



SBUF Rapport

Författare
Erik Malmqvist

Datum
2006-06-16

Telefon
08-619 40 56

Beständigare kalla och halvvarma beläggningar



Förord

Detta projekt har genomförts med medel av SBUF. Många tankar och idéer har lyfts fram under projektets gång varvid omfattningen har blivit större än vad som från början var avsett. Stort tack till alla som har varit inblandade i projektet och som kommit med synpunkter och idéer för att göra projektet genomförbart.

Stockholm 2006-06-16

Sammanfattning

I Sverige tillverkas idag ca 750 000 ton kalla och halvvarma beläggningssmassor årligen. Framförallt är dessa av typerna MJAG och MJOG. Beläggningssmassorna tillverkas med mjukbitumen eller bitumenemulsion och läggs ut på det lågtrafikerade vägnätet som utgör ca 80 % av det svenska vägnätet.

För att förbättra vidhäftningen mellan sten och bitumen och därmed den långsiktiga beständigheten på dessa beläggningar bör tillsats av aktiva vidhäftningsbefrämjande mineral användas. Cement används redan idag i stor utsträckning på kontinenten vid tillverkning av kalla massatyper. Fördelarna med att tillsätta aktiva vidhäftningsbefrämjande mineral är många och det har i tidigare undersökningar på varma beläggningar påvisats att dessa mineral även har förmågan att öka styvheten på beläggningen. Andra fördelar som har påvisats i tidigare undersökningar är att hydratkalk gör bitumen mindre åldringsbenäget samt ger ett ökat motstånd mot plastiska deformationer.

Andra sätt att försöka förbättra beständigheten på halvvarma beläggningssmassor kan vara att använda sig av modifierade bitumentyper. I Sverige används modifierade bitumentyper primärt på varma beläggningssmassor. I detta projekt har vi undersökt hur ett modifierat mjukbitumen påverkar beständigheten hos en halvvarm beläggningssmassa.

Resultaten av projektet visar på tydliga beständighetsförbättringar vid användande av vidhäftningsbefrämjande aktiva mineral på både kalla och halvvarma beläggningssmassor. Användandet av cement på de kalla massatyperna ger en bättre resistens mot vattenmättnings samt extrema påkänningar som vid frys-tö lagring vid provning av draghållfasthet. Det har även visat sig att cement har en styvhetsökande effekt på kalla beläggningssmassor. På de halvvarma beläggningssmassorna ser vi samma effekter av både hydratkalk och cement vid provning av draghållfasthet. Vi ser också en tydlig ökning av draghållfasthet vid vattenlagring samt osmotisk frys-tö lagring vid tillsats av vidhäftningsaktiva mineral. Tillsats av amin som vidhäftningsaktivt medel har visat sig inte klara av de extrema påkänningar som den osmotiska frys-tö lagringen utsätter provkropparna för varvid aktiva filler bör användas som ett komplement för att öka beständigheten på dessa beläggningstyper.

Det modifierade bitumen som har använts i projektet har visat sig ge samma styvhet i beläggningssmassan som ett konventionellt V12000 vilket var ett av målen. Däremot har det inte påvisats några andra positiva effekter på beständigheten hos de halvvarma beläggningarna som undersökts. Vidare undersökningar krävs för att ta fram modifierade mjukbitumen som ger en hög beständighetsförbättring till den färdiga produkten vilket också gör det möjligt att använda denna typ av beläggning på ett högre trafikerat vägnät.

SAMMANFATTNING	2
”BESTÄNDIGARE KALLA OCH HALVVARMA BELÄGGNINGAR”	5
Bakgrund	5
Syfte.....	5
Genomförande.....	6
Kallteknik.....	6
Halvvarm teknik.....	8
Resultat Kallteknik	11
Vattenkänslighet.....	11
Prall	12
Styvhetsmodul.....	13
Marshallstabilitet.....	14
Kommentarer till resultat av kallteknik.....	15
Resultat halvvarmt.....	17
Rullflaska	17
Pressdragprovning.....	18
Prall	19
Styvhetsmodul.....	20
Marshallstabilitet.....	22
Kommentarer till resultat halvvarmt	23
Slutsatser.....	24
Referenser.....	25

”Beständigare kalla och halvvarma beläggningar”

Bakgrund

I Sverige tillverkas årligen cirka 750 000 ton kalla och halvvarma beläggningssmassor framförallt av typen MJAG och MJOG. Dessa beläggningar tillverkas med mjukbitumen eller bitumenemulsion och läggs framförallt på det lågtrafikerade vägnätet.

Ur många aspekter som t.ex. ekonomiska, arbetsmiljö- och miljömässiga är kall och halvvarm tillverkning av asfaltbeläggningar att föredra. Branschen har dock inte ännu lyckats nå den varmtillverkade produktens kvalitet.

För att förbättra beständigheten på dessa beläggningar bör cement och hydratkalk vara intressanta tillsatsmedel att använda vid kall och halvvarm tillverkning av asfaltbeläggningar. Cement används redan i stor utsträckning på kontinenten för dessa asfalttyper men har inte undersökts i Sverige i någon större omfattning.

Fördelarna med att tillsätta cement och hydratkalk till kalla och halvvarma beläggningssmassor kan vara många. Vidhäftningen mellan sten och bindemedel samt stabiliteten på massan förbättras. Vanligtvis använder vi oss idag av aminer som tillsatsmedel i halvvarma och kalla beläggningstyper för att öka vidhäftningen mellan sten och bitumen. Långtidseffekten av aminet har ifrågasatts i ”The Shell bitumen handbook” där det menas att aminet kan avaktiveras varvid långtidseffekten uteblir. Resultat av tidigare undersökningar på AG-beläggningar visar (Höbeda, 2001) att hydratkalk ger en klar ökning av styvhetsmodul, framförallt på beläggningar med högt hålrum och låg bindemedelshalt. Ökningen av styvheten i beläggningen tyder på en kemisk reaktion mellan sten och bitumen och ger även en förstärkning av bruket i beläggningen. Man har även påvisat att aktiva filler kan motverka ”stripping” vid låga pH-värden (Tarrer, 1996). Andra fördelar som har nämnts är att hydratkalk ger asfaltbeläggningen bättre lågtemperaturegenskaper och motverkar plastisk deformation vid högre temperaturer samt att det har en effekt att motverka åldring (Hopman et al, 1999). Cement, hydratkalk och polymerbitumen för varmasfalt är redan sedan tidigare, med mycket goda erfarenheter, undersökt i bl.a. det pågående SBUF-projektet ”Beständiga beläggningar”. Dessa arbeten har gjort att vidhäftningsaktiva mineral får en allt mer ökande användning i varmasfalt i Sverige. Användandet av polymermodifierade mjukbitumen bör också ge samma tillskott i beständighet som användande av polymerbitumen vid tillverkning av varma massor. I de fall bitumenemulsion används skulle cement kunna styra brytningsförloppet. En förbättring av beständigheten för kalla och halvvarma beläggningar skulle utan tvekan öka intresset för denna tillverkningsteknik.

Syfte

Projektet syftar till att studera vilka beständighetsförbättringar användande av cement, hydratkalk och polymermodifierade mjukbitumen tillför vid tillverkning av kalla och halvvarma asfaltmassor. Projektets syfte är också att undersöka hur cement och hydratkalk påverkar massan och vilka halter som kan vara aktuella att arbeta med. Tillsätts för stora mängder cement finns det risk för att massan blir för styv och svår att tillverka vid asfaltverk.

Genomförande

Då projektet riktar in sig på både kallteknik med 85 % återvinning och halvvarm teknik med jungfruligt material delas dessa in i två olika grupper med något olika genomförande.

Kallteknik

I den kalla delen av projektet tillverkas tre olika emulsionsbeläggningar. Alla tre tillverkas med 85 % asfaltgranulat och 15 % jungfruligt stenmaterial. Stenmaterialet valdes på grund av att det har en erkänd låg vidhäftning med bitumen för att så tydligt som möjligt visa på effekter av tillsatt cement. Materialet består av en granitisk, mer eller mindre förgnejsad, bergart rik på sekundära mineral som sericit och klorit. Tre blandningar har tillverkats (Tabell 1). Två blandningar med standardemulsion (BE60M/V1500) varav den ena har tillverkats med cement, 1 %. Den tredje blandningen har tillverkats med Nyrec 630 (ett emulgerat 160/220) och 1 % cement. Cement används som ett aktivt fyller för att öka beläggningens resistens mot beständighetsskador. I Europa används aktiva fyller frekvent i kallteknik tillsammans med amin. I Sverige har vi använt oss av flytande vidhäftningsmedel såsom aminer vid denna tillämpning. Asfalt massan har proportionerats efter ATB Väg 2004 (Diagram 1). Det jungfruliga stenmaterialet har delats upp på fraktion 0-4, 4-8, 8-11, och 11-16 för att finnas representerad i hela fördelningen av material.

