

2016

Energisnåla asfaltbeläggningar

Kalltillverkad asfalt. Etapp 2.



Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Tabellförteckning	4
Figurförteckning	4
1 Projektbeskrivning	5
1.1 Bakgrund.....	5
1.2 Syfte.....	5
1.2.1 FRÅGESTÄLLNINGAR	5
1.3 Omfattning.....	6
1.4 Tidplan	6
1.5 Medverkande	7
2 Laboratoriearbete.....	8
2.1 Laborationer NCC, Umeå	8
2.1.1 INLEDNING.....	8
2.1.2 SAMMANFATTNING AV LABORATIONERNA.....	8
2.1.3 FRAMTIDA PROJEKT.....	8
2.1.4 PROPORIONERING AV MASSAN	8
2.1.5 BESKRIVNING AV LABORATIONSMETODER	10
2.1.6 KORNKURVOR OCH BLANDNINGAR	12
2.2 Resultat.....	13
2.2.1 RESULTAT AV TESTANALYSER.....	13
2.2.2 RESULTATANALYS (MATS LARSSON, BERG & GRUVUNDERSÖK- NINGAR AB)	16
3 Fullskaleförsök.....	18
3.1 Objektets läge	19
3.2 Vägens uppbyggnad	19
3.3 Framtida fältmätningar.....	22
3.4 Resultat fullskaleförsök.....	23
3.4.1 RESULTAT BELÄGGNINGSMASSA – VARM AG 22 GREEN 4,5 % 160/220	24

3.4.2 RESULTAT KORNKURVA OCH BINDEMEDELSHALT - KALL BASE 22	25
3.4.3 RESULTAT FUNKTIONELLA EGENSKAPER.....	26
3.4.4 MILJÖPÅVERKAN	33
4 Slutsatser och kommentarer	34

Sammanfattning

Baserat på erfarenheter från energisnåla beläggningar etapp 1 har material med lågt ASR-tal (alkalisilikatreaktivt ballastmaterial) från Rönnebäcken valts för fullskaleförsök på väg 95 i Boliden.

På laboratoriet har man tillverkat fyra blandningar av typ Base 22:

- 4,8 % emulsion Nymix (basbitumen 70/100) med cement
- 4,8 % emulsion Nymix (basbitumen 70/100) utan cement
- 5,6 % emulsion Nymix (basbitumen 70/100) med cement
- 5,6 % emulsion Nymix (basbitumen 70/100) utan cement

Efter härdning i 60° C i fyra dygn har provkropparna testats med avseende på mekaniska egenskaper. Resultatet visar bra vidhäftning (över 90 %) i samtliga blandningar, Marshallstabilitet ca 20 kN och styvhetsmodul (vid 10° C) mellan 3100 och 4200 MPa.

I fullskaleförsöket jämfördes bundet bärlager:

- Base 22-massan 4,8 % emulsion Nymix
- Referens: AG 22 Green 4,5 % 160/220

Det mjukare bindemedlet 160/220 valdes med anledning av att varmassan åldras under tillverkning och transport, vilket inte gäller för den kalltillverkade massan.

Båda massorna innehöll 30 % granulat.

Vid mjukpunktsanalysen kunde man konstatera att massorna är likvärdiga med avseende på bitumenklassning.

Hålrummet i den kalla massan är högre än i den varma massan.

Styvhetsmoduler vid 2, 5 och 10° C har fastställts för den kalltillverkade massan, men då proverna för den varmtillverkade massan inte var färdigställda kunde ingen jämförelse genomföras.

VTIs undersökning av spårutveckling visar att den kalltillverkade massan har mindre spårtillväxt jämfört med referens.

Genomförd fallviktsmätning påvisar större deflektion i belastningscentrum på den kalltillverkade sträckan.

I rapporten har också en livscykelanalys gjorts på varm- respektive kalltillverkad asfaltmassa. Resultatet visar att den kalltillverkade massan har betydligt mindre miljöpåverkan i form av CO²-utsläpp och energiförbrukning.

Tabellförteckning

Tabell 1 – Proportionering i vikt-%	12
Tabell 2 - Kornkurvor för samtliga blandningar proportionering	12
Tabell 3 - Resultat av mekaniska egenskaper	13
Tabell 4 – petrografisk analys Rönnbäcken	16
Tabell 5 - Miljöpåverkan varm NCC Green Asphalt - kalltillverkad massa.....	33

Figurförteckning

Figur 1- Utarbetad kornkurva Base 22	9
Figur 2 - Mix design.....	9
Figur 3 - Täckningsgrad efter "Run off - Wash off"-test.....	10
Figur 4 - Utrustningen för att tillverka en provkropp via gyratorisk packning.	11
Figur 5- Marshallstabilitet för alla blandningar, medelvärde	13
Figur 6 – Styvhetsmodul vid 10° C för alla blandningar, enskilda värden.....	14
Figur 7 - Utveckling av styvhetsmodulen över tid	14
Figur 8 - Mikroskopisk beskrivning 2/4 mm tunnslip från Rönnbäcken	15
Figur 9 - Varmt mobilt verk, Six-Pack	18
Figur 10 - Kallt mobilt verk.....	18
Figur 11 - Fullskaleförsökets geografiska läge	19
Figur 12 - Referenssträckans väguppbyggnad.....	20
Figur 13 - Försökssträckans väguppbyggnad	20
Figur 14 - Utläggning AG 22 NCC Green (referens)	21
Figur 15 – Utläggning fullskaleförsök Base 22	21
Figur 16 – Utplacering av töjningsgivare	22
Figur 17 - Uttag prov Base 22	23
Figur 18 – Beläggningssmassa varm AG 22 4,5 % 160/220	24
Figur 19 – Arbetsrecept Base 22	25
Figur 20 – Skumning av emulsion vid läggning.....	26
Figur 21 - Mjukpunktsförändring efter utläggning	27
Figur 22 - Hålrum efter utläggning	27
Figur 23 - Styvhetsmoduler efter utläggning.....	28
Figur 24 – Fallviktsmätning	29
Figur 25 – Resultat fallviktsmätning.....	30
Figur 26 - Medianvärde av nollmätning och spårutveckling i mm	31
Figur 27 - Medianvärde av spårutveckling i mm.....	32

1 Projektbeskrivning

1.1 Bakgrund

I de laboratorietester som genomfördes i energisnåla beläggningar etapp 1 har det visat sig att stenmaterial med lågt ASR-tal (alkalisilikatreaktivt ballastmaterial) samt liten specifik yta på filler är lämpligt att använda vid tillverkning av kalla asfaltmassor.

Detta kan vara lösningen på de problem som finns med för tidig brytning vid användande av emulsioner baserade på hårdare basbitumen. För asfaltsbranschen är detta en ny upptäckt, som bör undersökas vidare.

