



Statens vegvesen

Frostbestandighet av resirkulert tilslag

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr: 2411



Seksjon for materialteknikk:

Teknologirapport nr. 2411

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 10:

**Frostbestandighet av
resirkulert tilslag**



November 2005

Teknologiavdelingen

GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 10:

Frostbestandighet av resirkulert tilslag

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 resirkulert tilslags frostbestandighet (DP3-4), og er basert på en rekke laboratorieundersøkelser utført på Norges byggforskningsinstitutt i forbindelse med en hovedoppgave for studenter ved Høgskolen i Oslo. Frostprøvingen bygger på undersøkelser av resirkulert tilslags frostbestandighet i tidligere prosjekter, ØkoBygg-prosjektet RESIBA (Resirkulert tilslag for bygg og anlegg) og et nordisk frostprosjekt med støtte fra NORDTEST, og følger anbefalinger fra disse prosjektene. I tillegg til resultater fra frostprøving utført i forbindelse med DP3-4, behandler denne rapporten også resultatene fra RESIBA-prosjektet og det nordiske frostprosjektet.

Målsetningene med DP3-4 har vært å:

- utarbeide et forslag til prøvemethode for frostbestandighet av resirkulert tilslag basert på NS-EN 1367-1
- komplettere resultatene fra frostprøvingene utført i RESIBA-prosjektet og i det nordiske frostprosjektet med ulike preparerings- og eksponeringsbetingelser

I tillegg til dokumentasjon av frostbestandigheten, er resultatene fra frostprøvingen evaluert med tanke på sammenheng med andre materialeegenskaper som vannabsorpsjon, korndensitet, materialsammensetning og mekanisk styrke.

Konklusjonen etter frostprøvingen var at resirkulert tilslag har tilfredsstillende frostegenskaper under drenerte forhold, men at det ikke bør benyttes der det ligger frostutsatt i neddykket tilstand. Dette bekrefter den foreløpige konklusjonen fra RESIBA-prosjektet og det nordiske frostprosjektet. Tinesalter hadde en forsterkende effekt på frostnedbrytingen av prøver i neddykket tilstand, men hadde ellers ingen betydning.

Rapporten presenterer også et utkast til prøvemethode for dokumentasjon av frostbestandighet for resirkulert tilslag.

Emneord: *Resirkulert tilslag, ubunden bruk, frostbestandighet, materialeegenskaper, prøvemethode, betong*

Seksjon: *Seksjon for materialteknikk*

Saksbehandler: *Synnøve A. Myren*

Dato: *November 2005*

Forord

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

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

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

Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt består av åtte delprosjekter:

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

Gjenbruksprosjektet ledes av Gordana Petkovic, Vegdirektoratet.

Delprosjekt 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 er det interessant å se på bestandighetsrelaterte egenskaper til resirkulert tilslag.

Se vedlegg 4 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 (nå Standard Norge).

Viktige bidrag til rapporten har kommet fra Ole-Reidar Aardalsbakke og Nicolas Enrique Obregon Whittle (studenter ved Høgskolen i Oslo), Dag Henning Sæther (Norges byggforskningsinstitutt), og Gordana Petkovic (Vegdirektoratet).

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	6
2	MÅLSETTING	6
3	BAKGRUNN	7
3.1	STANDARDER OG RETNINGSLINJER	7
3.1.1	<i>Krav for tilslag i bunden og ubunden bruk, NS-EN 13242</i>	7
3.1.2	<i>Prøvemethode for frostbestandighet for tilslag, NS-EN 1367-1</i>	8
3.2	TIDLIGERE UNDERSØKELSER	8
3.2.1	<i>RESIBA</i>	8
3.2.2	<i>Nordisk frostprosjekt</i>	9
4	PRØVEUTTAK, PRØVEUTSTYR OG PRØVEMETODER	10
4.1	RESIRKULERT TILSLAG	10
4.2	DEKLARASJON AV RESIRKULERT TILSLAG	10
4.2.1	<i>Materialsammensetning</i>	11
4.2.2	<i>Vannabsorpsjon og korndensitet</i>	12
4.2.3	<i>Mekaniske egenskaper</i>	12
4.3	FROSTBESTANDIGHET AV RESIRKULERT TILSLAG	12
4.3.1	<i>Prøveutstyr ved frostforsøkene</i>	13
4.3.2	<i>Eksponeringsbetingelser ved frostforsøkene</i>	13
4.3.3	<i>Gjennomføring av frostforsøkene</i>	14
5	RESULTATER OG DISKUSJON	17
5.1	FYSISKE OG MEKANISKE EGENSKAPER	17
5.1.1	<i>Materialsammensetning</i>	17
5.1.2	<i>Vannabsorpsjon og korndensitet</i>	19
5.1.3	<i>Mekaniske egenskaper – Los Angeles</i>	20
5.2	FROSTBESTANDIGHET	20
5.3	EFFEKTEN AV PRØVEPREPARERING OG EKSPONERINGSBETINGELSER	22
5.3.1	<i>Effekt av neddykking</i>	24
5.3.2	<i>Effekt av salt</i>	24
5.3.3	<i>Effekt av fortørking</i>	24
5.4	SAMMENHENG MELLOM FROSTBESTANDIGHET OG ANDRE MATERIALEGENSKAPER	25
5.4.1	<i>Sammenheng mellom massetap og materialsammensetning</i>	25
5.4.2	<i>Sammenheng mellom massetap og vannabsorpsjon</i>	25
5.4.3	<i>Sammenheng mellom massetap og korndensitet - indirekte</i>	27
5.4.4	<i>Sammenheng mellom massetap og mekaniske egenskaper – Los Angeles</i>	27
5.5	OPPFYLING AV KRAV TIL FROSTBESTANDIGHET – NS-EN 13242.....	29
6	KONKLUSJON	30
6.1	FROSTBESTANDIGHET AV RESIRKULERT TILSLAG	30
6.2	ERFARINGER FRA FROSTPRØVINGEN	30
6.3	BEGRENSNINGER FOR UBUNDEN BRUK	31
7	PRØVEMETODE	32
7.1	OMFANG	32
7.2	REFERANSER.....	32
7.3	UTSTYR	32
7.4	PRØVEPREPARERING.....	32
7.5	FREMGANGSMÅTE	33
7.6	RESULTATER.....	34
7.7	RAPPORTERING.....	34
8	REFERANSER	35

1 Innledning

Ubunden bruk i vegbygging er det mest aktuelle bruksområdet for resirkulert tilslag, og det er derfor viktig å ha kunnskap om bestandighet av resirkulert tilslag. I denne sammenheng er frostbestandighet en viktig parameter.

Frostbestandighet av resirkulert tilslag har vært tema for delaktivitet 3-4 i delprosjekt 3 Gjenbruk av betong. Arbeidet bygger på anbefalinger og konklusjoner fra tidligere undersøkelser av resirkulert tilslags frostbestandighet som viste at en mer tilpasset prøvemethode var nødvendig, da eksisterende prøvemethode for naturtilslag var uegnet. I tillegg vil arbeidet komplettere tidligere undersøkelser av resirkulert tilslags frostbestandighet.

2 Målsetting

Målsettingen for aktivitet DP3-4 Frostbestandighet av resirkulert tilslag er å utarbeide et forslag til prøvemethode for dokumentasjon av frostbestandighet for resirkulert tilslag i ubunden bruk, siden eksisterende prøvemethode for naturtilslag ikke er egnet (se kap. 3.2). Prøvemethoden skal baseres på gjeldende prøvemethode for dokumentasjon av frostbestandighet for naturlig tilslag i NS-EN 1367-1 "Prøvningsmetoder for termiske egenskaper og forvittringsmotstand for tilslag – Del 1: Bestemmelse av motstand mot frysing og tining"¹.

Arbeidet med DP3-4 bygger på undersøkelser av resirkulert tilslags frostbestandighet utført i tidligere prosjekter. Et tidligere NORDTEST-prosjekt² og ØkoBygg-prosjektet RESIBA (Resirkulert tilslag for bygg og anlegg)^{3, 4, 5, 6}, kom begge med anbefalinger om å ikke benytte resirkulert tilslag i ubunden form der det var fare for frysing i neddykket tilstand. DP3-4 har som delmål å komplettere undersøkelsene som er utført i disse to prosjektene.

Prøvemethoden skal utarbeides som et forslag til ny prøvemethode i Statens vegvesens Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser⁷, og vil ha basis i frostprøving i laboratorium. I tillegg til prøveresultater fra laboratorieundersøkelser utført i forbindelse med DP3-4, er også resultater fra NORDTEST-prosjektet og RESIBA tatt med i vurderingene. Prøvemethoden vil også bli lagt frem for CEN/TC 514 som et forslag til endring av EN 1367-1 i forbindelse med implementering av resirkulert tilslag i de ulike produktstandardene.

Resultatene fra frostprøvingen skal også evalueres med tanke på sammenheng med andre materialeegenskaper som vannabsorpsjon, korndensitet, materialsammensetning og mekaniske egenskaper. I tillegg vil det avklares hvilke begrensninger resirkulert tilslag har i ubunden bruk med hensyn på frostbestandighet, og om det vil være behov for videre undersøkelser.

3 Bakgrunn

3.1 Standarder og retningslinjer

3.1.1 Krav for tilslag i bunden og ubunden bruk, NS-EN 13242

NS-EN 13242 ”Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging”⁸ spesifiserer egenskapene til naturlig-, fremstilt- og resirkulert tilslag til bunden og ubunden bruk.

Standardens punkt 7.3 omhandler frostbestandighet. Hvis vannabsorpsjonen er innenfor kravene i Tabell 1, kan dette brukes som en indikasjon på at tilslaget har tilfredsstillende frostmotstand.

Tabell 1: Kategorier for maksimumsverdier for vannabsorpsjonen gitt i NS-EN 13242, pkt. 7.3.2, tabell 16⁸

Water absorption Percentage of mass %	Category WA ₂₄ %
≤ 1	WA ₂₄ 1
≤ 2	WA ₂₄ 2

Ligger vannabsorpsjonen over disse verdiene, angir NS-EN 13242 to metoder for å vurdere motstanden mot frysing og tining:

- Frostprøving etter NS-EN 1367-1
- Magnesiumsulfattest etter NS-EN 1367-2⁹

På grunn av porøsiteten til resirkulert tilslag, vil det ha en vannabsorpsjon som ligger langt over verdiene gitt i NS-EN 13242 (normalt 5-10 %). Det er da nødvendig med mer utførlig testing og dokumentasjon av frostbestandigheten. Tabell 2 viser maksimale verdier for massetapet etter frostprøving i henhold til NS-EN 1367-1.

Tabell 2: Kategorier for tilslag basert på maksimalt massetap (F) etter frostprøving i henhold til NS-EN 1367-1. Tabellen er gitt i NS-EN 13242, pkt. 7.3.3, tabell 18⁸

Freeze-thaw Percentage of mass ^{a)} %	Category F
≤ 1	F ₁
≤ 2	F ₂
≤ 4	F ₄
≥ 4	F _{Declared}
No requirement	F _{NR}

^{a)} In extreme situations of cold weather and/or de-icing salt saturation, then tests using a salt or urea described in EN 1367-1:1999, annex B, may be appropriate. The limits in this table would not apply.

For valg av kategori i Tabell 2 angir standarden tre klimaklasser og tre forskjellige forhold for bruk av tilslaget, se Tabell 3.

Tabell 3: Krav til frostmotstandskategorier relatert til klima og sluttbruk av tilslaget, gitt i NS-EN 13242, pkt. B.3, tabell B.1⁸

Miljømessige forhold	Klimaklasser		
	Middelhav	Atlantisk	Kontinental ¹
Frostfri eller tørr situasjon	Ingen krav	Ingen krav	Ingen krav
Delvis mett	Ingen krav	F ₄	F ₂
Mettet	Ingen krav	F ₂	F ₁

¹ Kategorien "Kontinental" kan også anvendes for Island, deler av Skandinavia og for fjellregioner med strenge vintre

Hvilken klimaklasse Norge kommer inn under vil være et vurderingsspørsmål. Deler av landet vil nok bli definert til å ha et atlantisk klima, mens andre deler vil ha et kontinentalt klima. Under det strengeste miljømessige forholdet, mett situasjon, vil valg av kategori for bestemmelse av frostbestandigheten for bruk i Norge etter dette være F₁ (kontinentalt) eller F₂ (atlantisk). Klimaklassen "Kontinental" har de strengeste kravene til frostbestandighet.

3.1.2 Prøvemethode for frostbestandighet for tilslag, NS-EN 1367-1

NS-EN 1367-1 angir prøvemethode for bestemmelse av frostbestandighet til tilslag.

Testmetoden i denne standarden er utarbeidet for tilslag generelt, og er ikke spesielt tilpasset resirkulert tilslag.

Standarden beskriver en prøvemethode der tilslag neddykket i vann fryses og tines i ti sykler, med temperatur vs. tid kurve for hver fryse-tine-syklus. Prøvemethoden angir bruk av avionisert vann, mens det i tillegg B (informativt) er angitt en alternativ metode med bruk av 1 % NaCl-løsning. For dokumentasjon av resirkulert tilslag i ubunden bruk i Norge er salt en svært aktuell parameter da det mange steder blir brukt tinesalter på vegene. Det foreligger også et forslag til endring av denne standarden som trolig vil gjøre bruk av salt til en normativ del av standarden. Dette forslaget behandles for tiden i CEN/TC 154 Aggregates.

Frostbestandigheten til tilslaget blir beregnet etter at tilslaget er blitt utsatt for ti fryse-tine-sykler. Ved prøving på sortering d/D, hvor d er minste kornstørrelse og D største, blir massetapet definert som materiale som passerer sikt d/2 etter prøving. Massetapet blir beregnet i prosent av tilslagets opprinnelige tørrvekt.

3.2 Tidligere undersøkelser

3.2.1 RESIBA

I RESIBA-prosjektet (Resirkulert tilslag for bygg og anlegg, 1998-2002) ble det i 1999, ved Norges byggforskningsinstitutt, gjennomført tester på frostbestandighet av resirkulert tilslag. Testene ble utført på bakgrunn av en forundersøkelse i forkant av RESIBA-prosjektet. Tilslaget som ble undersøkt ble betegnet som "ren betong (RB)" i sorteringen 8-12 mm. Resultatene fra disse undersøkelsene er gitt i RESIBA prosjektrapport 06/2002 og RESIBA prosjektrapport 02/2002. Laboratorieprøvingen ble utført som del av et hovedprosjekt ved Høgskolen i Oslo, avdeling for ingeniøruddanning¹, i henhold til foreløpig utgave til NS-EN 1367-1, prEN 1367-1¹, men med utvidede eksponeringsbetingelser. Fortørking, som er en del av prøveprepareringen kun som et ledd i bestemmelsen av tilslagets tørrvekt, ble vurdert å ha en negativ effekt på resultater av testing av frostbestandighet av resirkulert tilslag. Det ble derfor sett på effekten av fortørking kontra ikke-fortørking. I tillegg varierte man eksponeringsbetingelser mellom neddykking og vannmetting, og bruk av 1 % NaCl-løsning kontra avionisert vann.

Følgende kombinasjoner av eksponeringsbetingelsene ble brukt i forsøkene:

- FP1 – Na: Tørket ved 105°C, vann neddykket, vannmettet i 1 % NaCl-løsning
- FP2 – Io: Tørket ved 105°C, vann neddykket, vannmettet i avionisert vann

- FP3 – Na: Vann neddykket, vannmettet i 1 % NaCl-løsning
- FP4 – Io: Vann neddykket, vannmettet i avionisert vann
- FP5 – Na: Overflatevåt, vannmettet i 1 % NaCl-løsning
- FP6 – Io: Overflatevåt, vannmettet i avionisert vann

Resultatene fra denne undersøkelsen viste at fortørking hadde en svært negativ effekt på massetapet, at det var stor forskjell i massetapet om tilslaget var neddykket eller vannmettet under prøving, og at salt hadde stor innvirkning på frostnedbrytingen om tilslaget i tillegg var fortørket og neddykket eller ikke-fortørket og neddykket. Konklusjonen var at resirkulert tilslag ikke ble anbefalt brukt der det ville ligge utsatt for frost i neddykket tilstand, og/eller utsatt for tinesalter. Konklusjonen var også at testmetoden trengte en tilpassing til porøst og resirkulert tilslag. Resultatene fra laboratorieprøvingen i forbindelse med RESIBA-prosjektet er vist i pkt. 5.2.

3.2.2 Nordisk frostprosjekt

Et nordisk frostprosjekt, med finansiering fra NORDTEST, ble satt i gang for å undersøke hvilken effekt fortørking av tilslaget før prøving og bruk av saltløsning i forsøkene hadde på frostnedbrytingen av porøse og resirkulert tilslag. Prosjektet hadde deltagelse fra Island, Sverige, Finland og Norge. Prosjektledelsen var ved Norges byggforskningsinstitutt, og der ble også de norske laboratorieundersøkelsene gjennomført. Beskrivelse av prosjektet og resultater fra frostprøvingene er gitt i NORDTEST Project 1440-99 Technical Report 458. Fire forskjellige typer tilslag, deriblant et resirkulert tilslag hentet fra BA Gjenvinning, ble utsatt for tre forskjellige tørkeprosedyrer, og utsatt for frostprøving neddykket i enten avionisert vann eller 1 % NaCl-løsning. Det resirkulerte tilslaget som ble brukt var en blanding av knust betong, tegl og asfalt. Følgende kombinasjoner av disse eksponeringsbetingelsene ble brukt i forsøkene:

- D1–W: Fortørket ved 105°C, neddykket i avionisert vann
- D2–W: Fortørket ved 40°C, neddykket i avionisert vann
- D3–W: Ikke-fortørket, neddykket i avionisert vann
- D1–S: Fortørket ved 105°C, neddykket i 1 % NaCl-løsning
- D2–S: Fortørket ved 40°C neddykket i 1 % NaCl-løsning
- D3–S: Ikke-fortørket, neddykket i 1 % NaCl-løsning

Resultatene fra NORDTESTs prosjekt viste, som resultatene fra RESIBA-prosjektet, at fortørking og bruk av 1 % NaCl-løsning hadde en negativ effekt på frostbestandigheten av resirkulert tilslag. Det ble konkludert med at det var behov for en prøvemethode for bestemmelse av frostbestandighet av porøse tilslagstyper inklusivt resirkulerte tilslag der fortørking (som et ledd i bestemmelse av prøvens tørrvekt) ikke var en del av prøveprosedyren. Følgende anbefalinger til prøvemethode ble gitt:

- unngå fortørking av tilslaget ved prøvepreparering
- tilslaget mettes med vann forbi det kapillære vannmettingspunktet før prøving
- alt materiale, både < 4 mm og > 4 mm tas vare på etter prøving og tørkes til konstant masse, og massetapet beregnes etter formel vist i punkt 4.3.3.

Problemer med prosedyren for beregning av massetap, og med avvik i prosedyrene som ble fulgt i de forskjellige laboratoriene, førte til lite sammenlignbare resultater.

Resultatene fra NORDTESTs frostprosjekt er vist i pkt. 5.2.

