

Energisnåla asfaltbeläggningar – kalltillverkad asfalt. Etapp 1 Projekt 12702



NCC  **SBUF**  [®]

Rapport 2014-01-29 Roger Lundberg

Sammanfattning

Kall asfaltteknik har periodvis använts i Sverige under många år. Både kalltillverkade slit- och bärlagermassor har lagts på det lågtrafikerade vägnätet. Erfarenheterna har varit blandade men i de flesta fall positiva. Denna rapport undersöker och samlar in erfarenheter kring kalltillverkad asfalt. Rapporten syftar till att samla in erfarenheter av kalltillverkad asfalt, med en samlad uppmärksamhet på väsentliga faktorer för nedbrytningsprocessen. Fokus kommer att ligga på de koncept som har fungerat bäst och som är lämpliga för vidareutveckling. Rapporten beskriver också mix design och provningsmetoder för kvalitetskontroll, både i laboratoriemiljö och i fält.

Tidigare erfarenheter av kalltillverkad asfalt visar att de problem som har uppmärksammats har uppkommit vid användande av emulsioner baserade på hårdare penetrationsbitumen. I dessa fall har det varit svårt att styra brytningshastigheten på emulsionen. Vissa beläggningar har i förtid fått en del beständighetsproblem eller plastiska deformationer.

I de laborietester som genomförts har det visat sig att stenmaterial med lågt ASR-tal (alkalisilikareaktivt ballastmaterial) samt liten specifik yta på filler är lämpligt att använda vid tillverkning av kalla asfaltmassor. Material med lågt ASR-tal medför också att vi med all sannolikhet kan tätta till dom kalla massorna och sänka hålrumshalten, det är dock viktigt att hålrummen ligger mellan 8-12% för att vattnet i emulsionerna snabbt skall forslas bort från beläggningen. Detta är en helt ny upptäckt och bör undersökas vidare.

Rapporten visar också på de positiva effekter för miljön som en kalltillverkad massa har. Efter genomförd livscykelanalys på varm - respektive kalltillverkad asfaltmassa observerades en betydligt mindre miljöpåverkan i form av lägre CO₂ utsläpp och lägre energiförbrukning för den kalltillverkade massan. Beräkningarna i livscykelanalysen är från bitumenkälla till färdig väg inklusive transporter, krossning och insatsvaror.

I projektet gjordes också ett fullskaleförsök där en varmtillverkad AG22-massa jämförs med en kalltillverkad AG22-massa, nedan kallad Base22. Bitumenkvalitet är 160/220 i båda fallen. Resultaten från detta visar att bindemedlets egenskaper förändras betydligt mindre vid kalltillverkning och att hålrummet i den kalla asfaltmassan är något högre. Styvhetsmoduler vid 10 och 20 grader Celsius är jämförbara för både kalltillverkning och varm tillverkning men vid 5 grader Celsius ökar inte styvheten lika mycket i den kalltillverkade asfaltmassan som den konventionella asfaltmassan. Även fallviktsmätning på den färdiga konstruktionen är likvärdig mellan dom båda beläggningarna.

Finanseringen av projektet har skett genom SBUF, Trafikverket och egna insatser från medverkande företag.

Innehållsförteckning

1	Projektbeskrivning	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	1
1.2.1	Frågeställningar.....	2
1.3	Omfattning.....	2
1.4	Tidplan	2
1.5	Medverkande.....	3
2	Laboratoriearbete.....	4
2.1	Laborationer Pankas, Roskilde	4
2.1.1	Inledning	4
2.1.2	Sammanfattning av laborationerna.....	4
2.1.3	Framtida projekt.....	4
2.1.4	Tillvägagångssätt vid utvärdering.....	5
2.1.5	Beskrivning av laborationsmetoder.....	5
2.1.6	Provresultat, kornkurvor	8
2.2	Resultat	9
2.2.1	Resultat av provblandningar	9
2.2.2	Resultatanalys (Mats Larsson, Berg och Gruvundersökningar AB).....	12
3	Fullskaleförsök	14
3.1	Objektets läge.....	14
3.2	Vägens uppbyggnad	14
3.3	Resultat fullskaleförsök.....	16
3.3.1	Resultat kornkurva och bindemedelshalt - Varm AG22 4,5 % 160/220	16
3.3.2	Resultat kornkurva och bindemedelshalt - Kall Base22.....	17
3.3.3	Resultat funktionella egenskaper	18
3.3.4	LCA-analys, miljöpåverkan.....	22
4	Tidigare utförda beläggningar.....	23
4.1	Utvärdering av testvägar gjorda på 90-talet	23
5	Slutsatser och kommentarer	29
	Bilagor.....	30

Figurförteckning

Figur 1 - Exempel på handblandad massa	6
Figur 2 - Fullskaleförsökets geografiska läge	14
Figur 3 - Referenssträckans väguppbyggnad.....	14
Figur 4 - Försökssträckans väguppbyggnad	15
Figur 5 - Utläggning fullskaleförsök.....	15
Figur 6 - Packning fullskaleförsök.....	15
Figur 7 - Kornkurva Varm AG22 4,5 % 160/220	16
Figur 8 - Kornkurva Kall Base22	17
Figur 9 - Borrning fullskaleförsök.....	18
Figur 10 - Borrning 2 fullskaleförsök.....	18
Figur 11 - Bindemedlets egenskaper efter utläggning.....	18
Figur 12 - Hålrums efter utläggning	19
Figur 13 - Styvhetsmoduler efter utläggning	19
Figur 14 - Test av dynamiskt kryp	20
Figur 15 - Dynamiskt kryp efter utläggning 1	20
Figur 16 - Dynamiskt kryp efter utläggning 2.....	20
Figur 17 - Fallviktsmätning.....	21
Figur 18 - Undergrundsmodul, medianvärde.....	21
Figur 19 - Deflektionsprofiler	21
Figur 20 - Överboda, 1998-2012 "16 Ö", Färskt stenmaterial, PEN 330/430. Inget stensläpp, men synliga hyvelskador efter snöröjning.....	23
Figur 21 - Hjäggmark, 2000-2012, "16 Ö", färskt stenmaterial. Slitlager gjort med PEN 330/430 och bärlagret med PEN 160/220. Inget visuellt stensläpp	24
Figur 22 - Trinnan, 1997-2012 "16 Ö", färskt stenmaterial, bindemedel: PEN 330/430. Inget visuellt stensläpp. ÅDT: 200. Se figur 22.....	24
Figur 23 - Uppmätta värden på PEN (mm/10 min) och mjukpunkt (°C) på extraherat bindemedel från provkroppar tagna i Överboda som en funktion av tid.	25
Figur 24 - Resultat på PEN och mjukpunkt på prover från Trinnan (bindemedel hade PEN 330/430 från start)	26
Figur 25 - Kvarvarande penetration (provkroppar från vägar gjorda med varm asfalt i Danmark) som en funktion av hålrums.	27

Tabellförteckning

Tabell 1 - Sammanställning av skillnad mellan kornkurvor	8
Tabell 2 – Sammanställning kornkurvor, stenmaterial mindre än 2mm	8
Tabell 3 - Resultat av problandningar	9
Tabell 4 - Provreultat petrografisk analys	11
Tabell 5 - Resultat av vidare analys	12
Tabell 6 – LCA, miljöpåverkan varm - och kalltillverkad massa.....	22
Tabell 7 - Resultat från mekaniska tester på provkropppar från Överboda.....	25
Tabell 8 - Analys av provkropppar från vägen i Trinnan. Utgångsbitumen hade ett PEN av 330/430.....	26

1 Projektbeskrivning

1.1 Bakgrund

Kall asfaltteknik har periodvis använts i Sverige under många år. Både kalltillverkade slit- och bärlagermassor har lagts på det lågtrafikerade vägnätet. Erfarenheterna har varit blandade men i de flesta fall positiva. De problem som har uppmärksammats har uppkommit vid användande av emulsioner baserade på hårdare penetrationsbitumen. I dessa fall har det varit svårt att styra brytningshastigheten på emulsionen. Vissa beläggningar har i förtid fått en del beständighetsproblem eller plastiska deformationer. Största utmaningen för framtiden är utan tvekan att kunna tillverka en högkvalitets asfaltmassa kallt. Man menar också att de flesta katjoniska emulgatorerna absorberas starkt på ytan av sura stenmaterial, t.ex. granit. Om mycket emulgator absorberas så destabiliseras emulsionen så att den börjar bryta. Då blir asfaltmassan lätt styv och svårlagd.

Kalltekniken en stark miljöprofil till skillnad från vanlig varmtillverkad asfalt. De stora fördelarna med kalltekniken är att beläggningen ger en minimal miljöbelastning då ingen uppvärmning av materialet krävs för varken tillverkning eller utläggning. Även bindemedlet som huvudsakligen utgörs av emulsion behöver bara ha en måttlig temperatur. Andra stora fördelar är att asfaltverket är förhållandevis okomplicerat och att det enkelt att flytta.

På senare tid har intresset för kalltekniken ökat markant. Det ligger i hela branschens intresse att minska miljöbelastningen. Det finns även ett stort intresse från Trafikverket och SKL som har hög prioritet på att uppnå de mål som regering och riksdag har satt avseende energieffektivisering och minskade utsläpp av växthusgaser.

Ett projekt om kalltillverkad asfalt startades 2011 på uppdrag av Trafikverket. Arbetet har fokuserats på att samla in erfarenheter från både Sverige och utlandet. Ett FOI-program med problemställning och möjligheter för vidareutveckling av tekniken har diskuterats med branschens representanter (entreprenörer och materialtillverkare). I projektet konstaterades att potentialen för kallteknik bedöms stor med avseende på Trafikverkets och SKL:s miljömål. Målsättningen är också att öka användningen av kalltillverkad asfalt på högtrafikerade vägar där idag, av tradition, varmblandad asfalt används. Kalltillverkade asfaltmassor baserade på hårdare bindemedel eller verksblandad makadam kan sannolikt användas som bärlager på mer högtrafikerade vägar.

1.2 Syfte

Projektet syftar till att samla in erfarenheter av kalltillverkad asfalt, med en samlad uppmärksamhet på väsentliga faktorer för nedbrytningsprocessen. Fokus kommer att ligga på de koncept som har fungerat bäst och som är lämpliga för vidareutveckling. Inom projektet utförs några kalltillverkade asfalttyper och då främst med inriktning på bärlager. Projektet syftar också till att se över provmetoder för kvalitetskontroll, både i laboratoriemiljö och i fält.

1.2.1 Frågeställningar

- Varför fungerar vissa stenmaterial bättre än andra vid kalltillverkning?
- Vilka faktorer styr brytningsprocessen?
- Kan man göra förändringar i emulsionstillverkningen?

1.3 Omfattning

Inom projektet anläggs provsträckor samt en referenssträcka på Björlanda Lexbyväg i Göteborg genom att den befintliga vägen förstärks med kalltillverkade asfaltlager av typ verksblandad bitumeniserat bärlager.

Målsättningen är att optimera en bärlagerkurva och en emulsionstyp anpassad för att fungera med de flesta stenmaterial. Projektet är en jämförande studie där ett varmblandat bärlager jämförs med ett kallblandat bärlager. Under utförandet av provsträckorna utförs produktionskontroll med funktionell provning för att dokumentera eventuella skillnader som kan ha betydelse vid senare utvärdering. Provsträckorna följs genom fält-mätningar för analys av strukturell nedbrytning och tillståndsutveckling samt genom laboratorieundersökningar av funktionella egenskaper hos beläggningslagren. I projektet ingår också en jämförande livscykelanalys (LCA) på de tillverkade AG-massorna för att se hur de olika beläggningsarna påverkar miljön i form av koldioxidutsläpp och energiförbrukning, se kap 3.3.4.

Förväntat resultat

- Kalltillverkad asfalt med högre prestanda för användning på högtrafikerade vägar (upp till minst ca ÅDT 3000 fordon och ca 700 ÅDT tung)
- Mer användning som bärlager
- Ökad andel av kalltillverkad asfalt

Implementering och demonstration

- Uppföljning av befintliga vägsträckor med kalltillverkad asfalt.
- Deltagande i planering och utvärdering av provsträckor med kalltillverkad asfalt
- Framtagning av underlagsmaterial för regelverk
- Kunskapsöversikten kommer att redovisas i rapportform. Dessutom kan det bli aktuellt med presentationer på asfaltdagar, transportforum eller liknande seminarier.

1.4 Tidplan

Projektet startade hösten 2012 och avslutats dec 2013.

1.5 Medverkande förutom SBUF

Entreprenörer

NCC, Peab, Skanska och Svevia

Materialtillverkare

Nynäs, Akzo Nobel och Svevia

Beställare

Trafikverket och Göteborgs Kommun

Konsult

VTI

Högskola

KTH

Styrgrupp:

Projektledning: Roger Lundberg, NCC Roads

Area Manager Sweden: Lars Thunman, Nynas

Teknikansvarig: Lennart Holmqvist, Peab

Laboratoriechef: Lars Jansson, Peab. Gustav Brändström, NCC Roads

Byggherre: Åke Sandin, Trafikkontoret Göteborg

Referensgrupp:

Torbjörn Jacobson, Trafikverket

Safwat Said, VTI

Anders Gudmarsson, Peab/KTH

Kenneth Olsson, Skanska

Mansour Ahadi, Svevia

Uffe Mortensen, Pankas

Karl Hillgren, Akzo Nobel

2 Laboratoriearbete

2.1 Laborationer Pankas, Roskilde

2.1.1 Inledning

Syftet med laborationerna i Roskilde var att undersöka olika sätt att jobba med kalla massor. Här studerades bland annat olika provmetoder, som används för att utvärdera hur emulsionen, passar till aktuellt stenmaterial. De problem som finns idag är att i förväg veta hur snabb/långsam brytningsprocessen är vid tillverkning/utläggning av kall asfaltmassa. Vidare var målet med laborationerna att hitta funktionella provningsmetoder som inte enbart bygger på okulär bedömning och erfarenhetskunskaper.

2.1.2 Sammanfattning av laborationerna

Stenmaterial från 11 olika täkter analyserades med avseende på bearbetbarhet och brytningshastighet enligt NCC:s, Akzo Nobels och Pankas förfarande. Utvärdering enligt NCC:s respektive Akzo Nobels förfarande har utförts med Nynäs emulsion Nymix 630 (basbitumen 160/220). Utvärdering enligt Pankas förfarande har utförts med Pankas emulsion. Denna utvärdering visade att de olika förfarandena gav likartade resultat vilket ses som positivt.

