henhold til NS-EN 1097-2, og for sorteringen 38-120 i henhold til ASTM C535. Avvik fra standard: For prøveuttak 5 er den mekaniske styrken bestemt på materialet som det er levert, ikke siktet til fraksjon 10-14 som angitt i standard.

MEKANISK STYRKE– LOS ANGELES – GJP-1

Type 2 Blandet masse	LA-verdi	
	10-20 mm	38-120 mm
1-1	35,0	32,0
1-2	35,0	34,0
1-3	37,0	34,0
Gjennomsnitt	35,7	33,3
Standardavvik	1,2	1,2
2-1	37,0	31,0
2-2	36,0	32,0
2-3	37,0	---
Gjennomsnitt	36,7	31,5
Standardavvik	0,6	0,7
3-1	31,0	37,0
3-2	32,0	36,0
3-3	32,0	37,0
Gjennomsnitt	31,7	36,7
Standardavvik	0,6	0,6
4-1	26,8	34,0
4-2	28,0	35,0
4-3	27,8	33,0
Gjennomsnitt	27,5	34,0
Standardavvik	0,6	1,0
6-1 ¹⁾	33,0	37,0
6-2 ¹⁾	32,0	38,0
6-3 ¹⁾	31,0	37,4
Gjennomsnitt	32,0	37,5
Standardavvik	1,0	0,5
Total gjennomsnitt	32,7	34,8
Total standardavvik	3,4	2,3

¹⁾ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

Type 1 Knust betong	LA-verdi, 10-20 mm ¹
5-1	37,4
5-2	36,4
5-3	36,6
Gjennomsnitt	36,8
Standardavvik	0,5

¹⁾ Avvik fra prøvem metode: Materialet prøvet som det var, ikke siktet til 10-14 mm

MEKANISK STYRKE – LOS ANGELES – GJP-3

E6 Melhus Type 1 Knust betong	Sortering (mm) (siktet til)	LA-verdi
1	10-14	27,26
2	31,5-50	25,74

E6 Klemetsrud Type 1 Knust betong	Sortering (mm) (siktet til)	LA-verdi
1	10-14	30,39
2	31,5-50	34,34

MEKANISK STYRKE – LOS ANGELES - RESIBA

10-20 mm	LA-verdi
Type 2 Blandet masse, sept. 2001 ¹	40,98
Type 2 Blandet masse, okt. 2001 ¹	37,96
Gjennomsnitt	39,47
Standardavvik	2,14
Type 1 Knust betong, sept. 2001 ¹	29,47
Type 1 Knust betong, juni 1998 ¹	25,39
Gjennomsnitt	27,43
Standardavvik	2,88
Type 2 Blandet masse ²	30,2

¹ RESIBA Forundersøkelse
² RESIBA Avsluttende prøveserie

MEKANISK STYRKE – LOS ANGELES - FORNEBU

Type 2 Blandet masse ¹⁾	LA-verdi
10-14 mm	
24.04.03	33,93
11.11.02	23,81
Gjennomsnitt	28,87
Standardavvik	7,15

¹⁾ etter klassifisering

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 7: KORNDENSITET OG VANNABSORPSJON

- Overflatetørr korndensitet, ovnstørr korndensitet og vannabsorpsjon, Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, Gjp-1
- Overflatetørr korndensitet, ovnstørr korndensitet og vannabsorpsjon, Type 1 Knust betong, 10-20 mm, Gjp-1
- Ovnstørr korndensitet og vannabsorpsjon, Type 1 Knust betong, 8-22 mm, Gjp-2 (2002)
- Overflatetørr korndensitet, ovnstørr korndensitet og vannabsorpsjon, Type 1 Knust betong, 10-22 mm, Gjp-2 (2004)
- Overflatetørr korndensitet, ovnstørr korndensitet og vannabsorpsjon, Type 1 Knust betong, 0,075-4 mm og 4-31,5 mm, Gjp-3
- Overflatetørr korndensitet, ovnstørr korndensitet og vannabsorpsjon, Type 1 Knust betong, 4-31,5 mm, Gjp-3
- Overflatetørr korndensitet, ovnstørr korndensitet og vannabsorpsjon, Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, RESIBA
- Overflatetørr korndensitet, ovnstørr korndensitet og vannabsorpsjon, Type 1 Knust betong, 10-20 mm, RESIBA
- Overflatetørr korndensitet, ovnstørr korndensitet og vannabsorpsjon, Type 2 Blandet masse, 4-16 mm, Fornebu
- Overflatetørr korndensitet, ovnstørr korndensitet og vannabsorpsjon, Type 2 Blandet masse, 16-32 mm, Fornebu

Bestemmelse av korndensitet og vannabsorpsjon er utført i henhold til NS-EN 1097-6. På Fornebu-prosjektet er testene utført i henhold til Statens vegvesens håndbok 014 laboratorieundersøkelser, prosedyre nr. 14.423.