4 Prøveuttak, prøveutstyr og prøvemethoder

4.1 Resirkulert tilslag

Resirkulert tilslag er tilslag av uorganiske materialer, hovedsakelig betong og tegl, som er nedknust og siktet. I Norge blir resirkulert tilslag levert i typene blandet masse (hovedsakelig betong og tegl) og knust (ren) betong¹⁰. Resirkulert tilslag av Type 2 Blandet masse er vist i Figur 1.

Dokumentasjon av frostbestandighet er gjort på resirkulert tilslag, 10-20 mm, fra fem forskjellige prøveuttak fra BA Gjenvinning på Grønmo i Oslo. Prøveuttakene ble gjennomført høsten 2002 og våren 2003 av Statens vegvesen i forbindelse med utprøving av deklarasjonsordning for resirkulert tilslag, Gjenbruksprosjektet DP3-1¹¹. Oversikt over prøveuttakene er vist i Tabell 4. Figur 2 viser resirkulert tilslag som levert fra BA Gjenvinning.

Tabell 4: Oversikt over prøveuttakene

Prøveuttak	Type ¹	Uttaksdato	Produsent
1	Type 2, blandet masse, 10-20 mm	30.10.2002	BA Gjenvinning
2	Type 2, blandet masse, 10-20 mm	25.11.2002	BA Gjenvinning
3	Type 2, blandet masse, 10-20 mm	03.03.2003	BA Gjenvinning
4	Type 2, blandet masse, 10-20 mm	28.04.2003	BA Gjenvinning
5	Type 1, knust betong, 10-20 mm	21.01.2003	BA Gjenvinning

¹ Typebetegnelse i henhold til Tekniske bestemmelser for resirkulert tilslag fra Kontrollrådet¹²



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



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

4.2 Deklarasjon av resirkulert tilslag

Kontrollrådets forslag til deklarasjonsordning for resirkulert tilslag, ”Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag”, angir krav til materialeegenskapene materialsammensetning, korndensitet og vannabsorpsjon. Kravene er vist i Tabell 5. Tabellen er basert på RESIBAs forslag til deklarasjonsordning. I tillegg til materialsammensetning, korndensitet og vannabsorpsjon er analyser av tilslaget mekaniske styrke tatt med i denne rapporten. Deler av denne tabellen (materialtype 1B og 2B) er også tatt med i ny utgave av Håndbok 018 Vegbygging¹³.

Tabell 5: Klassifisering av resirkulert tilslag, fra Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag, vedlegg 3¹²

	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 Knust betong, knust murverk og naturtilslag	> 94 %		-	
	-		> 90 % ¹	
Andre granulære delmaterialer: Knust murverk Knust gjenbruksasfalt	< 5 % < 1 %	< 5 % < 5 %	- < 1 %	- < 5 %
Ikke-mineralsk innhold: Treverk, papir, metall, isolasjonsmaterialer*, planterester**, plast, glass, gummi, annet * Isolasjonsmaterialer ** Planterester	< 1 % < 0,1 v. % ² < 0,1 v. % ²		< 2,5 % < 0,5 v. % ² < 0,5 v. % ²	
Densitet - ovnstørr ³ -vannmettet overfl.tørr ³	> 2000 kg/m ³ > 2100 kg/m ³		> 1500 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 stein 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

4.2.1 Materialsammensetning

Materialsammensetningen viser fordelingen av ulike materialer i tilslaget målt i masseprosent, og ble utført i henhold til prEN 933-11¹⁴. prEN 933-11 er kommet i nyere utgave (2004), men den endelige utgaven av standarden er, mens denne rapporten utgis, under godkjenning.

Tilslaget ble sortert i massetypene:

- stein
- betong
- asfalt
- tegl
- lettklinker
- metall
- tre
- annet

Innholdet av de forskjellige materialene er gitt i masse-%, med unntak av isolasjonsmaterialer og planterester (annet). Disse gis i volum-% etter følgende beregning: materialets anslåtte volum/(prøvens tørrmasse/tørr korndensitet)

4.2.2 Vannabsorpsjon og korndensitet

Korndensiteten og vannabsorpsjonen ble bestemt i henhold til NS-EN 1097-6¹⁵. Korndensiteten ble bestemt både på en ovnstørr basis, og på vannmettet og overflatetørr basis. Tørr korndensitet (ρ_{rd}), overflatetørr korndensitet (ρ_{ssd}) og vannabsorpsjon (WA_{24}) ble beregnet etter følgende formler:

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

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

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

ρ_{rd}	=	ovnstørr korndensitet (g/cm ³)
ρ_{ssd}	=	overflatetørr korndensitet (g/cm ³)
WA_{24}	=	vannabsorpsjon (%)
M_1	=	masse av vannmettet, overflatetørr prøve (g)
M_V	=	masse av prøve nedsenket og hengende i vann, tilsvarer volum (cm ³)
M_4	=	masse av prøve tørket ved (110±5) °C (g)

Formlene for korndensitet avviker fra formlene gitt i NS-EN 1097-6. Grunnen til dette er at standarden forutsetter at tilslaget *settes på vekta* under veiing i vann, mens det i tilfellet over forutsettes at tilslaget veies *hengende* i vann, og volumet tilsvarer da massen av det fortrenkte vannet når vannet holder 20 °C.

4.2.3 Mekaniske egenskaper

Tilslagets mekaniske egenskaper ble bestemt i henhold til NS-EN 1097-2¹⁶, etter Los Angeles-metoden. Los Angeles-verdien er beregnet etter følgende formel:

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

LA	=	Los Angeles-koeffisient
M	=	opprinnelig tørrmasse
m	=	massen som holdes tilbake på 1,6 mm-sikt (g) etter prøving

4.3 Frostbestandighet av resirkulert tilslag

Våren 2003 ble frostbestandighet av resirkulert tilslag dokumentert, og sammenhenger mellom frostnedbryting av resirkulert tilslag og tilslagets materialeegenskaper undersøkt ved Norges byggforskningsinstitutt (NBI). Undersøkelsene ble gjort som en del av et hovedprosjekt ved Høgskolen i Oslo, avdeling for ingeniørutdanning. Rapporten fra hovedprosjektet er utgitt som arbeidsrapport i Gjenbruksprosjektet¹⁷.

Materialeegenskapene er dokumentert i forbindelse med Gjenbruksprosjektet DP3-1 "Uttesting av deklarasjonsordning"¹⁸. Det ble i hovedprosjektet konkludert med at der var sammenhenger mellom frostnedbrytingen og materialsammensetningen, og mellom frostnedbrytingen og vannabsorpsjonen. I tillegg er det senere sett på sammenhenger mellom frostbestandighet og tilslagets mekaniske styrke (Los Angeles).

4.3.1 Prøveutstyr ved frostforsøkene

Utstyr som ble brukt i frostforsøkene av resirkulert tilslag:

- Klimaskap (NBI Mnr. 4767)
- Ventilert tørkeskap (NBI Mnr. 4972)
- Datalogger (NBI Mnr. 5438)
- PC (NBI Mnr. 011)
- Temperaturfølere
- 18 metallbokser (diameter: 130 mm og høyde: 180 mm)
- Plastfolie
- Temperert vannbad for tining
- 4, 8 og 16 mm standard sikteformer
- Vekter (NBI Mnr.4680, NBI Mnr. 5032)
- Rist til vasking av tilslag
- Flate metallbokser til for- og ettertørring
- Avionisert vann
- 1 % NaCl-løsning

Referanse i parentes er prøveutstyrets referanse for sporbarhet og kalibrering hos Norges byggforskningsinstitutt.

4.3.2 Eksponeringsbetingelser ved frostforsøkene

NS-EN 1367-1 angir fortørring ved $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ og neddykking i avionisert vann, eventuelt 1 % NaCl-løsning, som eksponeringsbetingelse for testing av frostegenskapene til tilslag. Basert på anbefalinger fra RESIBA og det nordiske frostprosjektet ble det utarbeidet en forsøksplan¹⁹ i Gjenbruksprosjektet¹¹. Forsøksplanen er felles for DP3-1 og DP3-4. Forsøksplanen angir hvilke eksponeringsbetingelser tilslaget skulle utsettes for under frostforsøkene. Det resirkulerte tilslaget ble testet på eksponeringsbetingelsene vist i Tabell 6.

Tabell 6: Oversikt over variablene for hvert prøveuttak med tre parallelle prøver for hver variabel.

	Forkortelser	Eksponeringsbetingelser					
		Fortørket	F	1 % NaCl-løsning	Na	Neddykket	N
1 ¹	F-Na-N	Fortørket	F	1 % NaCl-løsning	Na	Neddykket	N
2	F-Na-V	Fortørket	F	1 % NaCl-løsning	Na	Vannmettet	V
3	IF-Na-N	Ikke-fortørket	IF	1 % NaCl-løsning	Na	Neddykket	N
4	IF-Na-V	Ikke-fortørket	IF	1 % NaCl-løsning	Na	Vannmettet	V
5	IF-D-N	Ikke-fortørket	IF	Avionisert vann	D ²	Neddykket	N
6	IF-D-V	Ikke-fortørket	IF	Avionisert vann	D ²	Vannmettet	V

¹ Referanseprøve etter prøveprosedyre i NS-EN 1367-1.

² D refererer til destillert vann, riktig betegnelse er avionisert vann

Ved sammenligning av massetapet for disse eksponeringsbetingelsene, kan man se hvilken effekt de forskjellige variablene har på nedbrytingen av tilslaget under frostforsøkene.

1. F-Na-N: Referanse (NS-EN 1367-1)
2. F-Na-V: Viser effekten av neddykking sammenlignet med 1
3. IF-Na-N: Viser effekten av fortørring sammenlignet med 1
4. IF-Na-V: Viser effekten av neddykking sammenlignet med 3, og effekten av fortørring sammenlignet med 2
5. IF-D-N: Viser effekten av 1 % NaCl-løsning sammenlignet med 3
6. IF-D-V: Viser effekten av neddykking sammenlignet med 5, og effekten av 1 % NaCl-løsning sammenlignet med 4

4.3.3 Gjennomføring av frostforsøkene

Prøveprosedyren for frostbestandighet av resirkulert tilslag omfatter i korthet følgende punkter:

1. Oppdeling av prøver i henhold til NS-EN 932-2²⁰
2. Preparering av tilslaget basert på NS-EN 1367-1
3. Frysing av prøver i henhold til NS-EN 1367-1
4. Tining av prøver i henhold til NS-EN 1367-1
5. Repetisjon av punkt 3 og 4 ti ganger
6. Tørring og sikting av prøvematerialet etter frostprøving
7. Beregning av massetap etter formler gitt nedenfor

Tilslaget fra hvert prøveuttak ble delt i 18 prøver à 2000 g ($\pm 5\%$) etter NS-EN 932-2. Ut fra antagelsen om at hver sekk (40-50 kg) med prøver som ble tatt ut hos BA Gjenvinning er representative prøver fra produksjonen.

Preparering av prøvene fulgte følgende prosedyre:

- Prøvene ble siktet på et 8-16 mm sikt, og vasket for å fjerne klebrige småpartikler
- Seks av prøvene ble fortørket til konstant masse i tørkeskap ved $(110\pm 5)^\circ\text{C}$, og deretter satt til vannmetting i 1 % NaCl-løsning
- Seks av de ikke-fortørkede prøvene ble satt til vannmetting i 1 % NaCl-løsning
- Seks av de ikke-fortørkede prøvene ble satt til vannmetting i avionisert vann
- Halvparten av prøvene var neddykket under prøvingen, og halvparten vannmettet og overflatetørre

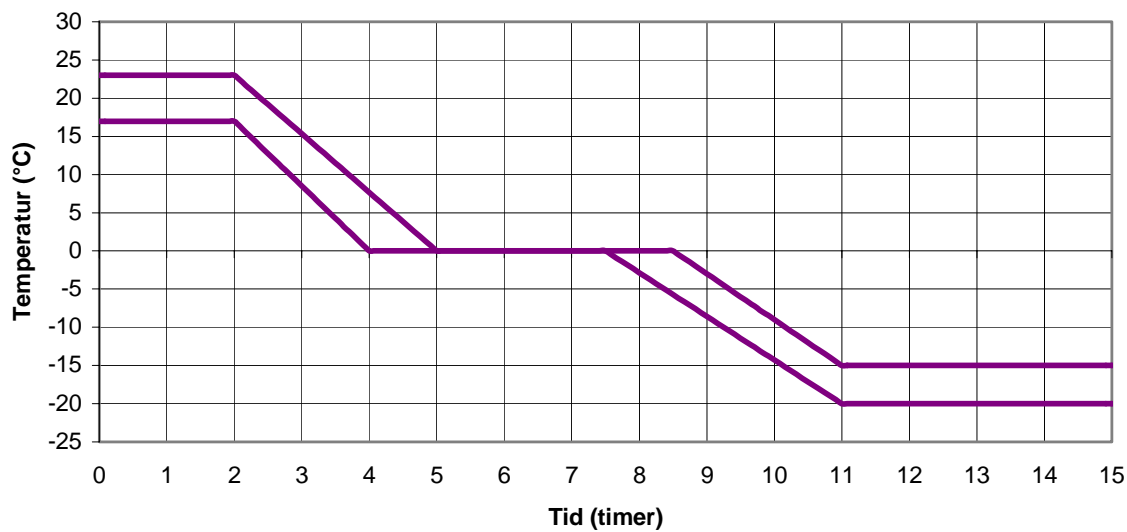
Det ble testet på tre parallelle prøver fra hvert prøveuttak for hver eksponeringsbetingelse, se Tabell 6.

Prosedyren for frostprøving av tilslag er gitt i NS-EN 1367-1. Prosedyren består av totalt ti fryse-tine-syklus, som hver skal være fullført innen 24 timer. I henhold til NS-EN 1367-1 ble prøvene plassert i metallbokser og dekket med plastfolie for å forhindre væskefordamping, og deretter plassert jevnt i klimaskapet, med minimum 50 mm klaring rundt hver boks. For å kontrollere at nedfrysingen fulgte temperaturforløpet beskrevet i NS-EN 1367-1, ble det plassert termometer i ni av prøvene.

Fryse-tine-syklene med toleransegrenser i henhold til NS-EN 1367-1 fulgte følgende prosedyre, se også Figur 3:

- Temperaturen ble redusert fra $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ til 0°C på (150 ± 30) min, og holdt på 0°C i (210 ± 30) min
- Temperaturen ble redusert fra 0°C til $(-17,5 \pm 2,5)^\circ\text{C}$ i løpet av (180 ± 30) min, og holdt på $(-17,5 \pm 2,5)^\circ\text{C}$ i minimum 240 min
- Lufttemperaturen i klimaskapet skulle aldri være lavere enn -22°C
- Etter nedfrysing ble prøvene opptint i vannbad med en temperatur på ca. 20°C . opptiningen var komplett når temperaturen i prøvene nådde $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$
- Etter opptining ble prøvene holdt i vannbad i maksimum 10 timer. Hver fryse-tine-syklus skulle være fullført innen 24 timer

Klimaskapet ble innstilt med starttemperatur på $(20\pm 3)^\circ\text{C}$. Skapet sto i to timer med denne temperaturen før nedfrysing for å stabilisere starttemperaturen, og sikre at alle prøvene lå innenfor toleransegrensene ved starten på nedfrysingen. Figur 4 og Figur 5 viser bilder fra henholdsvis frysing og tining av prøver.



Figur 3: Temperaturkurve for nedfrysing av prøver med øvre og nedre toleransegrense, etter NS-EN 1367-1¹



Figur 4: Frysing av prøver i klimaskap



Figur 5: Tining av prøver i vannbad

Massetapet etter ti fryse-tine-sykler er et mål på tilslagets frostbestandighet. Beregning av massetap for fortørkede (F_1) og ikke-fortørkede prøver (F_2) følger to ulike formler. Massetap for fortørkede prøver ble beregnet etter formel gitt i NS-EN 1367-1, og er basert på tørrvekt før prøving. Massetap for ikke-fortørkede prøver er beregnet etter formel gitt i NORDTESTs frostprosjekt, og er basert på tørrvekt etter prøving.

Ved beregning av massetap for fortørkede prøver, ble de fortørkede prøvene veid, og massen (M_1) notert. Etter fryse-tine-syklene ble prøvene tørket til konstant masse ved $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, siktet i en 4-16

mm siktesats, og partikler mindre enn 4 mm ble fjernet. Resten ble veid, og massen (M_2) notert. Massetapet (F_1) ble beregnet etter følgende formel:

$$F_1 = \left(1 - \frac{M_2}{M_1}\right) \cdot 100$$

- F_1 = massetap for tilslag fortørket ved $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ (%)
 M_1 = tørrvekt av prøve tørket ved $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, siktet på et 8-16 mm sikt (g)
 M_2 = tørrvekt etter prøving, tørket ved $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, >4 mm (g)

Ved beregning av massetap for ikke-fortørkede prøver ble prøvene tørket til konstant masse ved $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ etter fryse-tine-syklene. Alt finstoffet skulle tas vare på, så prøvene ble dekket med tørkepapir. Deretter ble prøvene siktet i en 4-16 mm siktesats, partikler mindre enn 4 mm veid for seg ($m_{<4\text{ mm}}$) og partikler større enn 4 mm for seg ($m_{>4\text{ mm}}$). Massetapet (F_2) ble beregnet etter følgende formel:

$$F_2 = \left(1 - \frac{m_{>4\text{ mm}}}{m_{>4\text{ mm}} + m_{<4\text{ mm}}}\right) \cdot 100$$

- F_2 = massetap for ikke-fortørkede prøver (%)
 $m_{>4\text{ mm}}$ = vekt av tilslag større enn 4 mm etter prøving, tørket ved $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ (g)
 $m_{<4\text{ mm}}$ = vekt av tilslag mindre enn 4 mm etter prøving, tørket ved $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ (g)

5 Resultater og diskusjon

5.1 Fysiske og mekaniske egenskaper

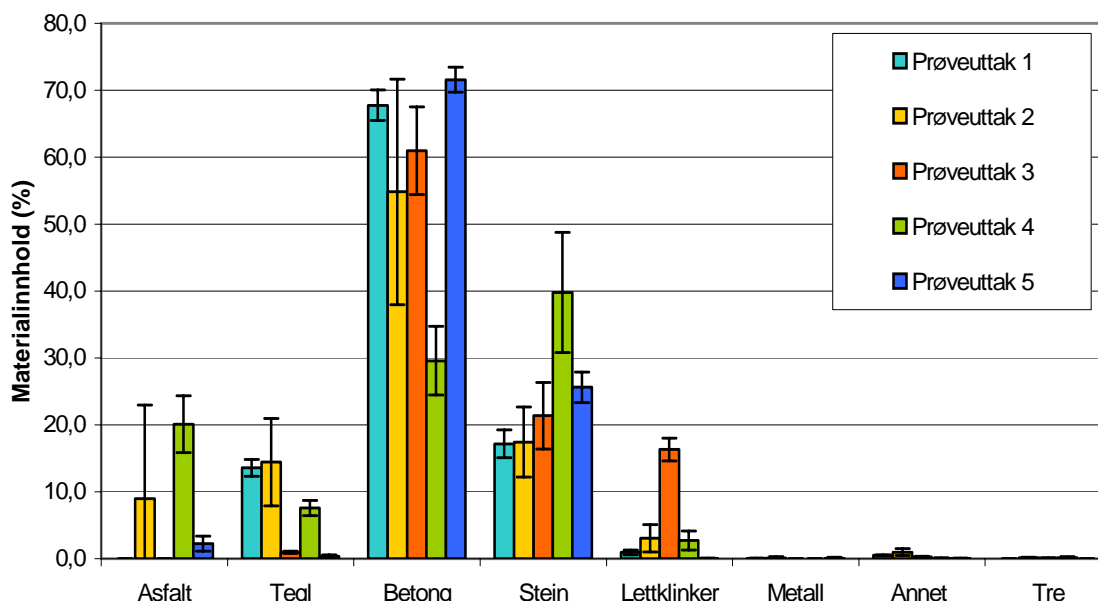
Analyse av materialegenskaper til resirkulert tilslag er utført i forbindelse med DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning. Noen av resultatene fra prøvingen er tatt med i denne rapporten for å kunne vise sammenhenger mellom fysiske og mekaniske egenskaper og frostbestandigheten. For øvrige resultater fra testing av resirkulert tilslag i henhold til deklarasjonsordningen vises det til prosjektrapport 13 fra Gjenbruksprosjektet.