Laborationsgruppen har kunnat sortera de olika täkterna med avseende på bearbetbarhet och brytningshastighet. Material från Supartallen, Piteå, Rönnbäcken och Tagenekrossen upplevs fungera bäst, då dessa stenmaterial bryter emulsionen långsamt och bearbetbarheten är bra. Noterbart är också att vid handblandning med dessa stenmaterial skummar emulsionen något. Detta gällde även vid Pankas utvärdering där Pankas emulsion användes.

Laborationsgruppen har också konstaterat att stenmaterial från sex andra täkter; Yxbo, Råsta, Gustafs, Ljusberget, Stöningsberget och Grönsberg bryter emulsionen snabbt. Vid handblandning skummar då inte heller emulsionen.

Stenmaterial från porfyrtäkterna Gustafs (krossat naturgrus) och Grönsberg (bergkross) visar även problem med tunna bindemedelshinnor/stripping.

Provresultat, proportioneringar, bilder mm framgår av filer som bifogas minnesanteckningarna. Se kapitel 2.1.6 och 2.2.1.

2.1.3 Framtida projekt

Nedan följer några idéer och tankegångar som har uppkommit under projektets gång.

- Då laborationsgruppen inte analyserat hur massorna bryter vid t.ex. packning och lagring, vore det bra att prova packa provkroppar genom gyratorisk packning och studera brytningsförloppet. Eventuellt även analys av Workability test skulle vara intressant. Dessa analyser görs förslagsvis på blandningar med stenmaterial som har långsam brytning.
- Sortera stenmaterialen som långsamt brytande, medelbrytande och snabbbrytande vid utvärderingen.

- Finns det några tydliga likheter i geologin/kemin mellan de bergarter som fungerar bra/dåligt? Resultat på förenklad petrografi bör finnas på alla stenmaterial som ingått i utvärderingen.
- Den specifika ytan på de olika stenmaterialen bör analyseras. Reaktiviteten ökar med ökad finjordshalt (mindre korn har större yta/kg än vad större korn har). Även ytstrukturen på kornen har stor betydelse för ett materials specifika yta. Kan tung instampning (modifierad proctor) vara en lämplig metod för att få en indikation på den specifika ytan? Vid tung instampning bestäms maximal torr densitet och optimal fuktkvot. Kan vi mäta den specifika ytan med kvävgas?
- Utvärdera bearbetbarhet och brytningshastighet vid användandet av ett stensmjöl från en ”långsamt brytande” täkt t.ex. Supartallen och grövre sorterings från andra täkter.

2.1.4 Tillvägagångssätt vid utvärdering

Vid det inledande startmötet av projektet bestämdes det att de elva olika stenmaterialen skulle utvärderas enligt NCC:s, Pankas och Akzo Nobels testmetoder.

För att tillverkningen av den kalla asfalten ska bli bra krävs det att följande krav uppfylls:

- Bra läggbarhet
- Fördröjd, men snabb brytning
- Ingen avrinning av emulsion från massan
- Snabb tillväxt av styrka genom god koalescens.

2.1.5 Beskrivning av laborationsmetoder

Rapporten bygger på NCCs laborationsmetoder, vilka beskrivs i följande kapitel.

Proportionering stenmaterial, ev. RA, H₂O, Emulsion

Proportioneringen bygger på erfarenheter från tidigare blandningar/fullskaliga projekt utförda av NCC Roads.

För utvärdering av stenmaterial/emulsion väljs normalt en öppen 16-massa (NCCs idealkurva).

I detta projekt valdes emulsionshalten 8,2 % och kornkurvor så nära NCC:s idealkurvor som möjligt. Noterbart är att kornkurvorna, som i förväg analyserats av Pankas, var torrsiktade. Det innebär att fillerhalten i utförda blandningar troligtvis är ca 1 % högre än vad som redovisas i bifogade filer. Den emulsion som användes var Nymix 630 (basbitumen 160/220). Före blandning tillsattes 2 % (av emulsionsmängden) brytadditiv Nybreak till emulsionen.

Blandning stenmaterial och H₂O, kontroll täckning

Erfarenhetsmässigt bör det vara ca 3 % fukt i stenmaterialet. För mycket fukt inverkar negativt på hålrummet och för lite fukt kan resultera i att massan känns seg samt att fullgod täckning ej erhålls.

I tabell 1 i kapitel 2.2.1 framgår att fuktkvoten är olika för olika stenmaterial. Fuktkvoterna 2,5 % respektive 3,5 % har använts. I de fall som resultat finns med båda fuktkvoterna beror detta på att

blandningarna upplevts ”sega och torra” vid handblandning med 2,5 % fuktkvot. Ytterligare blandning med 3,5 % fuktkvot utfördes för att utesluta att segheten berodde på för låg fuktkvot.

Tillsats emulsion, täckning efter 30 sekunder

Kontrollera täckning efter 30 sek av skonsam blandning.

Restbitumenhalten i massan bör vara 5-7,5 vikt-% för slitlager och 4,4-6,5 vikt-% för bärlager.

Blanda i 5 minuter, kontrollera brytning, stripping, skumbildning

Om emulsionen bryter för fort blir det väldigt tydligt, massan blir trög.

Viktigt att inte blanda för våldsamt.

Efter blandningen överförs massan från blandarbunken till papper. Där kan emulsionens vidare brytning studeras över tid. Figur 1 visar ett exempel på massa efter handblandning.



Figur 1 - Exempel på handblandad massa

Då bedömningen av massans egenskaper till stor del bygger på okulär bedömning samt erfarenheter är det önskvärt att två personer var för sig (eller tillsammans) gör bedömningen.

Gyrotorisk packning, kontroll brytning efter 200 varv

Genom att studera färgen på det vatten som rinner ut vid gyropackningen samt färgen på den färdigpackade provkroppen kan man bilda sig en uppfattning om hur emulsionen kommer att bryta under verkliga förhållanden. Denna analys utfördes inte vid laborationerna hos Pankas, Roskilde.

Runoff/Washoff

Vid laborationerna testades emulsionen enligt Runoff/Washoff metoden. Metoden ger ett mått på hur snabbt emulsionen bryter och hur beständig den är mot regn. Den mäter även täckningsgraden och hållfastheten för en kalltillverkad asfaltmassa. I bilaga 3 finns en utförlig beskrivning av metoden.

Workability test

Under laborationerna blandades emulsionsmassan i en Sandbyblandare. Efter en timmes lagring i slutet kärl utfördes ett bearbetbarhetstest (Workability test). Detta test undersöker asfaltmassans läggbarhet, d.v.s. hur duktil massan är efter blandning. För en utförlig beskrivning av metoden se bilaga 4.

Målsättningen är att massorna inte får vara trögare än 130 N för att massan ska vara lätt att hantera.

2.1.6 Provresultat, kornkurvor

Sammanställning av skillnad mellan kurvorna enligt Tabell 1 nedan.

Tabell 1 - Sammanställning av skillnad mellan kornkurvor

Sikt (mm)	Idealkurva		Supartallen	Tagenekrossen	Gävle (Sälgsjön)	Rönnbäcken	Råsta	Grönsberg (vid verk)
	Min	Max	Otvättat	Otvättat	Otvättat	Otvättat	Otvättat	Otvättat
22,4	100	100	100	100	100	100	100	100
16	92	100	98	95	97	99	99	98
11,2	70	80	78	77	79	78	78	78
8	51	61	56	56	58	58	60	58
5,6	36	45	38	41	40	41	48	40
4	25	35	28	33	30	32	37	33
2	18	25	20	25	21	22	25	23
1	14	19	14	18	15	15	17	15
0,5	9	14	11	13	11	12	12	11
0,25	6	10,5	8	9	8	8	8	7
0,125	5	8	6	5	5	5	5	5
0,063	4,0	6,0	3,5	2,6	2,5	2,7	2,5	2,8

I tabell 2 nedan sammanställs stenmaterial mindre än 2mm, den visar andelen viktprocent av totala mängden.

Tabell 2 – Sammanställning kornkurvor, stenmaterial mindre än 2mm

Fraktion	Andel material (vikt-%)					
	Supartallen	Tagenekrossen	Gävle (Sälgsjön)	Rönnbäcken	Råsta	Grönsberg (vid verk)
< 0,063	3,5	2,6	2,5	2,7	2,5	2,8
0,063-2,0	16,5	22,4	18,5	19,3	22,5	20,2
< 2,0	20	25	21	22	25	23

2.2 Resultat

2.2.1 Resultat av provblandningar

Nedan i tabell 3 visas resultaten av provblandningarna.

Provblandningarna innehåller 8,2 % Emulsion (Nymix) och 2,0 % Brytadditiv (Nybreak, % av tillsatt mängd emulsion) samt 2,5–3,5 % vatten.

Tabell 3 - Resultat av problandningar

Sten- material	% fukt	Mixmetod enligt NCC							Mixmetod enligt AKZO-NOBEL			
		TG 30 s	Berarbetbarhet				Brytningskontr oll			Workability - Light		Täckning (%)
			1 min	3 min	5 min	Skum- ning	2-6 h	12 - 16 h	TG	30s	5 min	Sköljtest 3 min
Yxbo	2,5	100%	4	4	3	Nej	2	5	4	5	N/A	Se bilder
Yxbo	3,5	100%	5	3	2	Nej	3	5	5	5	3	5
Gävle	2,5	100%	4	3	2	Nej	3	5	5	N/A	N/A	N
Gävle	3,5	100%	5	4	3	Ja	3	5	5	3	1	0
Råsta	2,5	100%	4	3	2	Nej	5	5	4	5	N/A	
Råsta	3,5	100%	5	3	2	Nej	5	5	5	3	3	20
Gustafs	2,5	100%	5	4	3	Nej	2	4	N/A	5	N/A	Se bilder
Supartallen	2,5	100%	5	5	5	Ja	2	3	5	N/A	N/A	
Piteå	2,5	100%	5	5	5	Ja	2	3	5	N/A	N/A	
Östersund (ljusberget)	3,5	100%	5	4	2	Nej	4	5	5	1	1	30
Rönnbäcke n	3,5	100%	5	4	4	Ja	2	3	5	5	5	5
Tagene- krossen (försök 1)	3,5	100%	5	4	2	Ja	3	3	5	5	5	0
Tagene- krossen (försök 2)	3,5	100%	5	5	5	ja	N/ A	2	5	N/A	N/A	
Stönings- berget	3,5	100%	5	3	2	Nej	5	5	5	3	2	5
Vid verk	3,5	100%	4	2	1	Nej	5	5	3	1	1	20
Hudiksvall	3,5	100%	5	4	3	Nej	2	4	5	5	5	0

Förklaring till tabell 3:

Mixmetod enligt NCC

Bearbetbarhet:

1-5 (5=bra, 0= Ej bearbetbar)

Brytkontroll:

1= Obruten yta

2= Tunt brutet övre lager – obrutet under

3= Tjockt brutet övre lager – obrutet under

4= Tjockt brutet lager – nästan helt genombrutet

5= Helt brutet

Mixmetod enligt AKZO-NOBEL

Täckning

1= Många avklädda korn, mycket tunna hinnor

2= Flertal avklädda korn, tunna bindemedelshinnor

3= Fåtal avklädda korn, tunna bindemedelshinnor

4= Nästan full täckning, med stripping

5= Full täckning, ingen stripping

Workability

1= Ej bearbetbar

5= Mycket god bearbetbarhet

Utifrån ovanstående tabell utfördes petrografisk analys för att undersöka skillnaden mellan de material som fungerar bra och de som fungerar dåligt. Två bra, två möjliga och två dåliga blandningar valdes.

Material från täkterna Supartallen och Tagenekrossen fungerade bäst, material från Sälgsjön och Rönnbäcken fungerade något sämre och materialet från Råsta samt Grönsberg fungerade inte alls. Se tabell 4 nedan.

Tabell 4 - Provresultat petografisk analys

Fraktionerna 4-16 och 4-31,5 mm									
Prov	Provnr	Huvudbergarter	Total andel %	Underbergarter	Total andel %	Gl - halt	Qz - halt	ASR - tal	Ytråhet
Råsta	1310218/ 13014	Pegmatit och gråvacka	90,7	Alnöit, mylonit, skarn och övr	9,3	15,9	44,7	48,6	2 till 4
Supartallen	1310220/ 13015	Tonalitisk granit	95,9	Pegmatit	4,1	9,6	30	0	3 till 4
Grönsberg	1310222/ 13016	Röd fältspatporfyr och ljusröd kvarts- fältspatporfyr	95,4	Dacitisk porfyr, sandsten, diabas - gabbro och granit	4,6	0,1	31,8	97,7	2 till 3
Tagenekrossen	1310224/ 13017	Syenitisk ortognejs och grönsten	99,2	Pegmatit	0,8	13,9	10,6	0	3
Rönnbäcken	1310230/ 13018	Grå- mörkgrå sedimentgnejs	87,2	Pegmatit, vittrad sedimentgnejs och arenitiskt meta sediment	12,8	20,4	40	13,1	3
Sälgsjön	1310232/ 13019	Gråröd medelkornig granit, röd fin- medelkornig granit och pegmatit	91,8	Basisk vulkanit, kvartsit, mylonit och fri glimmer	8,2	12,2	26,2	13	3

Fraktion 0,063-4 och 0.063-2 mm							
Prov	Provnr	Kvarts o/e fältspat	Andel %	Bergartsfragment	Andel %	Fri glimmer	Andel %
Råsta	1310218/ 13014	Kvarts o/e fältspat	60	Gråvacka	30	Biotit	10
Supartallen	1310220/ 13015	Kvarts o/e fältspat	30	Tonalitisk granit	68	Biotit och muskovit	2
Grönsberg	1310222/ 13016	Kvarts o/e fältspat	5	Porfyr och diabas - gabbro	95	Inget glimmer	0
Tagenekrossen	1310224/ 13017	Kvarst o/e fältspat	70	Syenitisk ortognejs och diabas-gabbro	25	Biotit	5
Rönnbäcken	1310230/ 13018	Kvarts o/e fältspat	42,5	Sedimentgnejs	42,5	Biotit	15
Sälgsjön	1310232/ 13019	Kvarts o/e fältspat	40	Granit	55	Biotit	5

Ur labbresultaten valdes tre stenmaterial; Supartallen, Sälgsjön och Råsta ut för vidare undersökning. Vid denna undersökning gjordes följande:

- Petrografisk analys (geolog Mats Larsson)
- Specifik yta (utfört av Slite betong)
- Vändskak (tidigare undersökningar NCC)

Resultaten färgkodades i grönt, gult och rött vilket motsvarar ett bra, medel respektive dåligt resultat. Resultaten framgår av tabell 5.