I det fullskaleprojekt som genomfördes under etapp 1 i Göteborg, där en varmtillverkad AG 22-massa 160/220 jämfördes med en kalltillverkad AG 22-massa med en emulsion baserat på 160/220, visade det sig att åldrandet av bindemedlet är betydligt mindre vid kall tillverkning gentemot varm, vilket tekniskt sett ger en längre livslängd.

Styvhetsmoduler vid 10 och 20° C är likvärdig för både kall- och varmtillverkning men vid 5° C ökar inte styvheten lika mycket i den kalltillverkade asfaltmassan som i den varmtillverkade. Detta är en mycket god egenskap för en AG-massa och bör också undersökas vidare i kommande etapp.

Kalltillverkade asfaltmassor baserade på hårdare bindemedel eller verksblandad makadam kan sannolikt användas som bärlager på mer högtrafikerade vägar.

I det fullskaleprojekt som genomfördes under etapp 2 på väg 95 i Boliden jämfördes en varmtillverkad AG 22 Green-massa 160/220 med en kalltillverkad Base 22-massa med en emulsion tillverkad på basbitumen 70/100.

Som nämnts tidigare så åldras en varmtillverkad AG 22-massa under tillverkning och utläggningsprocess, vilket gör att dess egenskaper är att likställa med en kalltillverkad Base 22-massa med en emulsion tillverkad på basbitumen 70/100.

1.2 Syfte

Projektet syftar till att säkerställa de resultat som framkommit i etapp 1 med fokus på brytningsprocessen, ballastens reaktivitet och beläggningsens flexibilitet i bitumenbundna bärlager samt användning av emulsion med hårdare basbitumen.

Vidare kommer vi undersöka om alternativa utläggningsmetoder är möjliga.

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

Med anledning av resultatet från etapp 1, som visar att problemet med snabb brytning har ett samband med stor specifik yta i kombination med högt ASR-tal i finmaterialet, har laboratoriet försökt säkerställa de antaganden som har gjorts tidigare. Detta har skett genom att byta ut ett finmaterial från ett dåligt fungerande stenmaterial mot finmaterial som kommer från täkt med liten specifik yta och lågt ASR-tal.

Den bärlagerkurva som togs fram för Base 22 med emulsion Nymix baserad på basbitumen 70/100 som bindemedel för etapp 1 används också i etapp 2.

Projektet drevs som en jämförande studie där ett varmblandat bärlager jämfördes med ett kallblandat. Under utförandet av provsträckorna genomfördes produktionskontroll med funktionell provning för att dokumentera eventuella skillnader som kan ha betydelse vid senare utvärdering.

Uppföljningen av provsträckorna kommer att inriktas på utvärdering av funktionella egenskaper och kommer att fortgå genom VTIs försorg på uppdrag av Trafikverket.

Förväntat resultat

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

Dessa förväntade resultat ligger i linje med Trafikverkets mål för ökad energieffektivisering och minskade CO²-utsläpp. Projektet ska också ge ett underlag för att införa den nya tekniken i regelverket. VTI har fått uppdraget från Trafikverket att följa upp provsträckor som har lagts med kalltillverkad teknik.

Implementering och demonstration

- Uppföljning av tidigare resultat från etapp 1 med kalltillverkad asfalt
- Utkast av kravspecifikation angående ballastmaterial och utläggningsmetoder
- 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 började 2015 och har pågått fram till och med 2016.

1.5 Medverkande

Entreprenörer

NCC, Peab, Skanska, Pankas och Svevia

Materialtillverkare

Nynäs och Akzo Nobel

Beställare

Trafikverket

Konsult

VTI

Högskola

KTH

Styrgrupp

Projektledning: Roger Lundberg, NCC Industry

Area Manager Sweden: Lars Thunman, Nynas

Teknikansvarig: Lennart Holmqvist, Peab

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

Byggherre: Anders Sundin

Referensgrupp:

Torbjörn Jacobson, Trafikverket

Safwat Said, VTI

Anders Gudmarsson, Peab/KTH

Kenneth Olsson, Skanska

Mansour Ahadi, NCC Industry

Uffe Mortensen, Pankas

Thomas Svensson, Akzo Nobel

2 Laboratoriearbete

2.1 Laborationer NCC, Umeå

2.1.1 INLEDNING

Syftet med laborationerna i Umeå var att ta fram ett fungerande recept på Base 22 med 30 % återvinning och 70/100 som basbitumen.

Mix design utfördes med hänsyn till mängd emulsion, kornkurva och med ett stenmaterial som har låg specifik yta samt lågt ASR-tal.

Funktionella tester utfördes på fyra olika blandningar där den optimala blandningen valdes med tanke på stabilitet och bra vidhäftning. Stenmaterialen som valdes kom från Skanskas täkt i Rönnbäcken och asfaltgranulatet från NCC i Skellefteå. Emulsionen Nymix med basbitumen 70/100 levererades från Nynas.

2.1.2 SAMMANFATTNING AV LABORATIONERNA

Provresultat och proportioneringar redovisas i kapitel 2.1.6 och 2.2.1.

2.1.3 FRAMTIDA PROJEKT

Under laboratorietesterna av olika stenmaterial framkom att brytningsprocessen påverkas av flera andra faktorer än bara den specifika ytan, vilket man bör titta på i framtida projekt. Dessa faktorer är reaktiviteten i ett nykrossat material och makadamens kvalitet, där framför allt porfyrer och kvartsiter ger avrinning av emulsionen och startar brytningsprocessen.

2.1.4 PROPORIONERING AV MASSAN

Baserat på erfarenheter från etapp 1 har material från Skanskas täkt i Rönnbäcken valts till etapp 2.

Ingående material i Base 22 består av:

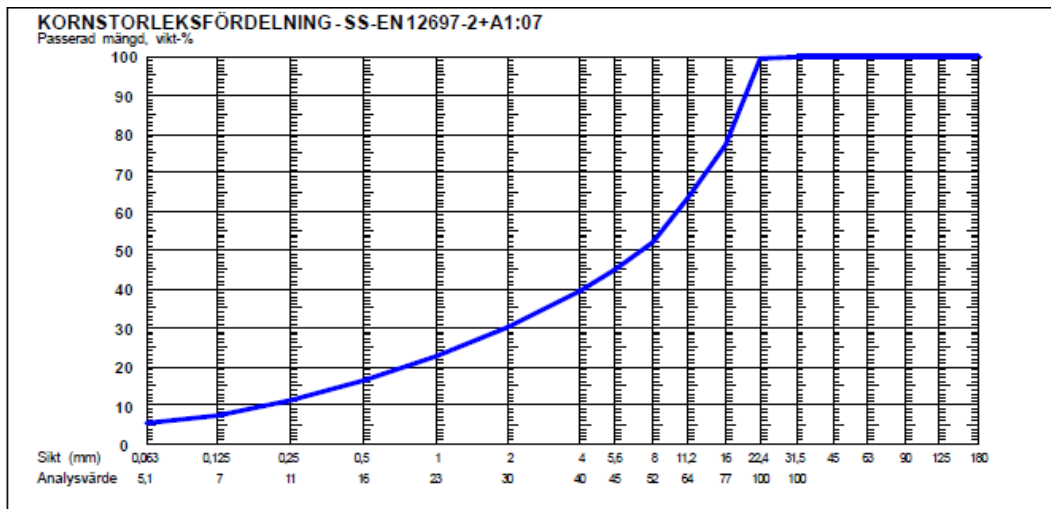
- 40 % bergkross fraktion 0/16
- 30 % makadam av fraktion 16/22
- resterande 30 % av materialet är asfaltgranulat från NCC i Skellefteå

Bitumenemulsionen har levererat från Nynas med basbitumen 70/100.