5.1.1 Materialsammensetning

Materialsammensetningen er vist i Tabell 7 og Figur 6. Diagrammet bygger på gjennomsnittsverdier fra tre parallelle prøver for hvert prøveuttak, detaljer er vist i vedlegg 1. Prøvingen er utført av Statens vegvesen, Sentrallaboratoriet.

Tabell 7: Materialsammensetning, prøveuttak 1-5

Material-type	Materialsammensetning, masse-%									
	Prøveuttak 1		Prøveuttak 2		Prøveuttak 3		Prøveuttak 4		Prøveuttak 5	
	Gj.sn.	St.av.	Gj.sn.	St.av.	Gj.sn.	St.av.	Gj.sn.	St.av.	Gj.sn.	St.av.
Asfalt	0,0	0,0	9,0	14,0	0,0	0,0	20,1	4,3	2,3	1,1
Tegl	13,6	1,3	14,5	6,5	1,0	0,1	7,6	1,1	0,4	0,3
Betong	67,8	2,3	54,8	16,9	60,9	6,6	29,6	5,1	71,6	1,8
Stein	17,2	2,1	17,4	5,2	21,4	5,0	39,8	9,0	25,6	2,3
Lettklinker	0,9	0,4	3,1	2,0	16,3	1,7	2,7	1,4	0,0	0,0
Metall	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Annet	0,5	0,1	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Tre	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0



Figur 6: Materialsammensetning, prøveuttak 1-5

Prøveuttak 4 har en mye lavere andel betong og en mye høyere andel stein og asfalt enn de andre prøveuttakene. Prøveuttakene 1, 2 og 3 er tilnærmet like i materialsammensetning, med unntak av

asfaltinnholdet i prøveuttak 2 og innholdet av tegl og lettklinker i prøveuttak 3. Prøveuttak 5 er av Type 1 Knust betong, og derfor ikke sammenlignbart med de resterende prøveuttakene, men det har en høyere andel betong og stein, og en lavere andel asfalt og tegl enn de andre prøveuttakene.

Tabell 8 viser andel hoveddelmateriale i henhold til Kontrollrådets ”Tekniske bestemmelser for resirkulert tilslag”.

Tabell 8: Andel knust betong, knust murverk og naturtilslag

Prøveuttak 10-20 mm Type 2 Blandet masse	Andel knust betong, knust murverk og naturtilslag (masse-%)
1	98,5
2	86,7
3	83,3
4	77,0
5	97,2 ¹

¹ Andel knust betong og/eller naturtilslag

Tabell 9 viser materialsammensetningen til tilslag av typen ren betong (tilsvarende Type 1 Knust betong) i sorteringen 8-12 mm fra RESIBA-prosjektet.

Tabell 9: Materialsammensetning, ren betong 8-12 mm, kap. 7, tabell 3 i RESIBA – prosjektrapport 06/2002⁵

Sortering	Materialsammensetning, masse-%						
	Ren stein	Stein og pasta	Lettklinker	Asfalt	Tegl	Glass	Tre
RB 8-12 ¹	35,6	62,0	1,5	0,2	0,7	0,0	0,0

¹ RB står for ”ren betong” som tilsvarende Type 1 Knust betong

Det er ikke utført testing av materialsammensetning ved korn telling på tilslaget som ble frosttestet i det nordiske frostprosjektet.

Ved vurdering av resultatene fra analyse av materialsammensetningen opp mot kravene stilt i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser, se Tabell 5, er det ikke alle prøveuttakene som tilfredsstillere kravene:

- Prøveuttak 1 tilfredsstillere kravene til Type 2 Blandet masse til bruk både i bunden og i ubunden form
- Prøveuttak 2 har for lav andel hoveddelmateriale og for høy andel asfalt, og tilfredsstillere dermed ikke kravene
- Prøveuttak 3 har for lav andel hoveddelmateriale, og tilfredsstillere dermed ikke kravene. Prøveuttaket har forholdsvis høy andel lettklinker
- Prøveuttak 4 har for lav andel hoveddelmateriale, og for høy andel asfalt
- Prøveuttak 5 tilfredsstillere kravene til Type 1 Knust betong til bruk i ubunden form
- RESIBA-materialet tilfredsstillere kravene til Type 1 Knust betong til bruk både i bunden og ubunden form

Prøveuttakene 1-4 er av samme type, og er forventet å ha en noenlunde lik sammensetning. Forskjellene i materialsammensetningen mellom de fire prøvene er store, spesielt hvis man tar i betraktning at prøvene er tatt ut i et tidsrom på kun 6 måneder. Prøveuttak 5 og materialet fra RESIBA er begge av Type 1 Knust betong, og her er spredningen liten.

5.1.2 Vannabsorpsjon og korndensitet

Vannabsorpsjon og korndensitet er vist i Tabell 10. Tallene er gjennomsnittsverdier av tre parallelle tester utført for hvert prøveuttak, detaljer er vist i vedlegg 1. Alle prøveuttakene oppfyller kravene til korndensitet og vannabsorpsjon gitt i Tekniske bestemmelser for resirkulert tilslag, både for Type 1 Knust betong og Type 2 Blandet masse.

Tabell 10: Vannabsorpsjon og korndensitet, Type 1 og 2, 10-20 mm

Prøve-uttak	Overflatetørr korndensitet ρ_{ssd} (g/cm ³)		Ovnstørr korndensitet ρ_{rd} (g/cm ³)		Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)	
	Gjennom-snitt	Standard-avvik	Gjennom-snitt	Standard-avvik	Gjennom-snitt	Standard-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	2,27	0,01	2,14	0,01	6,07	0,13
Gj.snitt ¹	2,31		2,15		7,09	
St.avvik ¹	0,04		0,05		1,77	

¹ Gjennomsnitt og standardavvik er for prøveuttakene 1-4 fordi prøveuttak 5 er av Type 1 og derfor ikke sammenlignbart med de andre prøveuttakene

Tabell 11 viser vannabsorpsjon og korndensitet til tilslag av typen ren betong (Type 1 Knust betong) i sorteringen 8-12 mm fra RESIBA-prosjektet. Tilslaget oppfyller kravene til Type 1 Knust betong i henhold til Kontrollrådets ”Tekniske bestemmelser for resirkulert tilslag” både til bunden og ubunden bruk, se Tabell 5.

Tabell 11: Vannabsorpsjon og korndensitet, RB 8-12 mm, kap. 7, tabell 5 i RESIBA – prosjektrapport 06/2002⁵

Sortering	Overflatetørr korndensitet ρ_{ssd} (g/cm ³)	Ovnstørr korndensitet ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
RB 8-12 mm	2,39	2,28	5,28

Tabell 12 viser vannabsorpsjon og ovnstørr korndensitet på det resirkulerte tilslaget som ble brukt under frostprøvingen i det nordiske frostprosjektet. Tilslaget oppfyller kravene til Type 2 Blandet masse i henhold til Kontrollrådets ”Tekniske bestemmelser for resirkulert tilslag”, se Tabell 5.

Tabell 12: Vannabsorpsjon og overflatetørr korndensitet, vedlegg 3 i NORDTEST Project 1440-99 Technical Report 458²

Sortering	Ovnstørr korndensitet ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
Type 2, 8-16 mm	2,15	7,6

Alle prøveuttakene og materialet fra RESIBA og det nordiske frostprosjektet tilfredsstiller kravene til vannabsorpsjon og korndensitet satt i Kontrollrådets Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag, se Tabell 5. Verdiene for korndensitet er ganske lik for de ulike prøveuttakene, mens vannabsorpsjonen varierer. At vannabsorpsjonen varierer kan ha sammenheng med tilslagets siktekurve. Prøveuttak 2, som har den høyeste verdien for vannabsorpsjon, har også en kornkurve som viser stor andel av materiale mindre enn 8 mm. En annen forklaring kan være graden av vannmetting, siden vannabsorpsjonen er avhengig av massen av vannmettet og overflatetørr prøve.

Ingen av prøveuttakene har lav nok vannabsorpsjon i henhold til NS-EN 13242 (se Tabell 1) til at det kan antas frostoffritt.

5.1.3 Mekaniske egenskaper – Los Angeles

Los Angeles-verdien for prøveuttakene 1-4 er vist i Tabell 13. Tallene er gjennomsnittsverdier av tre parallelle prøver for hvert prøveuttak, detaljer er vist i vedlegg 1. Prøvingen er utført av Statens vegvesen, Sentrallaboratoriet.

Tabell 13: Los Angeles-verdi for prøveuttakene 1-4

	LA-verdi ¹					Gj.snitt	St.avvik
	Prøveuttak 1	Prøveuttak 2	Prøveuttak 3	Prøveuttak 4			
Gj.snitt	35,7	36,7	31,7	27,5		32,9	4,17
St.avvik	1,2	0,6	0,6	0,6			

¹ Bestemmelse av mekanisk styrke for prøveuttak 5 er ikke utført i henhold til standard og derfor utelatt

Krav til mekanisk styrke er gitt i Statens vegvesens håndbok 018. Alle prøveuttakene oppfyller kravene til bruk i nedre forsterkningslag, og prøveuttakene 3 og 4 tilfredsstiller i tillegg kravene til bruk i øvre forsterkningslag. Det ble ikke utført undersøkelser av mekanisk styrke på tilslaget som ble frosttestet i RESIBA og det nordiske frostprosjektet.

5.2 Frostbestandighet

Massetapet for hvert av prøveuttakene etter ti fryse-tine-syklus er vist i Tabell 14 og Figur 7. Det er utført tre parallelle tester for hver prøvepreparerings- og eksponeringsbetingelse for hvert prøveuttak, med unntak av IF-D-N for prøveuttak 3 og IF-Na-V for prøveuttak 4. For disse er det utført to parallelle tester grunnet ødelagte prøver. Forklaring på forkortelser er vist i Tabell 6. Detaljer er vist i vedlegg 2.

Tabell 14: Massetap for de forskjellige eksponeringsbetingelsene for hvert prøveuttak

	Massetap, %									
	Prøveuttak 1		Prøveuttak 2		Prøveuttak 3		Prøveuttak 4		Prøveuttak 5	
	Gj.sn.	St.av.	Gj.sn.	St.av.	Gj.sn.	St.av.	Gj.sn.	St.av.	Gj.sn.	St.av.
F-Na-N	33,9	0,77	36,8	1,02	32,0	0,73	15,9	0,82	44,3	2,12
F-Na-V	0,4	0,10	0,4	0,35	0,1	0,14	0,1	0,11	0,2	0,22
IF-Na-N	24,3	2,09	29,6	1,47	23,4	0,54	13,3	0,41	32,0	1,71
IF-Na-V	0,2	0,05	1,7	0,37	0,1	0,09	0,2 ¹	0,04	0,1	0,03
IF-D-N	3,8	0,86	7,5	0,68	2,2 ¹⁾	0,45	2,1	0,51	4,1	0,47
IF-D-V	0,2	0,06	1,2	0,20	0,2	0,06	0,2	0,03	0,1	0,04

¹ Gjennomsnitt av to parallelle prøver

F = Fortørket

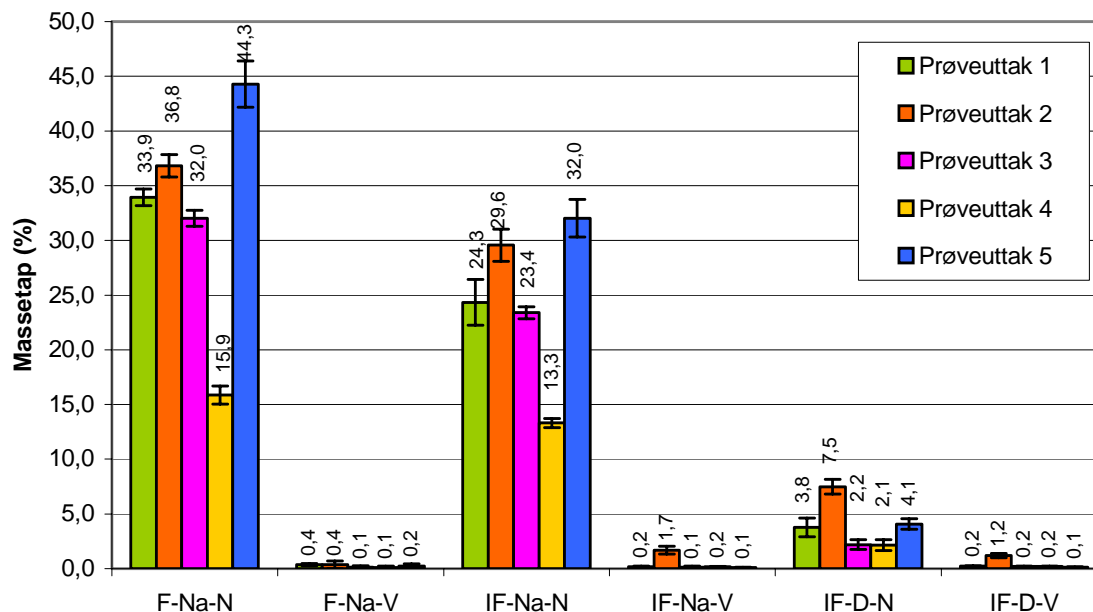
IF = Ikke-fortørket

Na = 1 % NaCl-løsning

D = Avionisert vann

N = Neddykket

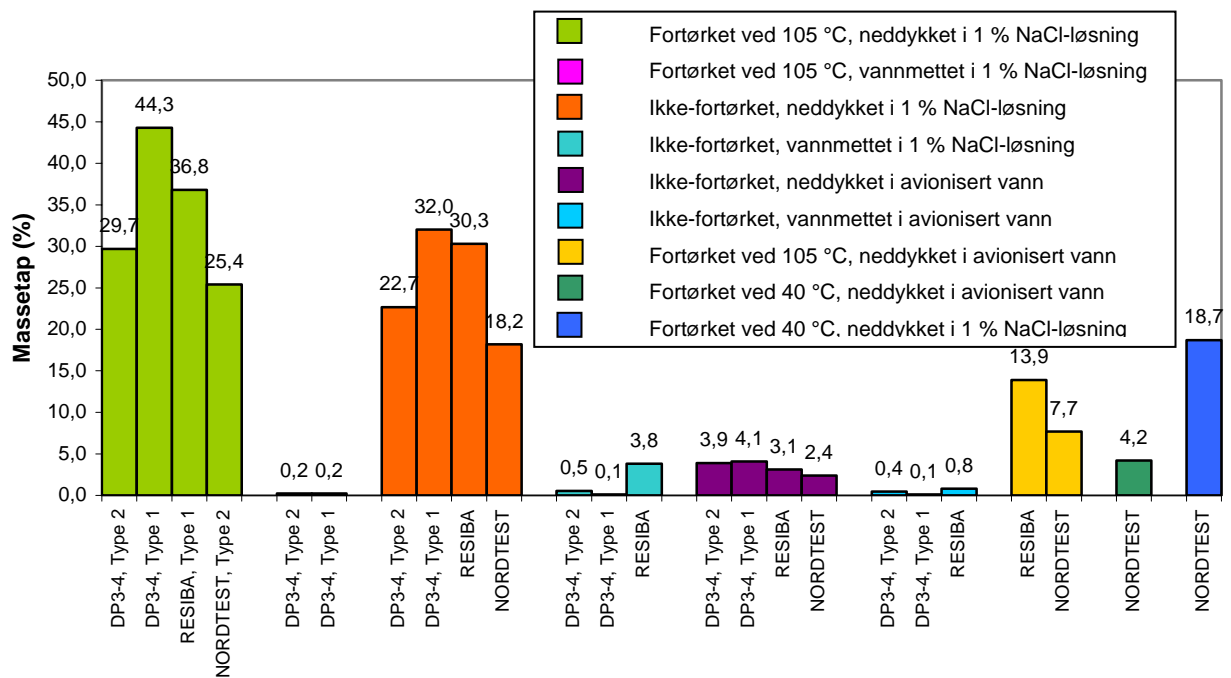
V = Vanntmettet



Figur 7: Massetap for de forskjellige eksponeringsbetingelsene for hvert prøveuttak

Prøveuttakene 2, 4 og 5 skiller seg klart ut fra de andre prøveuttakene, prøveuttak 4 ved et mye lavere massetap, og prøveuttakene 2 og 5 ved et mye høyere massetap. Prøveuttak 5 er av Type 1 Knust betong, og er derfor ikke direkte sammenlignbart med de andre prøveuttakene. Prøveuttakene 1 og 3 ligger tilnærmet likt. Se Figur 7. En mulig forklaring på forskjeller i massetap for de forskjellige prøveuttakene vil bli gitt i punkt 5.4.

Figur 8 viser en sammenstilling av massetapet ved frostprøving fra Gjenbruksprosjektet, RESIBA og det nordiske frostprosjektet. Dataene fra Gjenbruksprosjektet er vist i to deler; gjennomsnitt fra prøveuttakene 1-4 (Type 2 Blandet masse, 10-20 mm, tre parallelle for hvert prøveuttak) for seg, og prøveuttak 5 (Type 1 Knust betong, 10-20 mm, tre parallelle) for seg. Dataene fra RESIBA er fra tre parallelle prøve av Type 1 Knust betong, 8-12 mm. Dataene fra det nordiske frostprosjektet er basert på tre parallelle prøver av et tilslag av betong, tegl og asfalt (tilsvarende Type 2 Blandet masse), siktet til sortering 8-16 mm.