Benämning	Bindemedel	Tillsatsmedel
A.	BE 60M/V1500 (referens)	
B.	BE 60M/V1500	1 % cement
C.	Nyrec 630 (160/220)	1 % cement

Tabell 1. Tabellen visar de olika massatyperna som har använts i den kalla delen av projektet.

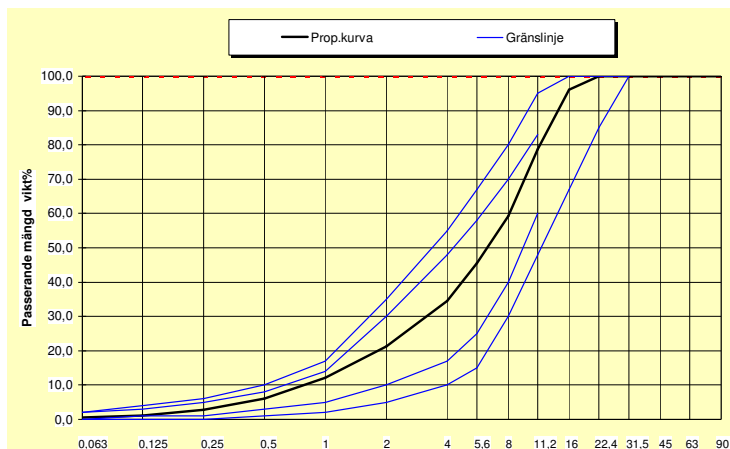


Diagram 1. Receptkurva med gränslinjer för återvinning.

Blandningarna har skett på Nynäs väglaboratorium i Nynäshamn. För att få en så homogen blandning och för att kunna säkerställa att varje provkropp blir så lik den andra som möjligt har en blandning för var provkropp gjorts. Cementen har tillsatts till blandningen innan emulsionen för att säkerställa en homogen blandning. Massan har sedan packats med en gyratorisk packningsutrustning. Provkropparna har sedan låtit härdas i 40°C under 7 dygn värmeskåp.

I de asfaltmassor som vi har tillsatt cement har vi tillverkat provkroppar med både lägre och högre bindemedelshalt (0,5% steg) för att undersöka hur stor effekt den har på beständigheten.

Provningsmetoder kallteknik

I den kalla delen av projektet har vi valt att fokusera på fyra olika provningsmetoder för att undersöka hur de vidhäftningsaktiva fyllren agerar i kalla beläggningar.

Vattenkänslighet

SBUF-Projekt ”Beständigare Kalla och halvvarma beläggningar”

ITSR används idag för att mäta vattenkänsligheten på borrkärnor eller laboratorietillverkade provkroppar. Provning av ITSr har genomförts enligt VVMB 701. Utöver den konventionella provningen har en serie vattenlagrats osmotiskt och vinterkonditionerats med frys-tö växlingar under 20 dygn (VTI metod). Tillvägagångssättet är anpassat till VVMB metod 701 vilket innebär att provkropparna först har vattenmättats i saltlösning under 1 timme i 40 mbar undertryck (bild 1). Sedan har provkropparna vattenlagrats under 1 dygn i saltlösning för att sedan under 1 timme vattenmättas i vatten i 40 mbar undertryck. Efter denna procedur har provkropparna utsatts för frys-tö cykler i 20 dygn mellan +20°C - -20°C. Att vi väljer att jämföra den konventionella metoden med frys-tö metoden beror på att vi vill se hur de vidhäftningsaktiva medlen reagerar under en längre tid och under påverkan av salt som finns ute på våra vägar.



Bild 1. T.V Saltmätning av provkropp i pyknometer i undertryck av 40mbar. T.H saltmättad provkropp med saltavlagring på ytan.

Prall

I projektet provas nötningresistensen enligt Prall metoden. Metoden har anpassats för att passa till en halvvarm beläggning genom att man har sänkt varvtalet på utrustningen till 700 slag/min (950 slag/min enligt Fas 470) samt att vi har reducerat antalet kulor till 20 st (40 st enligt Fas 470). I prallen kan vi se om de vidhäftningsaktiva medlen har inverkan på nötningen av bruk i beläggningen.

Styvhetsmodul

Styvhetsmodul har provats på de tre olika massatyperna. Provningen har genomförts i Nottingham utrustning vid +2, +10 och +20°C.

Marshallstabilitet

Som ett komplement till styvhetsmodulen har vi även provat marshallstabilitet enligt ASTM D1559-76 anpassade för kallåtervinning. Provningen har utförts torrt vid +25°C.

Halvvarm teknik

I den halvvarma delen av projektet har vi använt oss av två olika typer av bindemedel, dels ett konventionellt V6000 och dels ett modifierat V6000. Tanken med det modifierade bindemedlet är att det vid tillverkning skall vara lika lättflytande som en konventionell V6000 men att det utlagt och klart skall likna egenskaperna hos en V12000. Fördelen är att bindemedlet är lättare att blanda än ett hårdare V12000 men att det har en högre styvhet än en V6000 vid trafikering. Därmed bör det vara mer deformationsresistent. Ett stort antal provblandningar genomfördes och viskositet provades vid olika temperaturer för att uppnå de ovan angivna målen (tabell 2). Bituminet som valdes är en blandning mellan V6000 och 3 % tillsatt hård harts.

Viskositet:	60°C	80°C	100°C	120°C
Recept:				
V6000	73,4 Poise	11,52 Poise	3,34 Poise	1,19 Poise
V12000	120 Poise	17 Poise	3,6 Poise	
97 % V6000 3 % Mjuk harts	67,7 Poise	11,68 Poise	3,26 Poise	1,19 Poise
97 % V6000 3 % Hård harts	103 Poise	15,28 Poise	4,11 Poise	1,41 Poise
94 % V6000 1,5 % Hård harts 1,5 % SBS 3 % Pankas Modifier	217 Poise	21,0 Poise	5,16 Poise	1,91 Poise
93,2 % V6000 1,4 % Hård harts 1,4 % SBS 4,0 % Pankas Modifier	180,5 Poise	19,95 Poise	4,50 Poise	1,70 Poise
94,4 % V6000 1,3 % Hård harts 1,3 % SBS 3,0 % Pankas Modifier	139,5 Poise	19,70 Poise	4,26 Poise	1,60 Poise
93,6 % V6000 1,2 % Hård harts 1,2 % SBS 4,0 % Pankas Modifier	135,5 Poise	16,10 Poise	4,04 Poise	1,61 Poise

SBUF-Projekt ”Beständigare Kalla och halvvarma beläggningar”

94,7 % V6000 1,3 % Hård harts 1,0 % SBS 3,0 % Pankas Modifier	127,5 Poise	16,0 Poise	4,30 Poise	1,75 Poise
93,8 % V6000 1,2 % Hård harts 1,0 % SBS 4,0 % Pankas Modifier	110 Poise	14,56 Poise	4,15 Poise	1,53 Poise

Tabell 2. Översikt med de olika blandningar av modifierat bitumen som tillverkats i projektet. Bituminet som valdes i projektet är markerat med fetstil.

Vi har använt oss av tre olika vidhäftningsaktiva medel, amin, cement och hydratkalk. Stenmaterialet är av samma typ som i den kalla delen av projektet.

I projektet har 7 stycken olika massatyper blandats (tabell 3). Blandningen har skett på Peab Asfalts laboratorium i Hornsberg. Asfaltmassorna har proportionerats efter ATB Väg 2004 (diagram 2). Blandningsförfarandet har försökt att efterlikna den blandning som sker på produktionsanläggningarna där materialet värms upp med ånga. Därför har vi valt att tillsätta ca 2 % vatten innan vi tillsätter bindemedlet till stenmaterialet. Efter blandningen har provkroppar stampats in i marshallstamp och låtitis härda i 40°C i 7 dygn i värmeskåp. Marshallhålrummet i provkropparna har varit jämna mellan alla serier.

Benämning	Massatyp	Vidhäftningsmedel	Hålrums halt (volym-%)	Standardavvikelse
A	MJOG 16 V6000	Amin (1 % av bindemedel)	11,2	0,9
B	MJOG 16 V6000	Cement (1 %)	11,6	1,3
C	MJOG 16 V6000	Hydratkalk (1 %)	10,1	0,5
D	MJOG 16 V6000 modifierat	Amin (1 % av bindemedel)	11,5	1,1
E	MJOG 16 V6000 modifierat	Cement (1 %)	10,8	1,5
F	MJOG 16 V6000 modifierat	Hydratkalk (1 %)	10,2	0,6
G	MJOG 16 V6000 modifierat	Amin + Hydratkalk	10,6	0,5

Tabell 3. Tabell över de olika massatyper som har blandats i projektets halvvarma del samt hålrums halter.

