

Inverkan av köld och vatten på glimmerhaltiga bärlager

Håkan Arvidsson
Karl-Johan Lorents

Förord

Denna studie har utförts på VTI under hösten 2007 som fortsättning av Håkan Arvidssons examensarbete "Inverkan av köld och vatten på glimmerhaltiga bergarter" i samband med hans Bergmaterialingenjörsutbildning vid Luleå tekniska universitet (LTU). Arbetet i denna studie kommer även att publiceras i en vetenskaplig artikel med doktorand Evgeny Novikov som huvudförfattare. (Huvudhandledare Karel Miskovsky, LTU, och extern handledare Karl-Johan Lorents, VTI.) (Novikov, 2007.)

Linköping juni 2008

Karl-Johan Lorents

Kvalitetsgranskning

Intern peer review har genomförts 2008-06-04 av professor Sigurdur Erlingsson. Håkan Arvidsson har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus (2008-06-09).

Forskningschef Gunilla Franzén har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 2008-06-30.

Quality review

Internal peer review was performed on 4 June 2008 by professor Sigurdur Erlingsson. Håkan Arvidsson has made alterations to the final manuscript of the report. The

research director of the project manager Gunilla Franzén examined and approved the report for publication on 30 June 2008.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	7
1 Bakgrund	9
2 Syfte, målsättning	10
3 Metod.....	11
3.1 Packning	11
3.2 Kornstorleksfördelning	11
3.3 Vattenmättnings.....	11
3.4 Frys försök.....	12
3.5 Mätningar av förändringar under försöken.....	14
3.6 Mätningar efter frystest	15
4 Material.....	16
4.1 Glimmerhaltsbestämning	16
4.2 Material försök 7	17
5 Resultat.....	19
5.1 Försök 1–5.....	19
5.2 Försök 6.....	21
5.3 Försök 7.....	23
6 Diskussion	28
7 Slutsats	29
8 Fortsatt arbete	30
9 Referenser/Litteratur	31
Bilaga	

Inverkan av köld och vatten på glimmerhaltiga bärlager

av Håkan Arvidsson och Karl-Johan Loorents
VTI
581 95 Linköping

Sammanfattning

Under kontrollerade förhållanden kan man särskilja påverkan av den fria halten glimmer i bärlagermaterial genom simulerade tjälförlopp.

Kan man tillse att provkropparna har samma kornstorleksfördelningar samt att provkropparna har samma möjligheter av vattentillförsel och dränering tillsammans med välplanerad frys-töcykling kan man enligt denna studie se ett klart samband mellan halten fritt glimmer i bärlagerprover av krossat berg och tjällyftning (framför allt av den kvarvarande lyftningen).

I försöket utfört för denna rapport (frysförsök/försök 7) har fyra olika bärlager med klart varierande halter fritt glimmer testats. Två av materialen benämns meta-grå-vacka ("material 1": 56 % fritt glimmer i fraktion 0,125/0,25 mm och "material 4": 40 %), ett material benämns granit ("material 5": 19 %) samt en kvartsit ("material 6": < 1 %).

Sammanfattning av resultat från frys-töförsök "7".

Material	Glimmerhalt i fraktion 0,125/0,25 mm	Max tjällyftning under 10 frys-töcykler	Kvarvarande lyftning efter 10 frys-töcykler
Metagråvacka	56 %	1,8 mm	0,9 mm
Metagråvacka	40 %	1,3 mm	0,8 mm
Granit	19 %	0,6 mm	0,3 mm
Kvartsit	< 1 %	0,4 mm	0,0 mm

Influence of frost and water on base-layer material containing mica

by Håkan Arvidsson and Karl-Johan Loorents
VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)
SE-581 95 Linköping Sweden

Summary

Controlled conditions offer a possibility to determine the influence of free mica grains in an unbound base layer during simulated frost heave and thaw cycling.

By ensuring a similar grain size distribution between sample materials, and that the test samples have been soaked in water and later drained in a similar manner, followed by a well designed freeze-thaw cycling, a plain correlation between the amount of free mica grains in the unbound sub base materials of crushed rock aggregates and frost heave action (in particular noticeable in the residual heave) can be provided.

Four different sub-base materials with varying amount of free mica grains have been tested. Two of the materials are classified as semipelites (“material 1”; 56% free mica grains in fraction 0.125/0.25 mm and “material 4”; 40%), one as granite (“material 5”; 19%) and one as quartzite (“material 6”; <1%).

Summarised results.

Material	Mica content in fraction 0.125/0.25 mm	Maximum frost heave during 10 freeze-thaw cycles	Remaining heave after 10 freeze-thaw cycles
Semipelite	56 %	1.8 mm	0.9 mm
Semipelite	40 %	1.3 mm	0.8 mm
Granite	19 %	0.6 mm	0.3 mm
Quartzite	< 1 %	0.4 mm	0.0 mm

1 Bakgrund

Att glimmer har en negativ inverkan på vägbyggnadsmaterial anses vara vedertaget (Höbeda, 1987; Hakim & Said, 2003; Miskovsky, 2004; Ekblad, 2007; Said, 2007). Hur glimmer påverkar den generella funktionen av en tillämpning och i vilken omfattning är mer osäkert. Ett område som är av särskild vikt är hur obundna lager i en väggkropp med höga glimmerhalter och vattenkvoter påverkas av tjäle och då framför allt påverkan på packningsgrad och bärighet.

Frågan har studerats i rapporten ”Inverkan av köld och vatten på glimmerhaltiga bergarter” (Arvidsson, 2007) under flera försök. Resultaten från dessa försök gav ett vagt samband mellan glimmerhalt, vatten och volymökning/tjällyftning. Osäkerhet eller okontrollerad variation av vissa parametrar kan ha stört förväntade samband; t.ex. så har provkroppar tappat vikt (avdunstning/uttorkning) under provning, och kornstorleksfördelningen har varierat mellan prov. Erfarenheterna från dessa försök har lett till en förfining av försöksmetoden som genomförts inom föreliggande arbete.

2 Syfte, målsättning

Skador som uppkommer i vägar, även på relativt nybyggda vägar, kan bero på en kombination av bristfälligt material och tjälcykler. Bristfällig materialkvalitet i obundna lager kan innebära att t.ex. krossmaterial med för stor andel fritt glimmer i ”finare” fraktioner använts. Det är därför intressant att studera om halten fritt glimmer kan vara en parameter som påverkar tjällyftningen.

Syftet med det här arbetet är att studera tjällyftning för våta (vattenmättade) bärlagermaterial av krossat berg med olika glimmerhalter. Studien är en fortsättning av ”Inverkan av köld och vatten på glimmerhaltiga bergarter” (Arvidsson, 2007). Provningsförfarande i föreliggande rapport (försök 7) skiljer sig mot tidigare provning (1–6) i att faserna med max- och mintemperatur hålls längre, risken för uttorkning under försöken minimerades samt att skillnader i kornstorleksfördelning reducerades genom att proportionera varje provmaterial.

I rapporten ”Inverkan av köld och vatten på glimmerhaltiga bergarter” (Arvidsson, 2007). numreras försöken kronologiskt 1–6. Försök 1–5 beskrivs sammanfattningsvis i kapitel 5.1. Försök 6 redovisas i kapitel 5.2. Det kompletterande och förfinade försöket som utförts för denna rapport redovisas i kapitel 5.3.

Målsättningen med detta arbete är att påvisa att halten fritt glimmer påverkar tjällyftningsegenskaperna genom att studera lyftningar (direkta och kvarvarande) under simulerade tjälförlopp.

3 Metod

För att studera vilken påverkan vatten och köld har på obundna bärlager från bergarter med varierande glimmerhalter har simulerade tjälförlopp utförts. Detta har gjorts genom att bärlagerprover har proctorpackats i s.k. CBR-cylindrar. Dessa provkroppar (CBR-cylinder med provmaterial) har sedan frys-töcyklats och lyftningar (volymförändringar) registrerats.

3.1 Packning

Proverna blandades med vatten till önskad vattenkvot (t.ex. 5 %) och packades in i s.k. CBR-cylindrar, proctorcylindrar med diameter ca 150 mm och höjd ca 180 mm. Vid inpackningen hade cylindrarna en ståldistans i botten så total höjd för proverna blev ca 116 mm. Proverna packades in enligt SS-EN 13286-2, modifierad proctor. Efter avjämning monterades en bottenplatta på ytan, provet vändes och ståldistansen togs bort. Provkropparna vägdes och våt skrymdensitet kunde bestämmas.

Efter packningen lades en metallplatta (20 mm tjock, ca 960 g) på provkroppen dels för att simulera viss beläggningstjocklek, dels för att få en slät yta att mäta på.