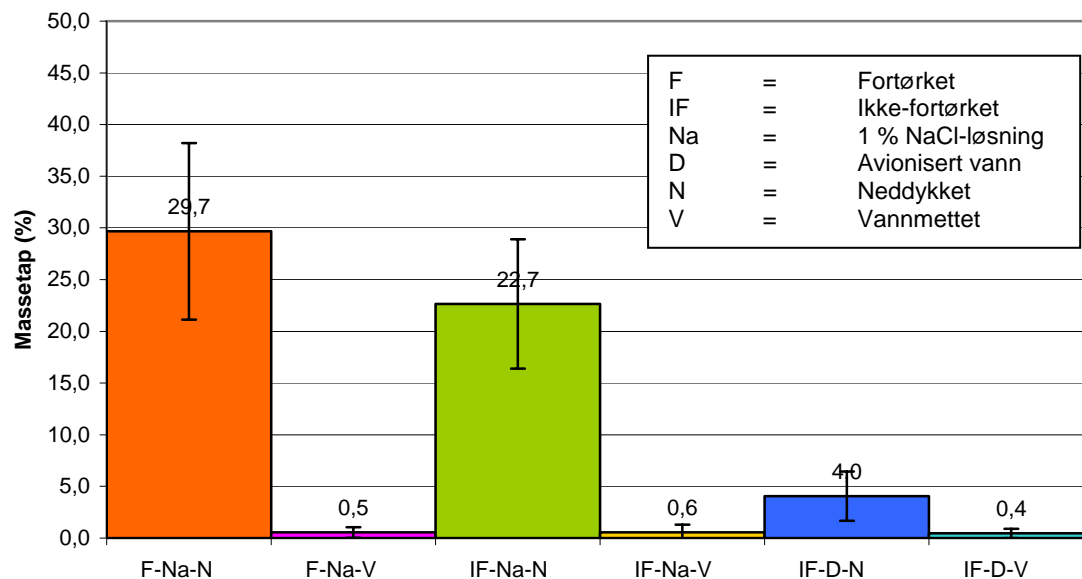
Figur 8: Sammenstilling av massetap ved frostprøving, Gjenbruksprosjektet, RESIBA og det nordiske frostprosjektet (like farger betyr like eksponeringsbetingelser)

Diagrammet i Figur 8 viser resultatene fra RESIBA større nedbryting enn resultatene fra frostprøving på tilslag av Type 2 fra Gjenbruksprosjektet. Frostprøvingen i RESIBA ble utført på tilslag av Type 1 Knust betong, og er derfor kun direkte sammenlignbart med resultatene fra prøveuttak 5, som er av samme type. RESIBAs resultater ligger litt lavere enn resultatene for prøveuttak 5. Resultatene fra det nordiske frostprosjektet ligger lavere enn de gjennomsnittlige resultatene fra Gjenbruksprosjektet, men de ligger ikke lavere enn resultatene fra prøveuttak 4. Massetapet for de sammenlignbare prøvene fra de tre frostprosjektene er likevel sammenfallende, det er ikke store forskjeller.

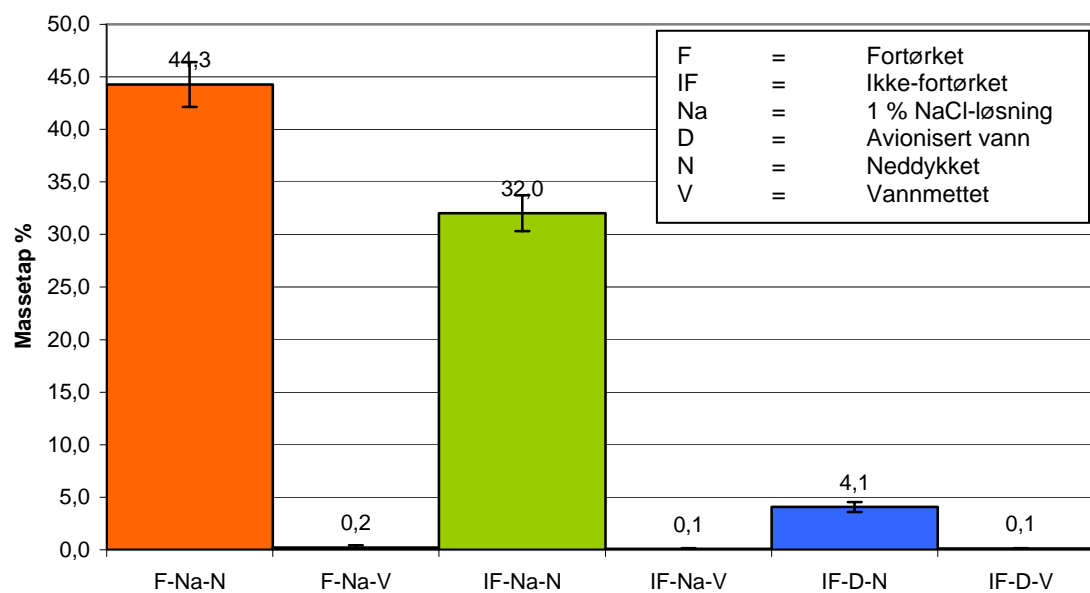
5.3 Effekten av prøvepreparering og eksponeringsbetingelser

Figur 9 viser gjennomsnittlig massetap for prøveuttakene 1-4 for de forskjellige preparerings- og eksponeringsbetingelsene, og Figur 10 viser massetapet for prøveuttak 5 for de ulike preparerings- og eksponeringsbetingelsene. At tilslaget ligger neddykket under frostprøvingen har absolutt mest å si for frostnedbrytingen. Bruk av 1 % NaCl-løsning og fortørking har forsterkende effekt på massetapet ved prøving i neddykket tilstand. Ved prøving i vannmettet tilstand har bruk av 1 % NaCl-løsning og fortørking ingen effekt. Sammenligning av massetapet for de forskjellige eksponeringsbetingelsene, vil vise effekten disse har på frostnedbrytingen, se punkt 4.3.2.

Effekten de forskjellige preparerings- og eksponeringsbetingelsene har på massetapet vil bli vist i de følgende punktene. Sammenligningen er gjort på basis av det gjennomsnittlige massetapet for prøveuttakene 1-4 (Figur 9). Tilsvarende kan vises for prøveuttak 5 (Figur 10).



Figur 9: Massetap for de forskjellige eksponeringsbetingelsene, gjennomsnittsverdier for prøveuttakene 1-4



Figur 10: Massetap for de forskjellige eksponeringsbetingelsene, prøveuttak 5

5.3.1 Effekt av neddykking

Effekten neddykking har på frostnedbrytingen vises ved å sammenligne prøver som har like preparerings- og eksponeringsbetingelser med unntak av vannmetting/neddykking. Tabell 15 viser forskjellen i massetapet ved sammenligning av de forskjellige prøvene.

Tabell 15: Effekt av neddykking

Eksponeringsbetingelser	Forskjell i massetap vannmettet - neddykket
Fortørket, 1 % NaCl-løsning	29,2 %
Ikke-fortørket, 1 % NaCl-løsning	22,1 %
Ikke-fortørket, avionisert vann	3,6 %

Effekten neddykking har på frostnedbrytingen blir kraftig forsterket hvis tilslaget i tillegg er neddykket i 1 % NaCl-løsning og tørket ved 105°C før prøving. Er tilslaget neddykket i 1 % NaCl-løsning, men ikke fortørket, er effekten av neddykking litt lavere. Effekten av neddykking i avionisert vann når tilslaget ikke er fortørket, er betydelig lavere enn ved de to andre alternativene. Bruk av 1 % NaCl-løsning har altså en vesentlig forsterkende effekt på massetapet ved prøving i neddykket tilstand, mens fortørring forsterker denne effekten ytterligere.

5.3.2 Effekt av salt

Effekten bruk av 1 % NaCl-løsning har på frostnedbrytingen vises ved å sammenligne prøver som har like preparerings- og eksponeringsbetingelser med unntak av 1 % NaCl-løsning/avionisert vann. Tabell 16 viser forskjell i massetap for prøver som er neddykket i 1 % NaCl-løsning kontra neddykking i avionisert vann.

Tabell 16: Effekt av 1 % NaCl-løsning

Eksponeringsbetingelser	Forskjell i massetap 1% NaCl-løsning - avionisert vann
Ikke-fortørket, neddykket	18,7 %
Ikke-fortørket, vannmettet	0,2 %

Dette viser at bruk av 1 % NaCl-løsning har stor effekt på massetapet hvis tilslaget er neddykket under frostprøving. Er tilslaget kun vannmettet under prøving, har saltet ingen virkning.

5.3.3 Effekt av fortørring

Effekten fortørring ved 105°C har på frostnedbrytingen vises ved å sammenligne prøver som har like eksponeringsbetingelser med unntak av fortørring/ikke-fortørring. Tabell 17 viser forskjell i massetap for prøver som er fortørket kontra prøver som ikke er fortørket.

Tabell 17: Effekt av fortørring

Eksponeringsbetingelser	Forskjell i massetap fortørket – ikke-fortørket
1 % NaCl-løsning, neddykket	7,0 %
1 % NaCl-løsning, vannmettet	- 0,1 %

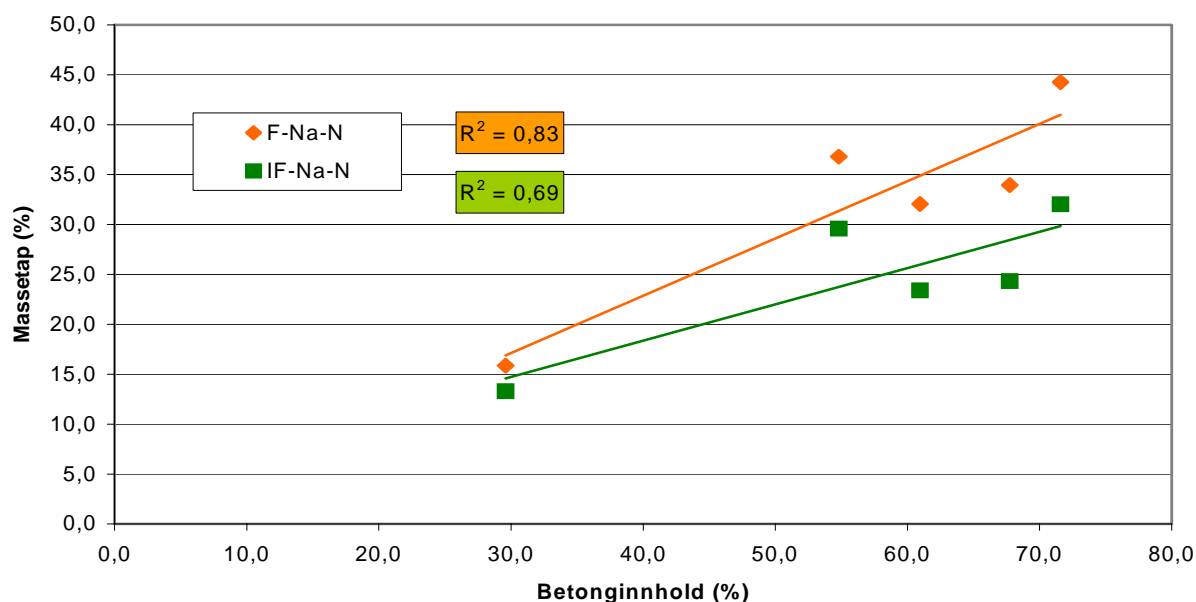
Fortørring har en negativ effekt på massetapet ved frostprøving når tilslaget er neddykket under prøving. For de vannmettede prøvene har fortørringen ingen effekt på massetapet, selv om prøvene er vannmettet i 1 % NaCl-løsning.

5.4 Sammenheng mellom frostbestandighet og andre materialegenskaper

Bestemmelse av tilslagets frostbestandighet er en omstendelig og langvarig analyse. Om det er sammenheng mellom tilslaget frostbestandighet og andre materialegenskaper, kan resultater fra analysene av disse andre materialegenskapene muligens brukes som et mål på frostbestandigheten. I tillegg kan det være mulig å se på hvilken effekt andre materialegenskaper – materialsammensetning, vannabsorpsjon, korndensitet og mekaniske egenskaper – har på variasjoner i massetap ved frostprøving. På grunn av få måleverdier kan det ikke trekkes sikre konklusjoner, men det er likevel mulig å få en indikasjon på eventuelle sammenhenger. I tillegg er det kun sett på lineære sammenhenger, selv om det nok ikke helt gjenspeiler de reelle situasjonene.

5.4.1 Sammenheng mellom massetap og materialsammensetning

Analysen på sammenheng mellom frostbestandighet av resirkulert tilslag og tilslagets materialinnhold, viser ingen sammenheng mellom massetapet og innhold av de forskjellige delmaterialene, med unntak av betong. Sammenhengen mellom massetap og innhold av betong er vist i Figur 11.

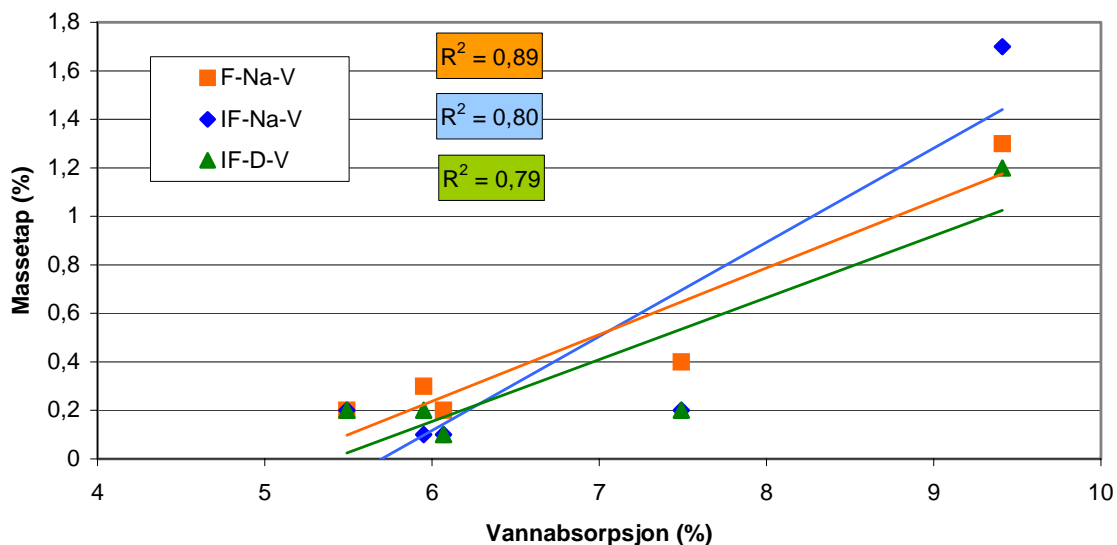


Figur 11: Sammenheng mellom massetap og innhold av betong

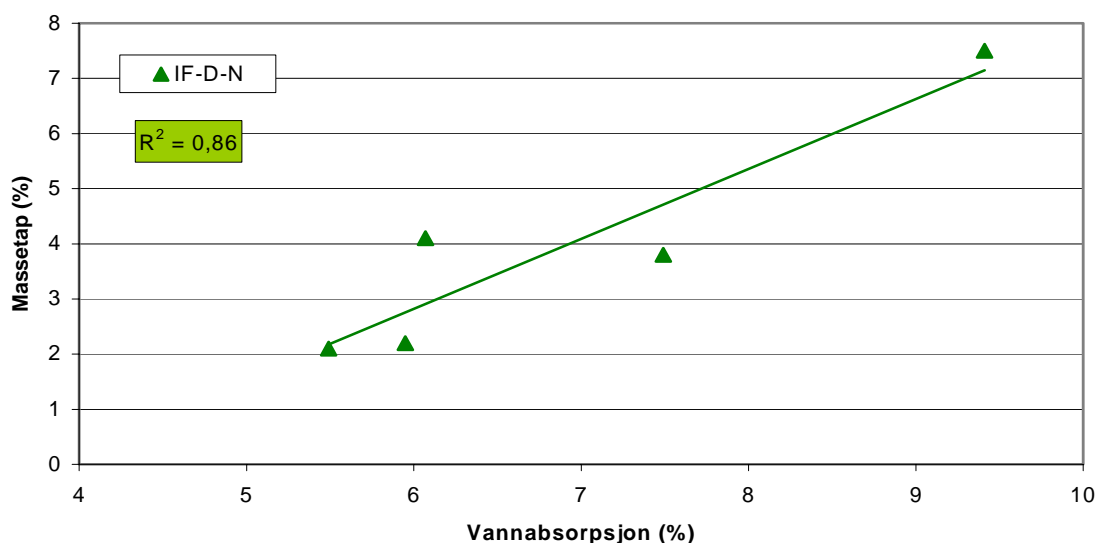
Sammenheng mellom massetap ved frostprøving og innhold av betong vises kun for prøver som var neddykket i salt under prøving. I tillegg vises sammenhengen klartest for prøver som er fortørket før neddykking i 1 % NaCl-løsning. Økende andel betong gir altså økende massetap ved frostprøving når tilslaget er neddykket i 1 % NaCl-løsning.

5.4.2 Sammenheng mellom massetap og vannabsorpsjon

Analysen av sammenheng mellom massetap ved frostprøving og tilslagets evne til å absorbere vann er vist i Figur 12 og Figur 13.



Figur 12: Sammenheng mellom massetap og vannabsorpsjon (vannmettede prøver)



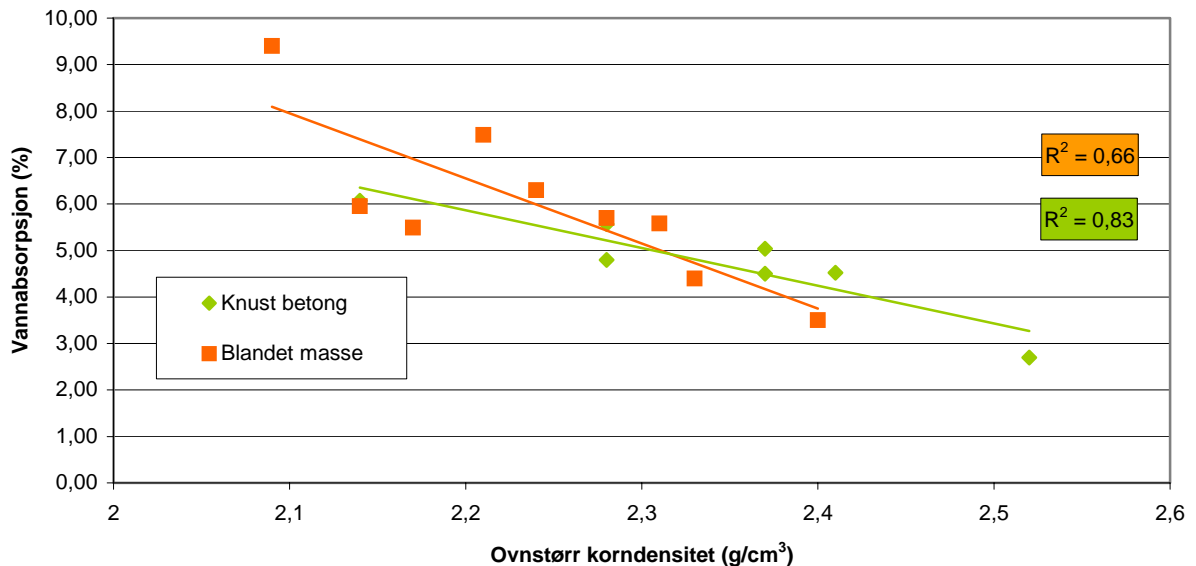
Figur 13: Sammenheng mellom massetap og vannabsorpsjon (IF-D-N, neddykket prøve)

Sammenhengen mellom massetap ved frostprøving og vannabsorpsjonen vises kun for prøver med lavt massetap. Det vil si for alle de vannmettede prøvene (se Figur 12) og for prøver som er ikke-fortørket og neddykket i avionisert vann (se Figur 13). Er prøvene neddykket i 1 % NaCl-løsning er massetapet så stort, at sammenheng med vannabsorpsjonen ikke vises. Økende evne til å absorbere vann gir økt massetap ved frostprøving. Den viste sammenhengen mellom frostbestandighet og vannabsorpsjon er i overensstemmelse med NS-EN 13242, der en ved lav vannabsorpsjon kan anta at tilslaget er frostsikkert, se Tabell 1.