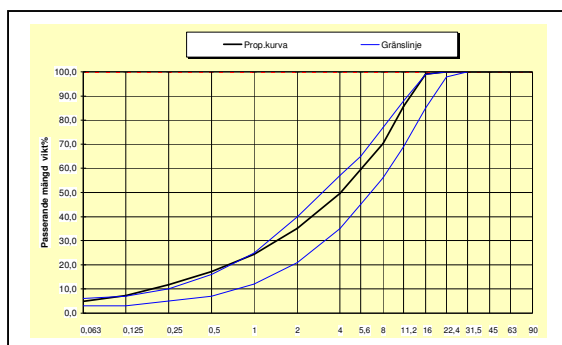


Diagram 2. Recept kurva med gränslinje för MJOG 16

Provningsmetoder halvvarmt

I den halvvarma delen i projektet använder vi oss av samma analyser som vi gjort i den kalla delen med ett par undantag.

Rullflaska

Till att börja med i den halvvarma delen i projektet undersöks vilket tillskott de olika vidhäftningsmedlen har på det valda stenmaterialet. För att undersöka det har vi använt oss av ett stenmaterial som vi vet har en låg vidhäftningsförmåga mot bitumen. Vi har undersökt vidhäftningen med hjälp av rullflaskemetoden. Sten (5,6 – 8 mm) och bitumen har blandats till en bindemedelshalt 2,8-vikt %. Blandningen har även här försökts att efterlikna den som sker ute i produktionsanläggningarna, dvs. att stenmaterialet skall vara fuktigt vid blandning. Fuktkvoten på materialet har lagts på 2 %. Bindemedlet har sedan blandats med det fuktiga materialet. De aktiva fillren har tillsats stenen innan vattnet hållts på för att få en homogen blandning. Aminet har blandats direkt i bituminet, 1% av bitumenmängden. De bitumeniserade stenarna har sedan stoppats i flaskor och lagts på rullbord (bild 2). Kontrollen av proverna har skett efter 4 h, 24 h, 48 h och 72 h. Varvtalet har satts till 60 varv/min.

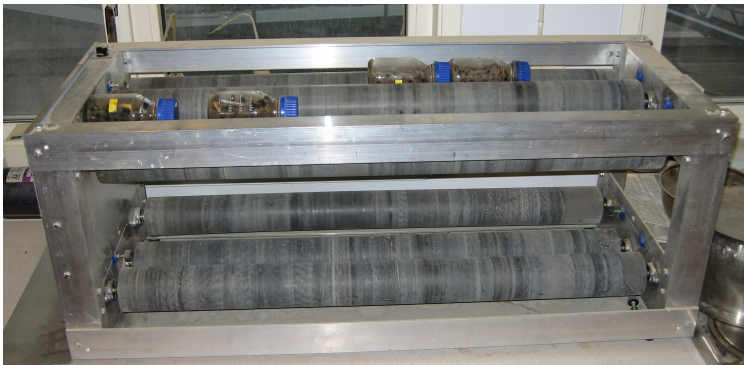


Bild 2. Rullflaskebord

Prall

Vid provning av prall har vi förutom den obehandlade serien även osmotiskt frys-tö lagrat en serie för att titta på de eventuella långtidseffekter som vidhäftningsbefrämjande medel kan ha. Vid provningen ökades varvtalet, i jämförelse med de kalla provkropparna, till 950 slag/min. Antalet kulor var 20 st.

Styvhetsmodul

Vid provning av styvhetsmodul har vi även tillverkat en serie med V12000 som referens till det modifierade V6000. Vi har även saltmättat och frys-tö lagrat provkropparna i sju dygn efter den konventionella provningen av styvhetsmodul.

Marshallstabilitet

Marshallstabiliteten har vi provat vid två olika temperaturer, 25 och 35°C för att se om det modifierade bituminet har en högre stabilitet än det konventionella vid högre temperaturer. Vi har även här saltmättat och frys-tö lagrat i sju dygn för att se hur det inverkar på stabiliteten.

Resultat Kallteknik

Vattenkänslighet

Provningsen av draghållfasthet visar att referensprovkropparna har påverkats av den konventionella vattenlagringen. För de provkroppar som utsatts för den osmotiska vattenlagringen med påföljande frys-tö behandling har påverkan varit avsevärd. Provkropparna med standardemulsion + cement visar en påverkan av konventionell vattenlagring men spridningen är stor. Den osmotiska frys-tö konditioneringen har även påverkat pressdraghållfastheten på dessa provkroppar men skillnaden mellan de torra provkropparna är mindre än för referensserien. Provkropparna med Nyrec + cement visar samma mönster som de med standardemulsion och cement. Dessa provkroppar har dock draghållfastheter som är dubbelt så höga vilket inte är oväntat då det emulgerade bituminet är av penetrationstyp (diagram 3).

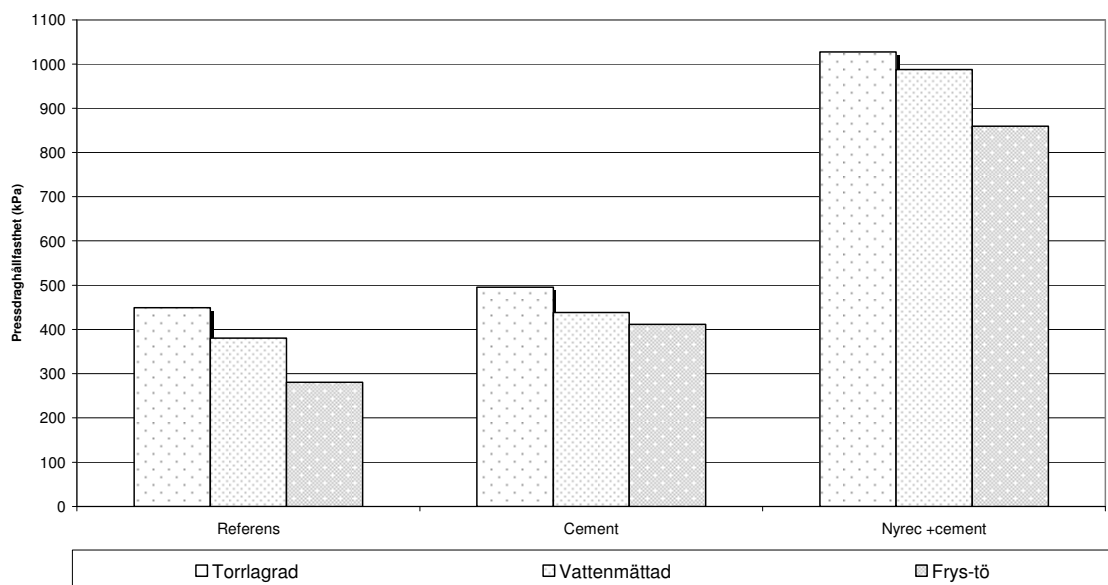


Diagram 3. Diagrammet visar draghållfastheter för de olika massatyperna.

Översätter man pressdraghållfastheter till ITSR-kvoter (diagram 4) ser man att referensproverna har påverkats väsentligt mer av den osmotiska frys-tö lagringen än av den konventionella konditioneringen.

Undersöker man de prover där vi har tillsatt 3,1 % emulsion ser vi att ITSR-kvoten (endast på osmotiskt frys-tö lagrade provkroppar) ligger på samma nivå som de osmotiskt frys-tö lagrade med 3,6% tillsatt emulsion. Däremot har de provkroppar med mer tillsatt emulsion (4,1%) fått lägre ITSR-kvoter, framförallt på proverna med standardemulsion + cement.

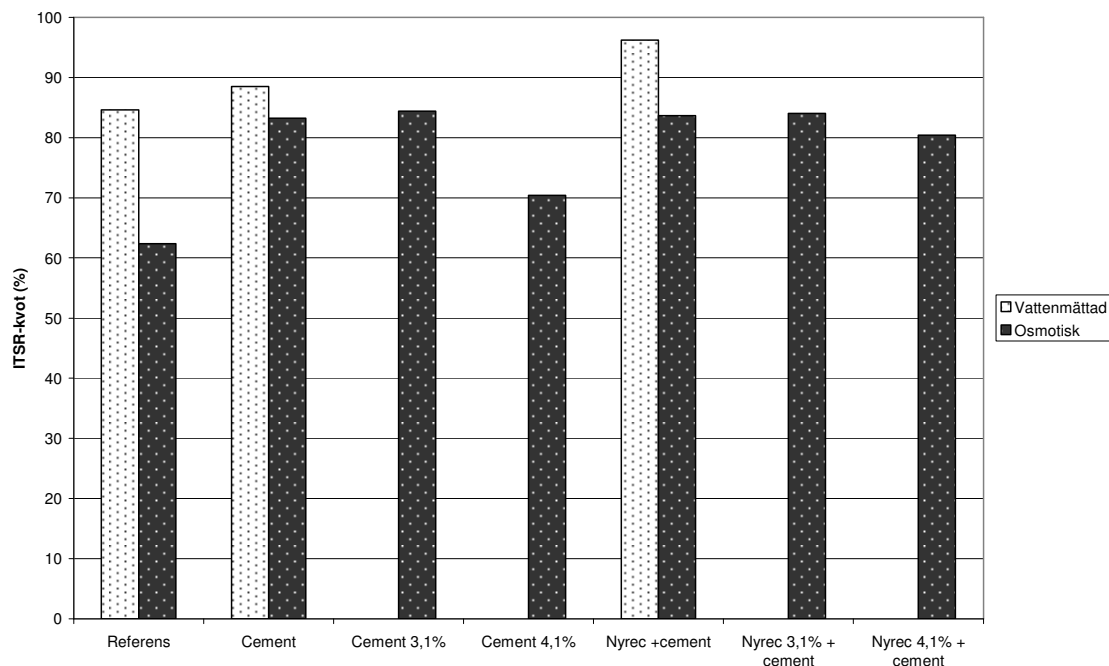


Diagram 4. ITSr-kvoter visat i stapelform. I diagrammet finns även de provkroppar som tillverkades med lägre (3,1%) bindemedelshalt och de tillverkade med högre (4,1%). Dessa provkroppar har endast konditionerats genom osmotisk frys-tö lagring.