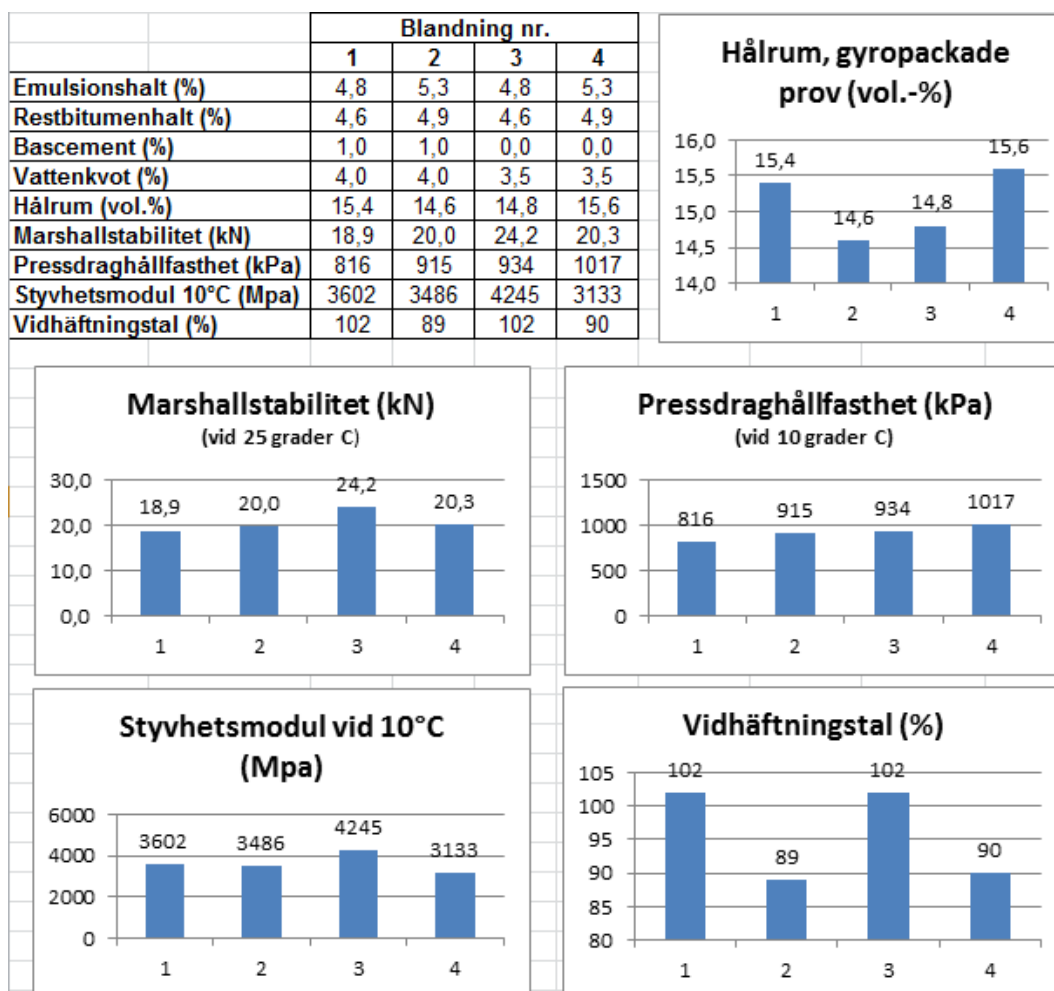
Fyra blandningar har utförts i två grupper. Den ena gruppen består av två blandningar med 4,8 % emulsion med och utan 1 % tillsatt cement, och den andra gruppen består av två blandningar med 5,3 % emulsion med och utan 1 % tillsatt cement.

I en blandning i respektive grupp ersätts 1 % av 0/16-materialet med 1 % cement för att undersöka hur cement påverkar vidhäftning och kohesionsuppbyggnaden i asfaltmassan.

I Figur 1 ses kornkurvan för Base 22-massan och i Figur 2 Mix design.



Figur 1- Utarbetad kornkurva Base 22



Figur 2 - Mix design

2.1.5 BESKRIVNING AV LABORATIONSMETODER

Blandning av material och emulsion följer i princip NCCs laborationsmetoder, vilka beskrivs i följande kapitel.

Proportionering asfaltmassa, ballast, asfaltgranulat, vattenkvot och emulsion
Proportioneringen bygger på erfarenheter från tidigare blandningar/fullskaliga projekt utförda av NCC Industry.

Genom laboratorieförsök har NCC tagit fram en idealkurva för kall AG Base 22. I laboratorieblandningen valdes emulsionshalterna 4,8 % och 5,3 % och kornkurvor så nära NCCs idealkurvor för Base 22 som möjligt. Den emulsion som användes var Nymix (basbitumen 70/100). Före blandning tillsattes 2 % av emulsionsmängden brytadditiv Nybreak till emulsionen.

Blandning stenmaterial och H₂O samt kontroll av täckning

Fukthalten i stenmaterialet måste optimeras för att eliminera negativ inverkan på massans mekaniska egenskaper. I detta försök är bedömningen att ca 4 % fukt i stenmaterialet är optimalt. Stenmaterial och H₂O blandas i ca 30 sekunder.

Tillsättning emulsion samt kontroll av täckning efter 30 sekunder

Till det fuktiga stenmaterialet och asfaltgranulatet tillsattes emulsion som därefter blandades i ytterligare 30 sekunder. Täckning på stenar kontrollerades därefter med Nynas metod "Run off - Wash off" detta visas i Figur 3.

Restbitumenhalten i massan blev (inklusive 30 % asfaltgranulat) 4,6 vikt-% respektive 4,9 vikt-% för de två grupperna.