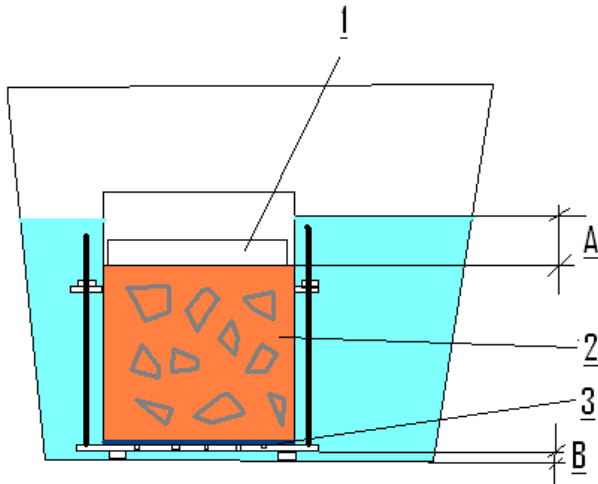
3.2 Kornstorleksfördelning

Kornstorleksfördelningen har utförts för att kontrollera och styra provmaterialens sammansättning för att uppnå en så lika korngradering mellan materialen som möjligt. Kornstorleksfördelning genom siktning har utförts enligt SS-EN 933-1.

3.3 Vattenmätning

Under försök 1–5 var förhoppningen att påverkan av frys försök och att den tillgång på vatten proverna hade skulle vara tillräcklig. Resultaten var dock ej helt entydiga.

För försök 6 och 7 vattenmättades de inpackade provkropparna före frys försök. Vattenmättnad genomfördes genom att provkroppar med topplatta sänktes ned i hinkar med vatten som nådde ca 5 cm ovan provytan, men inte över cylinderkanten (Figur 1 och Figur 2). För att underlätta vattenmättnad i proven användes perforerade bottenplattor med fiberduk. Fiberduken utgjorde ett materialhållande membran som förhindrade en urtvättning av finmaterial under dränkningsfasen. I botten på hinken fanns även små distanser (ca 1 cm) för att underlätta vattentillträde underifrån.



Figur 1 Schematisk skiss av vattenmätning. $\underline{A} = 5 \text{ cm}$, $\underline{B} = 1 \text{ cm}$.
1: Metallplatta, 2: Provkropp av packat bärlager, 3: Fiberduk.

Provkroppar i försök 6 vattenmättades i 6 dagar (det var vad tillgången på tid tillät). I försök 6 "underlättades" vattenmättnad genom att vatten hälldes i provningscylindern (på provkroppen).

Provkroppar i försök 7 vattenmättades i 14 dagar (i detta läge fanns tid och proverna kunde ges tid att vattenmättas underifrån).

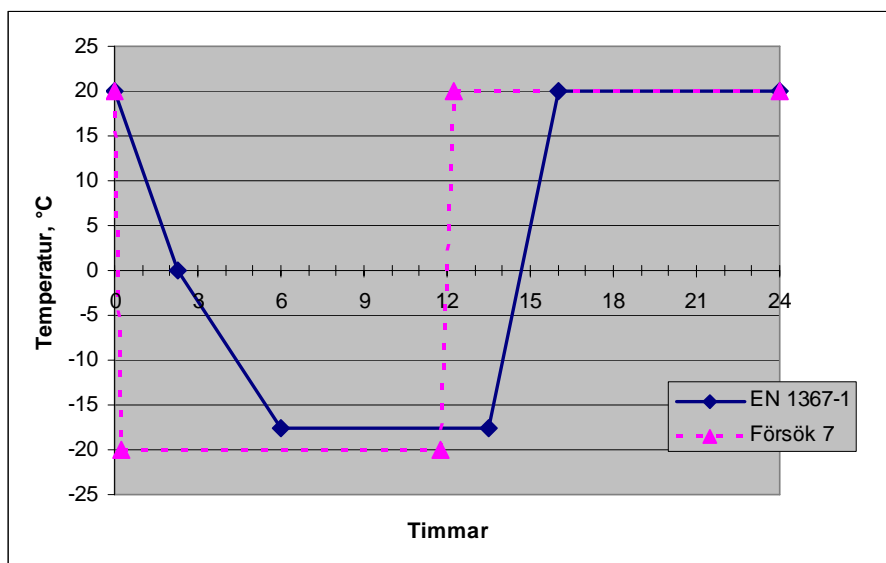


Figur 2 Vattenmätning av prover.

3.4 Frysförsök

Provkropparna frys-töcyklades i klimatskåp, alternativt med manuella cyklingar i frysskåp (-20°C).

I försök 1 och 4–6 har samma tempereringsfil använts för styrning av klimatskåpet som för frostbeständighet enligt EN 1367-1. Detta innebär 10 cykler med en cykel per dygn, som går från +20°C ned till -17,5°C.



Figur 3 Temperaturkurva för en dygnsykel. Temperatur i klimatskåpet. "EN 1367-1" är för försök 1 och 4–6.

Försök 2 och 3 har gjorts med manuella frys-töcykler; provkroppar har ställts i frys med -20°C och omväxlande i rumstemperatur. På grund av arbetstidens förläggning blev dessa försök tidsödande, men i gengäld kunde flera mätningar göras under både frys- och töfas.

Till försök 7 modifierades frys-töcykeln så att perioderna med max- och min-temperaturer utökades. Temperaturen varierades från +20°C ned till -20°C, dessa temperaturer hölls i nästan 12 timmar (Figur 3). Den relativa luftfuktigheten i klimatskåpet hölls på nästan 100 %. För att minska störningar av kondens, nedfrysning och uttorkning har provkropparna varit inneslutna i plastpåsar förslutna med gummiband (Figur 4).



Figur 4 Prover i klimatkammare.

Start för provning (klockslag) och till viss del temperaturstyrning av klimatskåp har valts så att mätningar kunnat utföras på både tinade och frusna provkroppar varje dygn (frys-töcykel).

3.5 Mätningar av förändringar under försöken

Volymändring av prov har registrerats genom höjdmätning på provkropparna.

Höjdmätningar har gjorts med hjälp av ett djupmått (avläsningsnoggrannhet 0,05 mm) på metallplattan vid fyra markerade punkter. Mätningar har gjorts relativt överkant på provcylinder.

Samtidigt som höjdmätningar gjorts har provkroppen vägts för att kunna kontrollera dränering, avdunstning eller kondensering. *Vägningar av frusna prover har till viss del störts av att fukt kondenserat (och även fruset) på provcylindrarna, dvs. registrering av korrekt vikt kan därför vara osäker.*

I försök 7 har vid tinade mättillfällen vägning gjorts både på tillsluten påse innehållande provkropp och enbart på provkropp. På frusna prov har endast tillsluten påse med provkropp vägts. För höjdmätningar har påsen öppnats.



Figur 5 Mätning av provvolymer i packningscyllindrar, prover stannade på våg.

3.6 Mätningar efter frystest

Efter packning och frysförsök, när försöket är över, har vattenkvot bestämts (SS-EN 1097-5) och kornstorleksfördelning kontrollerats för provmaterialen.

4 Material

Totalt i studien har sex bergmaterial (provmaterial) från olika täkter ingått. Materialen har valts ut för att få en spridning i halten fria glimmerkorn. De material som testats är följande:

1. metagråvacka
2. mörk ortognejs
3. glimmerrik metagråvacka (kvartsitisk)
4. metagråvacka
5. granit
6. kvartsit.

Glimmerhalter för respektive material och fraktion (0,125–0,25 mm; 0,25–0,5 mm och 0,5–1 mm) anges i Tabell 1 och illustreras i Figur 6.

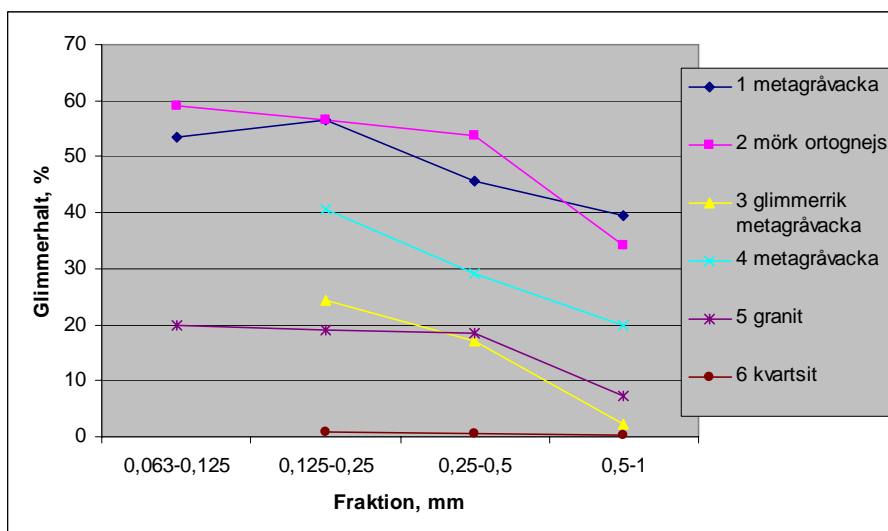
4.1 Glimmerhaltsbestämning

Glimmerhalt (andelen av antalet glimmerpartiklar i förhållande till totalt antal analyserade partiklar) har bestämts genom kvantitativ analys av tunnslip med hjälp av punkträkning i ljusmikroskop. För material 6 är andelen fri glimmer bestämd genom VVMB 613.