Tabell 5 - Resultat av vidare analys

Täkt	ASR-tal	Specifik yta på filler (m ² /kg)	Vändskak Svällning %	Viktförlust %
Supartallen	0	1581	1,1	8,1
Sälgsjön	13	2259	1,4	18,7
Råsta	48	3180	3,5	29,0

Petrografisk analys (ASR)

Alkalisilikareaktion (ASR) uppkommer då reaktiv kvarts i ballasten reagerar med basiska alkalina porlösningar. Reaktionen beror i grunden på att kvarts inte är stabil vid höga pH värden, kvarts är ett surt mineral. Såsom stabil icke reaktiv kvarts räknas exempelvis kristallin granitisk kvarts, d.v.s. kvarts utan eller med mycket lite gitterstörningar. Som instabil kvarts räknas kryptokristallin kvarts, gitterstörd kraftigt deformerad kvarts och amorf- opalin kvarts. Detta är känt sedan tidigare hos betongtillverkare men är en helt ny erfarenhet inom beläggningsbranschen.

Mer ingående om ASR finns att läsa i Bilaga 2.

Specifik yta

Den faktiska arean på stenmaterialet.

Vändskak

Metoden undersöker beständighet mot vattenpåverkan hos provkroppar tillverkade av finbruk. Metoden kan påvisa mer eller mindre lämpliga stenmjöl för asfalttillverkning. För specifik metodbeskrivning se bilaga 5.

2.2.2 Resultatanalys (Mats Larsson, Berg och Gruvundersökningar AB)

Amin och då framförallt alkylamin används som reagens (collectors) vid silikatflotation. Principen går ut på att den positivt laddade karboxylgruppen binds till olika oljor (skumbildare som ex pineoil) i ett skumbad och att den negativt laddade katjonssidan binds till positiva fria silikatbindningar eller hydrosilikater på silikatmineralens ytor. Silikatmineralen binds på detta sätt till luftbubblorna i skumbadet och lyfts ur pulpen. **I denna process utnyttjar man katjon – anjonsbindningar.**

När man använder amin som emulgeringsmedel i asfalt misstänker jag att man får en omvändsituation med anjonsidan på aminmolekylen riktad mot vattnet och katjonsidan riktad mot bitumen.

Om man samtidigt har många fria kiselbindningar i ballastmaterialet får man två stycken hydrofoba vattenavstötande enheter i asfaltmassan vilket leder till att emulsionen bryter snabbt d.v.s. att vattnet

trycks ut ur asfalten och asfalten härdar. Fria kiselbindningar är positivt laddade och fungerar som anjoner. **I detta fall får man alltså anjon mot anjon.**

Kraftigt stressad kvarts eller väldigt finkornig kvarts har många fria silikatbindningar vilket ger upphov till kiselsyra på ytan och utefter mikrosprickor i ballastkornen. I cement neutraliseras kiselsyran av alkali i portlandcementen under bildandet av ett alkalisilikagel. Kraftigt stressad kvarts är alkalisilikareaktiv och material med högt alkalisilikareaktivitetstal (ASR tal) är inte lämpligt till betongtillverkning och detsamma gäller kanske också för kall asfalt när man använder amin som emulgeringsmedel.

Det är sedan tidigare känt att man ofta har vidhäftningsproblem med kvartsrika asfaltmassor, detta kan kanske vara en förklaring på problemet. För att förbättra vidhäftningen tillsätter man cement vilken neutraliserar kiselsyran på ballastkornen och gör ytorna mer basiska och därmed hydrofila.

Sammanfattningsvis anser jag att ett alkalisilikareaktivt ballastmaterial inte är lämpligt till kallasfalt, emulsionen bryter snabbt och man kan få problem med vidhäftningen. Alkalirika och basiska bergarter är nog mer dugliga i denna typ av asfalt.

3 Fullskaleförsök

3.1 Objektets läge

Fullskaleförsöket är utfört på Björlanda Lexbyvägen i Göteborg, se figur 2. Objektets storlek är 2 600 m² varav 700 m² är referensyta som är utförd med varm konventionell asfaltmassa och 1900 m² är utförd med kall AG med ett obrutet emulsionsystem.

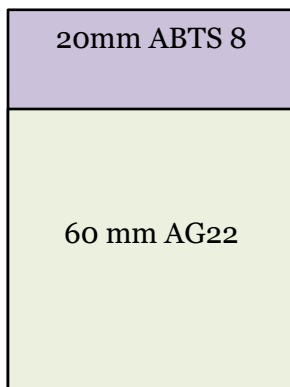


Figur 2 - Fullskaleförsökets geografiska läge

3.2 Vägens uppbyggnad

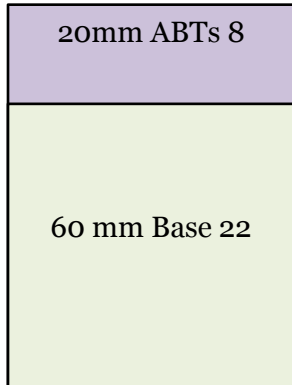
Den gamla beläggningen frästes bort och 10 cm nytt bärlager lades ut, detta för att få en likvärdig överbyggnad för både försökssträckan och referenssträckan.

På referenssträckan lades 60 mm AG22 med 4,5 % 160/220 som bindemedel och därefter en ABTS 8 med 6,2 % 100/150



Figur 3 - Referenssträckans väguppbyggnad

På försökssträckan lades 60 mm kall AG med 4,8 % emulsion baserat på 160/220 som basbindemedel och med en restbitumenhalt på ca 3 %. Asfaltmassan benämns Base 22 i projektet. Därefter toppades vägen med samma beläggning som på referenssträckan.



Figur 4 -
Försökssträckans
väguppgång



Figur 5 - Utläggning fullskaleförsök



Figur 6 - Packning fullskaleförsök

3.3 Resultat fullskaleförsök

3.3.1 Resultat kornkurva och bindemedelshalt - Varm AG22 4,5 % 160/220



RAPPORT

utfärdat av ackrediterat provningslaboratorium
TEST REPORT issued by an Accredited Testing Laboratory

Provningsnummer 1312206

ISO/IEC 17025

ANALYS Beläggningssmassa		Sidan 1 av 2
Beställare Centralt väglaboratorium, NCC Roads AB Roger L / Kenneth V Sverige Nord Box 455 901 09 UMEÅ Produkt AG 22 Leverantör	Provningsdatum 2013-10-15 Ankomstdatum 2013-10-18	Analys start 2013-10-28 Analys slut 2013-11-01
Entreprenör Objekt Kallp. SBUF	Referens nr Provningsplats Provtagens Frånstäm / RLU Märkning HMA AG22	Id-nummer
KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 12687-2+A1:07 Passerad mängd, vikt-%		
Provningsresultat	Medel- värdet	Recept
Kommentar		Notering
SS-EN 12687-1 Löslig bindemedelshalt (vikt-%)		4,3

Figur 7 – Kornkurva Varm AG22 4,5 % 160/220

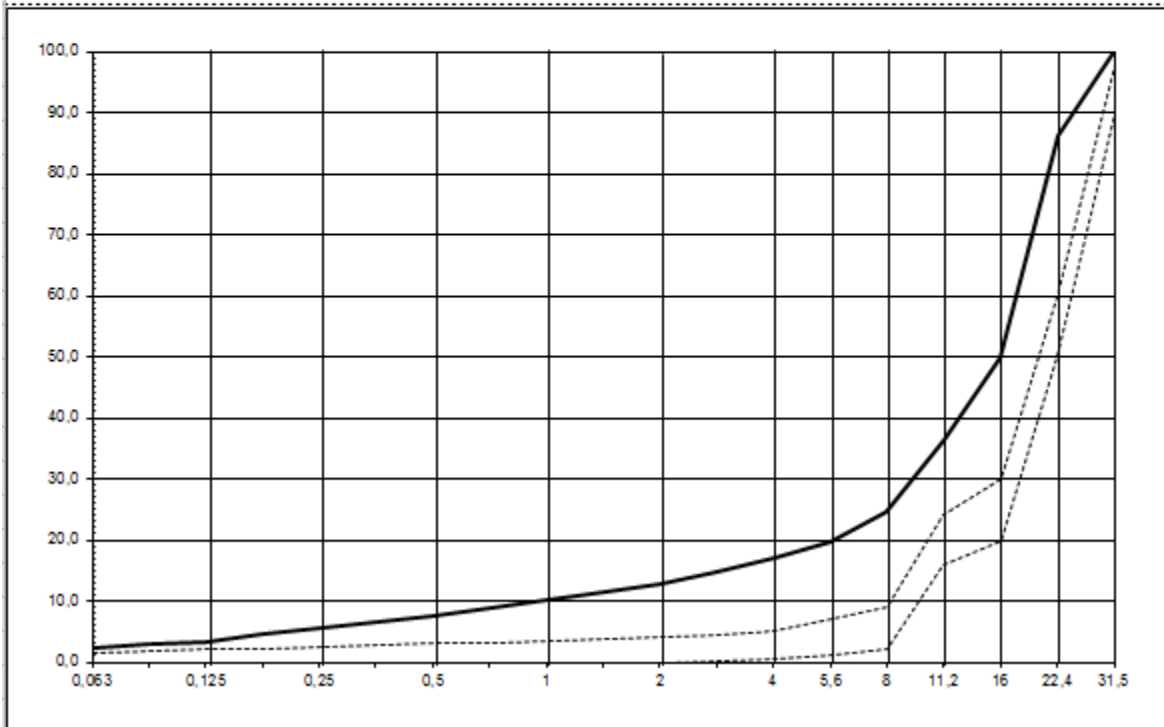
3.3.2 Resultat kornkurva och bindemedelshalt - Kall Base22

Kall Base22 en emulsion baserat på 160/220 4,8 % restbitumen

Fraktion	Andel (vikt %)	Fraktion	Andel (vikt %)
0/8+8/11		VM 16/22	65,0
0/8	21,0	VM 16/32	
8/11	14,0		

Noteringar:

VM 8/11



Figur 8 - Kornkurva Kall Base22

3.3.3 Resultat funktionella egenskaper

Utförda tester under hösten 2013 är; bindemedlets egenskaper, hålrum, styvhetsmoduler, dynamisk kryptest och fallviktsmätning, mätning.

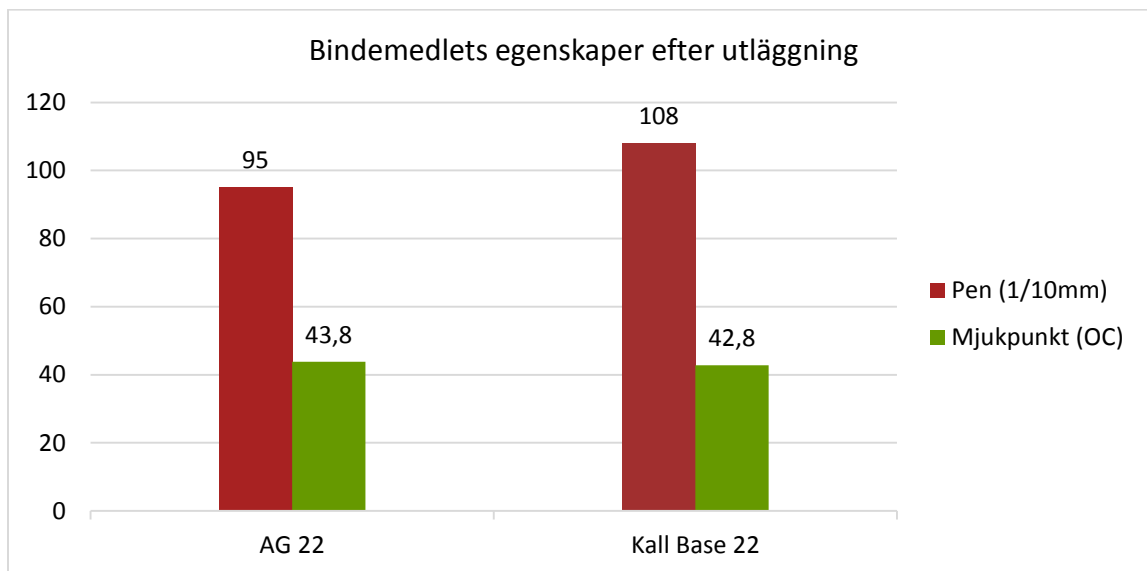


Figur 9 - Borrning fullskaleförsök



Figur 10 – Borrning fullskaleförsök

Bindemedlet egenskaper efter utläggning

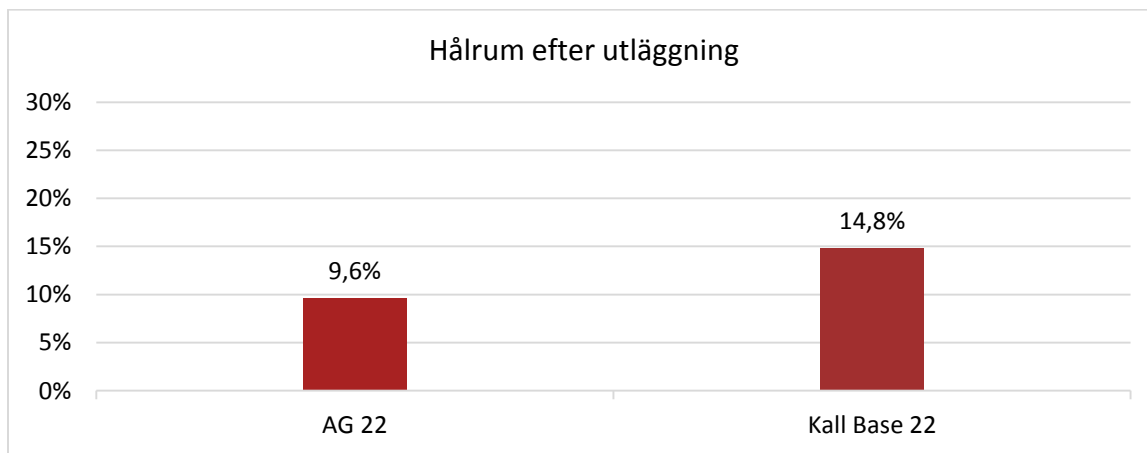


Figur 11 - Bindemedlets egenskaper efter utläggning

Normalt vid tillverkning av vanlig varmasfalt fås en betydlig förhårdning av bindemedlet under blandning, transport och läggning. Dessutom är bindemedlet i varmasfalt en blandning mellan bitumen och finmaterial.