5.4.3 Sammenheng mellom massetap og korndensitet - indirekte

Analysen av sammenheng mellom massetap ved frostprøving og tilslaget korndensitet viser ingen direkte sammenheng.

Tall fra Gjenbruksprosjektet og RESIBA viser imidlertid en sammenheng mellom vannabsorpsjon og korndensitet for resirkulert tilslag, se Figur 14, noe som også indikerer en sammenheng mellom massetap ved frostprøving og korndensitet.

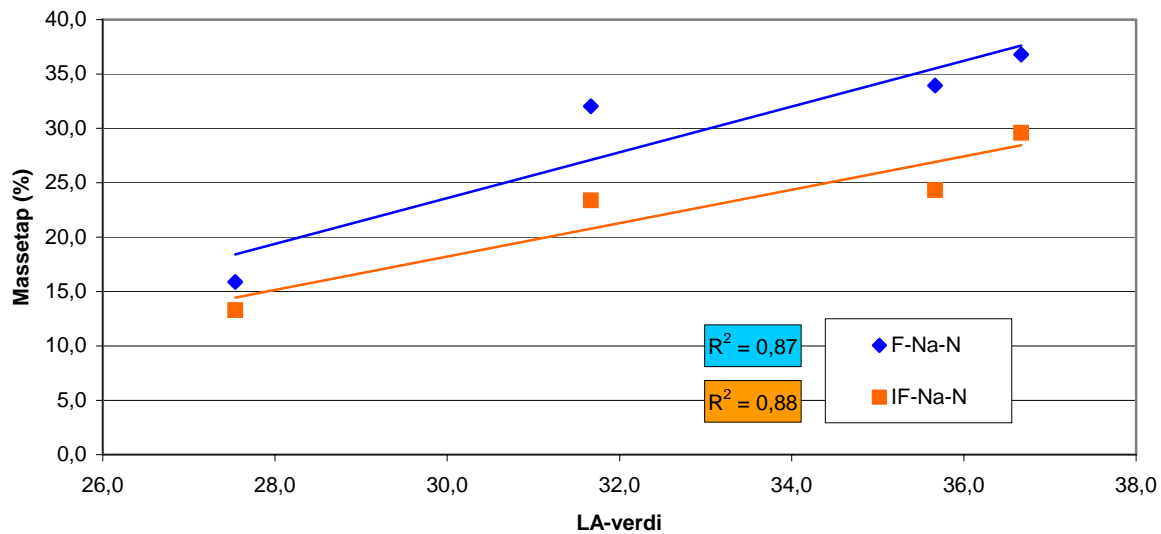


Figur 14: Sammenheng mellom ovnstørr korndensitet og vannabsorpsjon (blandet masse og knust betong, 10-20 mm, RESIBA og Gjenbruksprosjektet)

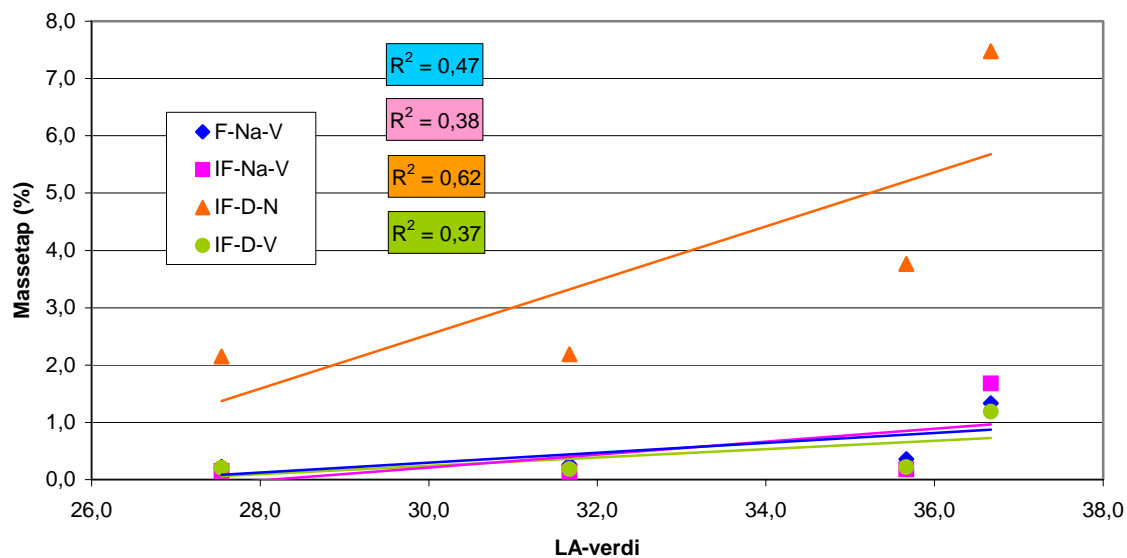
Større variasjoner i materialsammensetningen av blandet masse er den sannsynlige årsaken til større spredning i sammenhengen mellom vannabsorpsjon og korndensitet for blandet masse enn for knust betong.

5.4.4 Sammenheng mellom massetap og mekaniske egenskaper – Los Angeles

Analysen av sammenhengen mellom massetap ved frostprøving og tilslaget mekaniske styrke er vist i Figur 15 og Figur 16.



Figur 15: Sammenheng mellom massetap og mekanisk styrke (Los Angeles) for tilslag neddykket i 1 % NaCl-løsning



Figur 16: Sammenheng mellom massetap og mekanisk styrke (Los Angeles) for vannmettede prøver og for prøver neddykket i avionisert vann

Sammenhengen mellom frostnedbryting og mekanisk styrke vises kun for prøver som var neddykket under prøving. Når vannet fryser i boksene tilslaget er plassert i, vil det først fryse fra toppen. Dette er også den eneste veien vannet kan utvide seg på, siden boksene er av stivt metall. Sammenhengen mellom frostnedbryting for neddykkede prøver og mekanisk styrke kan være en indikasjon på at det oppstår mekaniske krefter i boksene når vannet fryser. Vannet vil dra med seg tilslaget oppover i boksene, og det vil sannsynligvis oppstå gnisninger mellom tilslagskornene, noe som igjen fører til økt massetap. Høyere LA-verdi (lavere mekanisk styrke) gir høyere massetap ved prøving i neddykket

tilstand. Dette er en sammenheng som mest sannsynlig kun vil vises i laboratoriet, siden det er den begrensede plassen vannet har til utvidelse ved frysing som er årsak til regresjonen.

5.5 Oppfylging av krav til frostbestandighet – NS-EN 13242

Alle prøvene som ble testet i vannmettet tilstand tilfredstilte kravene til frostbestandighet gitt i NS-EN 13242. De strengeste kravene var gitt til klimaklassen kontinental og under mettede forhold, og alle prøvene lå under kravene. Prøvene som ble testet i neddykket tilstand tilfredstilte ikke kravene til noen av klimaklassene.

6 Konklusjon

6.1 Frostbestandighet av resirkulert tilslag

Undersøkelsene av resirkulert tilslags frostbestandighet i henhold til metode gitt i NS-EN 1367-1 "Prøvningsmetoder for termiske egenskaper og forvittringsmotstand mot frysing og tining – Del 1: Bestemmelse av motstand mot frysing og tining", men med flere ulike eksponeringsbetingelser – neddykket/vannmettet, 1 % NaCl-løsning/avionisert vann, fortørket/ikke-fortørket – ga følgende resultater:

- Prøver neddykket i 1 % NaCl-løsning under prøving har klart størst massetap. Fortørking av prøvene forsterker denne effekten
- Ikke-fortørkede prøver neddykket i avionisert vann under prøving har mindre massetap enn prøver neddykket i 1 % NaCl-løsning, men tilfredsstillende likevel ikke kravet til frostbestandighet for tilslag gitt i NS-EN 13242 "Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging", se Tabell 2.
- Bruk av 1 % NaCl-løsning under prøving har en forsterkende effekt på massetapet kun om tilslaget er neddykket under prøving
- Fortørking av det resirkulerte tilslaget har en forsterkende effekt på massetapet kun om tilslaget er neddykket under prøving
- Prøver som var vannmettet, men ikke neddykket, under prøving tilfredsstillende kravene satt til frostbestandighet i NS-EN 13242

Av dette kan det konkluderes med at resirkulert tilslag har god frostbestandighet under drenerte forhold, og at bruk av tinesalter har liten eller ingen negativ effekt på frostbestandigheten under drenerte forhold. Resirkulert tilslag anbefales ikke brukt der det ligger utsatt for frost i neddykket tilstand. Fortørking er en del av prosedyren i NS-EN 1367-1¹, men gjenspeiler ikke faktiske eksponeringsbetingelser. Selv om fortørking har liten eller ingen innvirkning på resultatene fra frostprøvingen om tilslaget prøves vannmettet, vil denne delen av prøveprepareringsprosedyren gitt i NS-EN 1367-1¹ for naturlig tilslag ikke inngå i forslaget til ny prøveprosedyre for undersøkelse av frostbestandighet av resirkulert tilslag (se punkt 7).

Analyse av sammenhenger mellom massetap ved frostprøving og ulike materialeegenskaper ga følgende resultater:

- Økt andel betong i tilslaget gir økt massetap ved frostprøving for prøver neddykket i 1 % NaCl-løsning
- Økt vannabsorpsjon gir, for prøvene med lavest massetap, økt massetap ved frostprøving. Denne sammenhengen vist ikke for prøver med massetap over 10 %.
- Det er ingen direkte sammenheng mellom tilslaget korndensitet og massetap ved frostprøving, men det vises en indirekte sammenheng ved en forholdsvis god korrelasjon mellom tilslagets vannabsorpsjon og dets korndensitet
- Det vist også en sammenheng mellom tilslagets mekaniske styrke (mål ved Los Angeles-metoden) og massetap ved frostprøving for prøver neddykket i 1 % NaCl-løsning under prøving, men dette skyldes trolig andre parametere ved frostprøvingen (se punkt 6.2)

De viste sammenhenger mellom resirkulert tilslags frostbestandighet og andre materialeegenskaper er ikke sikre nok til at disse andre materialeegenskapene kan brukes som et mål på frostbestandigheten. På grunn av få målepunkter, vil disse sammenhengene kun gi en indikasjon på mulige sammenhenger.

6.2 Erfaringer fra frostprøvingen

Sammenhengen mellom frostnedbrytingen av prøver som var neddykket under prøving og tilslagets mekaniske egenskaper kan tyde på at tilslaget var utsatt for mekaniske krefter under nedfrysingen. Når vannet fryser i boksene fryser det fra toppen, og dette er også den eneste veien vannet kan ekspandere

under frysing. Bevegelsen som oppstår når vannet utvider seg, kan ha ført til gnisninger mellom tilslagskornene, noe som igjen har ført til økt massetap. En del av det store massetapet ved testing i neddykket tilstand kan trolig forklares ved dette. En annen forklaring er at i neddykket tilstand vil frosset vann mellom kornene ikke tillate porevannet i delvis åpne porer på og nær overflaten til å ekspandere.

Undersøkelsene som ble utført forut for denne rapporten kan ikke gi svar på disse spørsmålene. For å få større kunnskaper om dette, bør det vurderes å utføre prøving der tilslaget ligger neddykket under frysing, men da plassert i elastiske beholdere som kan gi vannet ekspansjonsmuligheter under frysing.

I det nordiske frostprosjektet ble det rapportert vanskeligheter med å ta vare på alt materiale mindre enn 4 mm etter prøving, og at dette medførte usikkerhetsmomenter ved resultatene. Ved å filtrere prøvematerialet gjennom filtre (for eksempel kaffefiltre) før ettertørring, ble disse usikkerhetene eliminert. I tillegg ble prøvene dekket med papir under tørkeprosessen, slik at ikke noe av finstoffet skulle forsvinne ved tørking i tørkeskapet.

6.3 Begrensninger for ubunden bruk

Resirkulert tilslag i ubunden bruk kan brukes i forsterkningslaget i veier, og i forsterkningslaget og bærelaget i gang- og sykkelveier og plasser. Det kan brukes som drenerende masser i VA-grøfter i ledningssonen og som tilbakefylling mellom konstruksjoner.

Før det eventuelt blir utført utfyllende undersøkelser på tilslagets frostbestandighet under neddykkede forhold, anbefales det fortsatt ikke at resirkulert tilslag blir brukt der det ligger frostutsatt i neddykket tilstand, på grunn av fare for stor nedbryting av materialet under slike forhold. Dette bekrefter konklusjonen fra andre undersøkelser som for eksempel RESIBA-prosjektet. Tinesalter virker ikke nedbrytende på resirkulert tilslag under drenerte forhold.

7 Forslag til prøvemethode

–Bestemmelse av resirkulert tilslags evne til motstand mot frysing og tining.

Prøvmingsmetoden for bestemmelse av tilslags motstand mot frysing og tining beskrevet i NS-EN 1367-1 er ikke egnet for resirkulert tilslag. Fortørking medfører økt massetap, så dette bør ikke inngå i prøvmingsprosedyren. I tillegg vil neddykking av tilslaget under prøving være en unødvendig parameter i og med at tilslaget ikke anbefales brukt der det er fare for at det kan ligge utsatt for frost i neddykket tilstand, se punkt 6.3. I anbefalingen til prøvemethode er det tatt utgangspunkt i NS-EN 1367-1, men med unntak av disse to parametrene. Følgende prøvemethode er satt opp etter mal av Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser.

7.1 Omfang

Metoden går ut på å bestemme resirkulert tilslags motstandsevne mot frysing og tining. Massetapet ved prøving gir et mål på frostegenskapen til tilslaget.

Testen simulerer den påkjenning tilslaget er utsatt for ved gjentatt frysing og tining i ubunden form. Massetapet beregnes som prosentvis masse som er mindre enn 4 mm etter prøving.

7.2 Referanser

NS-EN 1367-1: Prøvmingsmetoder for termiske egenskaper og forvittringsmotstand for tilslag – Del 1: Bestemmelse av motstand mot frysing og tining, 2000

NS-EN 932-2: Prøvmingsmetoder for generelle egenskaper for tilslag – Del 2: Metoder for deling av laboratorieprøver, 1999

NS-EN 933-2: Prøvmingsmetoder for geometriske egenskaper for tilslag – Del 2: Bestemmelse av kornstørrelsesfordeling Sikter, nominell størrelse av siktåpninger, 1996

7.3 Utstyr

Klimaskap med luftsirkulasjon

Ventilert tørkeskap

Temperaturfølere, datalogger og PC for registrering av temperaturforeløpet

Metallbokser:

Nominell kapasitet: 2000 ml

Vegtykkelse: Omtrent 0,6 mm

Innvendig diameter: Mellom 120 mm og 140 mm

Innvendig høyde: Mellom 170 mm og 220 mm

Lokk: Plastfolie

Temperert vannbad for tining

Sikter 4, 8 og 16 mm standard sikteformer i henhold til NS-EN 933-2

Vekt – med en nøyaktighet på $\pm 0,1$ g

Rister til vasking av tilslaget

Flate metallbokser til for- og ettertørking

1 % NaCl-løsning (i avionisert vann)

7.4 Prøvepreparering

Prøvene deles i tre prøver á ca. 3500 g etter NS-EN 932-2, siktes i sortering 8–16 mm, og vaskes for å fjerne klebrige partikler. Dette skal tilsvare en tørr prøve på ca. 2000 g. Prøvene plasseres i

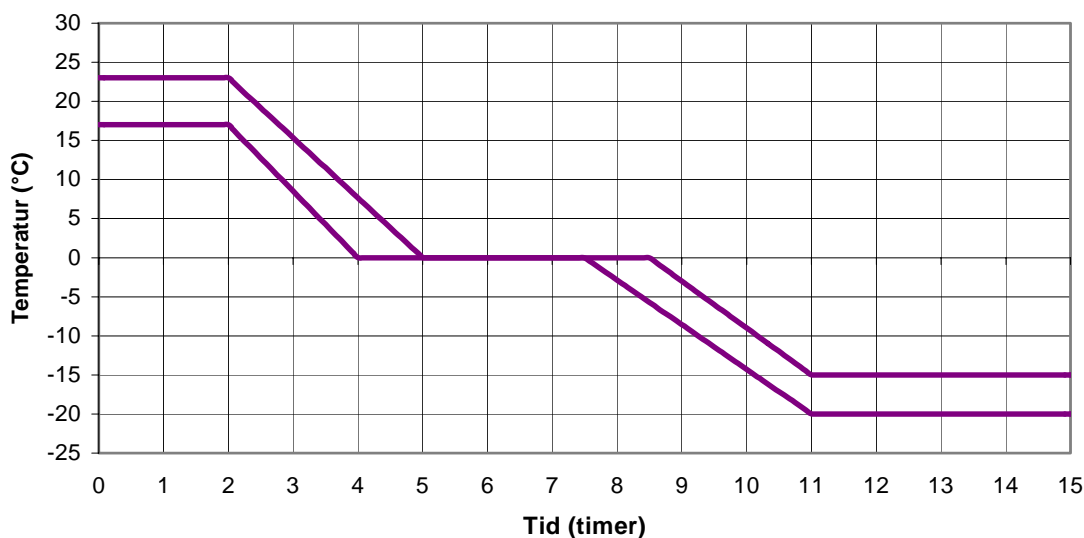
metallboksene og settes til vannmetting i 1 % NaCl-løsning i (24 ± 1) timer. Vannivået i boksene bør være minst 10 mm over tilslaget. Etter 24 timers vannmetting helles vannet av, og prøvene tørkes med tørkepapir slik at steinene skifter farge fra mørk til lys. Prøvene fylles tilbake i metallboksene, og boksene dekkes med plastfolie for å forhindre væskefordampning. Det bør plasseres temperaturmålere i prøvene for å kunne dokumentere at nedfrysingsforeløpet ligger innenfor toleransegrensene.

7.5 Fremgangsmåte

Prøvene plasseres i klimaskapet med minst 50 mm mellomrom. Klimaskapet skal være programmert slik at prøvene fryses etter NS-EN 1367-1, deretter tines prøvene i vannbad.