	BE60M/V1500 (kPa/stdav)	BE60M/V1500 + Cement (kPa/stdav)	Nyrec + Cement (kPa/stdav)
Torrlagrad	449/41	495/60	1027/116
Vattenmättade	380/31	438/149	988/38
Osmotisk, frys - tö	280/76	412/48	859/78

Tabell 4. Mätvärden av pressdraghållfastheter för de olika kallättervinningsmassorna.

Prall

Provningsen av prall på de kalla provkropparna visar inte på några skillnader mellan de olika massatyperna. Det låga varvtalet och det sänkta antalet kulor vid provningen ger att prallnötningen är betydligt lägre än vad som är vanligt. De små skillnaderna mellan de olika serierna beror troligtvis på att granulatet är av samma härkomst och att det tillsatta bituminet är så lite att det inte inverkar på nötningen.

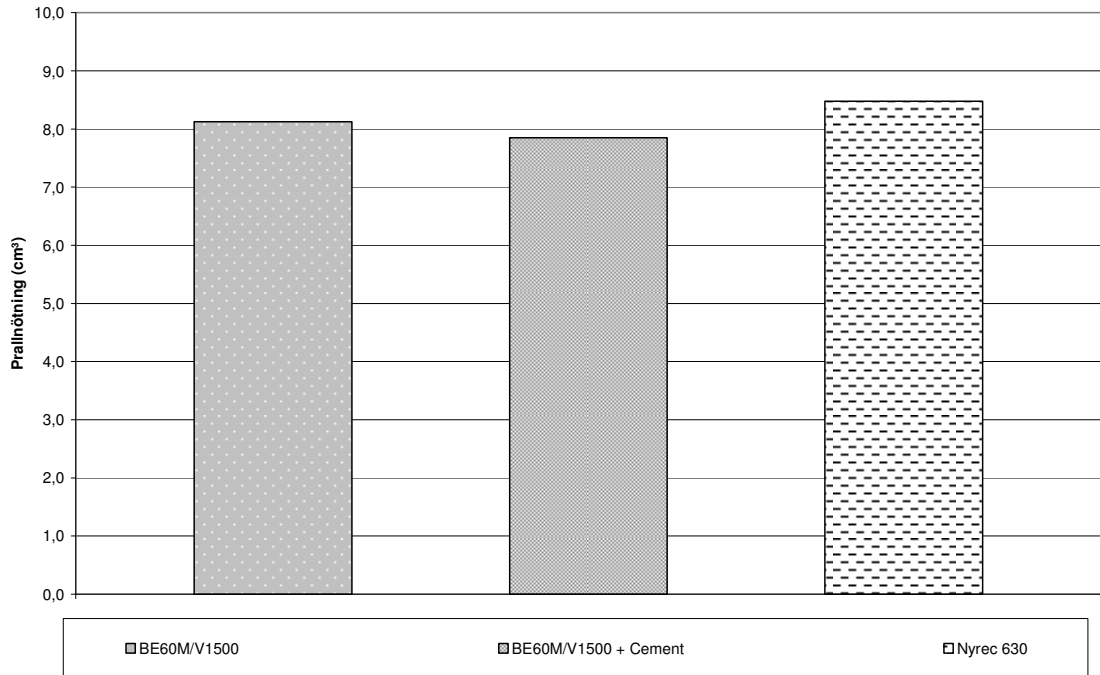


Diagram 5. Prallnötning på kalla provkroppar.

Massatyp	Prallnötning (cm ³)	Skrymdensitet (g/cm ³)
BE60M/V 1500	8,1	2,177
BE60M/V 1500 + Cement	7,8	2,203
Nyrec 630	8,5	2,194

Tabell 5. Tabell med prallnötning och skrymdensitet för kalla provkroppar.

Styvhetsmodul

Provkropparna med standardemulsion har fått lägre styvhetsmoduler än provkropparna med standardemulsion + cement vilket innebär av tillsatts av cement i kallåtervinning ger en styvhetsökande effekt (diagram 6). Ökningen är dock liten men mätbar. Provkropparna med Nyrec + cement har vid samtliga temperaturer en styvhetsmodul som är mer än dubbelt så hög som standardemulsionen.

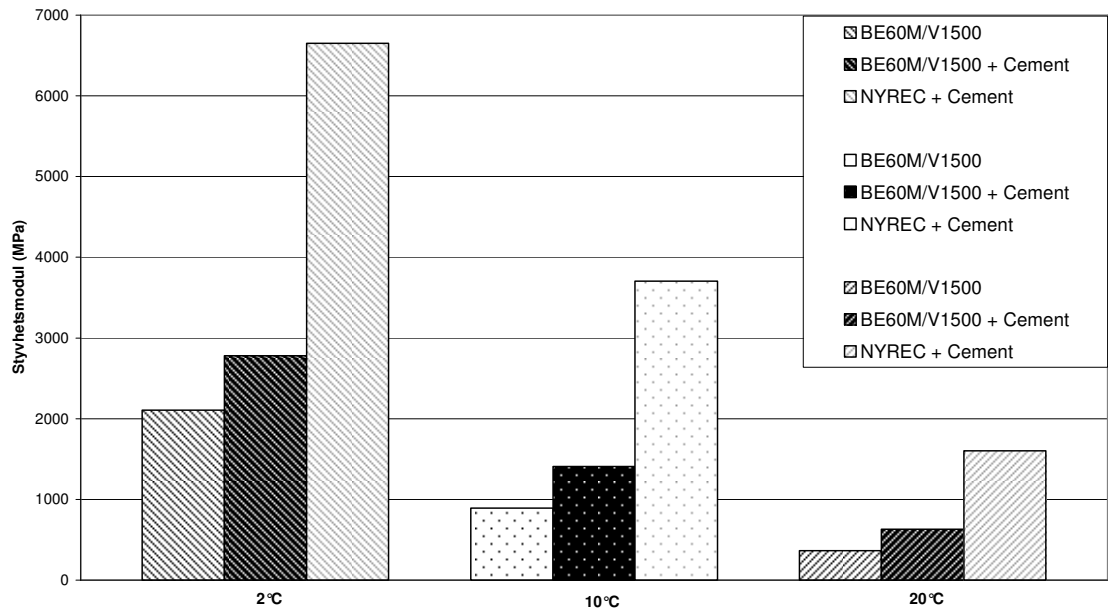


Diagram 6. Styvhetsmoduler för de kalla provkropparna vid 2, 10 ,20°C.

Massatyp	2°C (MPa)	10°C (MPa)	20°C (MPa)
BE60M/V1500	2104	892	363
BE60M/V1500+Cement	2778	1407	628
Nyrec 630 (160/220)+Cement	6650	3704	1601

Tabell 6. Mätvärden av styvhetsmodul på de kalla provkropparna

Marshallstabilitet

Provnings av marshallstabilitet visar, såsom provningen av styvhetsmodul, på en förstyrning vid tillsats av cement. Proverna med Nyrec 630 har en betydligt högre marshallstabilitet än de övriga två. Provnings av marshallstabilitet verifierar provningen av styvhetsmodul och ett klart samband mellan de två (diagram 7).