Tabell 1 Glimmerhalter i procent för respektive material och fraktion.

Mtrl nr	Bergart	Fraktion (mm)			
		0,063–0,125	0,125–0,25	0,25–0,5	0,5–1
1	metagråvacka	53	56	46	40
2	mörk ortognejs	59	57	54	34
3	glimmerrik metagråvacka (kvartsitisk)	<i>Ej mätt</i>	24	17	2
4	metagråvacka	<i>Ej mätt</i>	40	29	20
5	granit	20	19	19	7
6	kvartsit	<i>Ej mätt</i>	0,9	0,5	0,4

Material nr 3 har en beräknad glimmerhalt (enligt tunnslipsanalys) om 30 vol-% i moderbergarten. Anledning till de låga glimmerhalterna i tabellen ovan är att bergartens kornstorlek (< 0,1 mm) är finare än analysfraktionerna.



Figur 6 Andelen fri glimmer för respektive material och analyserad fraktion.

4.2 Material försök 7

Till försök 7 valdes följande material ut:

- 1) metagråvacka (med glimmerhalt 56 % i fraktion 0,125–0,25 mm)
- 4) metagråvacka (glimmerhalt 40 %)
- 5) granit (glimmerhalt 19 %)
- 6) kvartsit (glimmerhalt < 1 %)

Material 6 har lagts till för försök 7 då ingen av de övriga materialen ansågs ha tillräckligt låg glimmerhalt (nära noll) i fraktion 0,125/0,25 mm.

Samtliga material delades in i sex fraktioner: 0/0,075 mm; 0,075/1 mm; 1/4 mm; 4/8 mm; 8/16 mm och 16/32 mm. Dessa fraktioner proportionerades enligt Tabell 2 till teoretiska kornkurvan (Tabell 3 och i Figur 7).

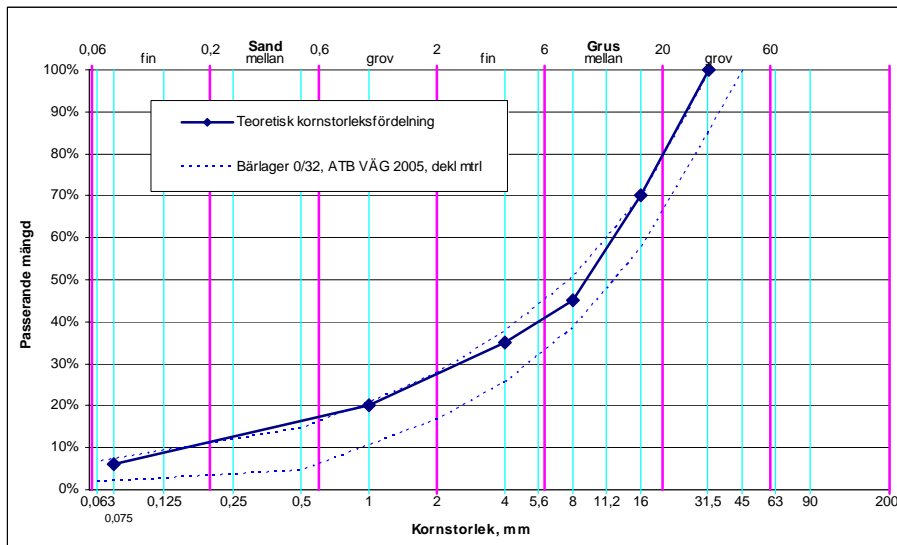
Den teoretiska kornkurvan innebär att ingen hänsyn tas till de ingående fraktionernas verkliga fördelning, varken över-, underkorn eller ”knixar”.

Tabell 2 Recept för proportionering

Fraktion (mm)	Andel
16/32	30 %
8/16	25 %
4/8	10 %
1/4	15 %
0,075/1	14 %
0/0,075	6 %

Tabell 3 Teoretisk kornkurva

Sikt, mm	Passerande
32	100 %
16	70 %
8	45 %
4	35 %
1	20 %
0,075	6 %



Figur 7 Teoretisk kornstorleksfördelning för materialen i försök 7.

Kornkurvan har valts så att den passar in på krav för bärlager i ATB VÄG 2005 men ändå relativt finkornig så att förväntad vattenkänslighet inte går förlorad.

5 Resultat

I föreliggande arbete ges en sammanfattning av försök 1–5, vilka redovisas i detalj i ”Inverkan av köld och vatten på glimmerhaltiga bergarter” (Arvidsson, 2007). Försök 6 får här en utförligare redovisning, men läsaren hänvisas även till den ovan angivna rapporten (Arvidsson, 2007) för mer detaljer. Försök 7 redovisas i aktuell rapport.

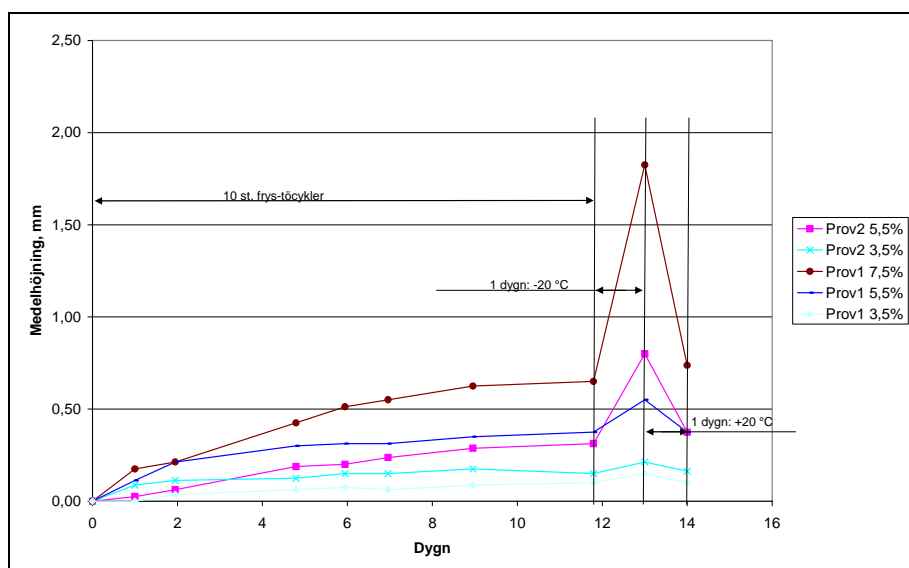
5.1 Försök 1–5

Frysförsök 1 fryst-öcyklades 10 gånger i klimatskåp samt en gång manuellt i frysskåp (-20°C).

Material 1: med inblandad vattenkvot (w_i); $w_i = 3,5\%$; $w_i = 5,5\%$ och $w_i = 7,5\%$.

Material 2: $w_i = 3,5\%$ och $w_i = 5,5\%$.

Frysförsök 1 visade på ett samband mellan hög vattenkvot och högre kvarvarande lyftning. Mätningar under cyklingen i klimatskåp gjordes under tinad fas. Försöket visade även på en allmän trend av ökande, ackumulerad, kvarvarande deformation (höjddökning). Volymförändringen tolkades som ringa, därför provades en manuell fryssning i -20°C där provet kontrollerades i både fruset och tinat tillstånd.



Figur 8 Diagram som visar höjdmätningar för försök 1.

Provkroppar med en inblandad vattenkvot på 5,5 % och högre visade en ”hög” lyftning under frysfasen. Härav beslutades det att försök 2 (och 3) testades med manuella fryscyklar.

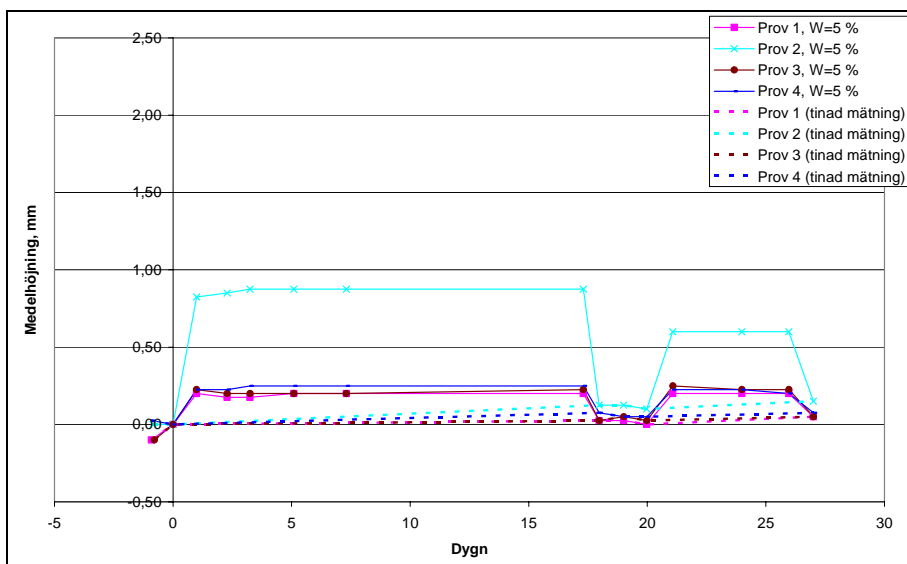
Frysförsök 2 fryst-öcyklades 2 gånger manuellt i -20°C och rumstemperatur (+20°C).