Fryse-tine-syklus med toleransegrenser, se Figur 17:

- Temperaturen reduseres fra (20 ± 3) °C til 0 °C på (150 ± 30) min, og holdes på 0 °C i (210 ± 30) min
- Temperaturen reduseres fra 0 °C til $(-17,5 \pm 2,5)$ °C i løpet av (180 ± 30) min, og holdes på $(-17,5 \pm 2,5)$ °C i minimum 240 min
- Lufttemperaturen i klimaskapet skal aldri være lavere enn -22 °C
- Etter nedfrysing tines prøvene i vannbad med en temperatur på ca. 20 °C. Opptiningen er komplett når temperaturen i prøvene har nådd (20 ± 3) °C
- Etter opptining skal prøvene holdes i vannbad i maksimum 10 timer. Hver fryse-tine-syklus skal være komplett innen 24 timer



Figur 17: Temperaturkurve for nedfrysing av prøver med øvre og nedre toleransegrenser

Etter ti fryse-tine-sykler tørkes prøvene til konstant masse i ventilert tørkeskap ved (110 ± 5) °C. Prøvene bør plasseres i flate metallbokser og dekkes med tørkepapir ved tørking, for å unngå ytterligere oppsmuldring og tap av småpartikler. Deretter siktes tilslaget på 4 mm-sikt, og materiale mindre enn 4 mm veies for seg, $m < 4$ mm, og materiale større enn 4 mm for seg, $m > 4$ mm. For pålitelige resultater er det viktig å få med alt materiale mindre enn 4 mm.

7.6 Resultater

Massetapet beregnes etter følgende formel:

$$F = \left(1 - \frac{m_{>4mm}}{m_{>4mm} + m_{<4mm}}\right) \cdot 100$$

F = massetap (%)

$m_{>4 \text{ mm}}$ = vekt av tilslag større enn 4 mm etter prøving, tørket ved $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ (g)

$m_{<4 \text{ mm}}$ = vekt av tilslag mindre enn 4 mm etter prøving, tørket ved $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ (g)

7.7 Rapportering

Dokumentasjonen skal minimum omfatte:

- at analysen er utført etter denne metoden
- dato og prøvenummer
- type tilslag
- prøvens navn og opprinnelse
- navn på prøvingslaboratorium
- navn på ansvarlig for prøvingen
- navn på oppdragsgiver
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen
- måleresultat (massetap i %)

8 Referanser

- ¹ NS-EN 1367-1: Prøvingsemtodeer for termiske egenskaper og forvittringsmotstand for tilslag – Del 1: Bestemmelse av motstand mot frysing og tining, 2000
- ² Jacobsen S., S. Solberg: Frosttesting of porous and recycled aggregates, Project Report 294, NBI 2001
- ³ RESIBA, <http://www.byggforsk.no/Prosjekter/resiba>
- ⁴ Jacobsen S.: Deklarasjon av egenskaper for resirkulert tilslag – forprosjek 1998, NBI, 1998
- ⁵ Mehus J., et al: Ubunden bruk av resirkulert tilslag i VA-grøfter, RESIBA - prosjektrapport 06/2002, NBI, 2002
- ⁶ Petkovic G., B. Lillestøl: Materialeegenskaper for resirkulert tilslag, RESIBA – prosjektrapport 02/2002, NBI, 2002
- ⁷ Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser, Statens vegvesen, 1997, Nettbasert oppdatering delvis ferdig 2005
- ⁸ NS-EN 13242: Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging, 2003
- ⁹ NS-EN 1367-2: tests for thermal and weathering properties of aggregates – Part 2: Magnesium sulphate test, 1998
- ¹⁰ Byggedetaljblad 572.111 Resirkulert tilslag, NBI 2003
- ¹¹ www.gjenbruksprosjektet.net
- ¹² Kontrollrådet, Tekniske bestemmelser for klasse V Resirkulert tilslag, 2002, www.kontrollradet.no/
- ¹³ Håndbok 018 Vegbygging, Statens vegvesen, 2005
- ¹⁴ prEn 933-11: Tests for geometrical properties of aggregates – Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregates, 2001
- ¹⁵ NS-EN 1097-6: Prøvingemetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag – Del 6: Bestemmelse av korndensitet og vannabsorpsjon, 2000
- ¹⁶ NS-EN 1097-2: Prøvingemetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag – Del 2: Metoder for bestemmelse av motstand mot knusing, 1999
- ¹⁷ Prøvetoder og dokumentasjon av resirkulert tilslag – Frostbestandighet og karbonatisering – Hovedoppgave for Synnøve A. Myren, Ole Reidar Aardalsbakke og Nicolas Enrique Obregon Whittle, Høgskolen i Oslo, 2003 (også utgitt som Gjenbruksprosjektets arbeidsrapport)
- ¹⁸ Myren S. A., J. Mehus: Uttesting av deklarasjonsordning for resirkulert tilslag, Prosjektrapport nr. 13 fra Gjenbruksprosjektet, Statens vegvesen, 2005
- ¹⁹ DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning – forsøksplan, Gjenbruksprosjektet, Statens vegvesen, 2002
- ²⁰ NS-EN 932-2: Prøvingemetoder for generelle egenskaper for tilslag – Del 2: Metoder for deling av laboratorieprøver, 1999

VEDLEGG

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 1: FYSISKE OG MEKANISKE EGENSKAPER	III
VEDLEGG 2: MASSETAP VED FROSTPRØVING	III
VEDLEGG 3: REGRESJONSANALYSER.....	XVII
VEDLEGG 4: DELPROSJEKT 3 "GJENBRUK AV BETONG"	XXI
VEDLEGG 5: RAPPORTOVERSIKT PR. 30.11.2005, STATENS VEGVESEN GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005.....	XXIII

GJENBRUKSPROSJEKTET



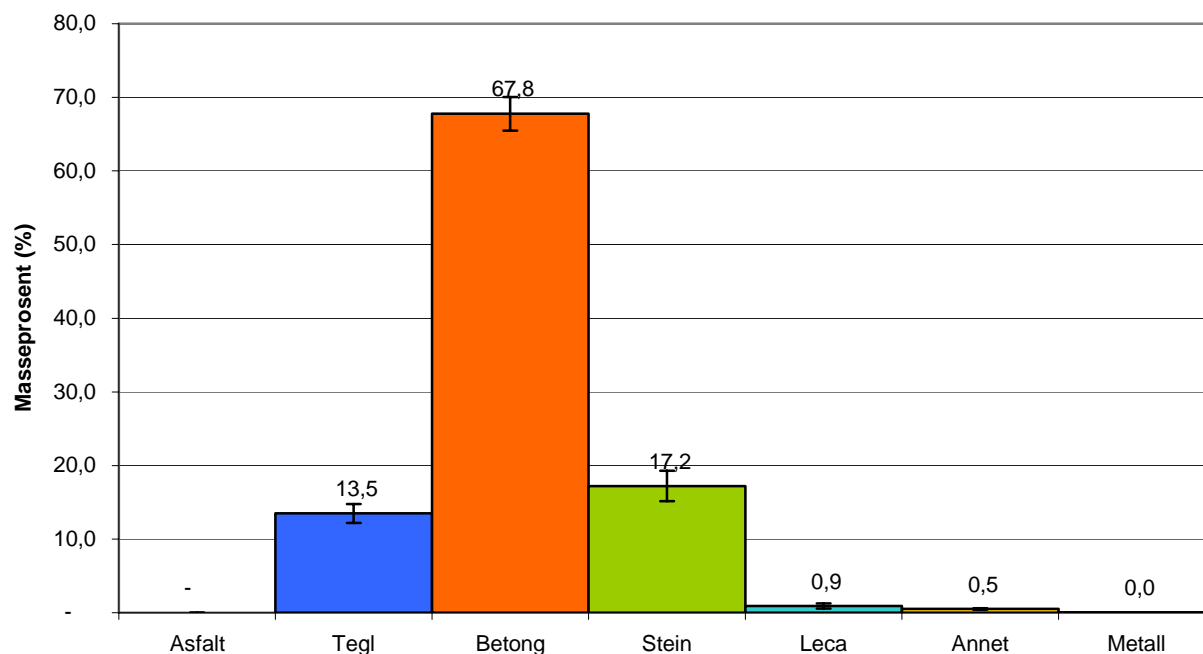
VEDLEGG 1: FYSISKE OG MEKANISKE EGENSKAPER

- Materialsammensetning
- Vannabsorpsjon og korndensitet
- Mekaniske egenskaper – Los Angeles

Materialsammensetning, prøveuttak 1, 30.10.2002

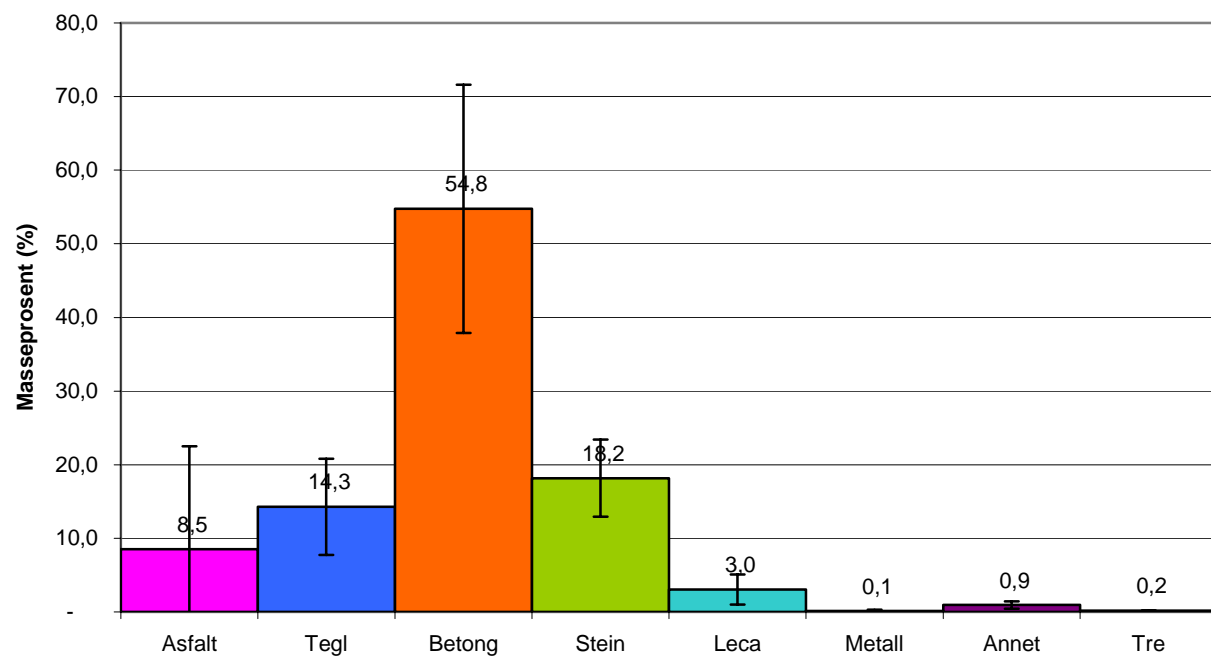
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Metall	Annet
Innhold, masseprosent	0,0	15,0	67,1	16,0	1,3	---	0,6
	0,0	13,1	65,9	19,6	1,0	0,1	0,4
	0,0	12,6	70,3	16,0	0,6	---	0,5
Gjennomsnitt	0,0	13,6	67,8	17,2	0,9	0,1	0,5
Standardavvik	0,0	1,3	2,3	2,1	0,4	---	0,1



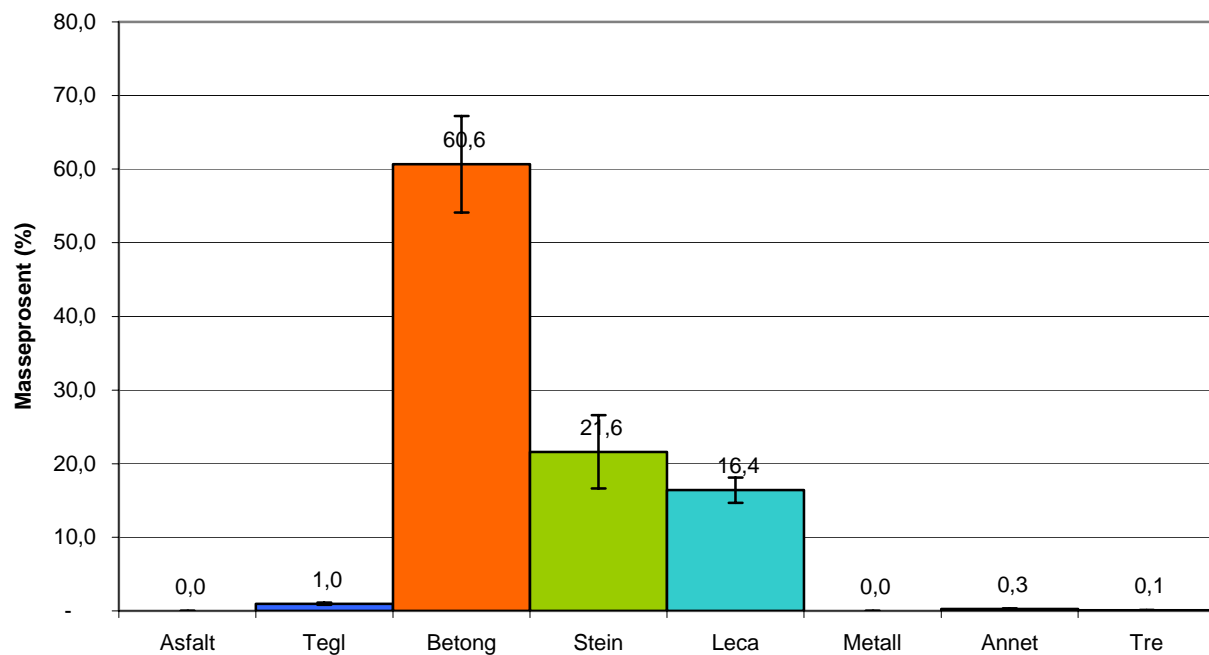
Materialsammensetning, prøveuttak 2, 25.11.2002
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Metall	Annet	Tre
Innhold, masseprosent	25,1	22,0	35,8	15,3	0,8	0,3	0,6	0,1
	1,3	10,7	67,9	13,6	4,7	0,0	1,6	0,2
	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



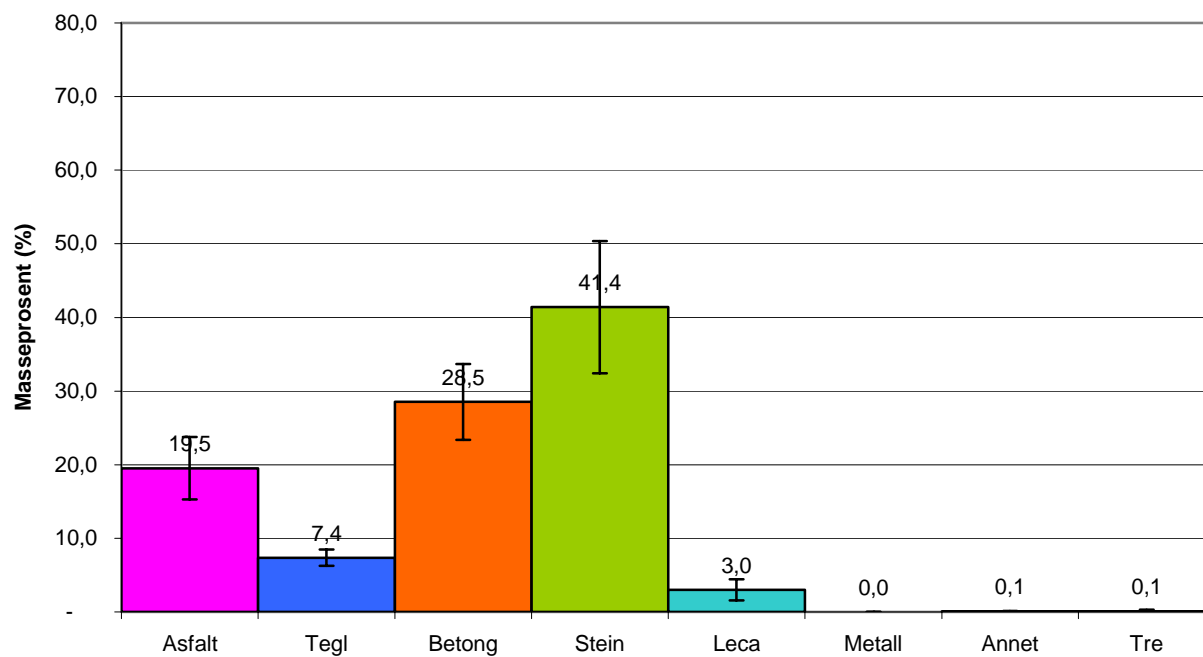
Materialsammensetning, prøveuttak 3, 03.03.2003**Type 2 Blandet masse, 10-20 mm**

	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Metall	Annet	Tre
Innhold, masseprosent	0,0	1,1	68,5	15,6	14,4	0,0	0,1	0,2
	0,0	0,9	57,4	24,2	17,1	0,0	0,3	0,1
	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



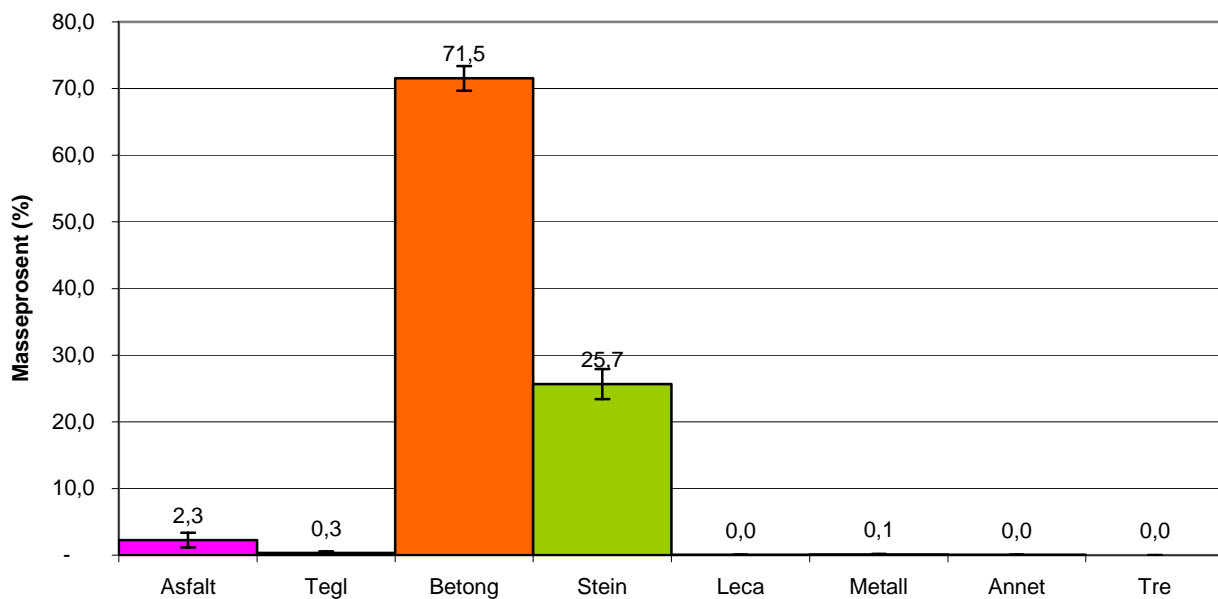
Materialsammensetning, prøveuttak 4, 28.04.2003
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Metall	Annet	Tre
Innhold, masseprosent	15,3	7,2	26,2	48,3	2,9	0,0	0,0	0,0
	21,5	6,7	27,0	40,6	4,0	0,0	0,1	0,0
	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