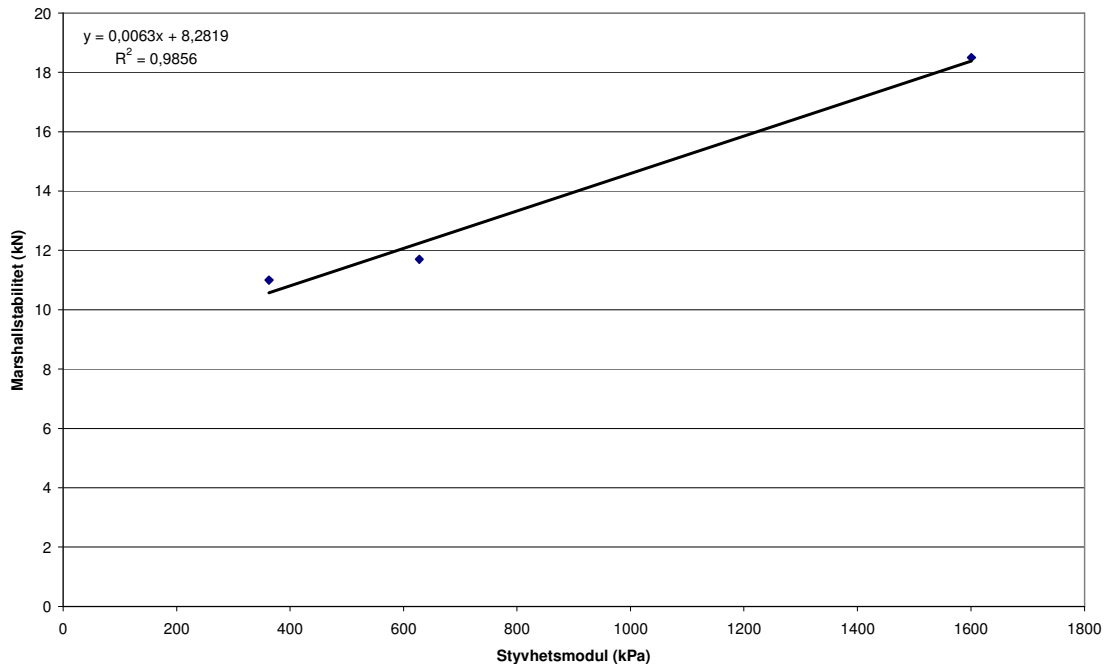


Diagram 7. Samband mellan styvhetsmodul vid 20°C och marshallstabilitet vid 25°C.

Kommentarer till resultat av kallteknik.

Resultaten av ITSR provningen visar att tillsats av cement som ett aktivt vidhäftningsmedel i kallåtervinning inte har någon nämnvärd effekt på vattenkänsligheten vid pressdragprovning. Ett litet tillskott kan man se vid den osmotiska saltlagringen med påföljande frys-tö lagring. Troligtvis är det så att stenarna i granulatet redan är täckta med bitumen vilket gör att cementen vid blandning inte ger någon hjälp till attraktion mellan sten och bitumen. Den tillväxten av styvhet man ser i diagram 5 är troligtvis en effekt av att cementen har en positiv effekt mellan sten och bitumen på det jungfruliga stenmaterialet. Troligtvis hade cementen haft en större inverkan ifall man hade tillverkat massa med mer jungfruligt stenmaterial. Kallåtervinningens vattenkänslighet är därmed till stor del beroende av granulatets vidhäftningsegenskaper. Då vi i projektet har använt oss av ett mjukt bindemedel, V1500, i standardemulsionen innebär det att emulsionen i sig är mycket mjukare än granulatets bitumen varvid pressdraghållfastheten blir betydligt lägre än där vi har använt oss av ett penetrationsbitumen i emulsionen (Nyrec).

Tittar man på motsvarande ITSR-kvoter för de osmotiskt behandlade provkropparna kan vi se att provkropparna med standardemulsion utan cement har påverkats avsevärt mer än provkropparna med cement (gäller både standardemulsion och Nyrec). Däremot kan man se att den konventionella vattenlagringen inte påverkat standardemulsionen mer än provkroppar med standardemulsion + cement. Nyrec + cement har dock en högre ITSR-kvot.

De provkroppar som har blandats med en lägre emulsionshalt, 3,1 %, visar i båda fallen att de uppnår jämförbar ITSR-kvot som provkropparna med tillsats av 3,6 % emulsion. Däremot har de som blandats med en högre halt (4,1 %) en lägre ITSR-kvot än de med 3,6 % emulsion. Skillnaden är dock större för standardemulsionen.

Dessa resultat visar att cementen ger ett lågt eller inget tillskott för att öka draghållfastheten i kallåtervinning med 15 % jungfruligt material. Däremot påverkas kallåtervinningsmassa utan aktivt vidhäftningsmedel mer av salt och frys-tö påkänningar än kallåtervinningsmassa med aktivt

SBUF-Projekt ”Beständigare Kalla och halvvarma beläggningar”

vidhäftningsmedel. Vi ser därmed att cement ger ett viktigt tillskott till beständigheten och framförallt den långsiktiga livslängden på beläggningen.

Provningsresistens visar inte på några skillnader mellan de olika massatyperna. Granulatets beskaffenhet avgör helt massans nöttningsresistens.

Vad det gäller styvhetsmoduler ser man samma tendens som om man betraktar draghållfastheten. Proverna med standardemulsion för en styvhetsökning med tillsats av cement, om än mycket låg. Nyrec + cement har en betydligt högre styvhet då det emulgerade bituminet är av penetrationstyp. Med ökad temperatur avtar styvheten i beläggningen rent naturligt. I jämförelse med styvhetsmodulen så bidrar inte marshallstabiliteten med något nytt utan visar liknande resultat med ett gott samband till styvhetsmodulen.

Resultaten av användandet av cement i kallåtervinning är positiva varvid det bör påpekas att användandet cement är ett bra tillskott till en kvalitativ och långlivad asfaltbeläggning. Resultaten är dock endast från laboratorietillverkade provkroppar varvid fullskaleförsök vore av intresse.

Resultat halvvarmt

Rullflaska

Åtta olika blandningar har gjorts för provning av rullflaska med olika vidhäftningsmedel (tabell 7). Utöver blandningar med vidhäftningsmedel har två blandningar gjort utan tillsats av vidhäftningsmedel för att se om stenmaterialet i sig har någon egen vidhäftningsbefrämjande effekt. I diagrammet nedan (diagram 8) ses en tydlig rangordning av de olika vidhäftningsmedlen oavsett vilken typ av bindemedel som har valts. Bäst vidhäftning har amin som är mer eller mindre opåverkad av rullflasketestet. Mellan 40-50 % täckningsgrad har cement och hydratkalk. Om man studerar utvecklingsförloppet (diagram 8) ser man att V6000 polymermodifierat tenderar att hålla sig på en konstant nivå med en låg avklädning av bitumen under de sista 24 timmarna. Referensblandningarna är mer eller mindre helt avklädda. Denna avklädning sker tämligen omgående och redan efter 4 timmar finns mindre än 20 % bitumen kvar på stenarna.

Typ	Vidhäftningsmedel	Halt	Täckningsgrad (72h)
V6000	Amin	1 % av BM	95
V6000	Cement	1 %	40
V6000	Hydratkalk	1 %	40
V6000, modifierat	Amin	1 % av BM	95
V6000, modifierat	Cement	1 %	45
V6000, modifierat	Hydratkalk	1 %	45
V6000	---	---	0
V6000, modifierat	---	---	5

Tabell 7. Tabell över de blandningar som gjorts för provning av rullflaska

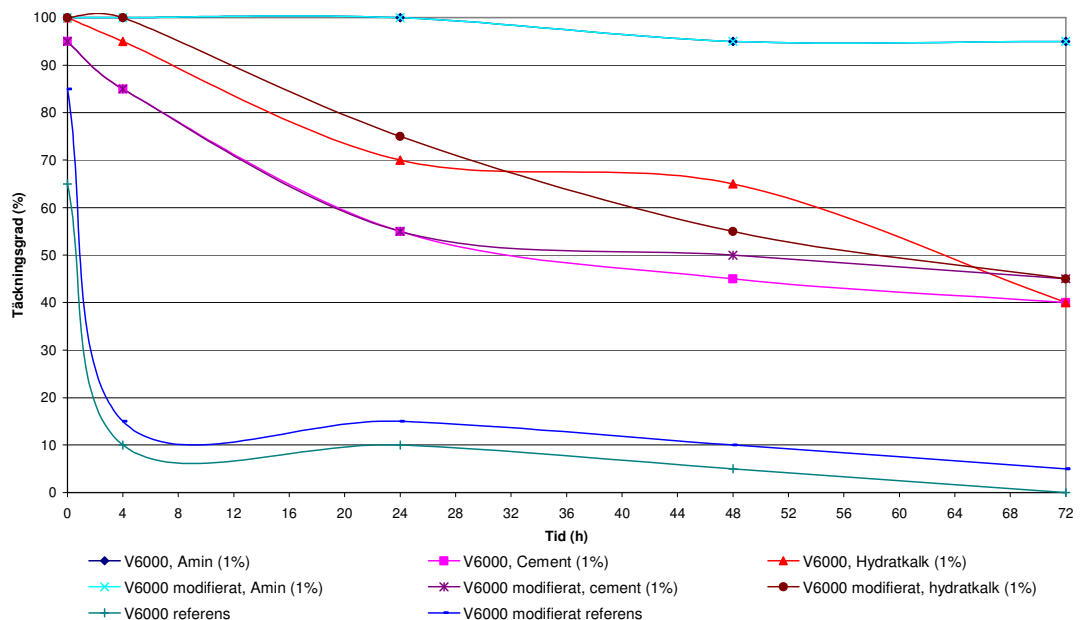


Diagram 8. Resultat av rullflaska.