Figur 3 - Täckningsgrad efter "Run off - Wash off"-test

Gyratorisk packning samt kontroll av brytning efter 120 varv

Cirka en timme efter genomförd blandning tillverkades provkroppar i gyrocompactor, se Figur 4, med vinkel 1,25 grader i 120 varv och 0,6 MPa.

Provkropparna härdades i värmskåp i 60°C under fyra dygn innan analys. 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.



Figur 4 - Utrustningen för att tillverka en provkropp via gyratorisk packning.

2.1.6 KORNKURVOR OCH BLANDNINGAR

Tabell 1 – Proportionering i vikt-%

Typ	Enhet	Grupp 1		Grupp 2	
		0 % cement	1 % cement	0 % cement	1 % cement
Emulsionshalt	%	4,8	4,8	5,3	5,3
Restbitumenhalt	%	4,6	4,6	4,9	4,9
Bascement	%	0,0	1,0	0,0	1,0
Vattenkvot	%	4,0	4,0	4,0	4,0
0-16 Rönnbäcken	%	40	39	40	39
16-22 Rönnbäcken	%	30	30	30	30
Granulat	%	30	30	30	30

Tabell 2 - Kornkurvor för samtliga blandningar proportionering

Sikt (mm)	Idealkurva	4,8 % bitumen		5,3 % bitumen	
		0 % cement	1 % cement	0 % cement	1 % cement
31,5	100	100	100	100	100
22,4	100	100	100	100	100
16,0	77	77	77	77	77
11,2	64	64	64	64	64
8,0	52	52	52	52	52
5,6	45	45	45	45	45
4,0	40	40	40	40	40
2,0	30	30	30	30	30
1,0	23	23	23	23	23
0,5	16	16	17	16	17
0,25	11	11	12	11	12
0,125	7	7	8	7	8
0,063	5,0	5,1	6	5,1	6

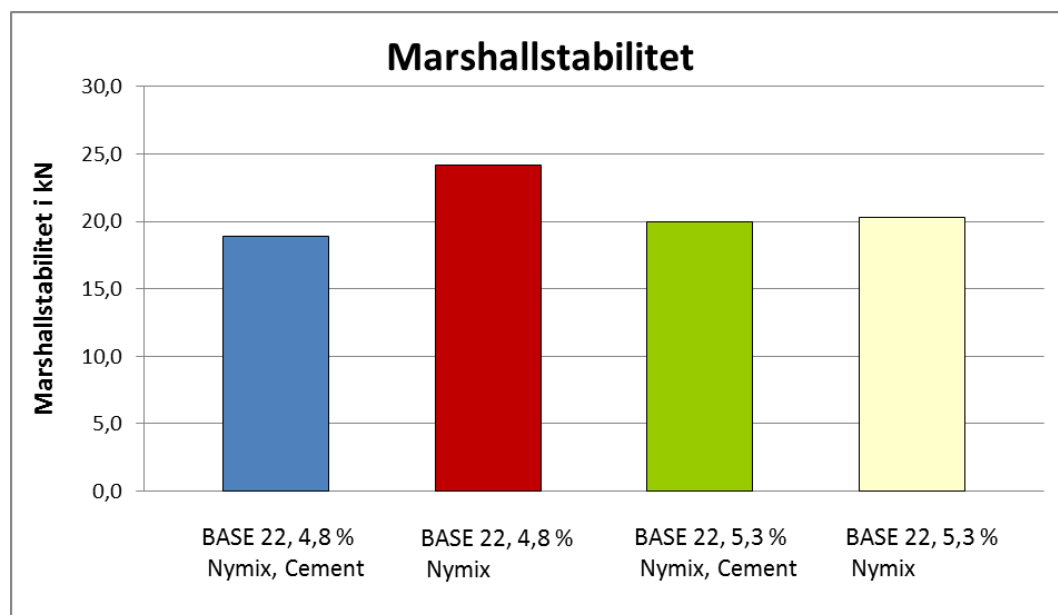
2.2 Resultat

2.2.1 RESULTAT AV TESTANALYSER

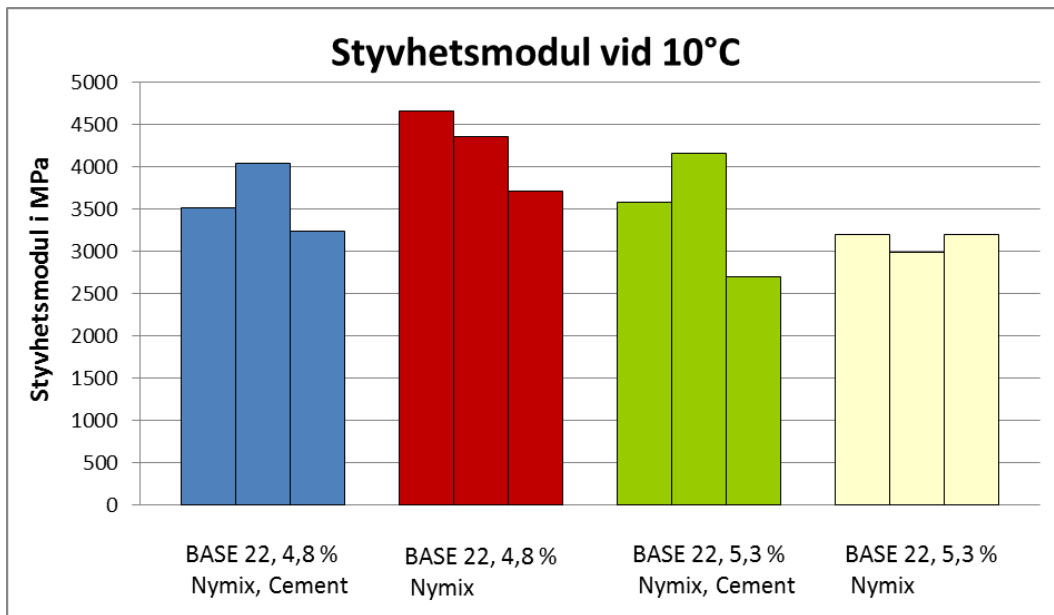
Provkropparna innehöll 4,8 % respektive 5,3 % emulsion (Nymix) och 2,0 % brytadditiv (Nybreek, % av tillsatt mängd emulsion) samt 4,0 % H₂O. Samtliga provkroppar har härdats i 60° C i fyra dygn enligt metod TDOC 2014:0147.