KORNDENSITET OG VANNABSORPSJON – GJP-1

Type 2 Blandet masse 10-20 mm	Korndensitet Overflatetørr, ρ_{ssd} (g/cm³)	Korndensitet Ovnstørr, ρ_{rd} (g/cm³)	Vannabsorpsjon WA₂₄ (%)
Uttak 1-1	2,35	2,17	8,23
Uttak 1-2	2,38	2,22	7,07
Uttak 1-3	2,38	2,22	7,18
Gjennomsnitt	2,37	2,21	7,49
Standardavvik	0,02	0,03	0,64
Uttak 2-1	2,28	2,09	9,38
Uttak 2-2	2,29	2,09	9,45
Uttak 2-3	2,29	2,09	9,40
Gjennomsnitt	2,29	2,09	9,41
Standardavvik	0,00	0,00	0,04
Uttak 3-1	2,27	2,14	6,25
Uttak 3-2	2,25	2,13	5,86
Uttak 3-3	2,28	2,15	5,76
Gjennomsnitt	2,27	2,14	5,95
Standardavvik	0,01	0,01	0,26
Uttak 4-1	2,29	2,18	5,09
Uttak 4-2	2,28	2,16	5,69
Uttak 4-3	2,29	2,16	5,69
Gjennomsnitt	2,29	2,17	5,49
Standardavvik	0,00	0,01	0,35
Uttak 6-1 ¹⁾	2,33	2,16	8,20
Uttak 6-2 ¹⁾	2,34	2,17	8,15
Uttak 6-3 ¹⁾	2,30	2,11	9,12
Gjennomsnitt	2,32	2,14	8,49
Standardavvik	0,02	0,03	0,55
Totalt gjennomsnitt	2,31	2,15	7,37
Totalt standardavvik	0,04	0,04	1,66

¹⁾ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

Type 1 Knust betong 10-20 mm	Korndensitet Overflatetørr, ρ_{ssd} (g/cm³)	Korndensitet Ovnstørr, ρ_{rd} (g/cm³)	Vannabsorpsjon WA₂₄ (%)
Uttak 5-1	2,28	2,14	6,14
Uttak 5-2	2,27	2,14	5,92
Uttak 5-3	2,26	2,13	6,15
Gjennomsnitt	2,27	2,14	6,07
Standardavvik	0,01	0,01	0,13

KORNDENSITET OG VANNABSORPSJON – GJP-2

Type 1 Knust betong 8-22 mm	Korndensitet Overflatetørr, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Korndensitet Ovnstørr, ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
2002-1	---	2,513	4,4
2002-2	---	2,531	4,8
Gjennomsnitt	---	2,522	4,6
Standardavvik	---	0,013	0,28

Type 1 Knust betong 10-22 mm	Korndensitet Overflatetørr, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Korndensitet Ovnstørr, ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
2004-1	2,42	2,27	6,59
2004-2	2,42	2,26	6,77
2004-3	2,43	2,28	6,47
Gjennomsnitt	2,42	2,27	6,61
Standardavvik	0,01	0,01	0,15

KORNDENSITET OG VANNABSORPSJON – GJP-3

E6 Melhus Type 1 Krust betong	Sortering (mm)	Siktet til (mm)	Vannabsorpsjon W (%)	Korndensitet Overflatetørr, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Korndensitet Ovnstørr, ρ_{rd} (g/cm ³)
a	0-25	0,075-4	5,48	2,53	2,40
b	0-25	0,075-4	5,60	2,53	2,39
Gjennomsnitt			5,54	2,53	2,40