Pressdragprovning

Konventionellt V6000

Vid provning av draghållfasthet på konventionellt V6000 ser vi att draghållfastheten på proverna med amin minskar med ökad lagring och efter 20 dygns frys-tö lagring har draghållfastheten sjunkit med 15 % (diagram 9). Proverna med tillsatt cement visar på en ökning av draghållfasthet med ökad konditionering och vid 20 dygns frys-tö lagring har draghållfastheten ökat med 20 %. Proverna med hydratkalk ligger kvar på samma nivåer oavsett längd på konditionering.

Modifierat V6000

Vid provning av modifierat V6000+amin ser vi att tendensen är densamma som för konventionellt V6000 och att nivån på draghållfasthet är densamma efter 20 dygns frys-tö lagring (diagram 10). Draghållfastheten har sjunkit med 23 %. Proverna med tillsatt cement visar även för polymermodifierat bindemedel en ökning av draghållfasthet med ökad konditionering och har ökat med 32 %. Proverna med hydratkalk har efter frys-tö konditionering samma draghållfasthet som vid provtryckning i torrt tillstånd. Proverna med tillsatt hydratkalk och amin visar klart avtagande draghållfasthet och efter frys-tö lagring har draghållfastheten minskat med 19 %.



Bild 3. Pressdragprovning

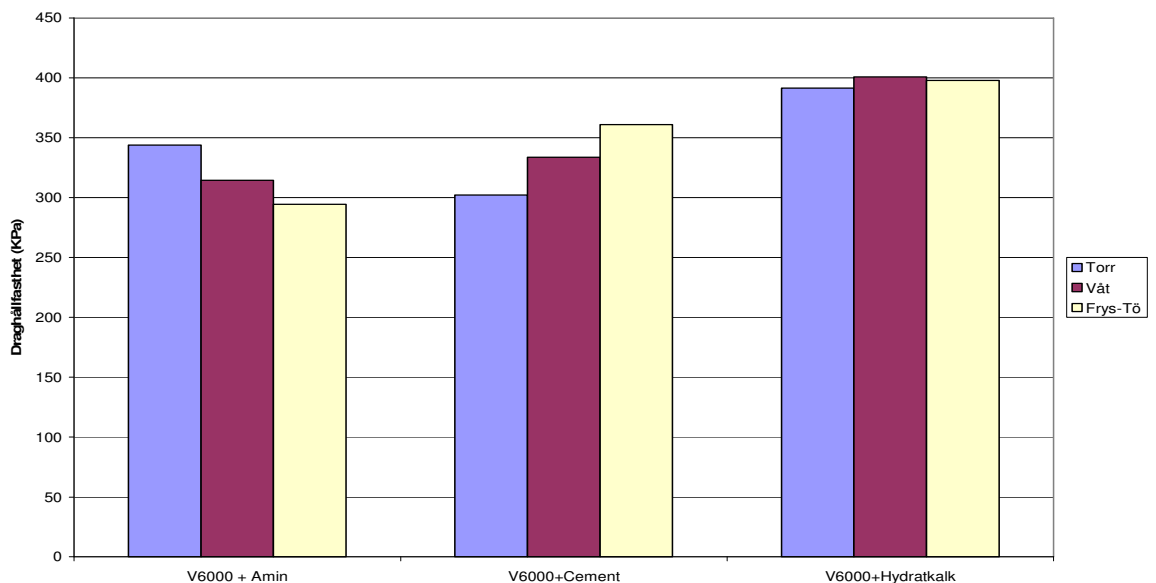


Diagram 9. Diagrammet visar draghållfastheter för prover med V6000.

SBUF-Projekt ”Beständigare Kalla och halvvarma beläggningar”

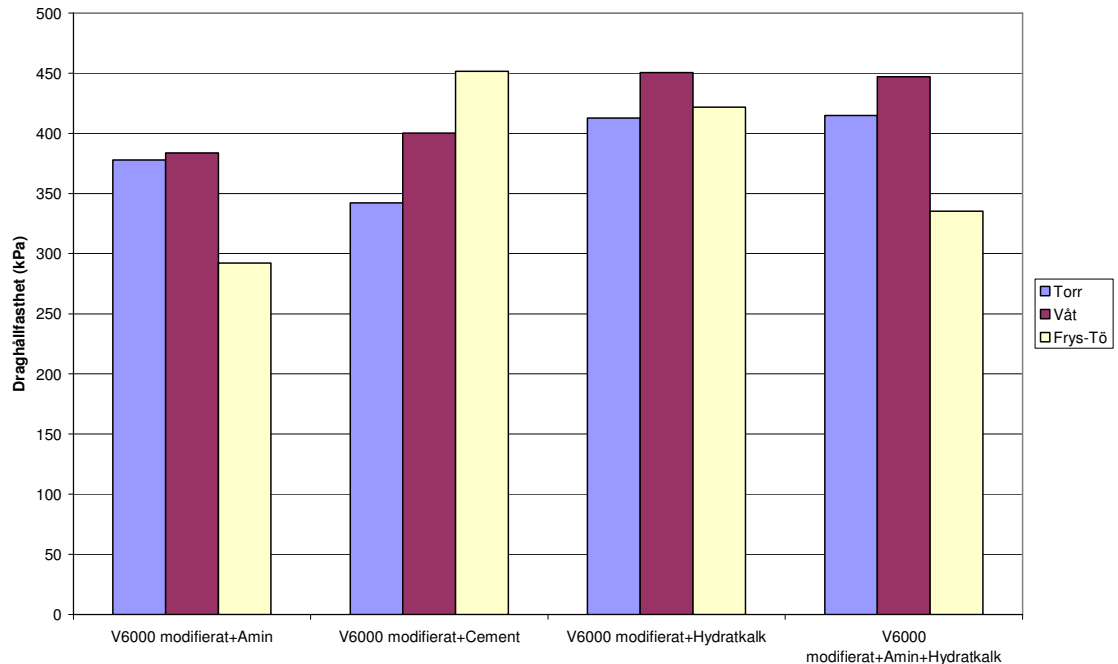


Diagram 10. Diagrammet visar draghållfastheter för prover med modifierat V6000.

Genom att studera den procentuella kvarvarande draghållfastheten (ITSR-kvoten) efter konventionell vattenlagring samt efter 20 dygns frys-tö lagring ser vi att provkropparna med amin har förlorat mest i draghållfasthet. Prover med tillsatt aktiva mineral, cement och hydratkalk, får draghållfastheter som är högre än de torrt provade serierna. I provserien med hydratkalk + amin ser vi en tendens till nedgång i draghållfasthet.

Massatyp	Konventionell vattenlagring (%)	Frys-tö lagring (%)
MJOG16 V6000, Amin	91	86
MJOG16 V6000, Cement	110	119
MJOG16 V6000, Hydratkalk	102	102
MJOG16 V6000 modifierat, Amin	102	77
MJOG16 V6000 modifierat, Cement	117	132
MJOG16 V6000 modifierat, Hydratkalk	109	102
MJOG16 V6000 modifierat, Hydratkalk+Amin	107	81

Tabell 8. ITSR-kvoter för de halvvarma provkropparna

Prall

Vid den konventionella konditioneringen av prall ser vi inga större skillnader i nötning mellan de olika serierna (diagram 11). Serien med modifierat bitumen och amin har en något högre prallnötning än de övriga. Efter vinterkonditionering ser vi att provkroppar med modifierat bitumen + amin och modifierat bitumen och cement har påverkats mycket av vinterkonditioneringen. Provkroppar med modifierat bitumen och hydratkalk ligger på samma prallnötningstal som omodifierat bitumen och hydratkalk. Provkroppar med omodifierat bitumen och cement är närmast opåverkade av vinterkonditioneringen.

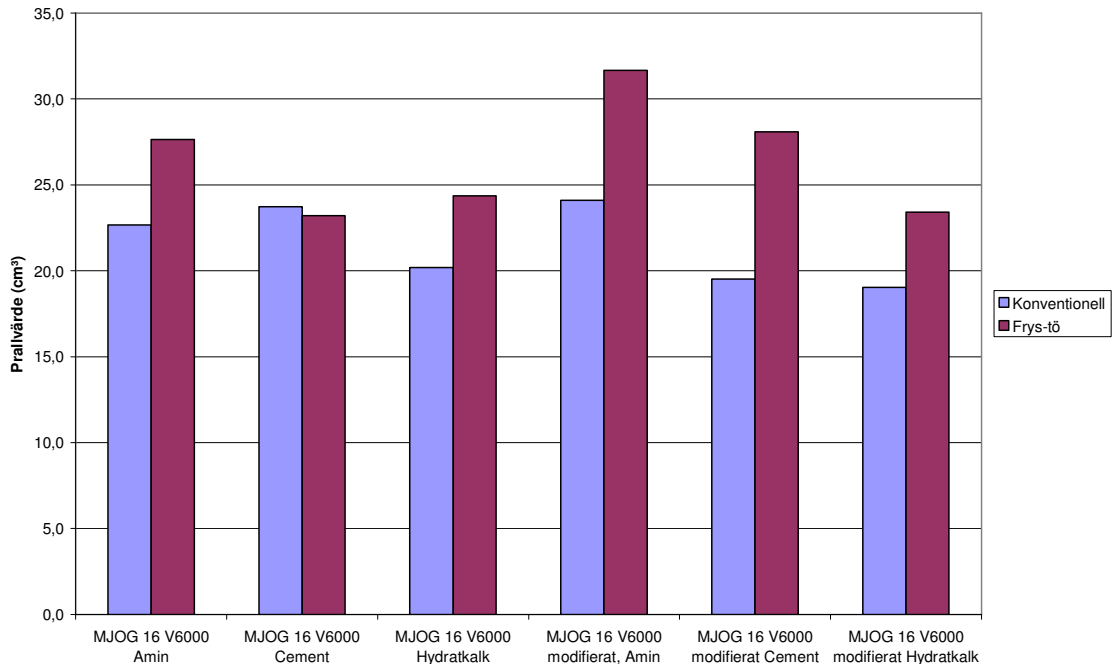


Diagram 11. Resultat av provning av konventionell prall samt prall efter frys-tö lagring 20 dygn.