Material 1: $w_i = 5\%$.

Material 2: $w_i = 5\%$.

Material 3: $w_i = 5\%$.

Material 4: $w_i = 5\%$.



Figur 9 Diagram som visar höjdmätningar för försök 2.

Figur 9 visar att när provkropparna är frusna så stannar lyftningen och hålls konstant med den tillgång på vatten som finns i proverna.

Frysförsök 3 frys-töcyklades 3 gånger manuellt i -20°C och rumstemperatur ($+20^{\circ}\text{C}$).

Material 1: $w_i = 7\%$.

Material 2: $w_i = 7\%$.

Material 3: $w_i = 7\%$.

Material 4: $w_i = 7\%$.

För försök 3 var resultaten liknande de från försök 2.

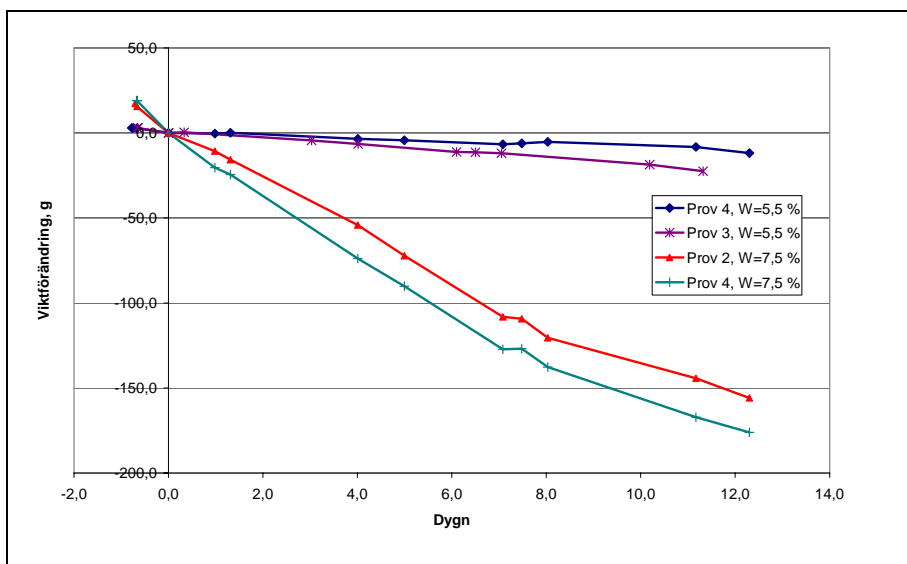
Frysförsök 4 frys-töcyklades 10 gånger i klimatskåp

Material 2: $w_i = 7,5\%$.

Material 3: $w_i = 5,5\%$.

Material 4: $w_i = 5,5\%$ och $w_i = 7,5\%$.

Trenden från tidigare försök bekräftades i frysförsök 4 genom att en viss kvarvarande lyftning efter varje frys-töcykel kunde observeras. Det noterades att lyftning under frysfas minskade, vilket kan förklaras av att särskilt våtare provkroppar ($w_i = 7,5\%$) tappar vikt (vatten), se Figur 10.



Figur 10 Viktförluster från försök 4.

Frysförsök 5 fryst-öcyklades 10 gånger i klimatskåp

Material 3: $w_i = 7,5 \%$.

Material 5: $w_i = 3,5 \%$; $w_i = 5,5 \%$ och $w_i = 7,5 \%$.

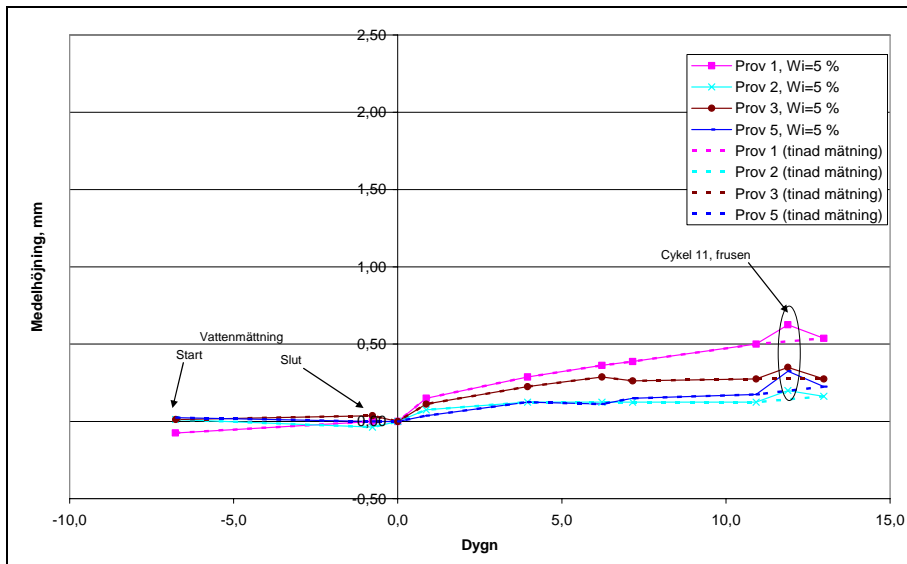
Försök 5 var en komplettering av tidigare försök för att få med resultat för material 5, granit. Resultaten visar även här en kvarstående ökning av provhöjden efter varje fryst-öcykel och att våta prover tappar vikt.

5.2 Försök 6

För frysförsök 6 användes provmaterial 1, 2, 3 och 5 (se kapitel 4). Samtliga prover packades in med vattenkvoten 5 %.

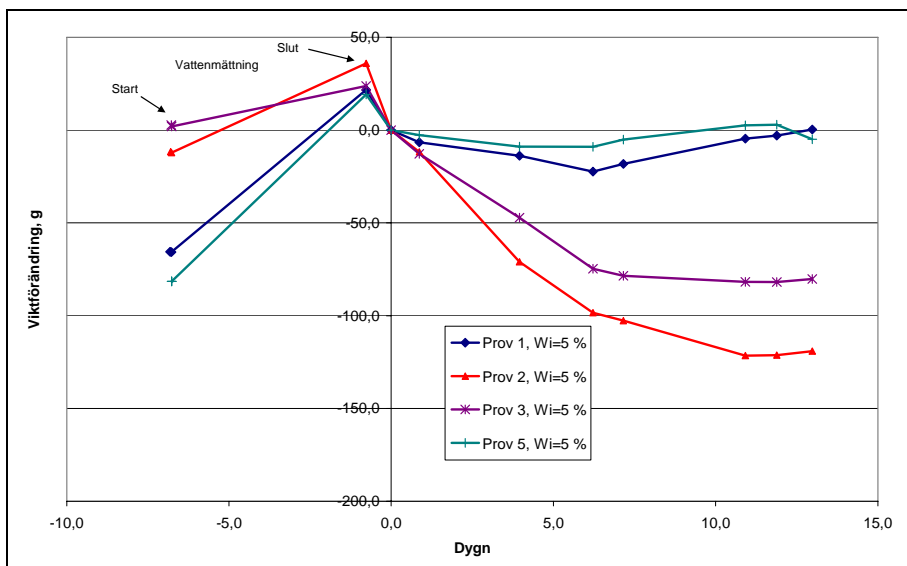
Vid vattenmätningen observerades att material 3 var mest permeabel (mest öppen kornkurva) vatten trängde upp genom provet på några få minuter. Prov 5 behövde ca 1 timma. För prov 1 och prov 2 skyndades mätningen på genom att vatten fylldes på ovanifrån.

Mätningar av volymförändringar utfördes på tinade provkroppar. För att få en uppfattning om volymförändring under frysfasen placerades provkroppar i frysskåp (-20°C) under ett dygn efter klimatskåpet, varpå mätning utfördes (Figur 11).



Figur 11 Frys försök 6. Tio frys-töcykler i klimatkammare plus en "manuell" fryscykel i frysskåp.

Viktförändringarna under försöket (Figur 12) relateras till vikten av proverna precis före frys-töststart. Samtliga prover ökade i vikt under vattenmätning men tappade också en del under konditioneringsdygnet, mellan mätningen och start av försök. Proverna 2 och 3 ökade måttligt men tappade i stort hela viktökningen ifrån vattenmättningsfasen. Under testet fortsatte dessa provkroppar att tappa i vikt (ca 100 g). Provkropparna 1 och 5 ökade i vikt under vattenmätningen, de tappade något i vikt dygnet före test men höll sig sedan stabilt (Figur 12).