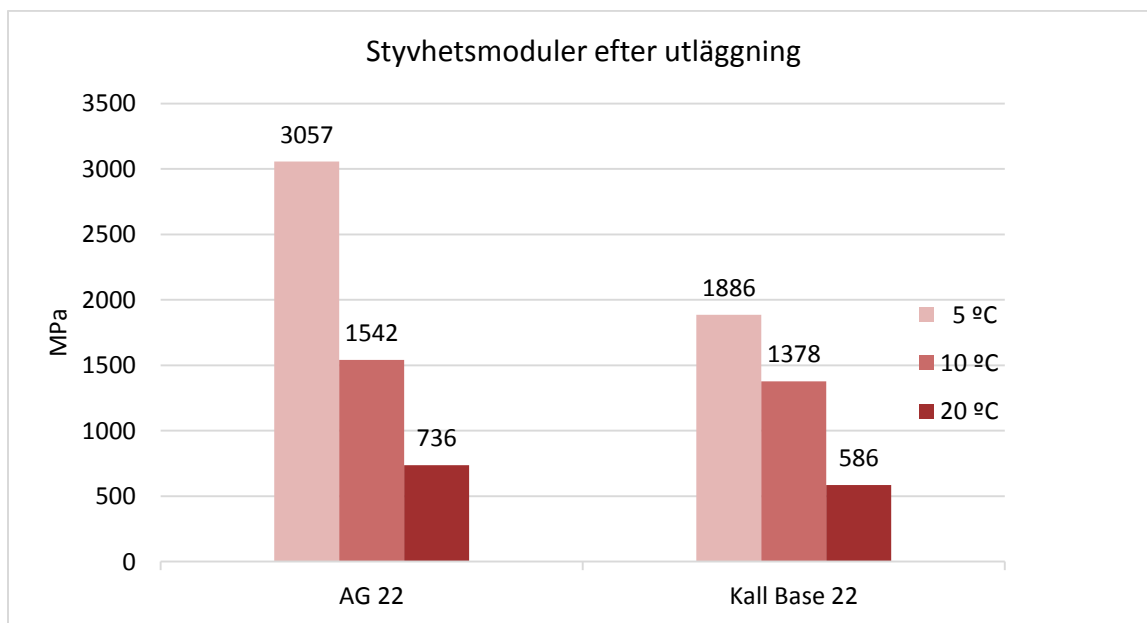
Vid kallteknik fås inte någon motsvarande förhårdning. För att få motsvarande styvhet som en konventionell asfalt, behöver man oftast använda ett hårdare basbitumen för att få samma penetration och mjukpunkt i slutprodukten. I detta projekt har ingen hänsyn tagits till detta utan samma basbitumen har använts i både de kalla och varma massorna.

Hålrum efter utläggning



Figur 12 - Hålrum efter utläggning

Styvhetsmoduler efter utläggning

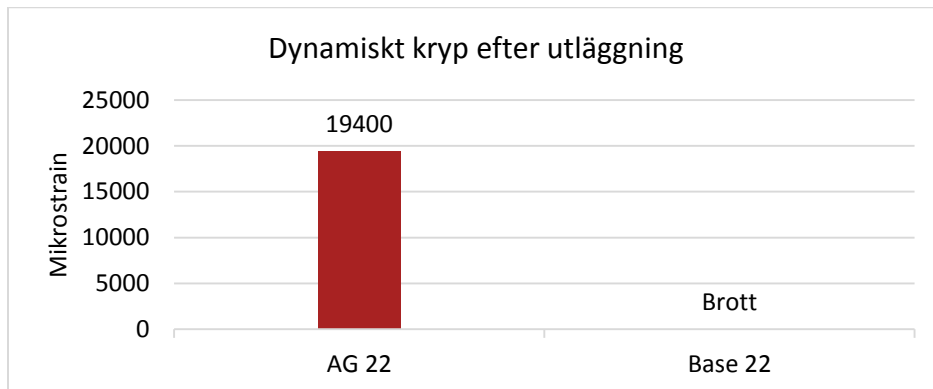


Figur 13 - Styvhetsmoduler efter utläggning

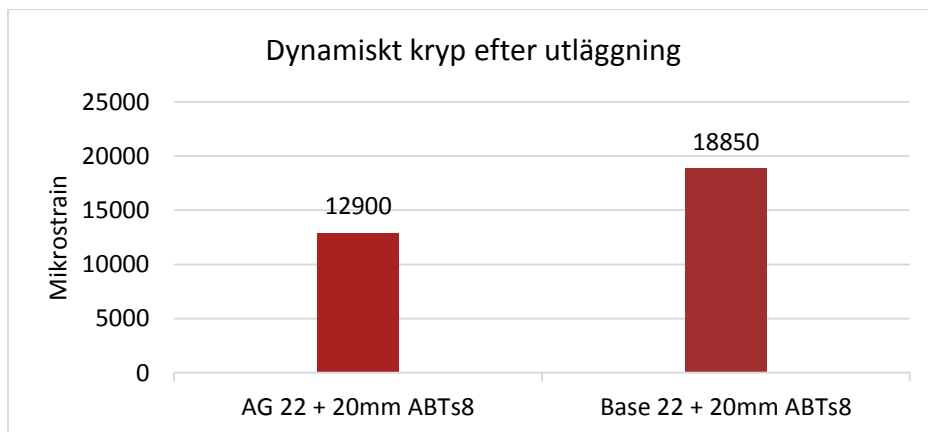
Dynamiskt kryp efter utläggning



Figur 14 - Test av dynamiskt kryp



Figur 15 - Dynamiskt kryp efter utläggning 1

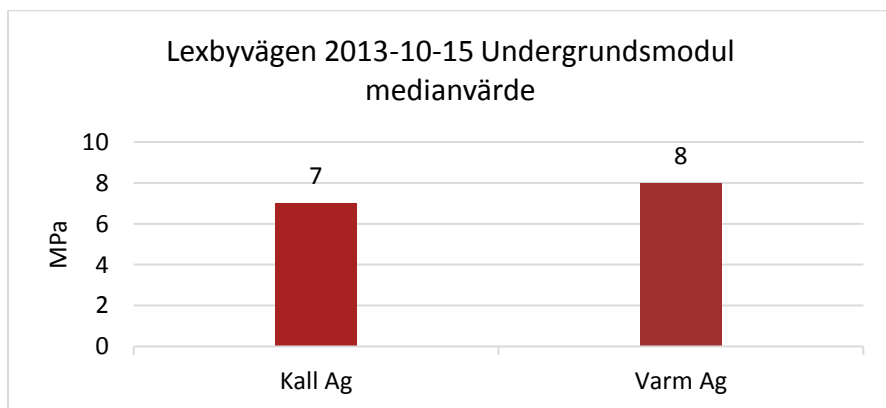


Figur 16 - Dynamiskt kryp efter utläggning 2

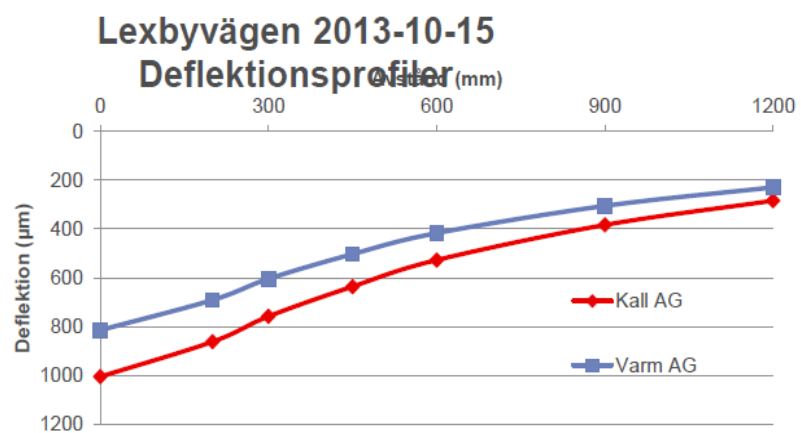
Fallviktsmätning



Figur 17 - Fallviktsmätning



Figur 18 - Undergrundsmodul, medianvärde



Figur 19 - Deflektionsprofiler

3.3.4 LCA-analys, miljöpåverkan

Tillverkning av varm AG22 och Kall Base22 utfördes i täkt med befintligt material. Transportavståndet till utläggningsplats var 15 km och läggarutrustning bestod av 1 stor utläggningsmaskin och två vältrar, varav en statisk och en vibrerande. Beräkningarna i livscykelanalysen är från bitumenkälla till färdig väg inklusive transporter, krossning och insatsvaror.

I tabell 3 nedan visar resultaten av LCA-analysen för massorna som användes i fullskaleförsöken i form av utsläpp och energiförbrukning. Den visar att utsläpp av CO₂ och energiförbrukning hos den kalltillverkade massan är betydligt lägre jämfört med den varmtillverkade massan.

Tabell 6 – LCA, miljöpåverkan varm - och kalltillverkad massa

Aktivitet	Varm AG22 160/220 4,8 %		Kall Base22 160/220 4,8 % restbitumen	
	CO ₂ /ton (kg)	kWh/ton	CO ₂	kWh/ton
Losshållning	2,7	43,9	2,7	43,9
Asfalttillverkning	38,2	127,8	15,6	53,3
Transport/Utläggning	2,9	11	2,9	11
Totalt	43,8	182,9	21,1	108,4
Totalt/m²	5,3	22	2,5	13

4 Tidigare utförda beläggningar

4.1 Utvärdering av testvägar gjorda på 90-talet

I början av 90-talet tog Nynas fram en emulsion lämpad för tillverkning av kall asfaltmassa. Emulsionen är designad så att den bryter med en kontrollerad hastighet samt möjliggör en hög bindemedelshalt i massan. En lämplig kornkurva (som tillåter tillräckligt med hålrum för att rymma både bindemedel och vatten), samt en metod för blandning av massa togs fram inom industrin. Det senare möjliggjorde att ett antal provvägar kunde läggas. Den grundläggande idén var att systemet skulle vara förlåtande nog för att kunna användas med ett flertal olika stenmaterial (*P5EE - 214 Long term performance of cold mix asphalt, P. Redelius, E&E Congress, Istanbul 2012*).

I slutet av 90-talet lades således ett antal provvägar för att visa på möjligheten att tillverka asfalt kallt. Det visade sig att i vissa fall bröt emulsionen för tidigt, vilket resulterade i svårigheter vid läggning. Merparten av de läggningar som gjordes var dock framgångsrika och resulterade i provvägar med en god beläggning. Totalt lades cirka 30-40 vägar mellan 1991 och 2000 och av dessa finns flera kvar. Många provvägar har dock blivit omasfalterade i samband med att omkringliggande sträckor varit i behov av underhåll.

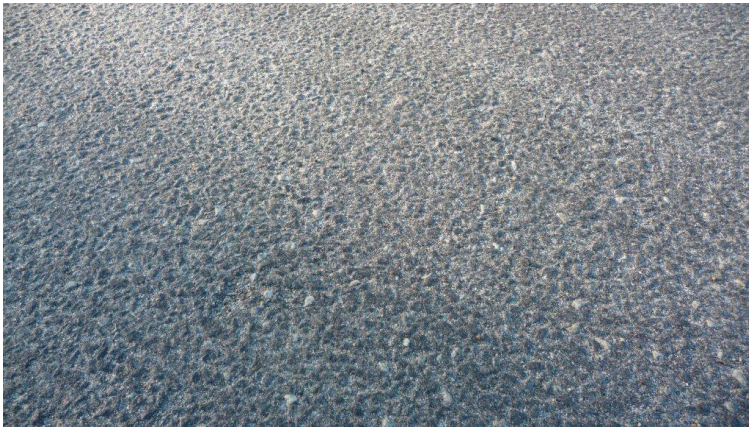
För att utvärdera hur beständiga kallteknikvägar är över tid utfördes år 2012 provborrningar på fyra av de vägar som fortfarande finns kvar i Umeåregionen. Visuell inspektion visade att vägarna fortfarande var i ett mycket gott skick. Figur 20-22 visar ytorna hos tre av vägarna.



Figur 20 - Överboda, 1998-2012 "16 Ö", Färskt stenmaterial, PEN 330/430. Inget stensläpp, men synliga hyvelskador efter snöröjning



Figur 21 - Hjäggmark, 2000-2012, "16 Ö", färskt stenmaterial. Slitlager gjort med PEN 330/430 och bärlagret med PEN 160/220. Inget visuellt stensläpp



Figur 22 - Trinnan, 1997-2012 "16 Ö", färskt stenmaterial, bindemedel: PEN 330/430. Inget visuellt stensläpp. ÅDT: 200. Se figur 22.