Massatyp	Prall (cm ³)	Skrymdensitet (g/cm ³)	Frys-tö prall (cm ³)	Skrymdensitet (g/cm ³)
MJOG16 V6000, Amin	22,7	2,170	27,6	2,176
MJOG16 V6000, Cement	23,7	2,150	23,2	2,183
MJOG16 V6000, Hydratkalk	20,2	2,219	24,4	2,189
MJOG16 V6000 modifierat, Amin	24,1	2,181	31,7	2,169
MJOG 16 V6000 modifierat, Cement	19,5	2,195	28,1	2,196
MJOG16 V6000 modifierat, Hydratkalk	19,0	2,195	23,4	2,172

Tabell 9. Resultat av prall och respektive skrymdensitet.

Styvhetsmodul

Undersökning av styvhetsmodulen på de halvvarma provkropparna visar att det modifierade bitumenet är styvare vid samtliga provade temperaturer än det konventionella V6000 men man ser också en mycket stor effekt av de tillsatta aktiva mineralen och då framförallt hydratkalk (diagram 12 och 13).

Vid 20°C, som är den högsta provade temperaturen, ser man en styvhetsökning med det modifierade bitumenet med 40 % i förhållande till det omodifierade. Vid 2°C ser man en styvhetsökning i samma proportion.

De aktiva mineralen ger vid 20°C också ett klart tillskott till styvheten där hydratkalken ger en fördubbling av styvheten och cementen upp till 50 %.

För att se om modifieringen av bitumenet har uppfyllt sitt mål att vara lika styvt som en V12000 tillverkades en blandning av MJOG 16 V12000 + amin. Vi ser i diagram 13 att detta mål är uppfyllt.

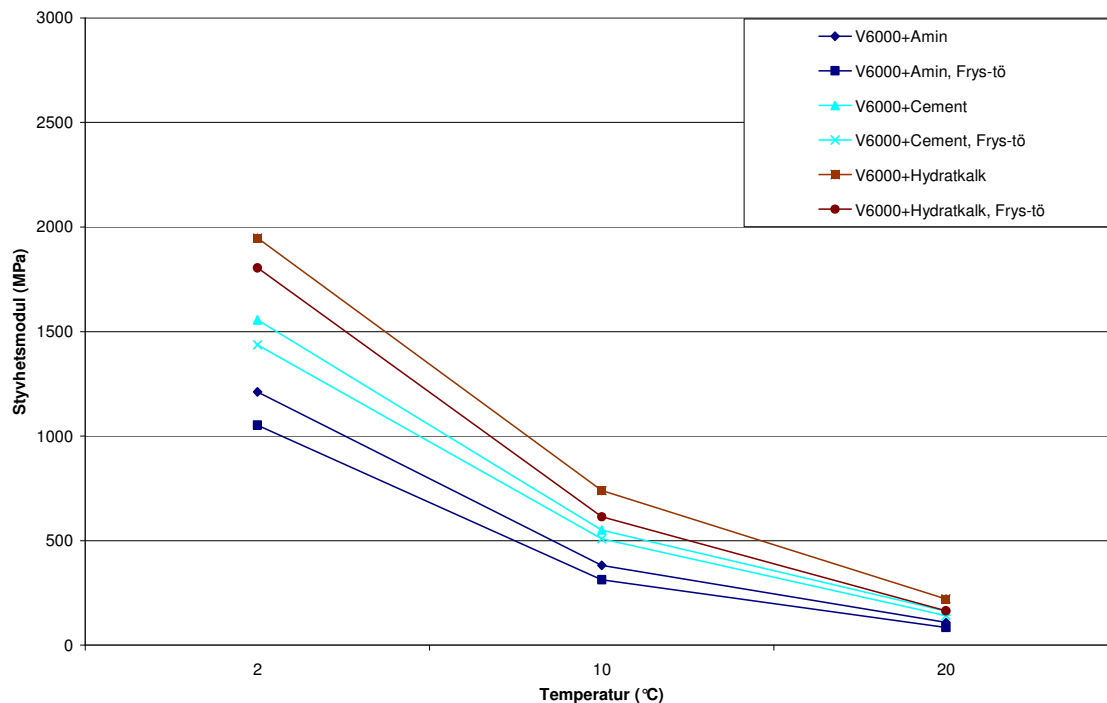


Diagram 12. Styvhetsmoduler för omodifierade massatyper vid 2, 10 och 20°C. Diagrammet visar även styvhetsmoduler på provkroppar utsatta för frys-tö konditionering

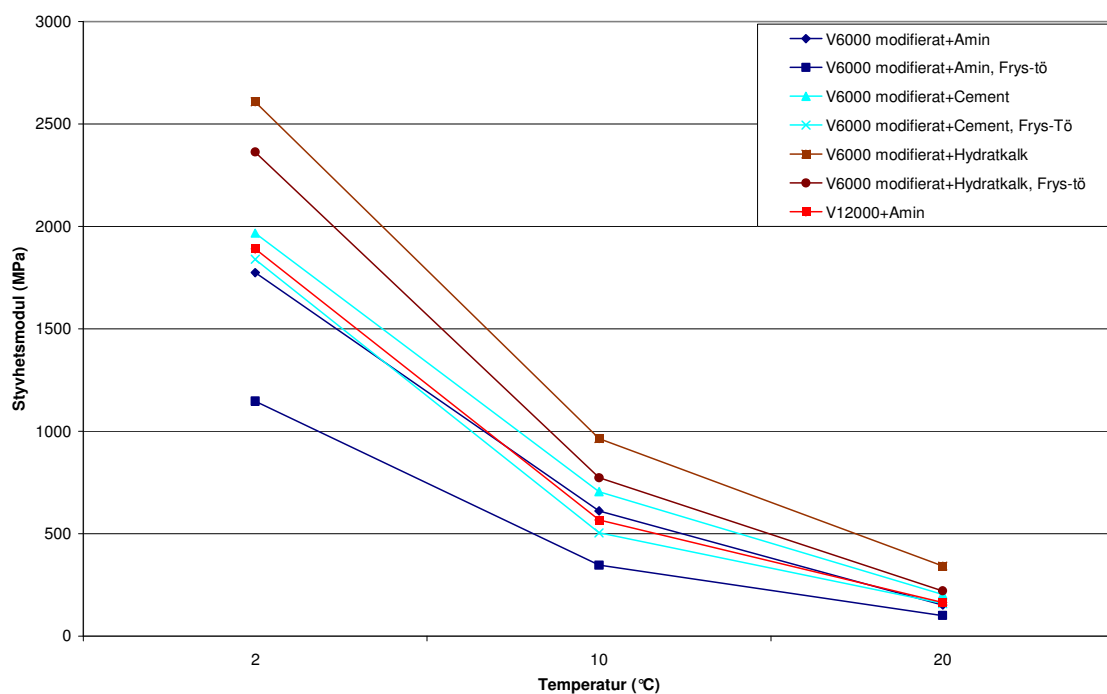


Diagram 13. Styvhetsmoduler för modifierade massatyper vid 2, 10 och 20°C. Diagrammet visar även styvhetsmoduler på provkroppar utsatta för frys-tö konditionering.