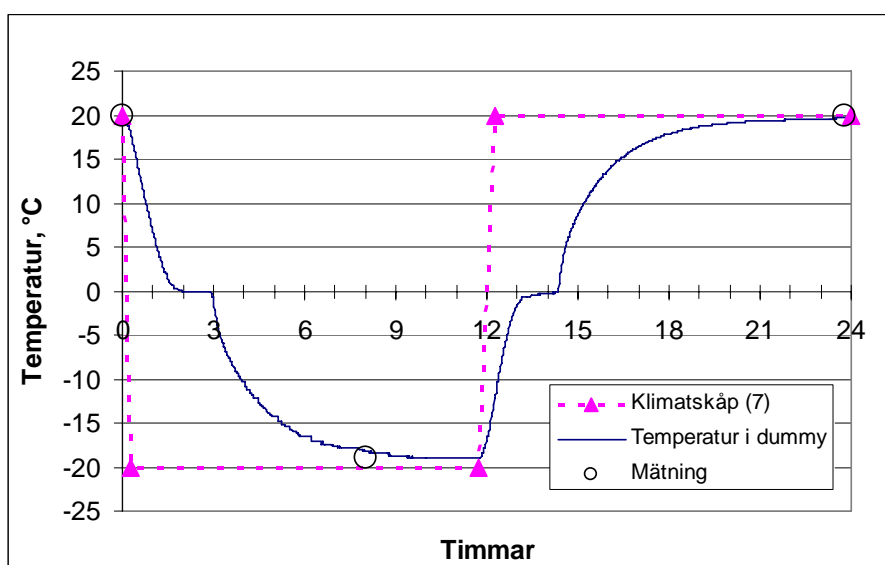
Figur 12 Viktförändringsdiagram för frys försök 6 med vattenmätning.

5.3 Försök 7

Resultaten från försök 7 är de som bäst korrelerar med halten fri glimmer i provmaterialen. Sammanfattningsvis: – högre halt av fri glimmer resulterar i högre lyftningar/volymförändringar under frys-försök.

5.3.1 Temperaturer

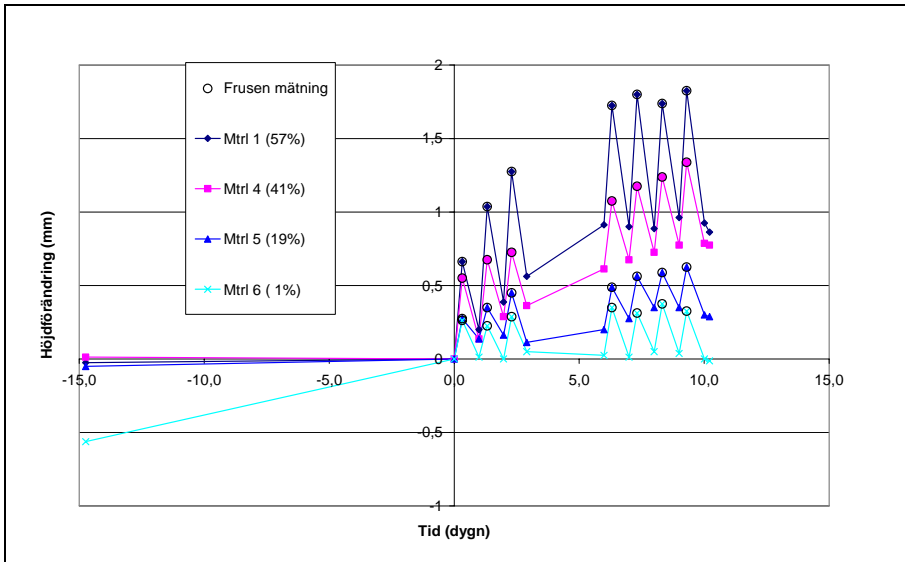
För att få en uppfattning om hur temperaturen varierar inuti proverna så packades ett ”dummy-prov” in. Det bestod av ett 0–16 mm bergkross med vattenkvot på ca 5 % som handpackades och instrumenterades med en temperaturlogger (Figur 13). Dummy-prov användes för att inte riskera störning av frys-försöken och för att inte riskera att temperaturloggen skulle skadas vid maskinell packning. Densitet och vatteninnehåll kan i dummy-provet skilja mot de ”skarpa” proverna. Så det är svårt att ange exakt temperaturförlopp för provkropparna, men troligtvis skulle motsvarande kurva få en liknande form.



Figur 13 Temperatur i klimatskåp och i ”dummy-prov” samt mättillfällen under en frys-töcykel. ”Mätning” visar var i temperturfasen höjdviktsmätning gjorts.

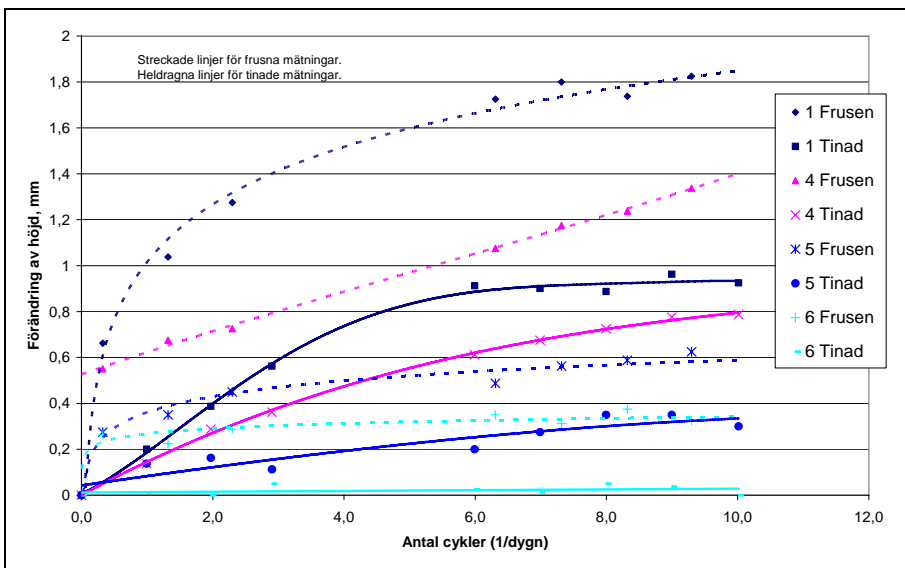
5.3.2 Höjdförändringar

Generellt gjordes två höjdmätningar per dag, en på tinad provkropp och en på frusen. Som referens för höjdförändringar har mätning precis före frys-försöket använts (tiden 0). Under frysfasen uppstår en lyftning som bara delvis går tillbaka under tinad fas, vilket resulterar i en kvarstående höjdförändring (Se Figur 14). Den höjdförändring som skett under vattenmätningen för material 6 (kvartsit) finns ingen entydig förklaring till. Trolig orsak kan vara att topplattan inte var i stabilt läge från början och provet har blivit utsatt för störning, men förändringen kan även förklaras av svällning.



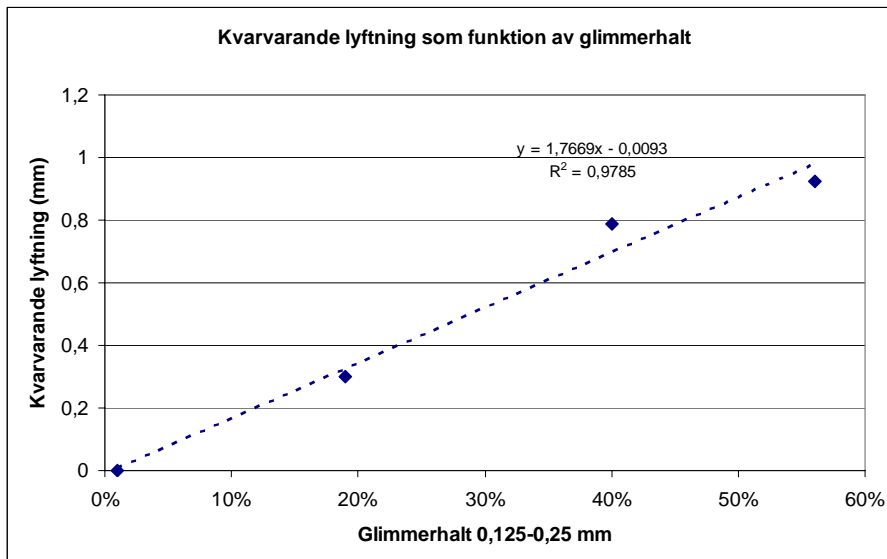
Figur 14 Mätning av höjdförändring i försök 7.

Ett sätt att tydligare studera höjdförändringarna görs i Figur 15, där har varje provmaterials frusna och tinade mätningar separerats (punkterna för respektive mäterie är sammanbundna med streckade respektive heldragna trendlinjer).