E6 Melhus Type 1 Krust betong	Sortering (mm)	Siktet til (mm)	Vannabsorpsjon W (%)	Korndensitet Overflatetørr, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Korndensitet Ovnstørr, ρ_{rd} (g/cm ³)
a	0-25	4-31,5	3,92	2,59	2,49
b	0-25	4-31,5	3,89	2,63	2,53
c	0-25	4-31,5	3,95	2,63	2,53
Gjennomsnitt			3,92	2,61	2,51
Standardavvik			0,03	0,02	0,02

E6 Klemetsrud Type 1 Krust betong	Siktet til (mm)	Vannabsorpsjon W (%)	Korndensitet Overflatetørr, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Korndensitet Ovnstørr, ρ_{rd} (g/cm ³)
a	4-31,5	4,06	2,51	2,41
b	4-31,5	3,85	2,52	2,43
Gjennomsnitt		3,96	2,52	2,42

KORNDENSITET OG VANNABSORPSJON – RESIBA

Type 2 Blandet masse 0-8 mm	Korndensitet overflatetørr, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Korndensitet ovnstørr, ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
1 ¹	2,19 ²	1,91	14,7
2 ¹	2,22 ²	1,97	12,8
3 ¹	2,31	2,03	14,10
4 ¹	2,53	2,16	10,20
Gjennomsnitt	2,31	2,02	12,95
Standardavvik	0,15	0,11	2,00

¹ Fra RESIBA Forundersøkelse² Utreignet etter formelen $\rho_{ssd} = \rho_{rd} (1 + w_{abs}/100)$

Type 1 Knust betong 0-8 mm	Korndensitet overflatetørr, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Korndensitet ovnstørr, ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
1 ¹	2,44	2,26	8,10
2 ¹	2,54	2,35	8,20
Gjennomsnitt	2,49	2,31	8,15
Standardavvik	0,07	0,06	0,07

¹ Fra RESIBA Forundersøkelse

Type 2 Blandet masse 10-20 mm	Korndensitet overflatetørr, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Korndensitet ovnstørr, ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
1 ¹	2,43	2,33	4,40
2 ¹	2,38 ³	2,24	6,30
3 ¹	2,41 ³	2,28	5,70
4 ¹	2,48	2,40	3,50
5 ²	2,44 ³	2,31	5,58
Gjennomsnitt	2,43	2,31	5,10
Standardavvik	0,04	0,06	1,13

¹ Fra Forundersøkelse² Fra Permeabilitetsforsøk³ Utreignet etter formelen $\rho_{ssd} = \rho_{rd} (1 + w_{abs}/100)$

Type 1 Knust betong 10-20 mm	Korndensitet overflatetørr, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Korndensitet ovnstørr, ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
1 ¹	2,48	2,37	4,55
2 ¹	2,59	2,52	2,65
3 ¹	2,41 ⁵	2,28	5,57
4 ¹	2,39 ⁵	2,28	4,80
5 ²	2,49	2,37	5,04
6 ³	2,52	2,40	4,52
7 ⁴	2,48	2,39	3,80
8 ⁴	2,47	2,40	3,10
Gjennomsnitt	2,48	2,38	4,25
Standardavvik	0,06	0,08	0,99

¹ Fra Forundersøkelse² Fra Permeabilitetsforsøk³ Fra Tilslag til betong – Sørumsand videregående skole⁴ Fra Avsluttende prøveserie⁵ Utreignet etter formelen $\rho_{ssd} = \rho_{rd} (1 + w_{abs}/100)$

KORNDENSITET OG VANNABSORPSJON – FORNEBU

Type 2 Blandet masse 4-16 mm	Korndensitet, overflatetørr, ρ_s (g/cm ³)	Korndensitet, ovnstørr, ρ_a (g/cm ³)	Absorbert vann w_{abs} (%)
1 (11.11.2002)	2,595	2,728	3,065
2 (11.11.2002)	2,569	2,710	3,324
3 (11.11.2002)	2,592	2,718	2,916
4 (19.09.2003)	2,455	2,655	5,193
5 (19.09.2003)	2,537	2,703	3,998
6 (19.09.2003)	2,499	2,705	5,081
7 (02.03.2004)	2,491	2,697	5,109
8 (02.03.2004)	2,477	2,689	5,319
9 (02.03.2004)	2,513	2,694	4,428
Gjennomsnitt	2,5	2,7	4,3
Standardavvik	0,05	0,02	0,97