Tabell 3 - Resultat av mekaniska egenskaper

	Enhet	Grupp 1		Grupp 2	
		0 % cement	1 % cement	0 % cement	1 % cement
Kompaktdensitet, vattenmetoden +25° C	kg/m ³	2558,0	2540,0	2552,0	2532,0
Skrymdensitet, skjutmått	kg/m ³	2179,0	2148,0	2153,0	2163,0
Hålrums halt	Vol-%	14,8	15,4	15,6	14,6
Vattenkvot	%	4,0	4,0	4,0	4,0
Marshallstabilitet	kN	24,2	18,9	20,3	20,0
Pressdraghållfasthet	kPa	934	816	1017	915
Styvhetsmodul 10° C	MPa	4245	3602	3133	3486
Vidhäftningstal	%	102	102	90	89

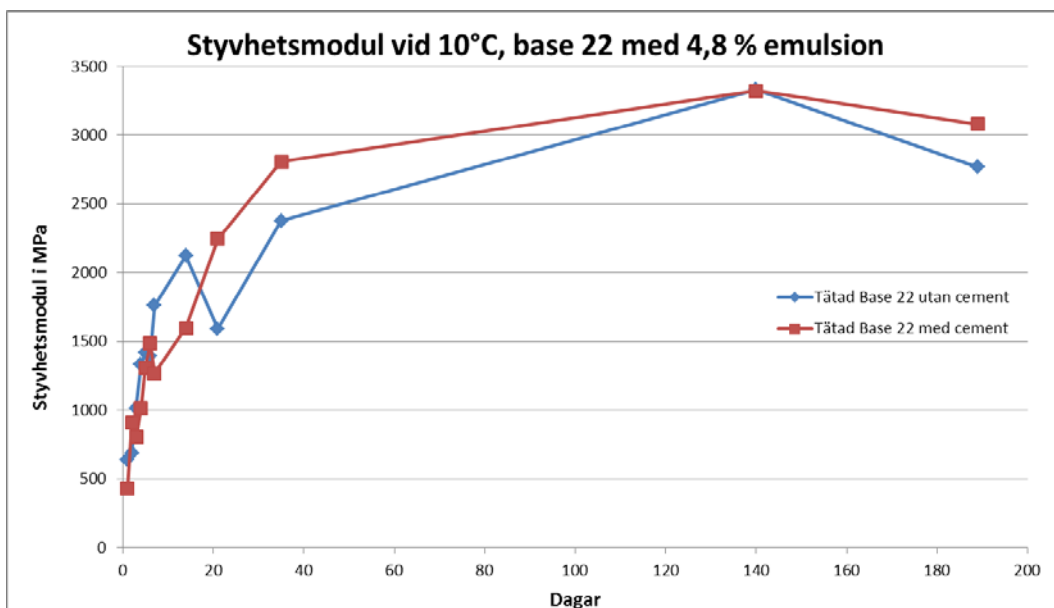


Figur 5- Marshallstabilitet för alla blandningar, medelvärde



Figur 6 – Styvhetsmodul vid 10° C för alla blandningar, enskilda värden

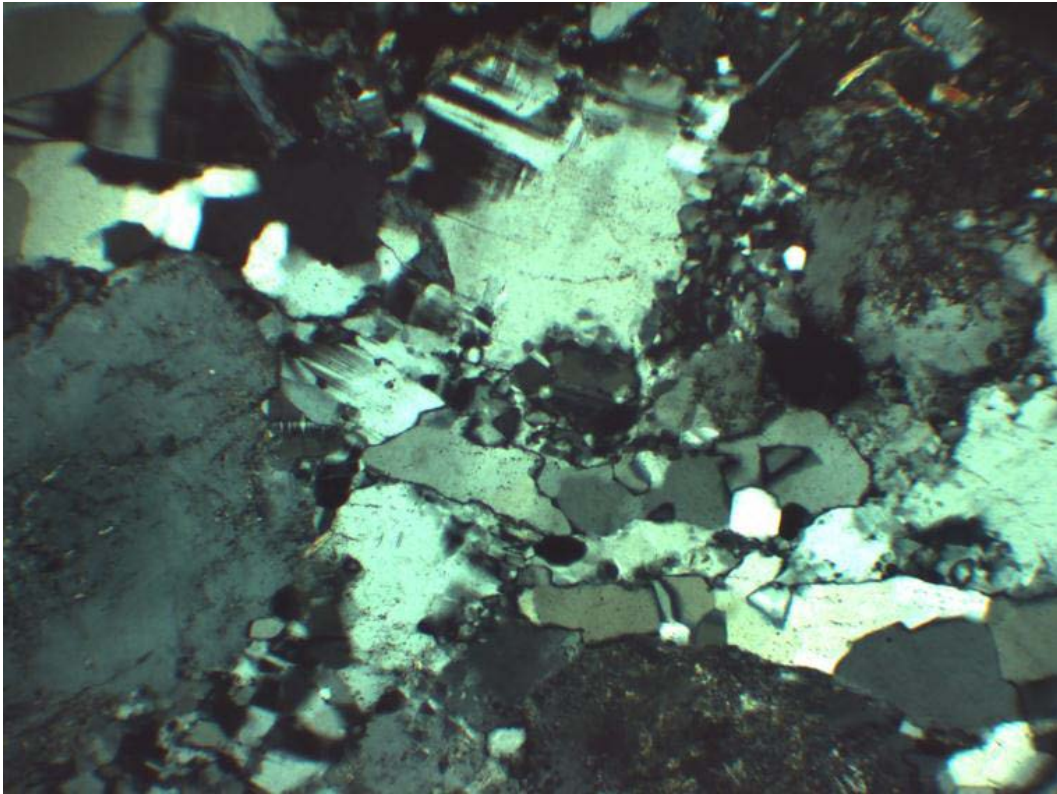
Utifrån laboratorieresultatet utfördes vidare undersökning beträffande kohesionsuppbyggnaden av asfaltmassan genom att följa hur styvhetsmodulen förändrades över tid. Detta utfördes på massan med 4,8 % emulsion. Resultatet pekar på att styvheten ökar markant under de första veckorna för båda massorna med och utan cement. Resultatet visar att man når full styvhet efter ca 140 dagar oavsett om man tillsätter cement eller inte. Med tanke på livscykel och miljöbelastning beslutades att inte använda cement i projektet. Detta redovisas i Figur 7.



Figur 7 - Utveckling av styvhetsmodulen över tid

Petrografisk analys (ASR)

Petrografisk analys utfördes av 2/4 mm tunnslip på material från Rönnbäcken, se Figur 8, som är av bergarten metagranodiorit. ASR talet har noterats till 20,5 % vilket inkluderar även myrmekitbildad kvarts.



Figur 8 - Mikroskopisk beskrivning 2/4 mm tunnslip från Rönnbäcken

Ingående mineraler redovisas i Tabell 4 och rapport petrografisk analys.