Materialsammensetning, prøveuttak 5, 21.01.2003**Type 1 Knust betong, 10-20 mm**

	Asfalt	Tegl	Betong	Stein	Lettklinker	Metall	Annet	Tre
Innhold, masseprosent	1,3	0,3	73,1	25,1	0,0	0,2	0,1	0,0
	2,1	0,2	69,5	28,1	0,0	0,0	0,1	0,0
	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



Vannabsorpsjon og korndensitet, prøveuttak 1, 30.10.2002
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	Overflatetørr korndensitet, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Ovnstørr korndensitet, ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
	2,35	2,17	8,23
	2,38	2,22	7,07
	2,38	2,22	7,18
Gjennomsnitt	2,37	2,21	7,49
Standardavvik	0,02	0,03	0,64

Vannabsorpsjon og korndensitet, prøveuttak 2, 25.11.2002
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	Overflatetørr korndensitet, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Ovnstørr korndensitet, ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
	2,28	2,09	9,38
	2,29	2,09	9,45
	2,29	2,09	9,40
Gjennomsnitt	2,29	2,09	9,41
Standardavvik	0,00	0,00	0,04

Vannabsorpsjon og korndensitet, prøveuttak 3, 03.03.2003
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	Overflatetørr korndensitet, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Ovnstørr korndensitet, ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
	2,27	2,14	6,25
	2,25	2,13	5,86
	2,28	2,15	5,76
Gjennomsnitt	2,27	2,14	5,95
Standardavvik	0,01	0,01	0,26

Vannabsorpsjon og korndensitet, prøveuttak 4, 28.04.2003
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	Overflatetørr korndensitet, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Ovnstørr korndensitet, ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
	2,29	2,18	5,09
	2,28	2,16	5,69
	2,29	2,16	5,69
Gjennomsnitt	2,29	2,17	5,49
Standardavvik	0,00	0,01	0,35

Vannabsorpsjon og kordensitet, prøveuttak 5, 21.01.2003
Type 1 Knust betong, 10-20 mm

	Overflatetørr kordensitet, ρ_{ssd} (g/cm ³)	Ovnstørr kordensitet, ρ_{rd} (g/cm ³)	Vannabsorpsjon WA ₂₄ (%)
	2,28	2,14	6,14
	2,27	2,14	5,92
	2,26	2,13	6,15
Gjennomsnitt	2,27	2,14	6,07
Standardavvik	0,01	0,01	0,13

Los Angeles-verdi, prøveuttak 1, 30.10.2002
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	Los Angeles-verdi
	35,0
	35,0
	37,0
Gjennomsnitt	35,7
Standardavvik	1,2

Los Angeles-verdi, prøveuttak, 25.11.2002
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	Los Angeles-verdi
	37,0
	36,0
	37,0
Gjennomsnitt	36,7
Standardavvik	0,6

Los Angeles-verdi, prøveuttak 3, 03.03.2003
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	Los Angeles-verdi
	31,0
	32,0
	32,0
Gjennomsnitt	31,7
Standardavvik	0,6

Los Angeles-verdi, prøveuttak 4, 28.04.2003
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	Los Angeles-verdi
	26,8
	28,0
	27,8
Gjennomsnitt	27,5
Standardavvik	0,6

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 2: MASSETAP VED FROSTPRØVING

Massetap ved frostprøving, prøveuttak 1, 30.10.2002
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	F-Na-N	F-Na-V	IF-Na-N	IF-Na-V	IF-D-N	IF-D-V
Massetap %	33,2	0,4	25,1	0,2	2,9	0,3
	33,9	0,4	22,0	0,2	3,9	0,2
	34,7	0,2	25,9	0,1	4,6	0,2
Gjennomsnitt	33,9	0,4	24,3	0,2	3,8	0,2
Standardavvik	0,8	0,1	2,1	0,1	0,9	0,1

F = Fortørket

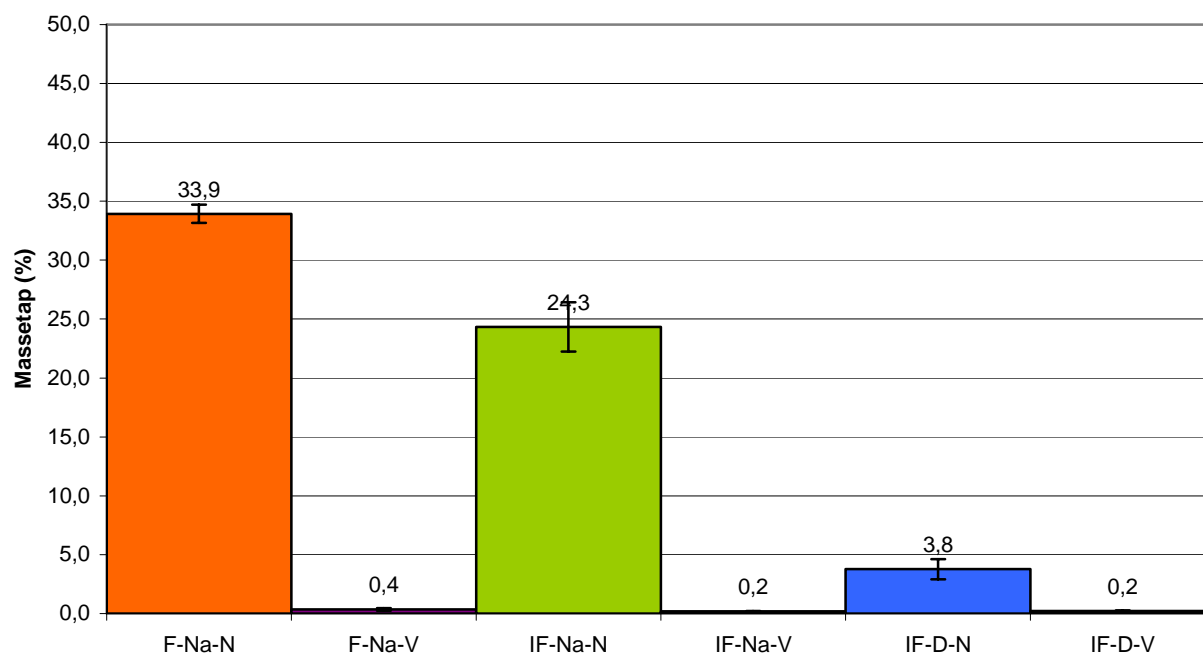
Na = 1 % NaCl-løsning

N = Neddykket

IF = Ikke-fortørket

D = Avionisert vann

V = Vannmettet



Massetap ved frostprøving, prøveuttak 2, 25.11.2002
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	F-Na-N	F-Na-V	IF-Na-N	IF-Na-V	IF-D-N	IF-D-V
Massetap %	35,6	1,4	27,9	2,1	8,2	1,1
	37,6	1,7	30,2	1,6	6,9	1,4
	37,2	1,0	30,7	1,4	7,3	1,0
Gjennomsnitt	36,8	1,3	29,6	1,7	7,5	1,2
Standardavvik	1,0	0,4	1,5	0,4	0,7	0,2

F = Fortørket

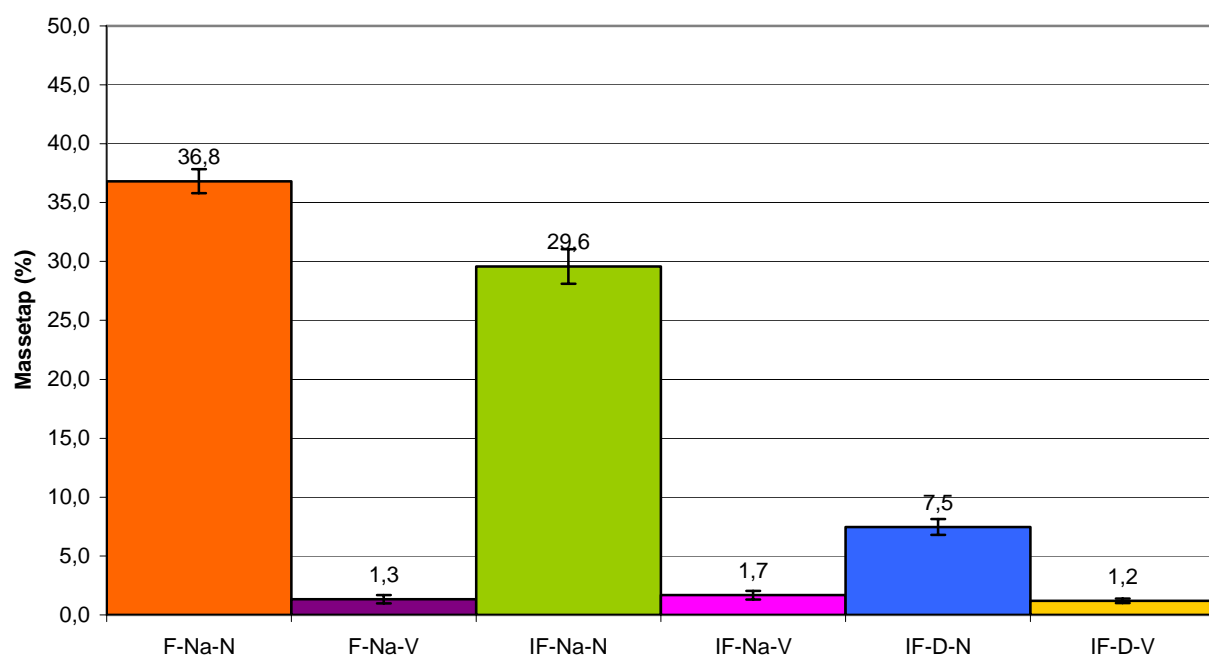
Na = 1 % NaCl-løsning

N = Neddykket

IF = Ikke-fortørket

D = Avionisert vann

V = Vannmettet



Massetap ved frostprøving, prøveuttak 3, 03.03.2003
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	F-Na-N	F-Na-V	IF-Na-N	IF-Na-V	IF-D-N	IF-D-V
Massetap %	32,4	0,4	23,2	0,2	1,9	0,2
	32,6	0,1	23,0	0,2	2,5	0,2
	31,2	0,3	24,0	0,0		0,1
Gjennomsnitt	32,0	0,3	23,4	0,1	2,2	0,2
Standardavvik	0,7	0,1	0,5	0,1	0,4	0,1

F = Fortørket

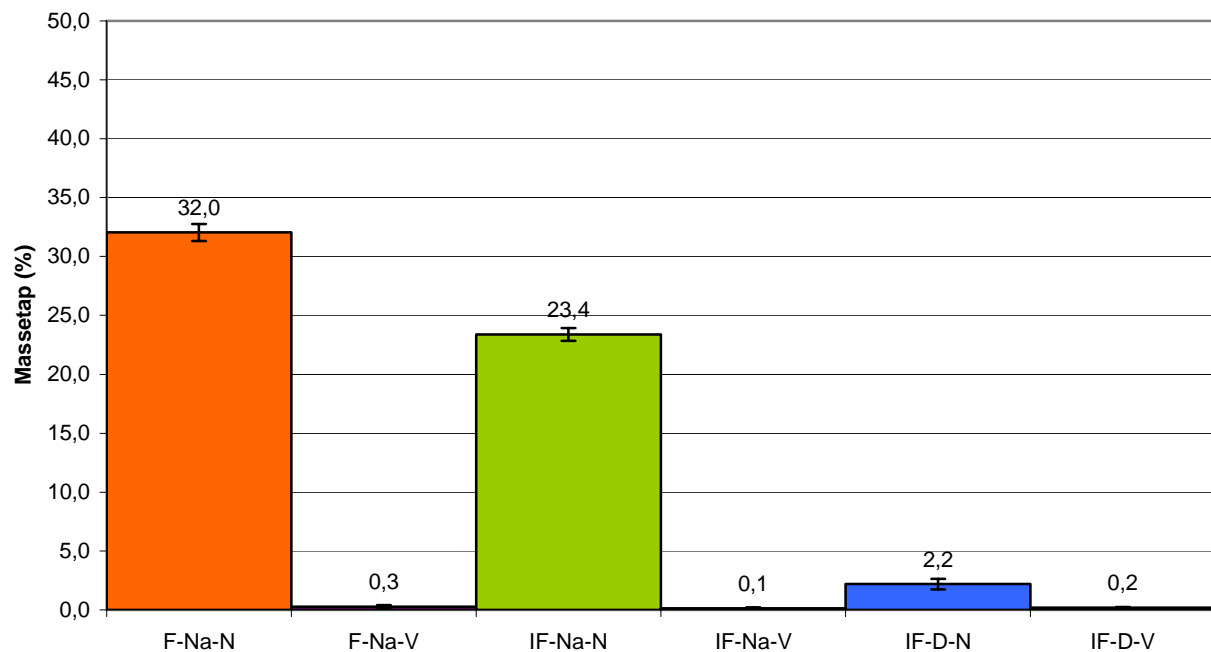
Na = 1 % NaCl-løsning

N = Neddykket

IF = Ikke-fortørket

D = Avionisert vann

V = Vannmettet



Massetap ved frostprøving, prøveuttak 4, 28.04.2003
Type 2 Blandet masse, 10-20 mm

	F-Na-N	F-Na-V	IF-Na-N	IF-Na-V	IF-D-N	IF-D-V
Massetap %	16,2	0,2	13,0		1,7	0,2
	16,5	0,1	13,8	0,2	2,1	0,2
	14,9	0,4	13,1	0,1	2,7	0,2
Gjennomsnitt	15,9	0,2	13,3	0,2	2,1	0,2
Standardavvik	0,8	0,1	0,4	0,0	0,5	0,0

F = Fortørket

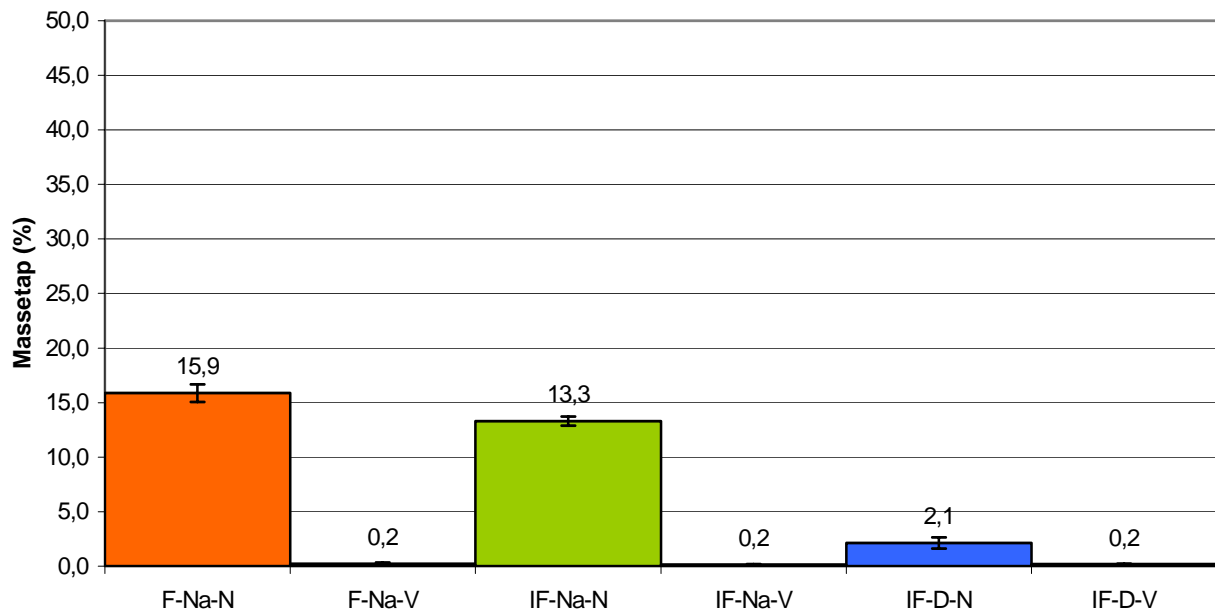
Na = 1 % NaCl-løsning

N = Neddykket

IF = Ikke-fortørket

D = Avionisert vann

V = Vannmettet



Massetap ved frostprøving, prøveuttak 5, 21.01.2003
Type 1 Knust betong, 10-20 mm

	F-Na-N	F-Na-V	IF-Na-N	IF-Na-V	IF-D-N	IF-D-V
Massetap %	42,75	0,2	33,7	0,1	4,6	0,1
	46,70	0,0	32,1	0,1	3,9	0,2
	43,38	0,5	30,3	0,1	3,7	0,1
Gjennomsnitt	44,3	0,2	32,0	0,1	4,1	0,1
Standardavvik	2,1	0,2	1,7	0,0	0,5	0,0