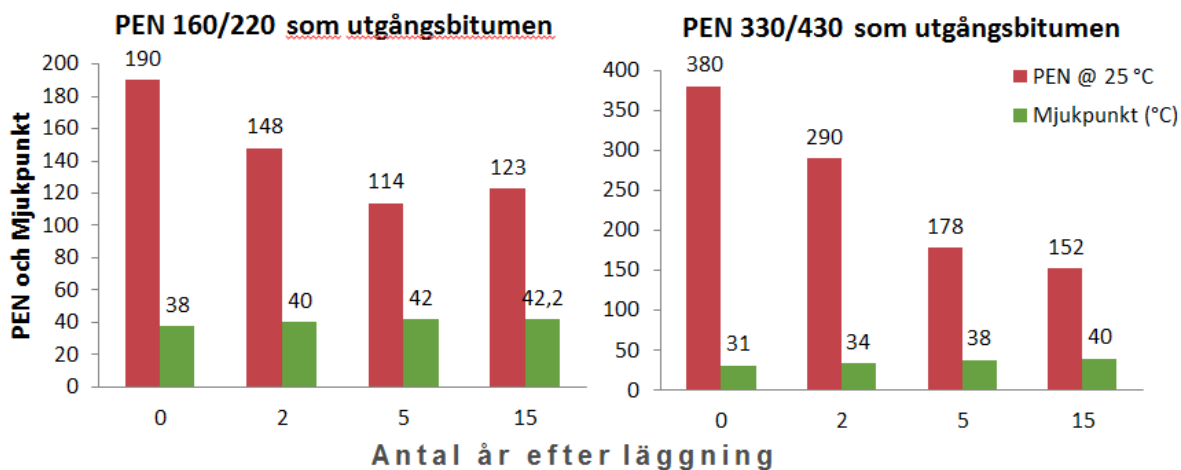
Provkroppar tagna från vägen i Överboda (efter 15 år) har analyserats med avseende på styvhetsmodul, indirekt draghållfasthet och hålrum. Dessa data presenteras i tabell 7 tillsammans med data från 0-5 år (*Uppföljning Kallbeläggning Hössjö-Överboda, R. Lundberg, G. Brändström och K. Vikström*)

Tabell 7 - Resultat från mekaniska tester på provkroppar från Överboda

År efter läggning	Utgångsbindemedel PEN 180/220			Utgångsbindemedel PEN 330/430		
	Styvhetsmodul @ 2 °C (MPa)	Indirekt draghållfasthet (kPa)	Hålrums (%)	Styvhetsmodul @ 2 °C (MPa)	Indirekt draghållfasthet (kPa)	Hålrums (%)
0	1450	325	10,4	750	185	12,4
2	2700	400	9,1	1450	290	12,1
5	4646	764	10,3	1736	507	11,3
15	3966	807	8,0	3457	718	8,1

Utifrån data i tabell 1 kan noteras att styvhetsmodulen liksom draghållfastheten ökar över tid, men för provkroppar med bitumen med PEN 180/220 som utgångsmaterial verkar denna process sakta ner efter fem år. Provkroppar från sträckor med det mjukare bitumenet (PEN 330/430) uppvisar efter 15 år ungefär samma resultat i de mekaniska testerna som provkroppar med PEN 180/220 som utgångsbitumen. Hålrumshalten är relativt konstant över tid och efterpackningen verkar vara liten.

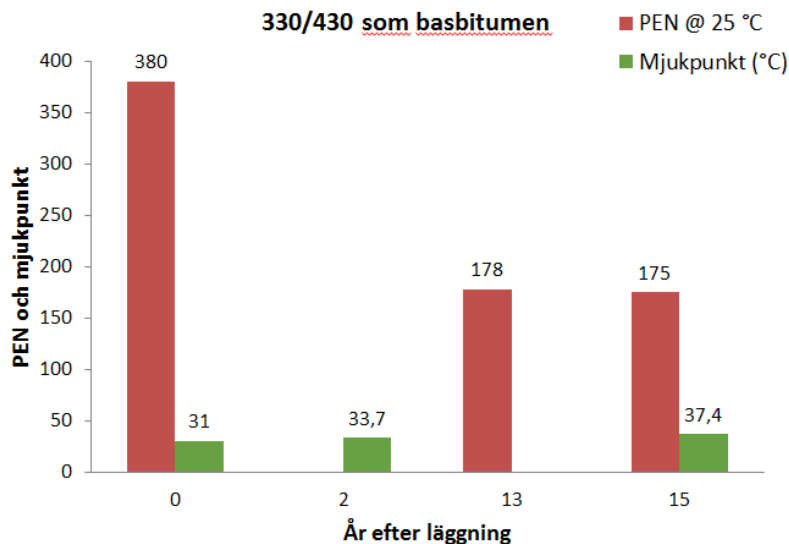
Mekaniska tester utfördes på extraherat bindemedel och resultaten visas i Figur 23.



Figur 23 - Uppmätta värden på PEN (mm/10 min) och mjukpunkt (°C) på extraherat bindemedel från provkroppar tagna i Överboda som en funktion av tid.

Resultaten i Figur 23 på PEN och mjukpunkt visar att bindemedlet fortfarande är flexibelt efter 15 år i väg.

Resultat från Trinnan presenteras i Figur 24 och Tabell 2. Nya resultat från 15 års belastning i vägbana presenteras tillsammans med data efter 2 och 13 år (*Rapport av Kenneth Olsson*).



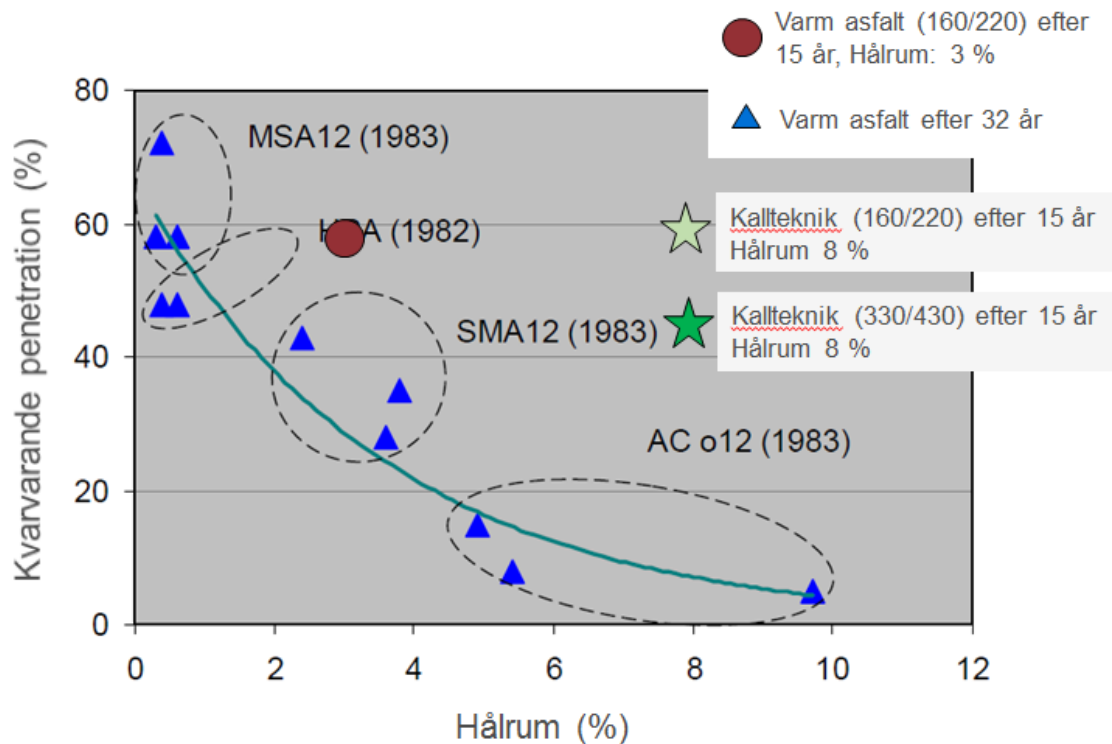
Figur 24 - Resultat på PEN och mjukpunkt på prover från Trinnan (bindemedel hade PEN 330/430 från start)

Uppmätta styvhetsmoduler och beräknade hålrum rapporteras i tabell 8.

Tabell 8 - Analys av provkroppar från vägen i Trinnan. Utgångsbitumen hade ett PEN av 330/430

Antal år efter läggning	Styhetsmodul @ 2 °C (MPa)	Hålrum (%)
2	1800	9,6
15	2600	7,9

Inte heller i denna vägsträcka har bindemedlet hårdnat nämnvärt, trots hög andel hålrum i beläggningen (8 %). För att sätta detta i relation till hur en varmasfalt åldrar så har dessa data jämförts med en studie på gamla danska vägar (*Road Materials and Pavement Design 567-585, 12, 2011 X. Lu, P. Redelius, H. Soenen, M. Thau*).



Figur 25 - Kvarvarande penetration (provkroppar från vägar gjorda med varm asfalt i Danmark) som en funktion av hålrumsandel.

I Figur 25 illustreras Kvarvarande penetration (provkroppar från vägar gjorda med varm asfalt i Danmark) som en funktion av hålrumsandel. Provet från Trinnan, tillverkad med kallteknik och med ett hålrumsandel av 8 %, har en kvarvarande penetration på 45 %. Prover med utgångsbitumen 160/220 och tillverkade kallt har en kvarvarande penetration på 60 %, vilket motsvarar den kvarvarande penetration i ett prov med varm asfalt som är 15 år gammalt och har en hålrumsandel på 3 %.

Det kan ses från Figur 25 att i provkroppar med 32 år gammal asfalt, gjord på konventionellt vis, så minskar den kvarvarande penetrationen mest i de provkroppar som har högst andel hålrumsandel. Den analyserade provet från vägen Trinnan, har en överraskande hög kvarvarande penetration med tanke på att hålrumsandelen är 8 %. Den kvarvarande penetration för Trinnanprovet kan jämföras med den kvarvarande penetrationen som man får i en varmblandad asfalt som är 15 år gammal och har en hålrumsandel av 3 %. Det bör dock noteras att trafikbelastningen är låg (ÅDT: 200) på vägen i Trinnan och att klimatet i Umeå är i genomsnitt kallare än i Danmark.

Utifrån de resultat som hittills tagits fram kan man se att bindemedlet är flexibelt och har behållit ett högt PEN-värde efter 15 år i vägen, trots höga hålrumsandel. Detta indikerar att vägar gjorda med kallteknik är hållbara och att det är rimligt att förvänta sig att kallteknikvägar ska ha en lång livslängd. Analys pågår på borrkärnor från fler vägar för att verifiera ovanstående. Vidare krävs det mer arbete för att bättre förstå varför asfalt lagd med kallteknik verkar vara så hållbar.

5 Slutsatser och kommentarer

Under laboratoriearbetena som utfördes hos Pankas i Danmark kom det fram helt nya upptäckter angående stenmaterialets egenskaper i 0-4 delen, som så här långt verkar vara den faktor som bestämmer om emulsionen skall fungera mot stenmaterialet.

Alkalisilikareaktivt ballastmaterial förkortat ASR är sedan länge känt inom betongbranschen men inte inom belägningsbranschen. Ett ASR tal över 15 i ett 0-4 material innebär att man inte kan tillverka betong utan att det kommer att vittra sönder. Vår Laboratorieundersökningar visar att detsamma gäller för material som utsätts för emulgatorer. Dessa material har också stor specifik yta och har tendens att få stor svällning och viktförlust.

Material med lågt ASR-tal medför också att vi med all sannolikhet kan täta till dom kalla massorna och sänka hålrumshalten, det är dock viktigt att hålrummen ligger mellan 8-12% för att vattnet i emulsionerna snabbt skall forslas bort från beläggningen.

Vid framtida SBUF projekt är det viktigt att säkerställa dessa iakttagelser.

Det kan också konstateras att Dynamisk kryptest inte är lämplig att utföra som stabilitetstest på framförallt kalla AG massor men också på konventionella varma AG massor på grund av liten bitumenmängd och höga hålrum som gör att provkropparna inte håller. Här skulle Wheeltrack vara betydligt bättre metod

Vid framtida SBUF-projekt skulle det också vara intressant att studera alternativa utläggningsmetoder för kalla AG massor, ex. hyvel eller sloda.

Gamla provvägar som redovisas i detta projekt har fungerat utan underhållsåtgärder i 15 år och kommer att leva många år till. Det som skall noteras angående dessa vägar är att stenmaterialet som är använt har ett ASR-tal på noll, vilket styrker vår teori att angående Alkalisilika bergarter.

Bilagor

Bilaga 1 - Beskrivning av Bitumenemulsion (Per Redelius Nynas AB 2012)

Introduktion

I dessa dagar kräver omtanken om vår miljö att vi ser över alla sektorer av vårt samhälle för att minska energianvändning och förbättra miljövänligheten. Också inom vägbyggnadstekniken behöver vi se över möjligheterna att förbättra teknikerna så att de blir mindre energikrävande. En förbättring som lanserats under de sista 10 åren är de s.k. halvvarma teknikerna (eng. warm technologies) som har lyckats reducera energianvändningen med upp till 30 % vid tillverkning av asfaltmassa.

Fortfarande åtgår dock stora mängder energi till att värma upp stenmaterialet. Den mest önskvärda lösningen är att man kunde bygga vägen helt utan uppvärmning av stenmaterialet, dvs. använda kallteknik.

Utmaningen med kallteknik är att få bindemedlet jämt fördelat så att det täcker stenarna med ett jämnt tjockt lager bitumen utan att värma stenmaterialet. Men för att få en väg med hög hållbarhet som kan bära tung trafik fodras ett styvt bindemedel som inte går att hantera vid rumstemperatur.

Bitumenemulsion

Definitionen av en emulsion är ”blandning av två icke blandbara ämnen” där det ena ämnet är dispergerat som små droppar i det andra ämnet. För att stabilisera en emulsion används ofta ett ytaktivt ämne som kallas ”emulgator”.

I en bitumenemulsion finns bitumen som små droppar i vatten (Fig. 1). Andra vardagliga ämnen som är emulsioner är t.ex. mjölk, vattenbaserad målarfärg och majonnäs. Om emulgatorns stabiliserande förmåga blir för svag kan de två ämnena klumpa ihop sig och bilda två faser, då säger man att emulsionen ”bryter”.

En typisk emulgator för bitumen består av två delar, en polär vattenlöslig del och en icke-polär oljelöslig del (Fig. 2). Den oljelösliga delen är löslig i bitumenet, medan den vattenlösliga delen är löslig i vattnet. Resultatet blir att emulgatorn kommer att täcka ytan på bitumendropparna med den polära vattenlösliga delen mot vattnet och den oljelösliga delen mot bitumen. Man kan säga att ytan blir mer vattenlik.

Ofta har den polära delen av emulgatorn en positiv laddning som gör att dropparna stöts från varandra. På det sättet förhindras sammanslagning av bitumendropparna och man får en relativt stabil emulsion.