Tabell 4 – petrografisk analys Rönnbäcken

Ingående mineraler	Volym-%
Kvarts	36,2
Alkali-/kalifältsspat	16,1
Plagioklas	32,2
Summa Kvarts/fältspat	84,5
Biotit	10,9
Muskovit	1,6
Amfibol	-
Epidot/sericit	1,0
Klorit	1,8
Klacit	-
Zoisit/clinozoisit	-
Opaka	0,2
Accessoriska	+
Summa räknade korn	1002 (två prov)

Specifik yta

Två prover uppsiktat < 0,063 mm har analyserats av Cementa Research AB för bestämning av specifik yta enligt BET-metoden vilket resulterade till 1708 m²/kg och 1587 m²/kg för laboratoriekrossat respektive nykrossat material.

2.2.2 RESULTATANALYS (MATS LARSSON, BERG & 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 omvänd situation med anjonssidan 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 dvs 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 mikrospäckor 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 också 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 anses att ett alkalisilikareaktivt ballastmaterial inte är lämpligt till kallasfalt eftersom 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

Väg 95 Varuträsk - Boliden har en ÅDT på 3000 fordon varav 11 % är tung trafik. Asfalten till objektet är tillverkad med mobilt asfaltverk Six-Pack, se Figur 9, och med NCC Green Asphalt vilket ger en temperatursänkning på ca 30° vilket medför lägre CO²-förbrukning med ca 25 % mot konventionell varm asfalttillverkning. Försökssträckan är tillverkad med ett mobilt kallverk, se Figur 10, specialanpassat för emulsioner med hårt basbitumen.



Figur 9 - Varmt mobilt verk, Six-Pack



Figur 10 - Kallt mobilt verk

3.1 Objektets läge

Fullskaleförsöket är utfört på väg 95 Varuträsk - Boliden se rödmarkerat område Figur 11. Objektets storlek är 138 524 m² och vägbredden är 9 m varav 136 684 m² är referensyta som är utfört med varm konventionell AG-asfaltmassa och 1 840 m² är utfört med kall Base 22 med basbitumen 70/100 med ett obrutet emulsionssystem.



Figur 11 - Fullskaleförsökets geografiska läge

3.2 Vägens uppbyggnad

Efter fräsning ner till befintlig IM har referenssträckan 55 mm AG 22 Green med 4,5 % 160/220 och med 30 % återvinning lagts. På den 400 m långa försöksträckan lades 55 mm kall Base 22 med 4,8 % emulsion Nymix (basbitumen 70/100 och en restbitumenhalt på 4,6 %) och med 30 % asfaltgranulat.

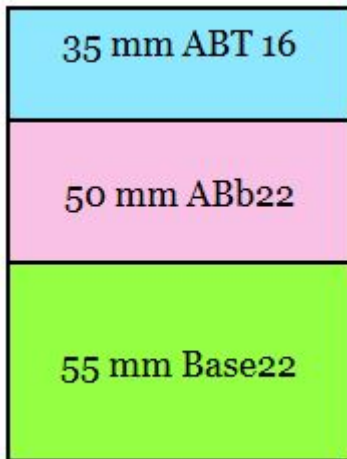
Därefter utfördes ett bindlager av typ ABb 22 160/220 Green och slutligen ABT 16 160/220 som slitlager på båda konstruktionerna.

I samtliga massatyper användes 30 % granulat förutom för slitlagret som innehåller 20 % granulat.

Konstruktionernas uppbyggnad visas i Figur 12 och Figur 13.



Figur 12 - Referenssträckans väguppbyggnad



Figur 13 - Försökssträckans väguppbyggnad

Utläggning av fullskaleförsöket och packning av massan visas i Figur 14 och Figur 15.



Figur 14 - Utläggning AG 22 NCC Green (referens)



Figur 15 – Utläggning fullskaleförsök Base 22

3.3 Framtida fältmätningar

VTI har placerat ut töjningsgivare både på referensytan och på provsträckan för att över tid mäta töjning från trafiken. Dessa kommer att läsas av en gång per år. Töjningsgivarna ligger i underkant av AG-lagren, se Figur 16.



Figur 16 – Utplacering av töjningsgivare

Dessutom kommer VTI under ett antal år framöver kontrollera stabilitet, styvhetsmoduler, utmattning och spårbildning.

I samband med detta kommer man också att titta på bindemedlets egenskaper och dess förändring med avseende på oxidation. En jämförelse kommer ske mellan kalltillverkad och varmtillverkad AG - i detta fall NCC Green Asphalt.

3.4 Resultat fullskaleförsök

Prover på asfaltmassan togs ut vid utläggningsplatsen både för referensmassan och för försöksmassan, se Figur 17.



Figur 17 - Uttag prov Base 22



3.4.1 RESULTAT BELÄGGNINGSMASSA – VARM AG 22 GREEN 4,5 % 160/220



RAPPORT

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

Provningsnummer 1410443

LEVERANSKONTROLL Beläggningssmassa		Sidan 1 av 1																		
Beställare Sixpack, mobilt asfaltverk, NCC Roads AB Jan Wikström Splintvägen 5 831 72 OSTERSUND	Provtagningsdatum 2014-05-20 Ankomstdatum 2014-05-21	Analys start 2014-05-21 Analys slut 2014-05-22																		
Produkt AG 22 160/220 GREEN Leverantör Sixpack, mobilt asfaltverk, NCC Roads AB Entreprenör NCC Roads AB Objekt väg 35 - Väg 805	Referens nr Provtagningsplats Provtagare JN Märkning vägg - L 102 A	id-nummer 																		
KORNSTORLEKSFÖRDELNING - SS-EN 12697-2+A1:07 Gränslinje Passerad mängd, vikt-% AG 22 enligt WTBT / TRVKB																				
Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	46	63	90	125	180	Bindem.halt	
Arbetsrecept	5,0	13	27					55				99							4,6	
Analysvärde	5,6	13	26					56				98							4,8	
Avvikelse	-0,4	0,3	-1,1					0,7				-1,2							0,1	
Provresultat																			Medel-värde	Recept
Kommentar																			4,8	4,6
SS-EN 12887-1 Löslig bindemedelhalt (vikt-%)																				
Notering Provkartongerna var kalla (<80°C) vid ankomst till Umeålaboratoriet. Asfaltmassan hanteras därför som konventionellt tillverkad massa.																				