Figur 15 Höjdförändringar i försök 7. Streckad linje för frusna prover, heldragen för tinade. Varje material har en egen färg.

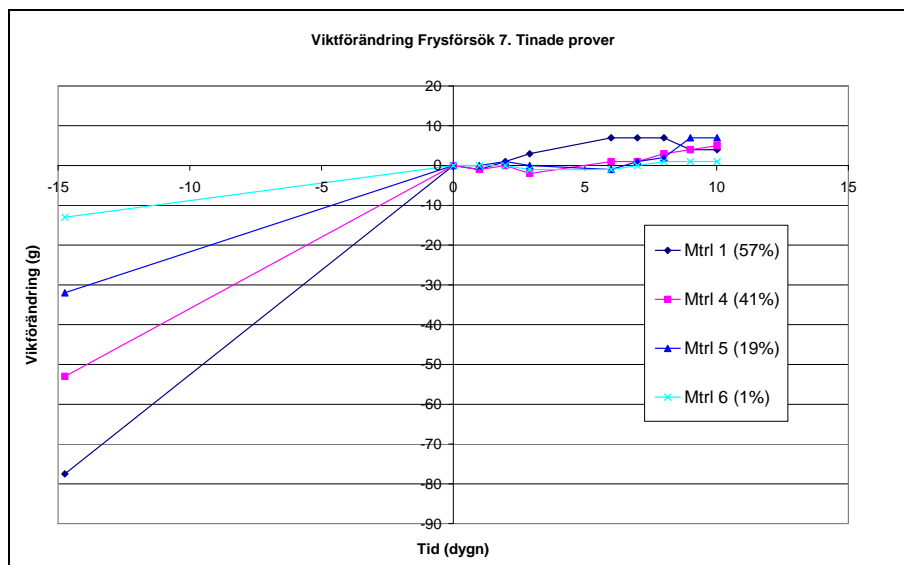
Den kvarvarande lyftningen efter tio frys-töcykler är tämligen linjär mot halten fri glimmer i frys-försök 7 (Figur 16).



Figur 16 Kvarvarande lyftning efter 10 frys-töcykler som funktion av glimmerhalt.

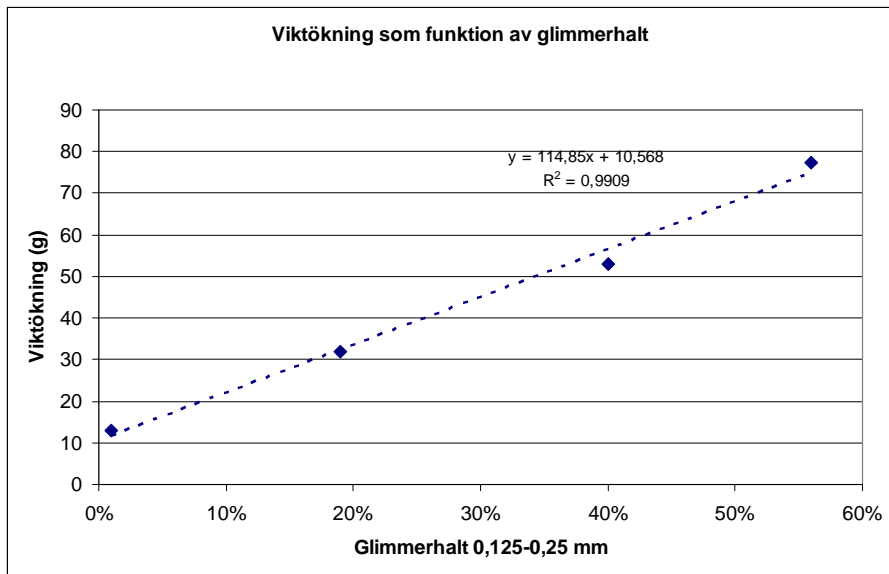
5.3.3 Viktförändringar

Viktförändringarna under frys-töförsök har kontrollerats. Liksom för höjdmätningarna har måttillfälle precis före frys-töförsökets start (tiden 0) använts som referens. Samtliga provkroppar har största förändringarna under vattenmätningen, medan provkropparna haft en liten ökning av vikterna under frys-försöken. Viktförändring antas vara mängden vatten på/i provkroppen. En förklaring till viktökningarna, trots paketering i plastpåsar, är att kondens på proverna uppstår vid de frusna mätningarna. Viktförändringar redovisas i Figur 17.



Figur 17 Viktförändring för försök 7.

Absorptionen av vatten under vattenmätningen är proportionell mot glimmerhalten (Figur 18).



Figur 18 Viktökning efter vattenmätning som funktion av glimmerhalt.

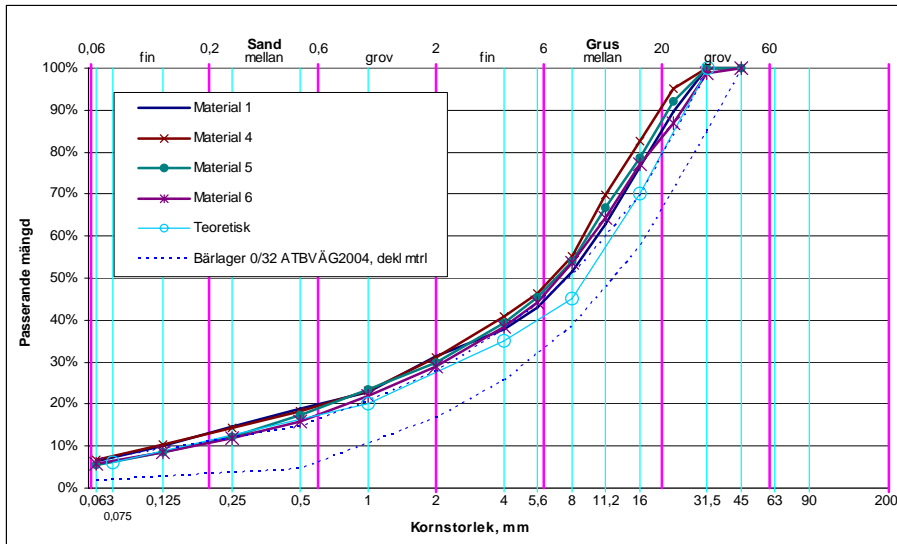
5.3.4 Dokumenterande resultat

Efter försöken har kornstorleksfördelning (Figur 19) och vattenkvot bestämts, här redovisas även packningsdata som torr skrymdensitet (Tabell 4).

Inför frys försök 7 proportionerades 6 kg av varje provmaterial enligt Tabell 2. Vid packning tillsattes 5 % vatten (ca 300 g). Vattenkvot har bestämts på överskottsmaterial (ej packat, ca 600–700 g) i samband med packning, i Tabell 4 benämnt ”parallellt vattenkv.prov”. Vattenkvoter har också bestämts efter frys försök. ”Bakåträknad vattenkv. vid packning” innebär att vattenkvoten vid packning beräknats med viktförändringar och vattenkvot efter frys försök. Torr skrymdensitet är beräknad från fuktig densitet vid packning och bakåträknad vattenkvot.

Tabell 4 Vattenkvoter och torr skrymdensitet.

Material	Parallellt vattenkv.prov	Vattenkvot efter test	Bakåträknad vattenkv. vid packning	Torr skrymdensitet
1 metagråvacka	6,4 %	6,2 %	4,7 %	2,30 Mg/m ³
4 metagråvacka	5,2 %	5,2 %	4,2 %	2,26 Mg/m ³
5 granit	6,2 %	5,3 %	4,5 %	2,20 Mg/m ³
6 kvartsit	5,3 %	4,7 %	4,5 %	2,21 Mg/m ³



Figur 19 Kornstorleksfördelning efter försök 7, som referenser finns teoretisk kornkurva samt krav från ATB VÅG 2005(2004) tabell E11.1-1

6 Diskussion

Erfarenheterna från försök 1–6 som ledde till de justeringar som utfördes i försök 7 visar att det är en metod som kan urskilja glimmerhalten och dess påverkan i ett material. Vad de (tjäl-)lyftningar som registrerats i försöken innebär i praktiken kräver en närmare studie.

Tjällyftningen under frusen fas bör inte ge sämre bärighet även om packningsgraden är lägre (tjockare lager, större volym, lägre densitet) än under tinad fas. I försöken i denna rapport uppstår en kvarvarande volymökning (lyftning) efter varje fryscykel som ju kan innebära en i längden minskande packningsgrad. Det är möjligt att den i verkligheten går tillbaka pga. trafikbelastning eller tyngden av bundna ovanliggande lager.

När det gäller påverkan av tjäle är tillgången på vatten en avgörande faktor. Den varierar ju självklart ifrån fall till fall. Vattentillskott kan komma uppifrån i form av nederbörd eller underifrån från grundvatten. Vatten kan ta sig in i obundna lager genom sprickor i asfaltlagren, från sidan via innersläntenorna eller kapillärt underifrån. Dränering och avrinning bör minska risken för tjälskador och bärighetsnedsättning.