Användning av bitumenemulsioner

I dag har bitumenemulsioner ett brett användningsområde för byggnad och underhåll av vägar. Några av de vanligaste användningsområdena är:

- Ytbehandling
- Klistring
- Indränkning
- Stabilisering
- Slamförsegling/Micro surfacing
- Återanvändning
- KALL ASFALT

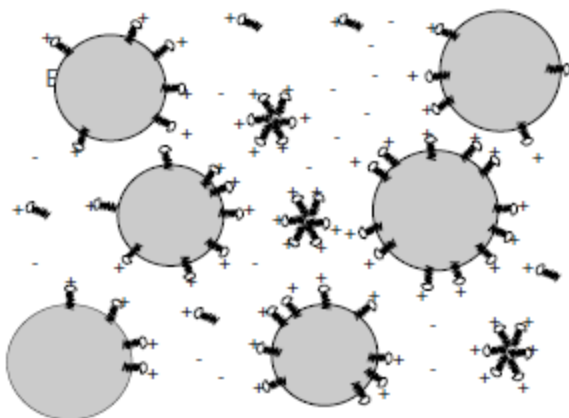


Fig 1. bitumen emulsion

Typisk bitumen emulgator

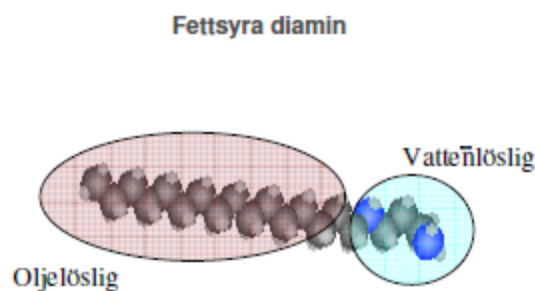


Fig 2. Emulgator för bitumen.

När det gäller klistring, indränkning, stabilisering och återanvändning finns det många mer eller mindre väl etablerade metoder som använder sig av bitumenemulsioner och som fungerar väl. Slamförsegling (slurry seal eller micro surfacing) är en väl etablerad underhållsteknik som ger ett nytt ytskikt till vägar som på så sätt kan få avsevärt förlängd livslängd.

Ytbehandlingar är den applikation som konsumerar de största mängderna bitumenemulsion. Även om det är en väl etablerad teknik så finns det ett stort behov av att förbättra tekniken.

Den stora utmaningen inom emulsionstekniken är utan tvekan kall asfaltmassa d.v.s. tekniken att bygga en väg med bitumenemulsioner som bindemedel helt utan uppvärmning av stenmaterialet.

Kall asfaltmassa

Historiskt har ”bra läggbarhet” varit en nyckelfråga som man har försökt lösa på flera olika sätt som schematiskt är illustrerat i Fig. 3. I princip kan man använda emulsioner av olika typer.

Om man använder en relativt snabbt brytande emulsion kommer den att bryta direkt när den kommer i kontakt med stenmaterialet innan man hunnit lägga asfalten på vägen. Om man då har ett ”vanligt” bindemedel så kommer massan att bli mycket styv och omöjlig att lägga med en vanlig asfaltläggare.

I stället kan man använda sig av en långsambrytande emulsion som fortfarande är obruten vid läggning och packning vilket gör dessa operationer mycket enkla. Däremot kan det ta mycket lång tid innan vägen uppnår styrka och kan öppnas för trafik. Dessutom är den känslig för regn eftersom emulsionen kan tvättas ut ur asfaltmassan vid kraftigt regn.

Hur får man bra läggbarhet på kallasfalt?

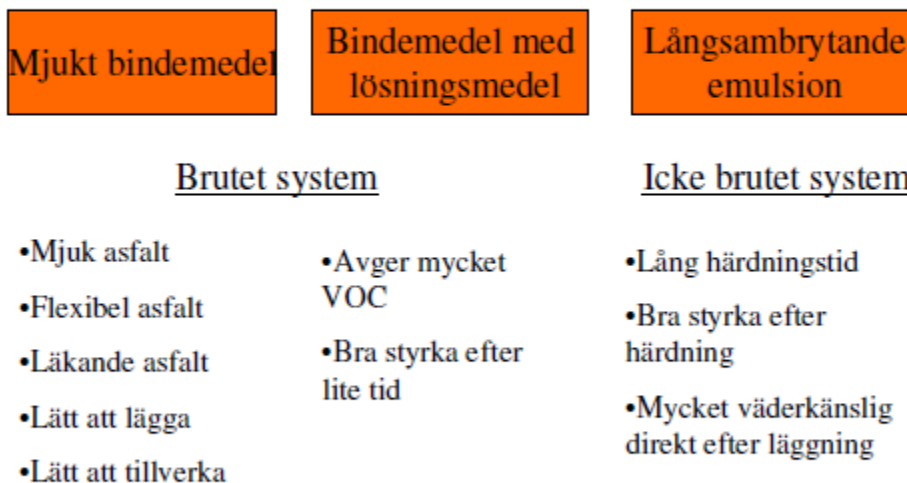


Fig 3. Läggbarhet

I vissa applikationer har man utgått från ett brutet system och i stället gjort bindemedlet så mjukt att massan är läggbar även om emulsionen är bruten.

Exempel är när man emulgerat mjukbitumen med en viskositet som är lägre än ca 3000 cSt vid 60°C eller då man mjukgjort bitumenet med tillsats av relativt stora mängder nafta.

Båda applikationerna fungerar bra men har en rad begränsningar i sina användningsområden. Mjukbitumen är mest lämpligt för lågtrafikerade vägar i relativt kalla klimat, t.ex. norra Skandinavien. Användning av nafta som flux är inte önskvärt eftersom det avger stora mängder VOC (Volatile Organic Hydrocarbons) till luften.

Ny utveckling

Om kallasfalt ska kunna konkurrera med traditionell varmasfalt finns det ett antal tekniska utmaningar som behöver lösas:

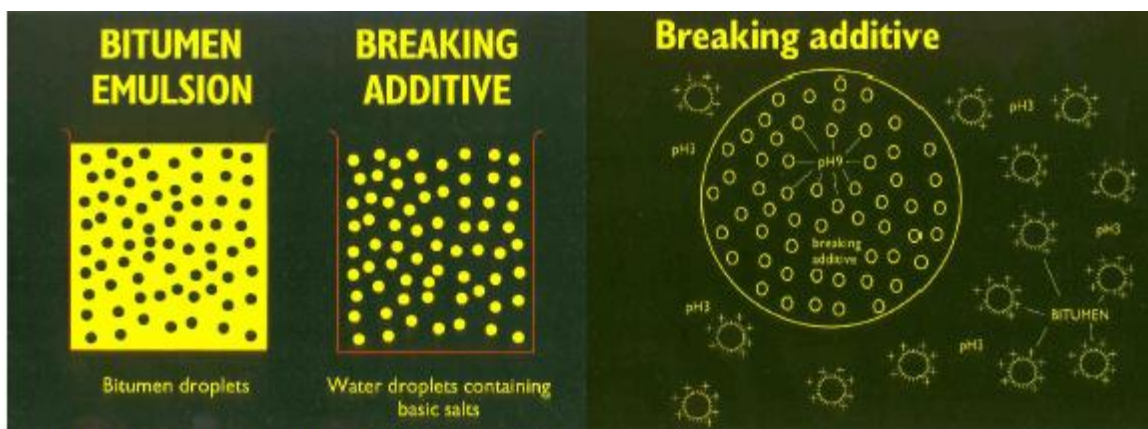
- Kontroll av brytning
- Kontroll av viskositet
- Kontroll av koalescence
- Användning av hårda bindemedel
- Användning av filler
- Avgång av vatten
- Ingen användning av lösningsmedel
- Reaktivitet mot stenmaterial

Kontroll av brytning

Ett bra sätt att få bra läggbarhet på asfaltmassan är att använda emulsioner med hög stabilitet som tål läggning och packning innan brytning sker.

När massan är lagd och packad vill man sedan ha en effektiv brytning så snart som möjligt. Det skulle kunna vara någon typ av brytadditiv med fördröjd effekt eller en emulsion som är känslig för tryck, så att den bryter när välten packar asfalten. Ett exempel på ett sådant additiv utvecklades av Nynäs för ca 20 år sedan (Fig 4). Additivet blandas i emulsionen omedelbart innan den blandas med stenmaterialet. När asfaltmassan är lagd och packad startar brytningen. Additivet består av en invert emulsion, en emulsion där vatten är emulgerat i olja, där vattenfasen består av ett basiskt salt som neutraliserar syran i en katjonisk bitumenemulsion.

När syran neutraliserats så blir bitumendropparna inte längre positivt laddade och emulsionen bryter. Eftersom det basiska ämnet är emulgerat i olja, blir det en fördröjningseffekt som bestäms av den tid det tar för vattenlösningen att diffundera genom oljan och komma ut i bitumenemulsionen.



Figur 4. Brytadditiv med fördröjd funktion

Kontroll av viskositet

Om man ska göra en asfalt med hög kvalitet så behövs en relativt hög bindemedelshalt, 5-6% bitumen. Eftersom bindemedlet tillsätts som emulsion med kanske 65 % bindemedel och resten vatten blir mängden tillsatt vätska stor. Det finns då en risk att en del av emulsionen helt enkelt rinner ut ur massan och lägger sig i botten, eller i värsta fall rinner ut i diket.

För att förhindra det behöver man göra en emulsion med hög viskositet, men utan att försämra läggbarheten. Idealet är att göra den tixotrop (lättflytande vid bearbetning, trögflytande vid stillastående). Exempel på sådana additiv kan man hitta från färgteknologin, t.ex. ”associativa förtjockare” Fig. 5.

Kontroll av koalescens

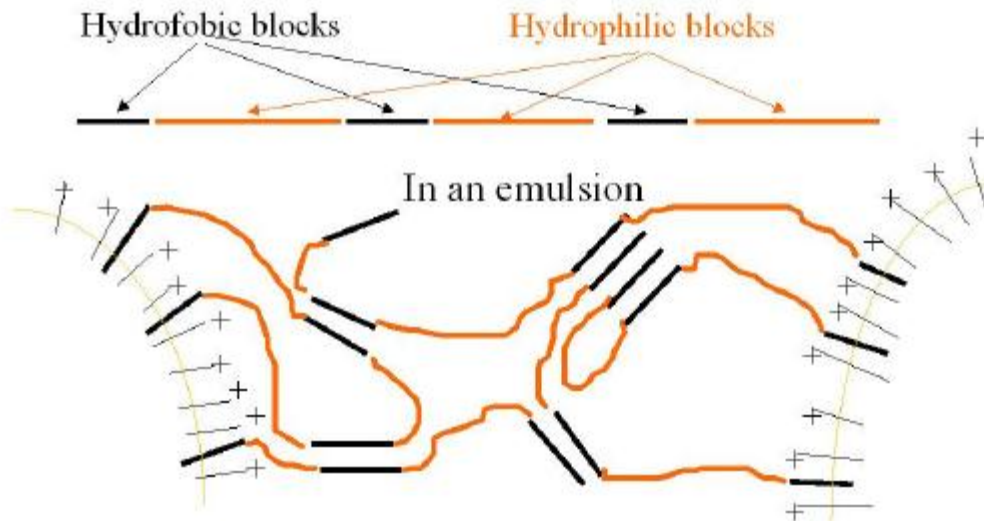
Koalescens är sammansmältningen av bitumendropparna till en kontinuerlig bindemedelsfilm. Om man använder ett vanligt bitumen t.ex. 70/100 så är bitumendropparna i emulsionen ganska hårda vid rumstemperatur. Men för att få full styrka i vägen räcker det inte med att emulsionen bryter, utan dropparna måste flyta samman (koalescera) vilket kan ta mycket lång tid vid rumstemperatur och ännu längre om vädret är kallt.

Visserligen bidrar vältningen till att knåda ihop bitumenkulorna och på det sättet åstadkomma koalescens. Men en bättre metod att förbättra koalescensen på ett kontrollerat sätt skulle göra det ännu snabbare och säkrare att uppnå full styrka på en väg byggd med kallteknik.

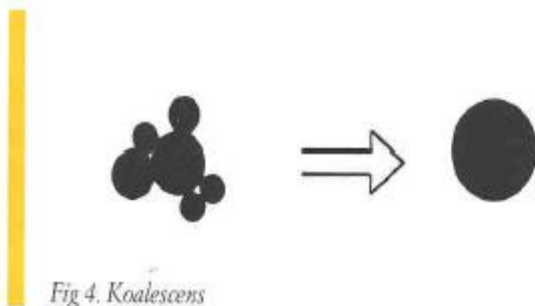
I Figur 6 visas ett försök att studera koalescens mellan två droppar som genererat på toppen av två kapillärrör och som sedan bringats i kontakt. I figuren visas att det kan ta upp till 3 dagar innan dropparna har smält samman.

Fig 5 och 6 Forskning om emulsioner 31/10/2011

Principle of associative thickening



Figur 5. Principen för associativa förtjockare.



Figur 6. Koalescens av bitumendroppar

4.1.5. COALESCENCE OF T417-96 Bitumen coalescence at room temperature

The images for the first contact of two drops of T417-90 bitumen at 5/6/2009 is shown in fig.16(a).



Fig 16 (a) two drops after time zero

And the final image is indicated in fig 16(b) showing complete coalescence.



Fig 16 (b) two drops after 3 days coalescence

Användning av filler

I en vanlig varmasfalt så blir fillern fördelad som ett fyllmedel i bindemedlet vid asfalttillverkningen. Vid tillverkning av kallasfalt så får man inte samma fördelning av fillern i bitumenet eftersom det har för hög viskositet för att dispergera fillern.

I stället gör fillern att emulsionen bryter snabbare. Det beror på att fillern har en relativt stor yta som absorberar emulgatorn från bitumenemulsionen. Om tillräckligt mycket emulgator absorberas på fillerytan räcker inte emulgatorn för att hålla emulsionen stabil utan den bryter i förtid. Det betyder att läggbarheten av kall asfaltmassa kan vara väldigt känslig för mängden filler i stenmaterialet.

Avgång av vatten

När emulsionen bryter så frigörs vatten. Om vattnet samlas i fickor inne i asfalten eller om vattnet fäster på stenytorna kan det orsaka att asfalten får sämre hållbarhet än en motsvarande varmasfalt. Dessutom kan inneslutet vatten göra att asfalten blir känslig för frostsprängning under vinterdagar med temperaturer under fryspunkten. Med rätt styrning av brytningsprocessen kan man få vattnet att separera effektivt från bitumen så att bitumenet bildar en kontinuerlig film.

Ingen användning av lösningsmedel

Ett mycket bra och ofta använt additiv som både förbättrar koalescensen och vidhäftningen mellan sten och bitumen är nafta (kerosene). Nafta klassas som vådlig och miljöskadande och är inte önskvärd i framtida produkter, varför det är viktigt att den ersätts med mer miljövänliga additiv.