Massatyp	2°C (MPa)	10°C (MPa)	20°C (MPa)
MJOG16 V6000+Amin	1212	381	108
MJOG16 V6000+Amin, frys-tö	1053	313	85
MJOG16 V6000+Cement	1556	551	162
MJOG16 V6000+Cement, frys-tö	1437	509	142
MJOG16 V6000+Hydratkalk	1947	740	221
MJOG16 V6000+Hydratkalk, frys-tö	1805	614	164
MJOG16 V6000 modifierat+Amin	1774	611	151
MJOG16 V6000 modifierat+Amin, frys-tö	1147	346	100
MJOG16 V6000 modifierat+Cement	1967	705	203
MJOG16 V6000 modifierat+Cement, frys-tö	1839	504	159
MJOG16 V6000 modifierat+Hydratkalk	2608	964	341
MJOG16 V6000 modifierat+Hydratkalk, frys-tö	2363	773	220
MJOG16 V12000+Amin	1890	567	163

Tabell 10. Mätvärden av styvhetsmoduler vid 2, 10 och 20°C

Provkroppar som provats för styvhetsmodul har även salt mättats och utsatts för frys-tö växlingar under 7 dygn för att se hur styvheten på dessa typer av beläggningar påverkas av väder och vind. Provkropparna provades sedan vid samma temperaturer som ovan. Styvhetsmodulerna jämfördes sedan med nivåer innan frys-tö lagring.

Vid 2°C och 10°C har provkropparna med modifierat bitumen + amin tappat mest i styvhet vilket vi även har verifierat vid pressdragprovning (tabell 8). Styvheten har sjunkit så pass på dessa provkroppar att de är i samma nivåer som provkroppar med konventionellt bitumen.

Marshallstabilitet

Vid provning av marshallstabilitet ser man samma tendenser som vi har sett vid provning av styvhetsmodul, nämligen att stabiliteten ökar avsevärt med tillsats av aktiva mineral och då framförallt hydratkalk (diagram 14). Det modifierade bitumenet ger en ökning i stabilitet med 25 % vid 25°C och 22 % vid 30°C jämfört det omodifierade. Vid provning vid 25°C ser vi att hydratkalken ger en ökning av stabiliteten med 23 % på det omodifierade bitumenet och en ökning med 7 % på det modifierade bitumenet. Vid 35°C ser vi, vid tillsats av hydratkalk, en ökning med 38 % på det omodifierade bitumenet och 11 % med det modifierade (tabell 11).

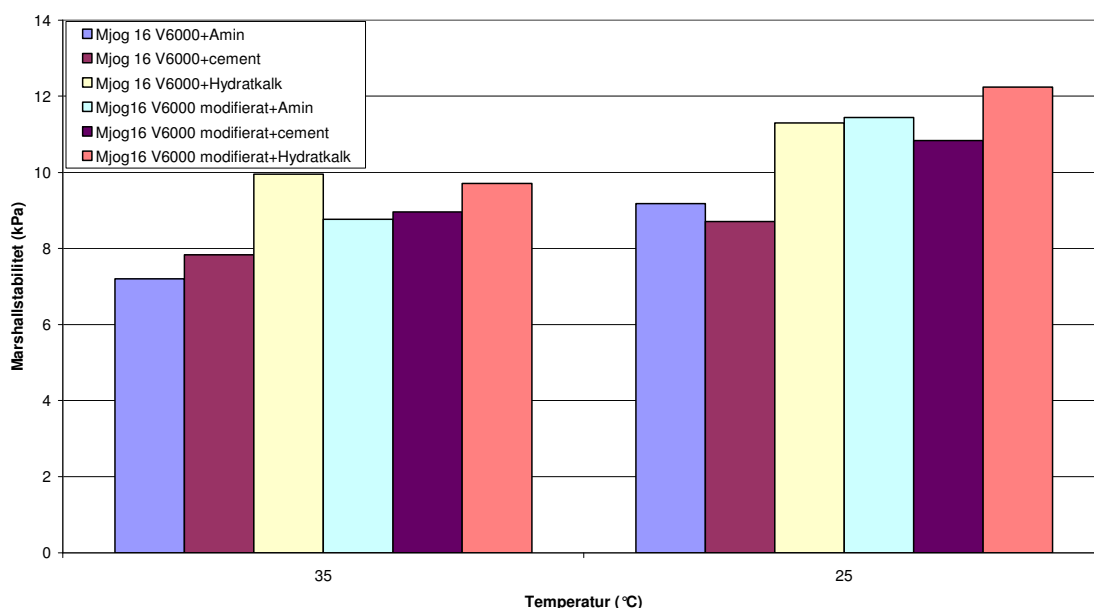


Diagram 14. Marshallstabilitet på de halvvarma provkropparna provade vid två olika temperaturer, 25°C och 35°C.

Jämförelse	25°C	35°C
Cement omodifierat	-5 %	9 %
Hydratkalk omodifierat	23 %	38 %
Cement modifierat	-5 %	2 %
Hydratkalk modifierat	7 %	11 %
Modifierat mot omodifierat	25 %	22 %

Tabell 11. Ökning av marshallstabilitet med tillsats av aktiva mineral jämfört med blandningar utan aktiva mineral. Sista raden är en jämförelse mellan polymermodifierat bitumen och omodifierat.

Kommentarer till resultat halvvarmt

Provningsen av vidhäftning, rullflaska och draghållfasthet, visar något olika resultat. Vid provning av rullflaska ser man tydligt att amin är det överlägset bästa vidhäftningsmedlet. Undersöker man sedan draghållfasthet ser man att aktiva mineral ger ett tillskott till draghållfastheten och man ser också att draghållfastheten ökar för dessa vid vattenlagring. Troligtvis sker det en armeringsprocess i dessa massatyper där de aktiva mineralen agerar. Vi ser även att dessa efter frys-tö lagring behåller, alternativt växer i draghållfasthet. Tydligt är det två helt olika processer som vi undersöker med dessa två metoder. Rullflaskan undersöker stenmaterialets förmåga att binda fast bitumen och behålla det (dvs. vidhäftning). Draghållfastheten undersöker asfaltbeläggningens styrka och vi ser effekter av de aktiva mineralen som vi inte fångar i rullflaskemetoden. Vi ser även att långtidslagring av provkroppar i frys-tö miljö har haft en klar negativ inverkan på provkroppar med amin betydligt mer än provkroppar med aktiva mineral. Denna effekt fångar vi inte heller i rullflaskemetoden. Undersökningarna har också visat att det modifierade bituminet inte har haft någon effekt på vare sig rullflaska (vidhäftning) eller draghållfasthet.

SBUF-Projekt ”Beständigare Kalla och halvvarma beläggningar”

Provningsresultat av prall visar inte på några stora skillnader mellan tillsatsmedel och bitumentyper vid konventionell provning. De skillnader som framgår av diagram 10 är att aktiva mineral har en positiv inverkan på prallnötning. Efter frys-tö lagring ser vi att en klar försämring har skett på samtliga massatyper men vi ser även att aktiva mineral tenderar till att bevara nötningsresistensen (diagram 11).

Vid undersökningar av styvhetsmodul ser vi att aktiva mineral har ett klart tillskott till belägningens styvhetsmodul (diagram 12). Vi ser även att det modifierade bituminet har en högre styvhetsmodul än det konventionella bituminet. Vid jämförelse med V12000 ser vi att styvhetsmodulen är liknande för dessa två.

Det modifierade bituminet som använts i projektet har uppfyllt sitt syfte vid styvhetsprovning men har inte tillfört några andra effekter som går att jämföra med den effekt vi får ut av att använda oss av aktiva mineral vid tillverkning av halvvarma asfaltmassor. Vidare undersökningar för att ta fram ett modifierat mjukbitumen med mer påtagliga beständighetsförbättringar till den halvvarma tekniken bör göras då det är av stort intresse att kunna använda denna tillverkningsteknik på vägobjekt med högre trafikmängder. Resultaten av användande av aktiv fyller som ett komplement till amin vid tillverkning av halvvarma beläggningar goda varvid det skulle vara av intresse att genomföra ett fullskaleförsök med dessa typer av tillsatser.

Slutsatser

Följande slutsatser har dragits av undersökningar i detta projekt:

- Aktiva fyllermineral har en positiv inverkan på draghållfastheten på kalla och halvvarma beläggningar. Aktiva fyllermineral har även en positiv inverkan vid vattenlagring och osmotisk frys-tö lagring.
- Aktiva fyllermineral ger ett styvhetshöjande tillskott till både kalla och halvvarma beläggningar.
- Det modifierade bituminet använt i projektet bidrar till en ökad styvhet och beter sig som en konventionell V12000. Däremot har inga andra önskade effekter uppnåtts. Det har visat sig att stabiliteten i beläggningar med denna modifiering minskar vid frys-tö konditionering varvid det tycks att denna typ av modifiering inte är lämplig i denna tillämpning.

Referenser

Hopman, P, C, Vanelstaete, A, Verhasselt, A, Active filler as asphalt modifier. PIARC Technical Committee Flexible Roads. Use of modified binders, special bitumens and bitumen with additives in road pavements, Guide Technique, 1999 (LCPC)

Höbeda, P. A new test for assessing the durability of asphalt mixtures for severe winter conditions-extended version, VTI, 2001

Tarrer, R. Use of hydrated lime to reduce hardening and stripping in asphalt mixtures, CAR, Centre for Aggregate Research, 4th Annual Symposium on Aggregates, asphalt concrete, bases and fines, Atlanta, Georgia, 1996

The Shell Bitumen Handbook