Type 2 Blandet masse 16-32 mm	Korndensitet, overflatetørr, ρ_s (g/cm ³)	Korndensitet, ovnstørr, ρ_a (g/cm ³)	Absorbert vann w_{abs} (%)
1 (11.11.2002)	2,548	2,662	2,773
2 (11.11.2002)	2,530	2,660	3,206
3 (11.11.2002)	2,560	2,693	3,156
Gjennomsnitt	2,5	2,7	3,0
Standardavvik	0,02	0,02	0,24

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 8: BULKDENSITET

- Bulkdensitet, Type 2 , 10-20 mm, Gjp-1
- Bulkdensitet, Type 1 , 10-20 mm, Gjp-1
- Bulkdensitet, Type 2, 10-20 mm, Type 1, 8-12 mm og 10-20 mm, RESIBA

Bestemmelse av bulkdensitet er utført i henhold til NS-EN 1097-3, og i tillegg er det bestemt vibrert bulkdensitet etter samme metode so i RESIBA-prosjektet. På bakgrunn av løs bulkdensitet, vibrert bulkdensitet og overflatetørr partikkeldensitet er også hulromsprosenter beregnet.

BULKDENSITET OG HULROMSPROSENT – GJP-1

Type 2 Blandet masse 10-20 mm	Uvibrert bulk, ρ_b (kg/dm³)	Vibrert bulk, ρ_{bk} (kg/dm³)	Hulrom v_b (%)	Hulrom v_{bk} (%)
Uttak 1-1	1,13	1,28	52 %	45 %
Uttak 1-2	1,12	1,28	53 %	46 %
Uttak 1-3	1,11	1,28	53 %	46 %
Gjennomsnitt	1,12	1,28	53 %	46 %
Standardavvik	0,01	0,00	0,01	0,00
Uttak 2-1	1,15	1,36	49 %	41 %
Uttak 2-2	1,17	1,37	49 %	40 %
Uttak 2-2	1,16	1,35	49 %	41 %
Gjennomsnitt	1,16	1,36	49 %	40 %
Standardavvik	0,01	0,01	0,00	0,00
Uttak 3-1	1,22	1,34	46 %	41 %
Uttak 3-2	1,19	1,35	47 %	40 %
Uttak 3-3	1,20	1,32	47 %	42 %
Gjennomsnitt	1,20	1,34	47 %	41 %
Standardavvik	0,01	0,01	0,01	0,01
Uttak 4-1	1,23	1,38	47 %	40 %
Uttak 4-2	1,21	1,36	47 %	40 %
Uttak 4-3	1,23	1,40	46 %	39 %
Gjennomsnitt	1,22	1,38	47 %	40 %
Standardavvik	0,01	0,02	0,00	0,01
Uttak 6-1 ¹⁾	1,15	1,35	51 %	42 %
Uttak 6-2 ¹⁾	1,12	1,30	51 %	44 %
Uttak 6-3 ¹⁾	1,11	1,29	52 %	44 %
Gjennomsnitt	1,13	1,31	51 %	43 %
Standardavvik	0,02	0,03	0,01	0,01
Total gj.snitt	1,17	1,34	49 %	42 %
Totalt st.avvik	0,04	0,04	Ikke akt.	Ikke akt.

¹⁾ Prøveuttak 6 er i sortering 10-38 mm, ikke 10-20 mm

Type 1 Knust betong 10-20 mm	Uvibrert bulk, ρ_b (kg/dm³)	Vibrert bulk, ρ_{bk} (kg/dm³)	Hulrom v_b (%)	Hulrom v_{bk} (%)
Uttak 5-1	1,27	1,48	44 %	35 %
Uttak 5-2	1,30	1,48	43 %	35 %
Uttak 5-3	1,27	1,44	44 %	36 %
Gjennomsnitt	1,28	1,47	44 %	35 %
Standardavvik	0,02	0,02	Ikke akt.	Ikke akt.