Reaktiviteten mot stenmaterial

Det gör att emulsionen behöver vara "överstabiliserad" för att göra det säkert att man inte får för mycket brytning även om fillerhalten varierar inom det stenmaterial man använder för vägkonstruktionen. Samtidigt är det viktigt att ha en stark absorption på stenytan, för det är den som ger asfalten bra vidhäftning och tålighet mot vatten.

Framtid

I en framtid där det är viktigt att hushålla med energi och jordens resurser är det ingen tvekan om att kallteknik kommer att spela en viktig roll. Den tvekan som tidigare funnits har till stor del försvunnit, men det är väl bekant att utvecklingen inom vägbyggnad går mycket långsamt. Det beror både på en väl utbyggd infrastruktur som bromsar nyutveckling samt en allmänt utbredd konservatism. Det finns dock många faktorer som kommer att driva utvecklingen mot mer användning av kallteknik:

- Omsorg om hälsa och miljö
- Enkelhet
- Flexibilitet
- Ekonomi
- Energibesparingar

En illustration till hur enkelt det är att tillverka kallmassa jämfört med konventionell varmassa får man när man jämför komplexiteten hos ett kallasfaltverk, (Figur 6) som är mobilt och kan ställas upp nära bygget för att minimera transporter, och ett varmasfaltverk.

Kallasfalt med relativt hög kvalitet kan tillverkas med dagens teknik, men genom mer satsning på forskning och utveckling kommer vi att få se en kallteknik som är minst lika bra som dagens varmteknik, men som kräver mindre energi och kortare transporter.

Figur 6



Bilaga 2 - Alkalisilikareaktiv ballast i kallbunden asfalt.

Uppdraget: På uppdrag av NCC Roads AB, Roger Lundberg, har BGU AB granskat petrografiska metoder för bedömning av ASR reaktivitet och gränsvärden samt rekommendation till fortsatt provning inom SBUF projektet.

Vad är ASR (alkalisilikareaktivitet)?

Alkalisilikareaktion i betong kommer då reaktiv kvarts i betongballast och reagerar med basiska alkalina porlösningar i betongpastan. Reaktionen resulterar i bildandet av ett kraftigt svällande alkalisilikagel vilket spräcker upp betongkonstruktionen. Reaktionen beror i grunden på att kvarts inte är stabil vid höga pH värden, kvarts är ett surt mineral. Som stabil icke reaktiv kvarts räknas exempelvis kristallin granitisk kvarts, d.v.s. kvarts utan eller med mycket lite gitterstörningar. Som instabil kvarts räknas kryptokristallin kvarts, gitterstörd kraftigt deformerad kvarts och amorf- opalin kvarts.

Petrografiska metoder för bedömning av ASR:

Bedömning av ett materials alkalisilikareaktivitet kan ske genom förenklad petrografisk analys SS EN 932-3 eller RILEM AAR1.

Beskrivning av förenklad petrografisk analys SS EN 932-3: Vid förenklad petrografisk analys bedöms materialet okulärt. Provet siktas upp i olika fraktioner. Bergarter och mineral sorteras och räknas. Bergarterna beskrivs och bedöms med avseende på glimmerhalt, kvartshalt och alkalisilikareaktivitet. Andelen volym% potentiellt alkalisilikareaktiva bergarter är ASR talet.

Beskrivning av RILEM AAR1: RILEM AAR1 kan utföras på två sätt.

Följande delmoment finns inom metoden. Materialet delas upp i Coarse aggregates >4 mm och Fine aggregates ≤4mm. Coarse aggregates undersöks enligt particle hand separation eller coarse aggregate thin section. Fine aggregate - point counting. Dessa arbetsmoment beskrivs nedan.

Coarse aggregate – particle hand separation. Den petrografiska undersökningen på partiklar > 4 mm kan utföras på samma sätt som i den förenklade petrografiska undersökningen SS EN 932-3, d.v.s. med okulär bergarts och mineral bedömning och handsortering uppdelat i olika fraktioner. Varje bergart beskrivs och bedöms med avseende på alkalisilikareaktivitet. Andelen vol% potentiellt alkalisilikareaktiva bergarter är ASR talet.

Coarse aggregate – Coarse aggregate thin section. Alternativt kan materialet krossas ner och ur det nedkrossade materialet siktas ut en 2-4 mm fraktion för tillverkning av ingjutna tunnslip och petrografisk mikroskopering.

Tunnslip tillverkade ur på detta sätt betecknas ”Coarse aggregate thin section”.

Obs det går inte att krossa ner materialet till < 4mm eftersom man då får ett alltför flisigt material för petrografisk mikroskopering.

En nackdel med coarse aggregatet thin section är att tunnslipet inte återspeglar produkten då man krossat ner provmaterialet och siktat ut en 2-4 fraktion för petrografisk undersökning.

Dessutom är det svårt att göra bergartsklassificering på små fragment.

Fine aggregate – point counting. Metoden utförs på partiklar ≤ 4 mm.

Vid fine aggregate-point counting metoden tillverkas ingjutna tunnslip för mikroskopering i petrografiskt polarisationsmikroskop på fraktionerna 2-4 mm och 0-2 mm eller alternativt 1-2 mm. Point counting (punkträknningen) kan utföras på två olika sätt, WP eller AC. WP är "whole particle analysis on what is under the cross hairs" och där AC är "actual constituent under the cross hairs". Vid WP metoden bedömer man fragment och vid AC metoden bedömer man mineral. Generellt gäller att WP metoden ger ett högre ASR tal jämfört med AC metoden.

Om provmaterialet omfatta fraktioner både <4 mm och > 4 mm tillämpas både particle hand separation och/eller point counting och om provmaterialet utgörs av fraktioner ≤ 4 mm tillämpas point counting och om provmaterialet utgörs av fraktioner > 4 mm tillämpas particle hand sorting och/eller point counting i tunnslip.

Vid bedömning av alkalisilikareaktivitet enligt RILEM AAR1 klassificeras partiklarna, både i coarse > 4 mm och fine aggregates ≤ 4 mm, enligt följande.

ASR 1. Mycket troligt inte alkalisilikareaktiv partikel.

ASR 2. Trolig alkalisilika alkalisilikareaktiv partikel.

ASR 3 Mycket trolig alkalisilikareaktiv partikel.

Summan av ASR 2 och 3 är ASR talet.

Gränsvärde enligt Svensk standard: Svensk standard SS 137003 (Betong – Användning av EN206-1 i Sverige) anger att ballast som innehåller mindre än 15 vol% alkalisilikareaktiva eller potentiellt alkalisilikareaktiva partiklar betraktas som lågreaktiv.

D.v.s. gränsen mellan lågreaktiv och potentiellt reaktiv ballast ligger vid ASR talet 15.' Detta gränsvärde gäller för samtliga metoder.

Om ASR talet är över 15 ska materialet provas (om det ska användas i fuktig miljö) enligt RILEM AAR2 eller RILEM AAR3.

RILEM AAR2 är ett ultra-accelerande bruksprismatest där den ingjutna ballasten förvaras i en 1.0 M NaOH-lösning i 80°C under 28 dagar. RILEM AAR3 är ett långtidstest.

De petrografiska undersökningarna påvisar potentiellt alkalisilikareaktivt material, medan bruksprismornas expansion ger ett mått på ballastens potentiella alkalisilikareaktivitet. Gränsvärdet för AAR2 är en maxexpansion på 0,25 %.

Gränsvärdet ASR talet 15 kommer från en preliminär RILEM rapport från 2002 vilken CEN, den Europeiska standardiseringskommissionen tog som varande sanning. I dag är det enbart Sverige och Norge som tillämpar ASR talet 15 som gränsvärde enligt uppgifter från Björn Lagerblad CBI.

Rekommendation till provning av ASR i asfalt:

Metoden med förenklad petrografisk analys på fraktioner >4 mm och mikroskopering av ingjutna tunnslip på 2-4 och 0-2 mm fraktionerna bör även fortsättningsvis användas.

Bedömt alkalisilikareaktivt material bör dessutom testas enligt RILEM AAR2

Bilaga 3 – Run off – Wash off

Metodbeskrivning

Titel: Run off-Wash off: Bedömning av kallmassa enligt Nynas AB Revision nr: 2

1. Orientering

Denna metod är avsedd att ge ett mått på hur snabbt emulsionen bryter och hur beständig massan är för regn. Metoden bedömer också täckningsgraden och hållfastheten för en kallmassa.

2. Sammanfattning

En asfaltmassa tillverkas för hand på laboratorier, från lab. Blandare eller tas ut framför skriden på läggaren. Massan hålls i en tratt och får stå i en timme. Därefter hålls vatten över massan. Stenens täckning bedöms efter Wash off samt dagen efter. Massans hållfasthet bedöms dagen efter.

3. Utrustning

- Våg med noggrannhet; 0,1 g
- Plasttratt med nät; 200 mm diameter
- Plastburk; 1 liter
- Stålspatel
- Aluminiumformar; 450 ml alternativt 0,5 liters plåtburk
- Värmeskåp; reglerbart till minst 110°C
- Tidtagarur
- Mikroskåp

4. Utförande

4.1. Provberedning

4.1.1. Handblandning

Väg upp 500g stenmaterial, håll bestämd vattenmängd över stenmaterialet och rör om med spateln tills vattnet är jämnt fördelat. Tillsätt därefter emulsionen (2 % brytadditiv räknat på emulsionsmängd blandas i emulsionen före tillsats till stenmaterial) och rör om i 2 minuter.

Emulsionstemperatur vid blandning ca 60°C.

4.1.2. Från lab. blandaren:

Ca 500 g representativt prov av blandad massa uttages

4.1.3. Asfaltläggare:

Ca 500 g representativt prov av blandad massa uttages

4.2. Run-off

Häll blandningen i plasttratten, med en vägd folieform (plåtburk) under.

Låt blandningen stå helt stilla i 30 minuter, tag sedan bort formen och ställ in den i värmeskåp vid 110°C till vattnet avdunstat. Väg formen när den har svalnat.

Halten Run-off beräknas:

Avrinning; Run-off = avrunnet bindemedel x 100(%) tillsatt bindemedel

4.3. Wash-off

Efter Run-off-testet får blandningen stå ytterligare 30 minuter, därefter hälls 200 ml vatten över blandningen. Tag sedan bort folieformen och ställ in den i värmeskåp vid 110°C över natten.

Halten Wash-off beräknas:

Avtvättning; Wash-off = avtvättat bindemedel x 100(%) tillsatt bindemedel

Run-off och Wash-off beräknas.

4.4. Täckning

Genomsnittlig täckningsgrad i %, samt skrivet omdöme om utseendet.

4.5. Hållfasthet

Omdöme dagen efter enligt skala: Ingen, Dålig, Bra och Mycket bra samt skrivet omdöme om hållfastheten

Bilaga 4 – Workability test

1 ORIENTERING

Denna metod är avsedd att ge ett mått på en asfaltmassas läggbarhet, d.v.s. hur pass duktil massan är efter blandning. Asfaltmassan får inte ha för hög styvhet om den skall kunna formas av läggarens skrid. Genom denna provning av asfaltmassan erhålls ett mått på dess styvhet/duktilitet.

2 SAMMANFATTNING

Viskositeten på asfaltmassa tillverkad i blandare på labb eller blandad i fält bestäms. Detta sker genom att mäta kraften som rakan kräver för att skrapa av översta skiktet av massan. Utrustningen för bestämning av viskositeten kallas för Massaviskositets-Lådan. Viskositeten på massan bestäms efter vissa exakta tider efter påbörjad massablandning. Normalt mäts viskositeten 5 samt 10 minuter efter påbörjad blandning. Efter analys rapporteras massans tillverkningsmetod samt massans recept. Som massaviskositet anges i kg med två värdesiffror, skriverutslaget samt mätförstärkarens topputslag.

3 UTRUSTNING

- Två lådor för mätning av massaviskositet, benämns MV- låda
- Två tröskelplåtar
- Raka
- Rigg för mätning av massaviskositet
- Bottenplåt
- Ram
- Linjär tryckkolv, SKF
- Kraftgivare
- Skridplatta, aluminium 230mm x 300mm x 4mm
- Vattenpass
- Drivenhet för linjär tryckkolv, CAEN 9CR, SKF
- Mätförstärkare, BKI-4-D, Bofors Elektronik
- Integrerande spänningsdelare bestående av 2 st 10 kohms motstånd samt en elektrolytkondensator på 1000 µF.
- Xt-skrivare, Perkin Elmer 561 Recorder
- Spackelspade
- Tidtagarur

Vid provning på laboratorium:

- Blandare med kapacitet om minst 25 kg
- Transportkärl för blandad massa

Vid provning ute på väg:

- Tre plåthinkar om 5 liter

4 KALIBRERING

4.1 Kalibrering, enligt Noggrann kontroll av kraftgivare görs före samt efter en analysserie.

Noggrann kontroll

- Demontera kraftgivaren. Lägga den med stora plattan ned, belasta den med en känd vikt. 5 till 25 kg.
- Vikt (kg): 5,10,25
- Med kraftgivaren obelastad ställs nollnivån in med mätförstärkaren nollinställning (Zero) så att displayen visar 0. Justera skrivaren till 5 % på papperet.
- Lägga 10 kg vikten på kraftgivaren, justera mät förstärkarens känslighet (Range) så att displayen visar 1000. Notera skalutslag på skrivaren samt dess känslighet i mv. Tag bort vikten och kontrollera att i nät-förstärkaren visar 0 med obelastad kraftgivare. Kalibrera därefter med de två övriga vikterna, notera skalutslagen samt skrivarens känslighet.
- Montera kraftgivaren och kontrollera att tryckarmen är vågrät med ett vattenpass.
- Kalibreringen efter provning utförs enligt ovan med det undantaget att Range på kraftgivaren EJ JUSTERAS.

4.2 Kalibrering av skridens hastighet

Skridens längdutslag är 140 mm. Den skall avverka den sträckan på $14 \pm 0,5$ sek. Om den inte gör det kan hastigheten ändras med hjälp av ratten på drivenhetens vänstra sida.

5 PROVNING

Gemensamt för både laboratorium och väg:

- Ställ två My-lådor mot varandra, ställ en tröskelplåt i varje My-låda.
- Fyll data enligt protokoll, se bilaga.