Material med hög glimmerhalt absorberar mer vatten under vattenmätning än material med lägre glimmerhalt. Det leder i sin tur till att ju våtare proverna är ju högre blir både tjällyftningen och den kvarvarande lyftningen. Därför bör man sträva efter att material med (för) höga glimmerhalter undviks. Alternativt bör man se till att lagret hålls torrt. Detta kan göras genom täta överytor, bra dräneringsförhållanden samt se till att vatten inte kan ges tillträde kapillärt.

7 Slutsats

Redan frysförök 1 visade på ett förväntat samband mellan hög vattenkvot och högre lyftning. Försöket visade även på en allmän trend av ökande, ackumulerad, kvarvarande höjddökning.

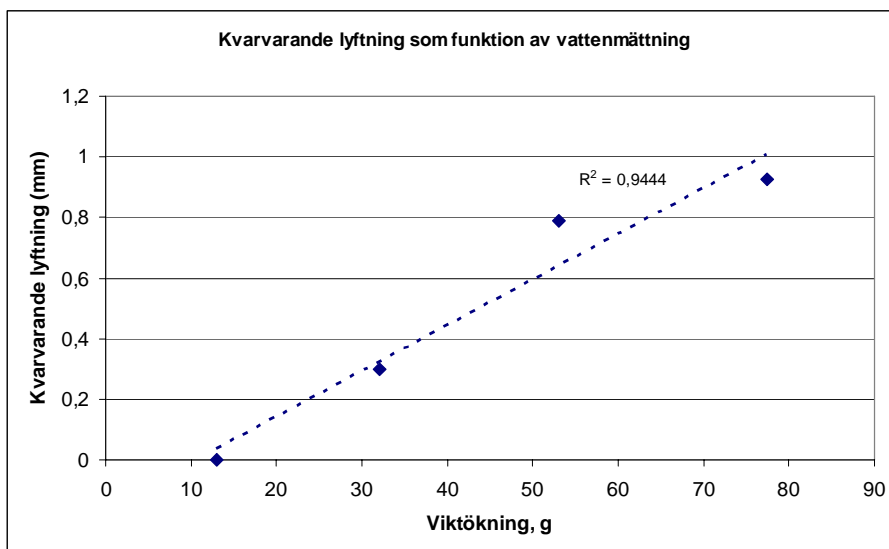
Försök 2 och 3 visar att när provkropparna är frusna så stannar lyftningen och hålls konstant med den tillgång på vatten som finns i proverna.

Trenden från tidigare försök bekräftades i frysförök 4 genom att en viss kvarvarande lyftning efter varje frys-töcykel kunde observeras. Det noterades att lyftning under frysfas minskade, vilket kan förklaras av att särskilt de våtare provkropparna ($w_i = 7,5\%$) tappar vikt (vatten).

Resultaten i försök 5 visar även här en kvarstående ökning av provhöjden efter varje frys-töcykel och att de våtare provkropparna tappar vikt.

Försök 6: Under vattenmättning tar provkropparna till sig en hel del vatten (viktökning). Fritt överskottsvatten dränerades ut under konditioneringsdygnet. De provkroppar (material 1 och 5) som tog till sig mest och även höll vatten uppvisade ett samband mellan tjällyftning och halten fri glimmer. Två av provkropparna (material 2 och 3) tappade vikt (vatten) under försöket och fick en dålig överensstämmelse mellan lyftning och glimmerhalt.

Efter försök 7 framkom att absorptionen av vatten under vattenmättningen är proportionell mot glimmerhalten (Figur 18). Den kvarvarande lyftningen efter tio frys-töcykler är tämligen linjär mot halten fri glimmer i frysförök 7 (Figur 16). Vad som tjällyftning i första hand beror på är vatten (bildning av islinser), men kvarvarande lyftning får ett något sämre samband mot viktökning efter vattenmättning [$R^2=0,94$] kontra halten fri glimmer i fraktion 0,125/0,25 mm [$R^2=0,99$] (Figur 18 och Figur 20).



Figur 20 Kvarvarande lyftning som funktion av viktökning under vattenmättning.

8 Fortsatt arbete

Ett första steg för fortsatt arbete är att öka det statistiska underlaget. Kompletterande tester bör göras med material 2 (ortognejs med glimmerhalt 57 % i fraktion 0, 125/0,25 mm) och material 3 (metagråvacka med glimmerhalt 24 % i fraktion 0,125/0,25 mm) samt ytterligare provmaterial för att tydliggöra effekten av halten fritt glimmer. Material uppgrävt från vägar med bra och dåligt fungerande bärlager i tjälsammanhang kan ge vidare information om betydelsen av resultaten.

Andra egenskaper på de testade materialen bör också testas. Exempel på sådana analyser/egenskaper kan vara:

- Bedömning av finmaterial (Sandekvivalentvärde och Metylenblåvärde)
- Kapillaritet (t.ex. med undertryckskapillarimeter på 0/2 mm)
- Permeabilitet
- Kornform (LT-index, Flisighetsindex).

För att utröna betydelsen av den nedsättning av packningsgrad som den kvarvarande lyftningen ger bör någon form av bärighetsmätning göras. Det finns då en del belastningstester för laboratorier att tillgå. Till exempel dynamiska treaxialförsök eller CBR (Californian Bearing Ratio). Det kan vara så att dessa metoder eller denna metod (Försök 7) behöver modifieras för att passa varandra (ex. provkroppstorlek). En modifiering av CBR men med dynamisk/pulserande last kan behöva utvecklas eller eftersökas (i litteratur och liknande).

9 Referenser/Litteratur

Arvidsson, H. Inverkan av köld och vatten på glimmerhaltiga bergarter. Examensarbete, Luleå Tekniska Universitet, 2007:31 HIP.

ATB VÄG 2005.

Ekblad, J. 2007. Influence of water on coarse granular road material properties. PhD thesis, KTH, Stockholm, Sweden.

EN 1367-1, Tests for thermal and weathering properties of aggregates – Part 1: Determination of resistance of freezing and thawing, 1999, European Committee for Standardisation, CEN.

Hakim, H, Said, S 2003. Glimmer i bitumenbunda beläggningar – Inverkan av fina, fria glimmerkorn. VTI Notat 8-2003.

Höbeda, P. 1987. Glimmer i vägmateriäl. Inverkan på egenskaper och analysmetoder för glimmerhalt. Väg- och trafikforskningsinstitutet, Linköping, VTI Meddelande 527.

Miskovsky, K. 2004. Enrichment of fine mica originating from rock aggregate production and its influence on the mechanical properties of bituminous mixtures. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 13(5).

Novikov, E., Arvidsson, H., Loorents, K-J., Miskovsky, K. 2007. The behavior of mica-rich base-course aggregates under freezing-thawing conditions. *In prep.*

ProctorSS-EN 13286-2, Obundna och hydrauliskt bundna vägmateriäl – del 2: Provningsmetod för laboratoriemässig bestämning av referensdensitet och vatteninnehåll – Proctorinstampning, fastställd 2004, SIS.

Said, S., Loorents, K-J., Hakim, H. (2007). Impact of mica content on water sensitivity of asphalt concrete. Accepted for publication in the *International Journal of Pavement Engineering*.

SS-EN 1097-5, Ballast – Mekaniska och fysikaliska egenskaper – del 5: Bestämning av fuktkvot genom torkning i ett torkskåp, fastställd 2000, SIS.

SS-EN 933-1, Ballast – Geometriska egenskaper – del 1: Bestämning av kornstorleksfördelning – Siktning, fastställd 1998, SIS.