BULKDENSITET OG HULROMSPROSENT - RESIBA

	Uvibrert bulk, ρ_b (kg/dm³)	Vibrert bulk, ρ_{bk} (kg/dm³)	Hulrom, v_b (%)	Hulrom, v_{bk} (%)
Type 2, 10-20 mm	1,23	1,31	49	46
Type 1, 8-12 mm	1,24	1,41	48	41
Type 1, 10-20 mm	1,26	1,37	49	45

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 9: KJEMISKE EGENSKAPER

- Klorid- og sulfatinnhold, Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, Gjp-1
- Klorid og sulfatinnhold, Type 1 Knust betong, 8-22 mm og 10-22 mm, Gjp-2
- Klorid- og sulfatinnhold, Type 1 Knust betong, RESIBA
- Miljøskadelige stoffer – utlekking, Type 2 Blandet masse, 10-20 mm
- Miljøskadelige stoffer – utlekking, Type 1 Knust betong og Type 2 Blandet masse, 0-10 mm, RESIBA
- Miljøskadelige stoffer – utlekking, Type 1 Knust betong og Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, RESIBA
- Miljøskadelige stoffer – utlekking, Type 1 Knust betong og Type 2 Blandet masse, 10-38 mm, RESIBA
- Miljøskadelige stoffer – utlekking, Type 2 Blandet masse, 4-16 mm og 16-32 mm, Fornebu
- Miljøskadelige stoffer – totalinnhold, Type 1 Knust betong og Type 2 Blandet masse, 10 -20 mm
- Miljøskadelige stoffer – totalinnhold, Type 2 Blandet masse, 0-10 mm og 10-20 mm, RESIBA

Bestemmelse av klorid- og sulfatinnhold er utført i henhold til NS-EN 1744-1. Analyse av utlekking av miljøskadelige stoffer er utført i henhold til NS-EN 1744-3.

KLORID- OG SULFATINNHOLD – GJP-1

Type 2 Blandet masse 10-20 mm	Vannløselige klorider vekt-%	Vannløselige sulfater vekt-%
Uttak 1-1	0,0033	0,0339
Uttak 1-2	0,0028	0,0489
Gjennomsnitt	0,0030	0,0414
Standardavvik	0,0003	0,0106
Uttak 2-1	0,0154	0,2256
Uttak 2-2	0,0112	0,2655
Gjennomsnitt	0,0133	0,2456
Standardavvik	0,0029	0,0282
Total gjennomsnitt	0,0082	0,1435
Totalt standardavvik	0,0073	0,1444

KLORID- OG SULFATINNHOLD – GJP-2

Type 1 Knust betong 8-22 mm / 10- 22 mm	Vannløselige klorider vekt-%	Syreløselige klorider vekt-%	Vannløselige sulfater vekt-%	Syreløselige sulfater vekt-%
2002-1	0,0023	< 0,0106	0,032	0,833
2002-2	0,0034	0,0160	0,059	0,985
Gjennomsnitt	0,0029	0,0133	0,045	0,909
Standardavvik	0,0007	0,0038	0,019	0,108
2004-1	---	< 0,007	---	0,60
2004-2	---	< 0,007	---	1,05
2004-3	---	< 0,007	---	0,50
2004-4	---	< 0,007	---	---
2004-5	---	< 0,007	---	---
Gjennomsnitt	---	< 0,007	---	0,72
Standardavvik	---	---	---	0,29

KLORID- OG SULFATINNHOLD - RESIBA

Type 1 Knust betong 10-20 mm	Vannløselige klorider vekt-%	Vannløselige sulfater vekt-%	Syreløselige sulfater vekt-%
1	< 0,007	---	0,42
2	0,0021	0,0095	---

MILJØSKADELIGE STOFFER – UMLEKKING – GJP-1

Type 2 Blandet masse 10-20 mm	Konsentrasjon i eluat (µg/L) - Utlekking										
	pH ¹⁾	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	PCB	PAH ¹⁾
1-1	11	< 1	< 10	< 0,5	11	33	0,03	< 5	9	< 0,01	1,72
1-2	10,8	< 1	< 10	< 0,5	< 5	37	0,03	< 5	7	< 0,01	1,24
Gjennomsnitt	10,9	< 1	< 10	< 0,5	---	35	0,03	< 5	8	< 0,01	1,48
Standardavvik	0,14	---	---	---	---	2,83	0,00	---	1,41	---	0,34
2-1	10,9	< 1	< 10	< 0,5	13	14	0,02	< 5	< 5	< 0,01	1,28
2-2	11,2	< 1	< 10	< 0,5	12	15	0,02	< 5	5	< 0,01	1,2
Gjennomsnitt	11,05	< 1	< 10	< 0,5	12,5	14,5	0,02	< 5	---	< 0,01	1,24
Standardavvik	0,21	---	---	---	0,71	0,71	0,00	---	---	---	0,06
Totalt gj.snitt	8,8	< 1	< 10	< 0,5	---	24,8	0,02	< 5	---	< 0,01	1,4
Totalt st.avvik	4,9	---	---	---	---	12,0	0,01	---	---	---	0,2