Vid provning på laboratorie:

- Väg upp och blanda material för massa till totalvikt 20 kg, se beskrivning "Stora blandaren".
- Starta klockan
- Påbörja tömningen efter 20 sekunders blandning

Vid provning ute på väg:

- Starta klockan
- Fyll tre 5 liters plåthinkar med massa taget direkt framför läggarens skrid.

Gemensamt:

- Tippa försiktigt träget (hinken) mitt över lådorna så att massan lugnt rinner ner mitt i lådorna. Med en spackelspade jämnas massan försiktigt ut så att den ligger någorlunda plant i lådorna. Drag sedan med plåtskrapan från bakre kanten på lådan över tröskelplåten till lilla facket. Var noga med att inte packa massan, drag flera gånger om det behövs för att få rätt nivå på massan. Tag bort tröskelplåtarna och använd den överflödiga massan till RO-WO kontrollen. Dra isär lådorna och vinkla massakanten mot skriden ca 45 grader.
- Ställ den första lådan i ramen och lägg an skriden så att den inte är belastad mot massan. Kontrollera att skriden inte kan haka i någonstans i lådans kanter vid körning. Om skriden hakar i är risken stor att tryckcellen förstörs.
- Starta skrivaren innan skriden startas. Sätt igång skriden då 5 minuter har gått från tömningen ur blandaren.
- Tio minuter senare upprepas proceduren.
- Alternativt kan massans viskositet vid annan tid än tio minuter mätas.
- Tag toppvärdet från de båda mätningarna och beräkna kraften i skaldelar.

6 BERÄKNING

- Sätt samman en kalibrerkurva av kalibrerresultaten före och efter provning. Glöm inte att ta hänsyn till om olika känslighet använts på skrivaren.
- Tag skrivarens toppvärden från provningen och beräkna ur kalibrerkurvan provens massviskositet i kg.

7 RAPPORT

Ange följande i protokoll och rapport:

- Massans identitet
- Tillverkningsmetod
- Massans recept
- Analystid efter blandning i minuter
- Massaviskositet i kg med 2 värdesiffror.

Bilaga 5 - Vändskak

1. ORIENTERING

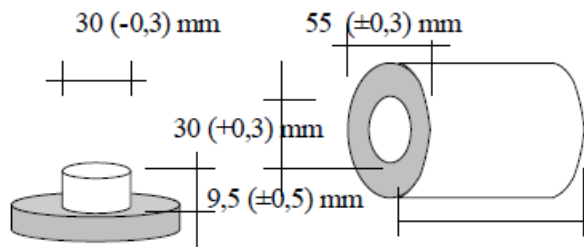
Denna metod är avsedd för att hos provkroppar tillverkade av finbruk bestämma beständighet mot vattenpåverkan. Provningen utförs enligt Metod A (Nötning i Vändskakutrustning) och/eller Metod B (Bestämning av vattenkänslighet genom pressdragprovning - FAS Metod 446). Metoderna kan påvisa mer eller mindre lämpliga stenmjöl för asfalttillverkning.

2. SAMMANFATTNING

Ett stenmjöl torrsiktas upp fraktionsvis och sätts samman till en specifik kornkurva. Stenmjölet blandas med bitumen och eventuella tillsatsmedel och packas i statisk press till cylindriska provkroppar med en diameter av 30 mm och en höjd av ca 27 mm. Dessa uppdelas sedan i grupper där första gruppen utsätts för nötning i Vändskaken efter vattenlagring och/eller de andra två grupperna provas i princip enligt FAS Metod 446. Bortnött material beräknas efter slitage i Vändskak (angett i %) och ITSR-värdet beräknas som kvoten mellan den våta gruppen och den torra.

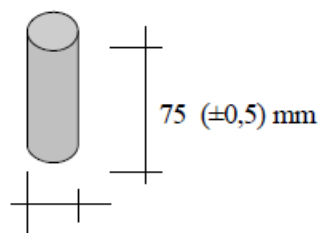
3. UTRUSTNING

- 2 kastruller med lock (porslin/rostfri), volym ca 1200 ml.
- 9 porslinsdeglar med lock, volym ca 150 ml.
- Porslinsmortel, diameter 25 mm, 180 mm lång.²
- Termometer, graderad till 220°C med felvisning på max 0,5°C.
- Värmeplatta, reglerbar till ca 150°C (±5°C).
- Klimatskåp för temperering, 10,0°C (±0,5°C).
- Våg, felvisning max 0,3 g, avläsbarhet på 0,01g.
- Digitalt skjutmått, felvisning max 0,1 mm, avläsbarhet 0,01 mm.
- 2 vattenbad som kan värmas till 40°C (±1°C) och 25°C (±1°C).
- 9 cylindriska provformor med underlagsplatta, se figur 1-4 nedan.

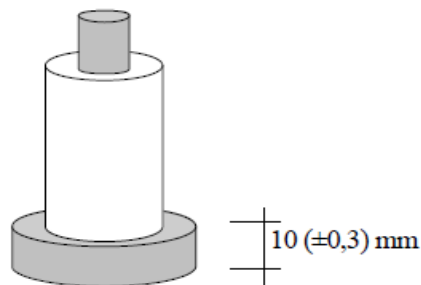


Figur 1 Bottenplatta

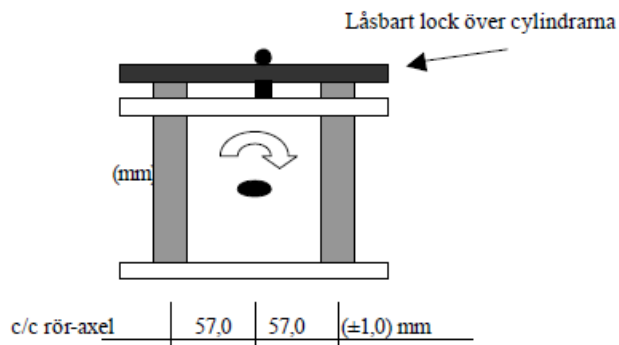
Figur 2 Formcylinder



Figur 3 Tryckstång



Figur 4 Komplet form



Figur 6 Schematisk bild av rörens placering i Vändskaken

- En utrustning för nötning i vatten, t.ex. enligt den s.k. Vändskaken se figur 5.
- Den skall vara utformad så att den uppfyller de villkor som anges i figur 6. Rören skall ha en
- inre höjd av $393,0 \pm 0,5$ mm och en inre diameter av $60,1 \pm 0,1$ mm. Rotationshastighet 20
- varv/min ± 2 varv.

1. Snäckväxel med elmotor
2. Nödstopp
3. Gummikudde
4. Start/Stopp-reglage
5. Räkneverk
6. Skyddsbur
7. Magnetbrytare
8. Pulsgivare
9. Vagga för stålbehållare
10. Stickpropp (frånskiljare)



- Tryckpress med en lastcell på 10 kN – 50 kN, felvisning max 0,05 kN och en lastcell 5 kN, felvisning max 0,005 kN. Avläsbarhet 0,001 kN. Hastigheten inställbar mellan 10,0 och 20,0 mm/min, felvisning ($\pm 0,5$ mm/min). Två uppsättningar pressverktyg, för tillverkning och provning samt utrustning för registrering av brottförloppet enligt FAS Metod 446.

4 PROVBBEREDNING

4.1 Väg upp och blanda stenmaterialet enligt tabell 1 nedan.

Sikt mm	Vikts-%	Vikt (g)
1,0 - 2,0	17	60
0,5 - 1,0	16	56
0,25 - 0,5	22	77
0,125 - 0,25	18	63
0,063 - 0,125	13	44
Siktbottnen - 0,063	14	50
Summa stenmaterial	-	350
Bitumen (70/100)	7,0	24,5
Total vikt	-	374,5

Tabell 1: Stenmaterialkurva för 0-2 mm samt bindemedelsmängd, framräknad mängd för både metod A och B.

Bitumenhalt 7,0 % beräknas på total mängd sten (justering av halt sker mot korndensiteten på stenmaterialet, riktvärde för korndensiteten är 2,66 g/cm³).

4.2 Temperaturen 145-155°C för nedanstående arbetsförfarande är anpassad för bitumen 70/100. För annat bitumen justeras temperaturen enligt FAS Metod 414-01. Värm stenmaterialet i en kastrull vid 145-155°C under 3 timmar. Tag ur en kall bindemedelsburk med en varm kniv ca 30 gram bitumen per blandning och lägg bitumenet i en penetrationskopp. Låt bindemedlet stå kallt tills det återstår 15-20 minuter av stenmaterialets torktid och ställ därefter in bindemedlet i samma värmeskåp som stenmaterialet. En tom porslinskål alternativt rostfri kastrull ställs in vid samma tidpunkt, denna används som blandningskärl. Tag ut blandningskärlet och tarera på vågen, för därefter över den exakta mängden bitumen, flytta över till en förvärmad värmeplatta och blanda i det varma stenmaterialet plus eventuell tillsats under omrörning (knådning) med morteln under ca 3 minuter. Ställ in kastrullen i värmeskåpet igen i 3 minuter och tag därefter ut den på nytt för en andra knådning med morteln på värmeplattan under ca 2,5 minut (homogen blandning). Låt blandningen svalna ner till ca 50°C samt väg och fördela ut 40,0 (±0,2) g massa per degel.

4.3 Tillverkningen av provkroppar bör ske samma dag som blandningen. Ställ in deglarna samt stålformarna i ett värmeskåp med temperaturen 145-155°C. Tag ut den första degeln och formen efter ca 30 minuter och töm mastixblandningen med hjälp av en stålspatel ner i stålformen. Stöt formen kort mot en bordskiva för att erhålla en avjämning och placera därefter formstämpeln i formen. Packa blandningen i den statiska pressen med en hastighet av 20 mm/minut tills lastgivaren registrerar 10 kN. Proceduren upprepas för de övriga 8 deglarna. Allt bör vara klart inom 50 minuter räknat från då den första degeln tas ur värmeskåpet. Forma av provkropparna då de avsvanat till mellan 50-80°C. Detta görs för hand genom att trycka tryckstången försiktigt genom cylindern, med bottenplattan borttagen.

- 4.4 Luftlagra provkropparna under 24 timmar i rumstemperatur. Tag därefter bort eventuella grader på kroppens över- och undersida med hjälp av ett fint sandpapper. Låt provkropparna stå minst 5 men dock maximalt 14 dagar i rumstemperatur. Bestäm skrymdensiteten på samtliga provkroppar enligt FAS Metod 427, samt fördela provkropparna så att om både metod A och B skall utföras, varje grupp om tre får likvärdigt medelvärde och standardavvikelse. Bestäm volymen enligt FAS Metod 448 (V1).

5 PROVNING

5.1 Metod A - Vändskak

- Undersök minst 3 st. provkroppar.
- Placera provkropparna i ett vattenbad med en temperatur på $25 \pm 1^\circ\text{C}$ i 30 minuter, för därefter över dem till en perforerad hylla i vacuumexsickatorn och fyll på med rumstempererat avjoniserat vatten till en nivå av 2-3 cm över provkropparna. Sänk trycket gradvis enligt följande schema under 10 minuters tid:

	Tryck i mbar	Tid i min
Start	~ 1 000 - 750	1
	750 - 500	1
	500 - 350	2
	350 - 200	2
	200 - 100	2
	100 - 67	2
Resttryck	67 ± 3	150

Tabell 2: Trycksänkning i exsickatorn

- Håll resttrycket vid 67 ± 3 Mbar under 2,5 timmar och låt därefter trycket återgå till atmosfärstryck inom ca 45 sekunder. Låt provkropparna ligga under vatten ytterligare en timme i exsickatorn.
- Placera dem sedan i ett vattenbad med temperaturen $40 \pm 1^\circ\text{C}$ under 48 timmar och därefter i ett vattenbad, $25 \pm 1^\circ\text{C}$ under 30 minuter. Väg provkropparna i luft (M1) enligt FAS 427 samt mät volymen enligt FAS 448 (V2) och beräkna svällningen.
- Vändskaken skall stå i ett utrymme som har en rumstemperatur på $18-25^\circ\text{C}$. Fyll vändskakrören med 750 ml vatten/rör, vattentemperaturen skall vara den samma som i rummet och lägg i en provkropp/rör. Sätt på ändpluggarna efter att ha smörjt in o-ringarna med fett vilket underlättar montering/avmontering av dessa.
- Kör Vändskaken i 3600 ± 1 varv. Rören skall ha en rotationshastighet på 20 ± 2 varv/min.
- Töm rören och skölj varsamt av provkropparna under en vattenkran (vattentemperatur $18-25^\circ\text{C}$). Väg därefter provkropparna i luft (M2) på samma sätt som efter vattenlagring och beräkna viktsförlusten.

5.2 Metod B – FAS Metod 446 Vattenkänslighetsindex

Analysen utförs enligt FAS Metod 446 med följande ändringar och tillägg:

- Provningsen utförs på minst 3 st. torra och 3 st. våtlagrade provkroppar.

- Vattenmätta enligt 5.1. Temperera provkropparna i $10 \pm 1^\circ\text{C}$ under 2 timmar.
- Tryckbelasta provet med en hastighet 10 ± 1 mm/min och bestäm brottlasten på 1 N när. Tryckbommarna ersätts med plana plattor i båda ändar.

6 BERÄKNING

6.1 Beräkna svällning efter vattenlagring och viktsförlusten efter vändskak i % enligt följande:

Svällning % = $((V_2 - V_1)/V_1) * 100$, med en decimal.

V₁ = Volym (torr provkropp)

V₂ = Volym (efter vattenlagring)

Viktsförlust % = $((M_1 - M_2)/M_1) * 100$, med två decimaler.

M₁ = Vikt i luft (efter vattenlagring)

M₂ = Vikt i luft (efter slitage i vändskak)

6.2 Beräkna med två decimaler ITSR-värdet enligt FAS Metod 446 och svällning enligt 6.1.

7 PRECISION, EVENTUELL UPPREPNING

Repeterbarhet: Inte framtaget ännu

Reproducerbarhet: Inte framtaget ännu

8 RAPPORT

Rapportera

- a) Att analys utförts enligt denna metod
- b) ITSR -värdet, medelvärde i hela %.
- c) Viktsförlust i vändskak, medelvärde i %, med en decimal.
- d) Svällning efter vattenlagring som medelvärde i % med en decimal