F = Fortørket

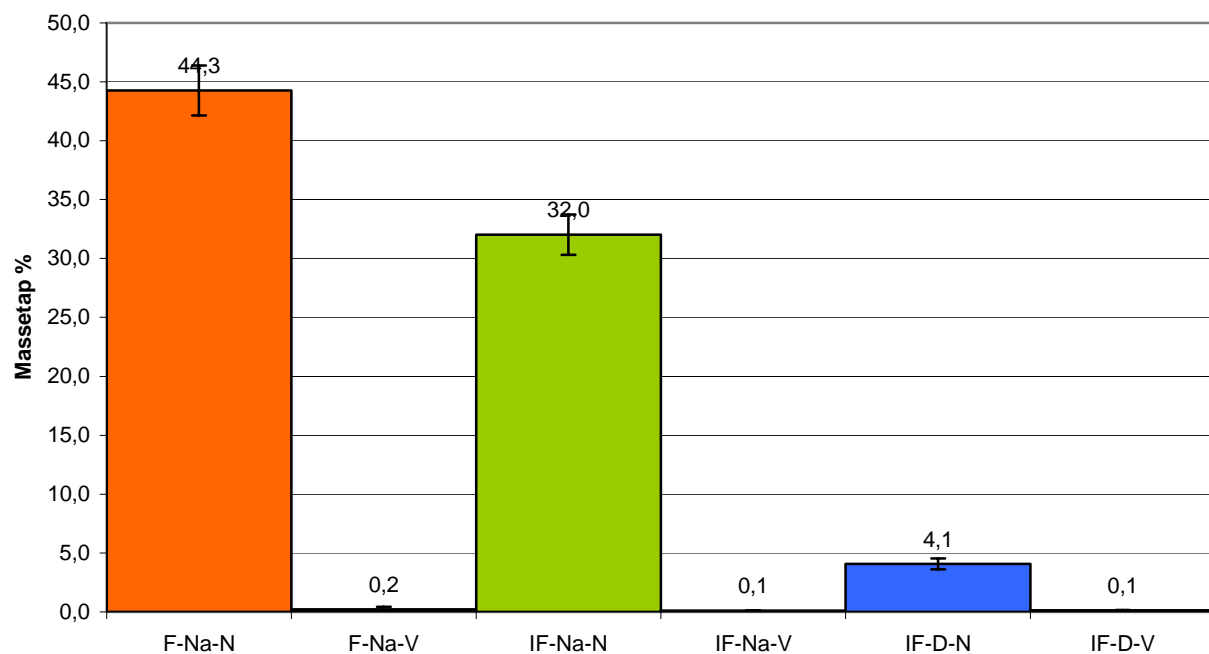
Na = 1 % NaCl-løsning

N = Neddykket

IF = Ikke-fortørket

D = Avionisert vann

V = Vannmettet



GJENBRUKSPROSJEKTET

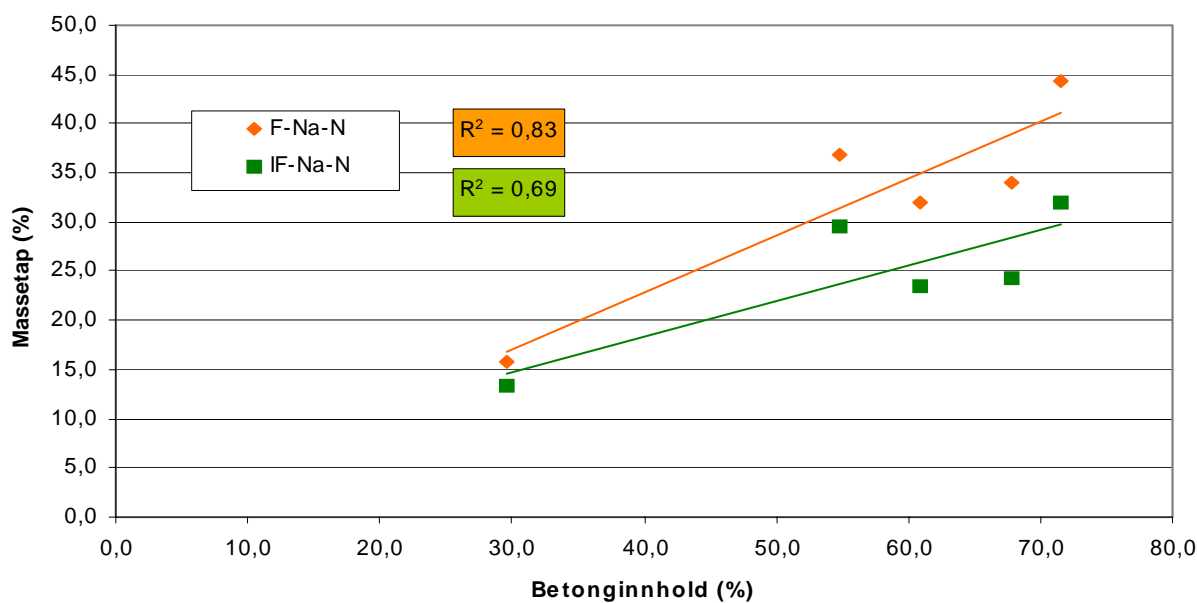


VEDLEGG 3: REGRESJONSANALYSER

- Sammenheng mellom massetap og innhold av betong
- Sammenheng mellom massetap og vannabsorpsjon
- Sammenheng mellom vannabsorpsjon og korndensitet
- Sammenheng mellom massetap og mekanisk styrke – Los Angeles

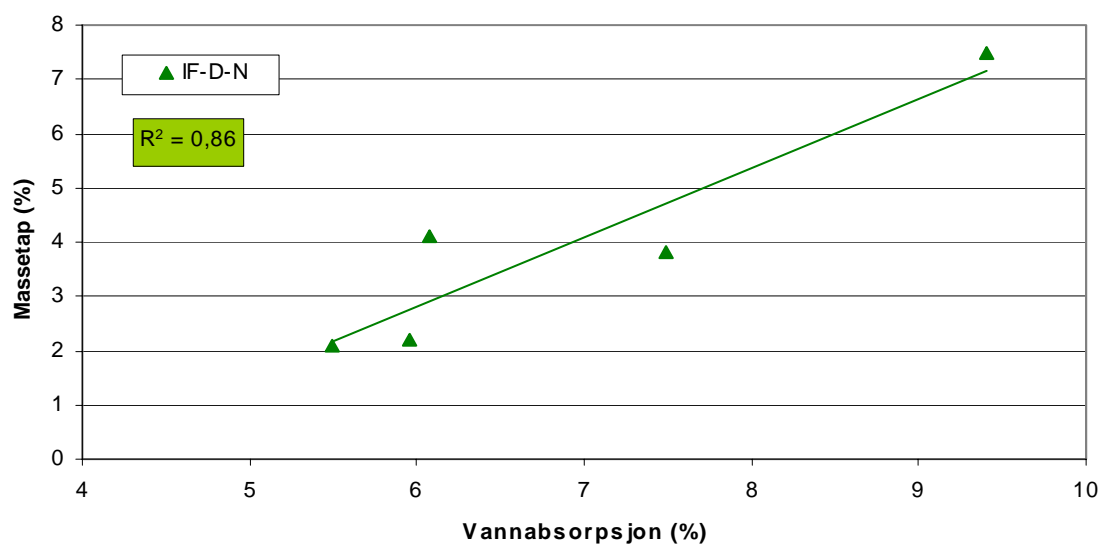
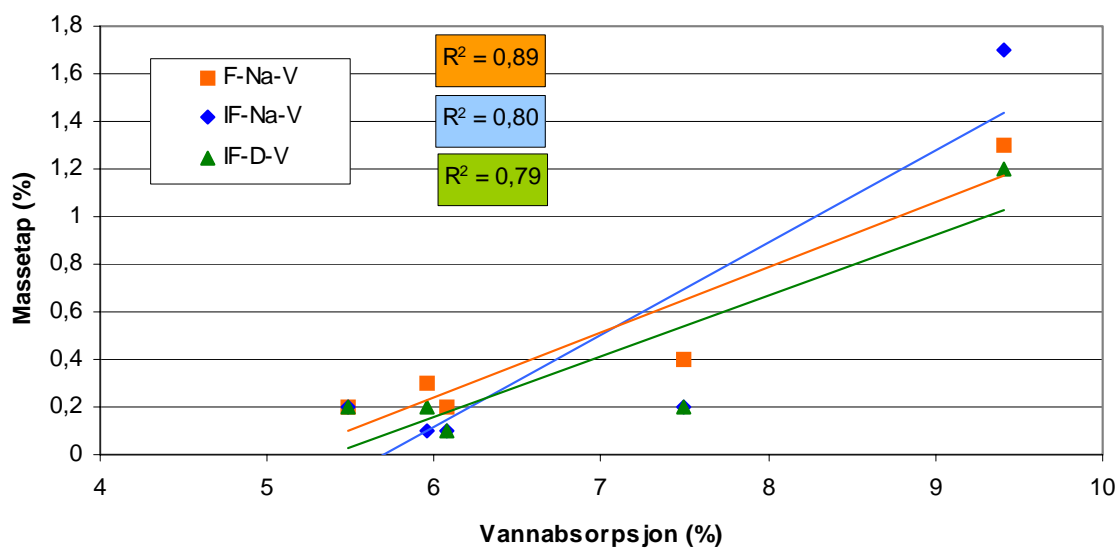
Sammenheng mellom massetap og innhold av betong

	Betong (%)	Massetap (F-Na-N) (%)	Massetap (IF-Na-N) (%)
Prøveuttak 1	67,8	33,9	24,3
Prøveuttak 2	54,8	36,8	29,6
Prøveuttak 3	60,9	32,0	23,4
Prøveuttak 4	29,6	15,9	13,3
Prøveuttak 5	71,6	44,3	32,0



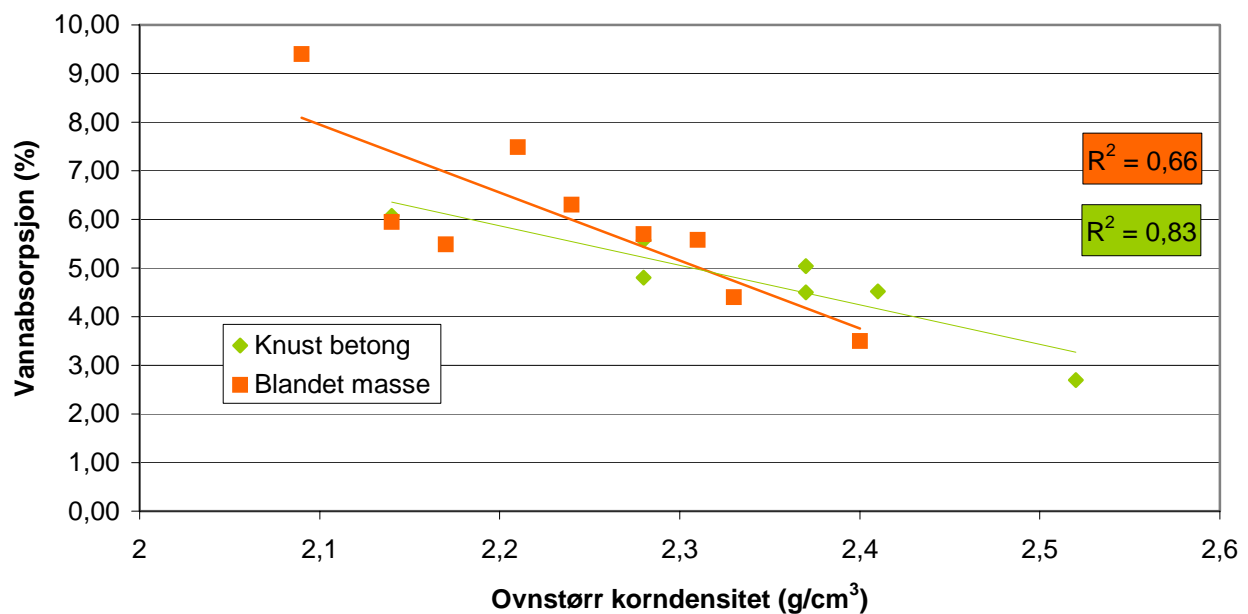
Sammenheng mellom masstep og vannabsorpsjon

	Vannabsorpsjon (%)	Massetap (F-Na-V) (%)	Massetap (IF-Na-V) (%)	Massetap (IF-D-V) (%)	Massetap (IF-D-N) (%)
Prøveuttak 1	7,49	0,4	0,2	0,2	3,8
Prøveuttak 2	9,41	1,3	1,7	1,2	7,5
Prøveuttak 3	5,95	0,3	0,1	0,2	2,2
Prøveuttak 4	5,49	0,2	0,2	0,2	2,1
Prøveuttak 5	6,07	0,2	0,1	0,1	4,1



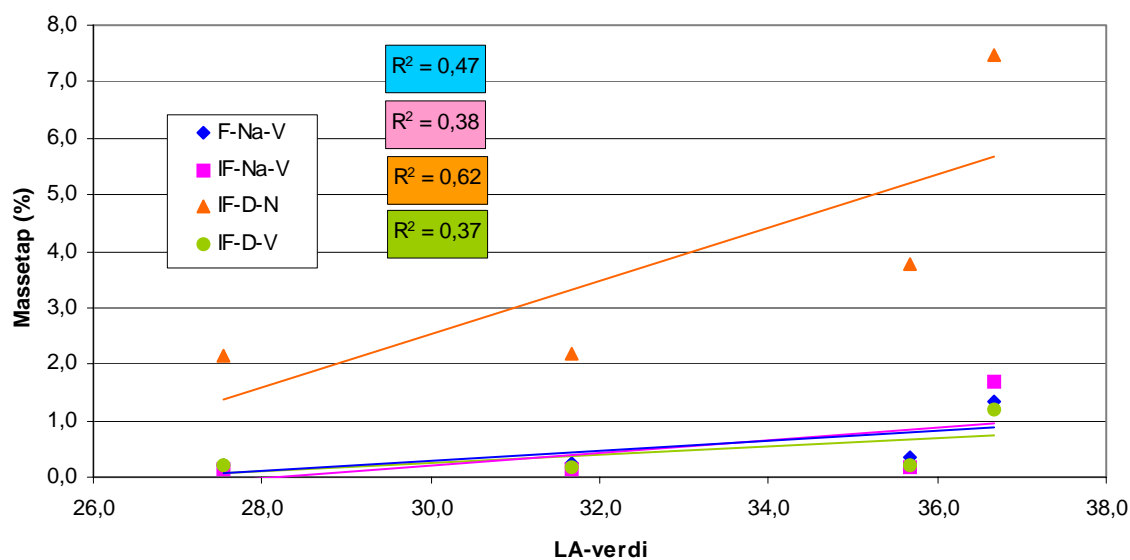
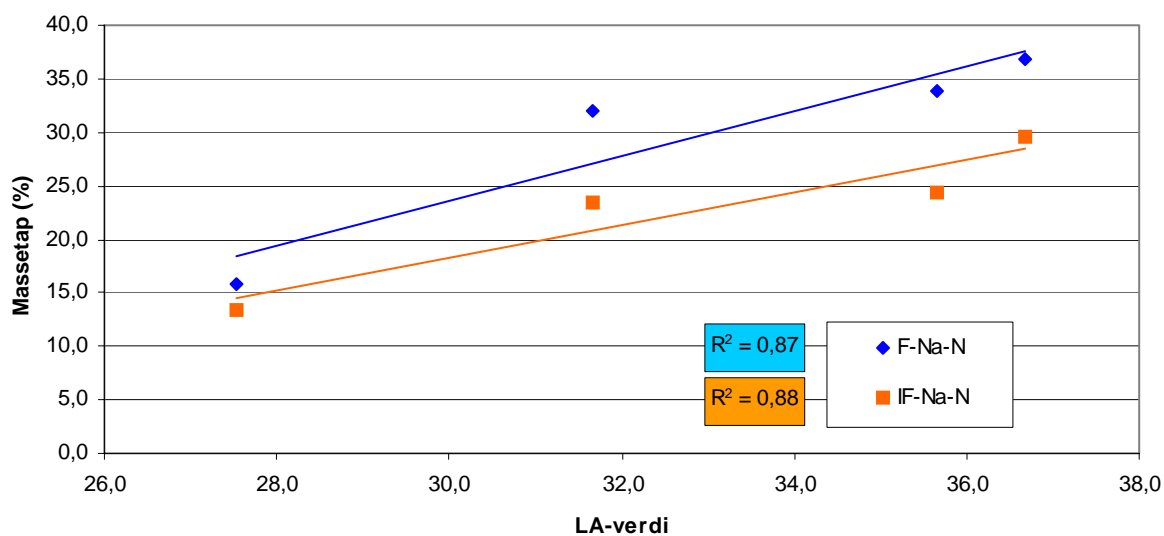
Sammenheng mellom vannabsorpsjon og korndensitet, talldata fra RESIBA-prosjektet og Gjenbruksprosjektet

		Ovnstørr, ρ_{rd} (g/cm ³)	WA ₂₄ (%)
RESIBA forundersøkelse	10 - 20 mm Blandet masse	2,33	4,40
		2,24	6,30
		2,28	5,70
		2,40	3,50
RESIBA permeabilitet	10 - 20 mm Blandet masse	2,31	5,58
Gjenbruksprosjektet	10 - 20 mm Blandet masse	2,21	7,49
		2,09	9,40
		2,14	5,95
		2,17	5,49
RESIBA forundersøkelse	10 - 20 mm Knust betong	2,37	4,50
		2,52	2,70
		2,28	5,57
		2,28	4,80
RESIBA permeabilitet	10-20 mm Knust betong	2,37	5,04
RESIBA Sørumsand	10-20 mm Knust betong	2,41	4,52
Gjenbruksprosjektet	10-20 mm Knust betong	2,14	6,07



Sammenheng mellom massetap og mekanisk styrke – Los Angeles

	LA-verdi	Massetap (F-Na-N) (%)	Massetap (IF-Na-N) (%)	Massetap (F-Na-V) (%)	Massetap (IF-Na-V) (%)	Massetap (IF-D-N) (%)	Massetap (IF-D-V) (%)
Prøveuttak 1	35,7	33,9	24,3	0,4	0,2	3,8	0,2
Prøveuttak 2	36,7	36,8	29,6	1,3	1,7	7,5	1,2
Prøveuttak 3	31,7	32,0	23,4	0,3	0,1	2,2	0,2
Prøveuttak 4	27,5	15,9	13,3	0,2	0,2	2,1	0,2



GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 4: DELPROSJEKT 3 "GJENBRUK AV BETONG"

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

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

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

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

DP3-1 Uttesting av deklarasjonsordning

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

DP3-2 Mekaniske egenskaper

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

DP3-3 Kjemisk nedbrytning

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

DP3-4 Frostnedbrytning

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

DP3-5 Finstoffets betydning

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

DP3-6 Bunden bruk

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

DP3-7 Feltprøving

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

Delprosjektgruppen for DP3 "Gjenbruk av betong" består av:

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

GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 5: RAPPORTOVERSIKT PR. 30.11.2005, STATENS VEGVESEN GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005

Prosjekt-rapport nr.	Intern rapport nr. ¹⁾	Tittel	Del-prosjekt	Dato	Utarbeidet av
1	2309	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 1: Gjenbruk av knust betong og tegl i vegbygging Testing av mekaniske egenskaper – Erfaringsinnsamling	DP3	Feb 2003	Joralf Aurstad, SINTEF
2	2310	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 2: Bruk av bildekk i støyvoller – Livsløpsvurdering	DP2 / DP5	Feb 2003	Karin Synnøve Østby, stud. techn. NTNU
3	2350	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 3: Varm asfaltgjenvinning i verk	DP4	Jan 2004	Olav Ruud, ATI et al.
4	2351	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 4: Kontroll og dokumentasjon av retur-asfalt	DP4	Jan 2004	Olav Ruud, ATI
5	2357	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 5: Gjenbruk av bildekk i vegbygging – Tekniske og miljøtekniske vurderinger	DP5	Juni 2004	Arnt-Olav Håøya, Rambøll AS og Roald Aabøe, Statens vegvesen
5A	2375	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 5A: Miljøovervåkning av 3 pilotprosjekter med oppkuttete bildekk 2001-2003	DP5	Jan 2005	Arnt-Olav Håøya og Guro Thue Unsgård, Rambøll AS
6	2408	Erfaringer fra feltstrekninger med kaldblandet gjenbruksasfalt - Vurdering av tilstandsutvikling og dekkelevetid	DP4	Nov 2005	Joralf Aurstad, SINTEF et al.
7	2420	Materialegenskaper for kaldblandet gjenbruksasfalt - vannfølsomhet og styrkeparametere	DP4	Des 2005	Johnny Stenshagen, Mesta as, Øivind Moen, Veidekke ASA et al.
8	2421	Feltforsøk med ubundet asfaltgranulat - Avsluttende undersøkelser på forsøksstrekningene på Fornebu	DP4	Des 2005	Ragnar Bragstad, ATI et al.
9	2410	Materialstrøm for gjenvunnet asfalt	DP4	Nov 2005	Ragnar Evensen, Via Nova et al.
10	2411	Frostbestandighet av resirkulert tilslag og testmetoder	DP3	Nov 2005	Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, Standard Norge
11	2423	Mekaniske egenskaper og testmetoder for resirkulert tilslag	DP3	Des 2005	Joralf Aurstad, SINTEF et al.

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



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (47) 22 07 35 00
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005