¹⁾ Summen av sju PAH-forbindelser

MILJØSKADELIGE STOFFER – UMLEKKING – RESIBA

0-10 mm	Konsentrasjon i eluat (µg/L) - Utlekking										
	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	PCB	PAH ¹⁾	
1, Type 2	< 0,3	< 1	< 0,2	29	32	< 0,1	< 10	< 50	< 0,005	0,8	
2, Type 2	< 0,3	< 1	< 0,2	31	33	< 0,1	< 10	< 50	< 0,005	1,5	
3, Type 1	< 1	< 10	< 0,5	< 5	30	< 0,01	< 5	< 5	< 0,01	0,5	

¹⁾ Summen av de 16 mest vanlige PAH-forbindelsene

10-20 mm	Konsentrasjon i eluat (µg/L) - Utlekking										
	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	PCB	PAH ¹⁾	
1, Type 2	< 0,3	< 1	< 0,2	4	7	< 0,1	< 10	< 50	< 0,005	0,2	
2, Type 2	< 0,3	< 1	0,4	< 2	7	< 0,1	< 10	< 50	< 0,005	0,2	
3, Type 1	< 1	< 10	< 0,5	< 5	8	< 0,01	< 5	< 5	< 0,005	< 0,30	

¹⁾ Summen av de 16 mest vanlige PAH-forbindelsene

10-38 mm	Konsentrasjon i eluat (µg/L) - Utlekking										
	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	PCB	PAH ¹⁾	
1, Type 2	< 1	< 10	< 0,5	< 5	< 5	< 0,05	< 5	< 5	< 0,005	1,1	
2, Type 2	< 1	< 10	< 0,5	< 5	< 5	< 0,05	< 5	< 5	< 0,005	1,6	

MILJØSKADELIGE STOFFER – UMLEKKING – FORNEBU

Type 2 Blandet masse	Konsentrasjon i eluat (µg/L) - Utlekking										
	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	PCB	PAH	
0-4 mm	0,99	0,27	0,013	3,4	31	< 1	0,36	< 0,50	i.p.	0,190	
0-20 mm	0,11	5,7	0,016	25	25	< 1	1,6	1,8	0,1	0,220	
0-50 mm	0,077	27	0,015	24	20	< 1	0,42	5,7	i.p.	0,010	
4-16 mm /16-32 mm	0,064	8,4	0,013	19	7,3	< 1	0,38	3,3	i.p.	0,038	