VVMB 613, Bestämning av glimmerhalt i materialets finfraktion, VV Publ. Nr 2001:100

Bilaga
Sid 1 (1)

Rådata för frysförsök 7

	Före vattendränkn.										Efter										
	Frys-försök Start										Frys-tid										
Cyl A																					
Prov 1, Wi=5 %																					
Tidpunkt	10/09	25/09	25/09	26/09	26/09	27/09	27/09	28/09	01/10	01/10	02/10	02/10	03/10	03/10	04/10	04/10					
Kommentar	Packning		-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C					
Vikt inkl påse	12328,5	12406	12487	12491	12487	12501	12452	12504	12498	12494	12506	12493	12507	12492	12501	12491					
Vikt	40,95	40,85	40,3	40,65	40,6	40,5	39,8	40,35	40,05	39,65	40,1	39,6	40,2	39,65	40,1	39,6					
Djup 1	41	40,8	40	40,6	39,5	40,35	39,2	40,15	39,7	38,55	39,65	38,4	39,6	38,4	39,5	38,3					
Djup 2	40,6	40,65	39,85	40,45	39,45	40,25	39,15	40,05	39,65	38,45	39,6	38,35	39,6	38,45	39,5	38,3					
Djup 3	40,6	40,75	40,25	40,55	39,95	40,4	39,8	40,25	40	39,5	40,1	39,5	40,1	39,6	40,1	39,55					
Djup 4	40,79	40,76	40,10	40,56	39,73	40,38	39,49	40,20	39,85	39,04	39,86	38,96	39,88	39,03	39,80	38,94					
Medeldjup	40,79	40,76	40,10	40,56	39,73	40,38	39,49	40,20	39,85	39,04	39,86	38,96	39,88	39,03	39,80	38,94					
Tid, dygn	-14,7	0,0	0,3	1,0	1,3	2,0	2,3	2,9	6,0	6,3	7,0	7,3	8,0	8,3	9,0	9,3					
Vikt diff	-77,5	0,0	3,0	-1,0	3,0	1,0	-32,0	3,0	7,0	10,0	7,0	9,0	7,0	8,0	4,0	7,0					
Höjdiff	-0,02	0,00	0,66	0,20	1,04	0,39	1,28	0,56	0,91	1,73	0,90	1,80	0,89	1,74	0,96	1,83					
Höjdiff	0,0%	0,0%	0,6%	0,2%	0,9%	0,3%	1,1%	0,5%	0,8%	1,5%	0,8%	1,6%	0,8%	1,5%	0,8%	1,6%					
Vattenkvot	4,7%	6,3%		6,2%		6,3%		6,3%	6,4%		6,4%		6,4%		6,3%						
Cyl B																					
Prov 4, Wi=5 %																					
Tidpunkt	10/09	25/09	25/09	26/09	26/09	27/09	27/09	28/09	01/10	01/10	02/10	02/10	03/10	03/10	04/10	04/10					
Kommentar	Packning		-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C					
Vikt inkl påse	12247	12300	12380	12387	12380	12385	12379	12390	12390	12384	12400	12386	12394	12384	12396	12387					
Vikt	40,65	40,7	40,25	40,6	40,1	40,4	40,05	40,35	40,15	39,65	40,05	39,6	40	39,5	40	39,45					
Djup 1	40,55	40,6	40,05	40,45	39,95	40,35	39,9	40,25	40,1	39,55	40	39,45	39,95	39,4	39,9	39,3					
Djup 2	40,75	40,75	40,1	40,6	40	40,45	39,95	40,4	40,05	39,65	40,05	39,5	40	39,45	39,95	39,3					
Djup 3	40,9	40,85	40,3	40,7	40,15	40,55	40,1	40,45	40,15	39,75	40,1	39,65	40,05	39,6	39,95	39,5					
Djup 4	40,71	40,73	40,18	40,59	40,05	40,44	40,00	40,36	40,11	39,65	40,05	39,55	40,00	39,49	39,95	39,39					
Medeldjup	40,71	40,73	40,18	40,59	40,05	40,44	40,00	40,36	40,11	39,65	40,05	39,55	40,00	39,49	39,95	39,39					
Tid, dygn	-14,7	0,0	0,3	1,0	1,3	2,0	2,3	2,9	6,0	6,3	7,0	7,3	8,0	8,3	9,0	9,3					
Vikt diff	-53,0	0,0	2,0	-1,0	2,0	0,0	1,0	-2,0	1,0	6,0	1,0	8,0	3,0	6,0	4,0	9,0					
Höjdiff	0,01	0,00	0,55	0,14	0,67	0,29	0,73	0,36	0,61	1,08	0,68	1,18	0,73	1,24	0,77	1,34					
Höjdiff	0,0%	0,0%	0,5%	0,1%	0,6%	0,2%	0,6%	0,3%	0,5%	0,9%	0,6%	1,0%	0,6%	1,1%	0,7%	1,2%					
Vattenkvot	4,2%	5,3%		5,3%		5,3%		5,2%	5,3%		5,3%		5,4%		5,4%						
Cyl D																					
Prov 5, Wi=5 %																					
Tidpunkt	10/09	25/09	25/09	26/09	26/09	27/09	27/09	28/09	01/10	01/10	02/10	02/10	03/10	03/10	04/10	04/10					
Kommentar			-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C					
Vikt inkl påse	12059	12091	12093	12091	12093	12092	12093	12091	12090	12093	12092	12095	12093	12096	12098	12101					
Vikt	40	40	39,7	39,85	39,65	39,8	39,6	39,85	39,8	39,5	39,75	39,45	39,65	39,45	39,65	39,4					
Djup 1	40,25	40,2	39,95	40,15	39,85	40,05	39,75	40,1	40	39,75	39,95	39,65	39,85	39,6	39,85	39,6					
Djup 2	40,15	40	39,7	39,75	39,6	39,8	39,45	39,9	39,75	39,5	39,65	39,4	39,6	39,4	39,6	39,3					
Djup 3	39,75	39,75	39,5	39,65	39,45	39,65	39,35	39,65	39,6	39,25	39,5	39,2	39,45	39,15	39,45	39,15					
Djup 4	40,04	39,99	39,71	39,85	39,64	39,83	39,54	39,88	39,79	39,50	39,71	39,43	39,64	39,40	39,64	39,36					
Medeldjup	40,04	39,99	39,71	39,85	39,64	39,83	39,54	39,88	39,79	39,50	39,71	39,43	39,64	39,40	39,64	39,36					
Tid, dygn	-14,7	0,0	0,3	1,0	1,3	2,0	2,3	2,9	6,0	6,3	7,0	7,3	8,0	8,3	9,0	9,3					
Vikt diff	-32,0	0,0	2,0	0,0	2,0	1,0	2,0	0,0	-1,0	2,0	1,0	4,0	2,0	5,0	7,0	10,0					
Höjdiff	-0,05	0,00	0,27	0,14	0,35	0,16	0,45	0,11	0,20	0,49	0,27	0,56	0,35	0,59	0,35	0,63					
Höjdiff	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,3%	0,1%	0,4%	0,1%	0,2%	0,4%	0,2%	0,5%	0,3%	0,5%	0,3%	0,5%					
Vattenkvot	4,5%	5,2%		5,2%		5,3%		5,2%	5,2%		5,3%		5,3%		5,4%						
Cyl E																					
Prov 6, Wi=5 %																					
Tidpunkt	10/09	25/09	25/09	26/09	26/09	27/09	27/09	28/09	01/10	01/10	02/10	02/10	03/10	03/10	04/10	04/10					
Kommentar	Packning		-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C	+20°C	-20°C					
Vikt inkl påse	12090	12103	12183	12188	12183	12186	12181	12187	12188	12182	12191	12183	12192	12184	12198	12189					
Vikt	39,9	39,3	39	39,25	39	39,3	39	39,3	39,3	38,9	39,25	38,95	39,25	38,85	39,3	38,85					
Djup 1	39,9	39,45	39,1	39,45	39,2	39,45	39,15	39,45	39,4	39,05	39,4	39,05	39,35	38,9	39,35	39,05					
Djup 2	40,2	39,7	39,5	39,7	39,6	39,7	39,45	39,45	39,7	39,4	39,75	39,45	39,65	39,45	39,65	39,45					
Djup 3	40,25	39,6	39,4	39,6	39,35	39,6	39,3	39,65	39,55	39,3	39,6	39,35	39,6	39,35	39,6	39,4					
Djup 4	40,08	39,51	39,25	39,50	39,29	39,51	39,23	39,46	39,49	39,16	39,50	39,20	39,46	39,14	39,48	39,19					
Medeldjup	40,08	39,51	39,25	39,50	39,29	39,51	39,23	39,46	39,49	39,16	39,50	39,20	39,46	39,14	39,48	39,19					
Tid, dygn	-14,7	0,0	0,3	1,0	1,3	2,0	2,3	2,9	6,0	6,3	7,0	7,3	8,0	8,3	9,0	9,3					
Vikt diff	-13,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	-1,0	-1,0	1,0	0,0	2,0	1,0	3,0	1,0	8,0					
Höjdiff	-0,56	0,00	0,26	0,01	0,23	0,00	0,29	0,05	0,03	0,35	0,01	0,31	0,05	0,38	0,04	0,33					
Höjdiff	-0,5%	0,0%	0,2%	0,0%	0,2%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,3%	0,0%	0,3%	0,0%	0,3%					
Vattenkvot	4,5%	4,8%		4,8%		4,8%		4,7%	4,7%		4,8%		4,8%		4,8%						

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportsystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulatorteknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovsningsanläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.



HUVUDKONTOR/HEAD OFFICE

LINKÖPING

POST/MAIL SE-581 95 LINKÖPING

TEL +46 (0)13 20 40 00

www.vti.se

BORLÄNGE

POST/MAIL BOX 760

SE-781 27 BORLÄNGE

TEL +46 (0)243 446 860

STOCKHOLM

POST/MAIL BOX 55685

SE-102 15 STOCKHOLM

TEL +46 (0)8 555 770 20

GÖTEBORG

POST/MAIL BOX 8077

SE-402 78 GÖTEBORG

TEL +46 (0)31 750 26 00