Figur 18 – Beläggningssmassa varm AG 22 4,5 % 160/220

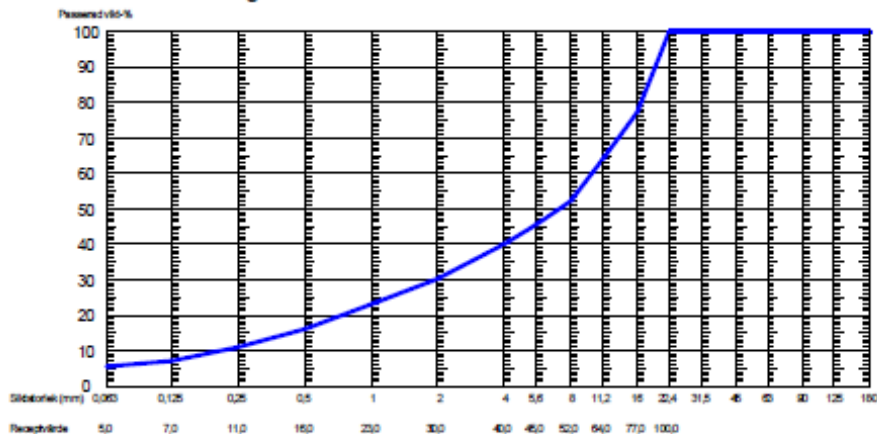
3.4.2 RESULTAT KORNKURVA OCH BINDEMEDELSHALT - KALL BASE 22

Kornkurva på kall Base 22-massa med en emulsion baserat på basbitumen 70/100 med 4,8 % bitumen visas i Figur 19. Det är viktigt att kallmassan tillverkas på rätt sätt för att uppnå den förväntade egenskapen. När massan har fått rätt konsistens, skummar emulsionen vid läggning som visas i Figur 20.



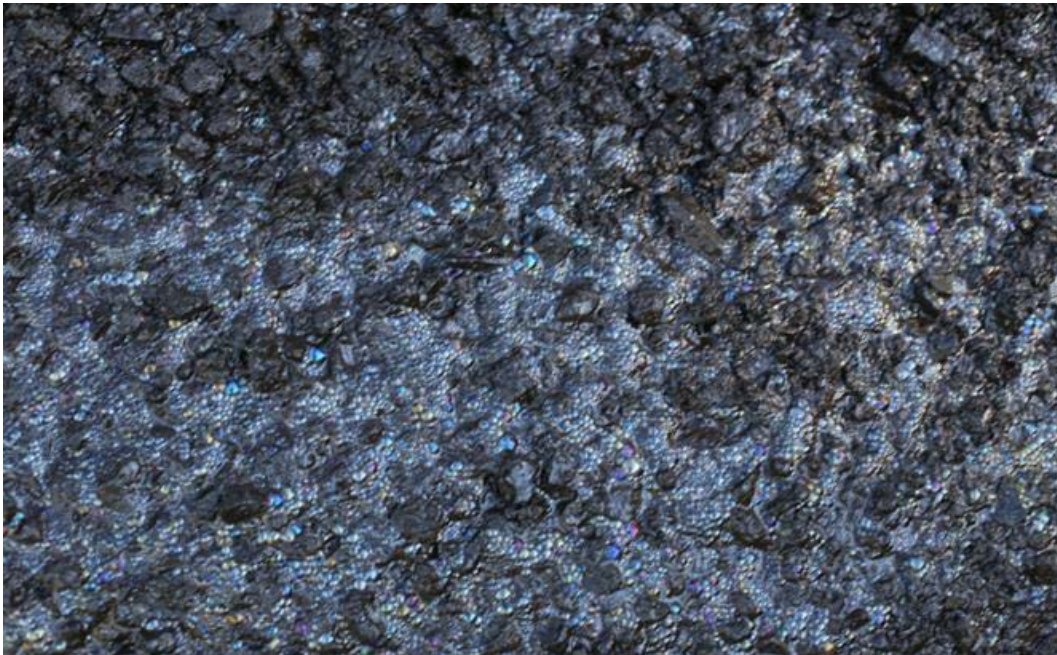
Arbetsrecept Beläggningssmassa		Beställare	T.o.m datum
Produkt BASE 22, Nymix		Trafikverket	
Leverantör NCC Roads AB		Entreprenör NCC Roads AB	
Objekt Väg 95 - Väg 805		Fr.o.m datum 2014-05-30	
Stenmaterial	Skanska, Rönnbäcken	Notering	
Leverantör		Ingående material	
Kornensitet (g/cm ³)	2,71	30 % 22,4 RA 0/11, Mjukpunkt 62,8°C, B-halt 4,5%	
Flakighetsindex (FI)	20	40 % Bergkross 0/16 (Skanska, Rönnbäcken)	
Micro-Deval värde (Mde)	10 (10 - 14 mm)	30 % Makadam 16/22 (Skanska, Rönnbäcken)	
Los Angeles värde (LA)	25 (10 - 14 mm)	3,5% Vatten	
Beläggningssmassa / Beläggning		4,8 % Bitumenemulsion av typen Nymix 70/100	
Bindemedelsdensitet (Mg/m ³)	1,015	Restbitumenhalten i färdig produkt beräknas till 4,6%.	
Bindemedelshalt (vikt-%)	4,6		
Tillsatemedel			
Nybreak M (vikt-% av emuls.)	2,0		
Kontrollpunkt	0,063 0,5 2 4 5,6 8 11,2 16 22,4 31,5		
Passerad vikt-%			

Kornstorleksfördelning



Ort och datum
UMEA 2014-05-31

Figur 19 – Arbetsrecept Base 22



Figur 20 – Skumning av emulsion vid läggning

3.4.3 RESULTAT FUNKTIONELLA EGENSKAPER

Tester är utförda beträffande bindemedlets egenskaper, hålrums halt, styvhetsmodul samt fallviktsmätning.

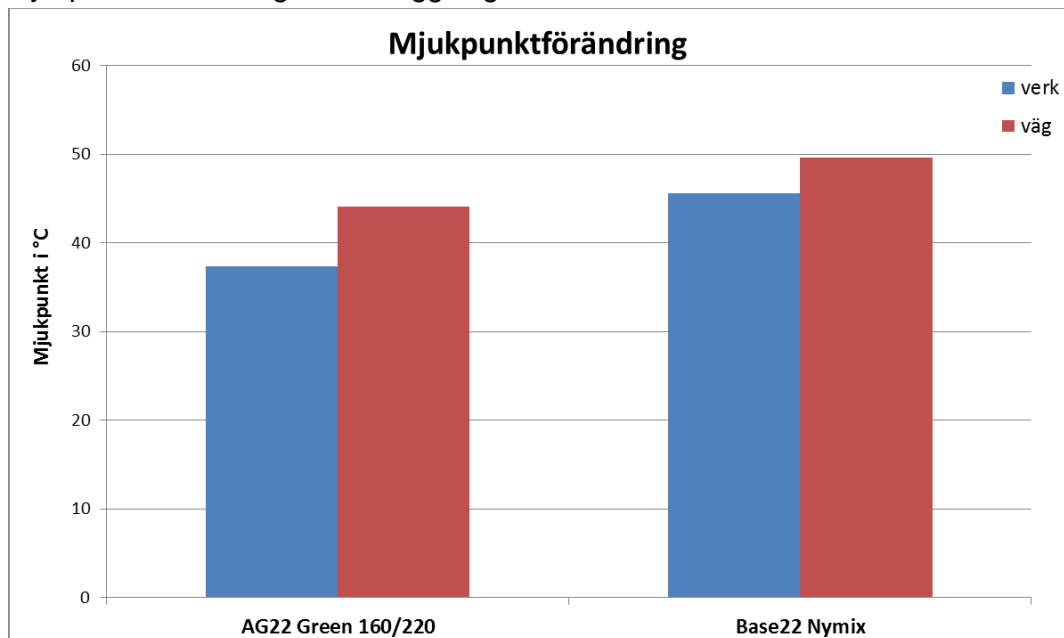
Vid tillverkning av varmasfalt sker en betydlig förhärdning av bindemedlet under blandning, transport och läggning. Bindemedlet i varmasfalt är en blandning av bitumen och finmaterial. I Projektet användes 160/220 som bindemedel i den varma asfalten.