i.p. – ikke påvist

MILJØSKADELIGE STOFFER – TOTALINNHold – GJP-1

Parameter	Totalkonsentrasjon mg/kg						Ref/metode baser
	1 Type 2	2 Type 2	3 Type 2	4 Type 2	5 Type 1	6 Type 2	
	10-20 mm						
Sum PAH (16)	1,5	1,9	0,03	9,2	0,02	1,0	NTR 329 Sintef 1997 m
Naftalen	0,03	0,01	<0,01	<0,05	<0,01	<0,01	NTR 329 Sintef 1997 m
Acenaftylen	0,01	0,01	<0,01	0,06	<0,01	0,01	NTR 329 Sintef 1997 m
Acenaften	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,01	<0,01	NTR 329 Sintef 1997 m
Fluoren	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,01	<0,01	NTR 329 Sintef 1997 m
Fenantren	0,20	0,14	0,01	0,66	0,01	0,07	NTR 329 Sintef 1997 m
Antracen	0,01	0,01	<0,01	0,07	<0,01	0,01	NTR 329 Sintef 1997 m
Fluoranten	0,35	0,66	0,01	2,3	0,01	0,23	NTR 329 Sintef 1997 m
Pyren	0,25	0,46	0,01	1,9	<0,01	0,23	NTR 329 Sintef 1997 m
Benzo(a)antracen	0,08	0,10	<0,01	0,49	<0,01	0,07	NTR 329 Sintef 1997 m
Crysen	0,10	0,10	<0,01	0,56	<0,01	0,10	NTR 329 Sintef 1997 m
Benzo(b)fluoranten	0,14	0,13	<0,01	1,0	<0,01	0,10	NTR 329 Sintef 1997 m
Benzo(k)fluoranten	0,05	0,04	<0,01	0,32	<0,01	0,04	NTR 329 Sintef 1997 m
Benzo(a)pyren	0,07	0,07	<0,01	0,63	<0,01	0,05	NTR 329 Sintef 1997 m
Indeno(1,2,3,cd)pyren	0,07	0,06	<0,01	0,53	<0,01	0,04	NTR 329 Sintef 1997 m
Dibenzo(a,h)antracen	0,01	0,01	<0,01	0,14	<0,01	0,01	NTR 329 Sintef 1997 m
Benzo(g,h,i)perylene	0,08	0,07	<0,01	0,55	<0,01	0,05	NTR 329 Sintef 1997 m
PCB (7) Totalsum	0,052	0,088	<0,004	0,045	<0,004	0,055	NTR 329 Sintef 1997 m
PCB 28	0,006	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,018	NTR 329 Sintef 1997 m
PCB 52	0,010	0,009	<0,001	0,003	<0,001	0,013	NTR 329 Sintef 1997 m
PCB 101	0,012	0,020	<0,001	0,009	<0,001	0,007	NTR 329 Sintef 1997 m
PCB 118	0,008	0,018	<0,001	0,010	<0,001	0,006	NTR 329 Sintef 1997 m
PCB 153	0,006	0,015	<0,001	0,008	<0,001	0,004	NTR 329 Sintef 1997 m
PCB 138	0,008	0,022	<0,001	0,12	<0,001	0,005	NTR 329 Sintef 1997 m
PCB 180	0,002	0,004	<0,001	0,003	<0,001	0,002	NTR 329 Sintef 1997 m
Arsen, As	3,6	5,8	6,4	3,2	3,3	3,4	NS 4781-1 m
Bly, Pb	8,8	11	4,5	8,5	6,5	17	NS-EN ISO 11885 m
Kadmium, Cd	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	NS-EN ISO 11885 m
Kobber, Cu	10	17	9,3	16	15	150	NS-EN ISO 11885 m
Krom, Cr	49	92	120	100	80	110	NS-EN ISO 11885 m
Kvikksølv, Hg	0,029	0,036	0,021	0,029	0,009	0,022	NS 4768-1 m
Nickel, Ni	15	36	22	22	19	27	NS-EN ISO 11885 m
Zink, Zn	110	150	61	230	43	200	NS-EN ISO 11885 m
Tørrstoff	99,6	99,9	99,6	99,6	99,7	99,9	NS 4764-1

MILJØSKADELIGE STOFFER – TOTALINNHold - RESIBA

Parameter	Totalkonsentrasjon mg/kg			
	BM1 0-10 mm	BM2 0-10 mm	BM1 10-20 mm	BM2 10-20mm
Sum PAH (16)	3,26	3,1	19,8	0,74
PCB (7) Totalsum	0,013	0,013	0,017	0,030
Arsen, As	2,9	1,3	3,1	1
Bly, Pb	17	15	9	6
Kadmium, Cd	0,2	0,2	< 0,1	< 0,1
Kobber, Cu	17	16	18	15
Krom, Cr	82	74	65	72
Kvikksølv, Hg	0,04	0,05	0,02	0,01
Nikkel, Ni	19	20	20	20
Sink, Zn	137	121	71	64

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 10: 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 materialeegenskaper 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 bestandighets-

relaterte 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, Vegdirektoratet/Teknologiavdelingen (delprosjektleder)
Nils Uthus, Franzefoss Pukk AS / Vegdirektoratet, Teknologiavdelingen
Edgar Dønåsen, Veidekke ASA
Joralf Aurstad, SINTEF /Statens vegvesen
Jacob Mehus, Norges byggforskningsinstitutt (NBI) /Standard Norge
Jan Erik Dahlhaug, Statens vegvesen Region midt
Jostein Aksnes, Vegdirektoratet, Teknologiavdelingen
Øystein Myhre, Vegdirektoratet, Teknologiavdelingen
Gordana Petkovic, Vegdirektoratet, Teknologiavdelingen

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 11: RAPPORTOVERSIKT STATENS VEGVESENS GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005

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

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

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