Vid kallteknik får man inte någon motsvarande förhärdning. För att uppnå motsvarande styvhet liknande en konventionell varm AG-massa, valdes två klasser hårdare. Basbitumen i den kallt tillverkade massan Base 22 är alltså en 70/100. Båda massatyperna innehöll dessutom 30% asfaltåtervinning.

Mjukpunktsförändring för AG22 Green Asphalt 160/220 med 30% ÅA blev 7,8°C och för Base 22 kalltillverkat med 30% ÅA blev 3 °C

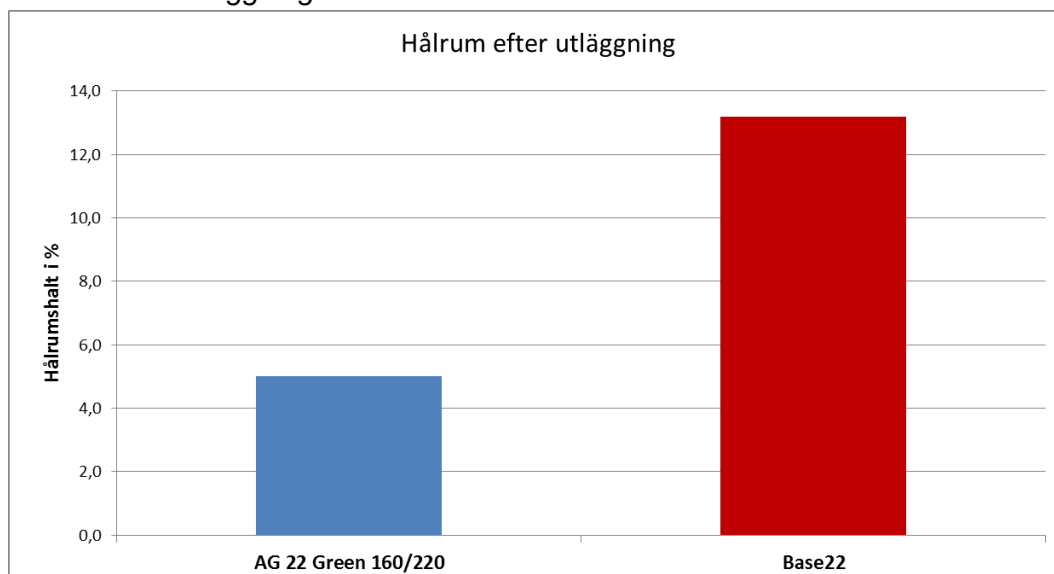
Eftersom den varma AG massan tillverkades med NCC Green uteblev den oxidation som vi normalt sätt brukar få, blev den kalltillverkade Base 22 något styvare än den varma asfaltmassan.

Mjukpunktsförändring efter utläggning



Figur 21 - Mjukpunktsförändring efter utläggning

Hålrum efter utläggning

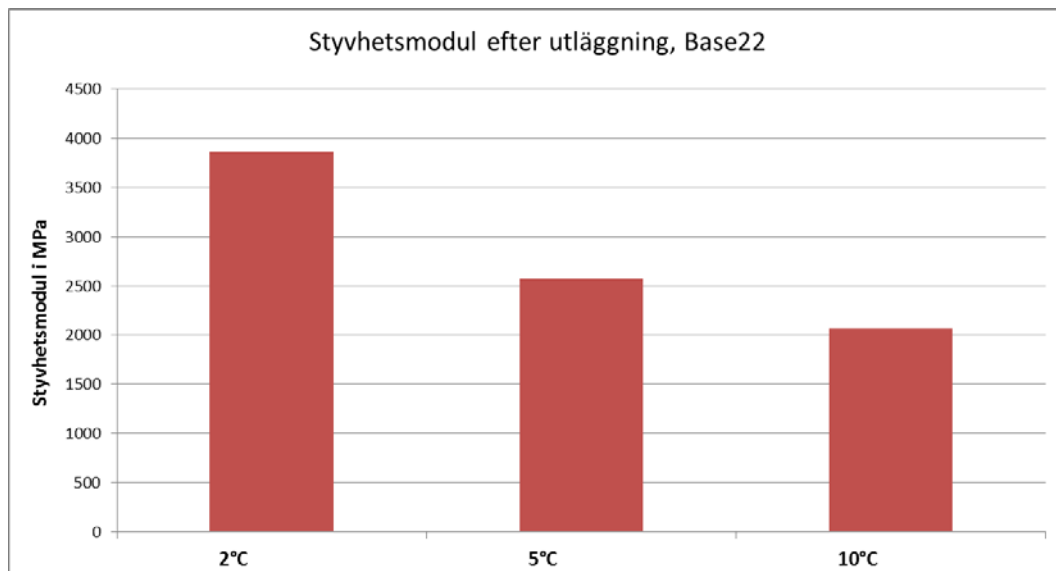


Figur 22 - Hålrum efter utläggning

Styvhetsmoduler efter utläggning

Styvhetsmoduler, se Figur 23, mätta vid 2, 5 och 10° C på borrkärnor från kalla Base 22 efter utläggning visar att kohesionsuppbyggnaden inte är klar om man

jämför med laboratorieförsöken som utfördes på styvhetsmoduler efter 140 dagar.



Figur 23 - Styvhetsmoduler efter utläggning

Styvhetsmoduler efter ett år

Hösten 2015 borrades nya prover för att titta på styvhetsmoduler för att se skillnad mellan varm AG, kall AG och Base 22. Styvhetsmodulerna vid 10⁰ C för referensmassan AG 22 är i snitt 5 906 MPa och för kall Base 22 5 965 MPa, vilket kan ses som likvärdigt.

Nya borrprover är tagna hösten 2016 som skall analyseras vintern 2016-2017. Där ska man även titta på bindemedlets egenskaper och eventuella förändringar. Dessa tester kommer att utföras av VTI.

Fallviktsmätning

Fallvikts- och profilmätning på båda sträckorna har utförts av VTI på uppdrag av Trafikverket med deras mätbil som visas i Figur 24.

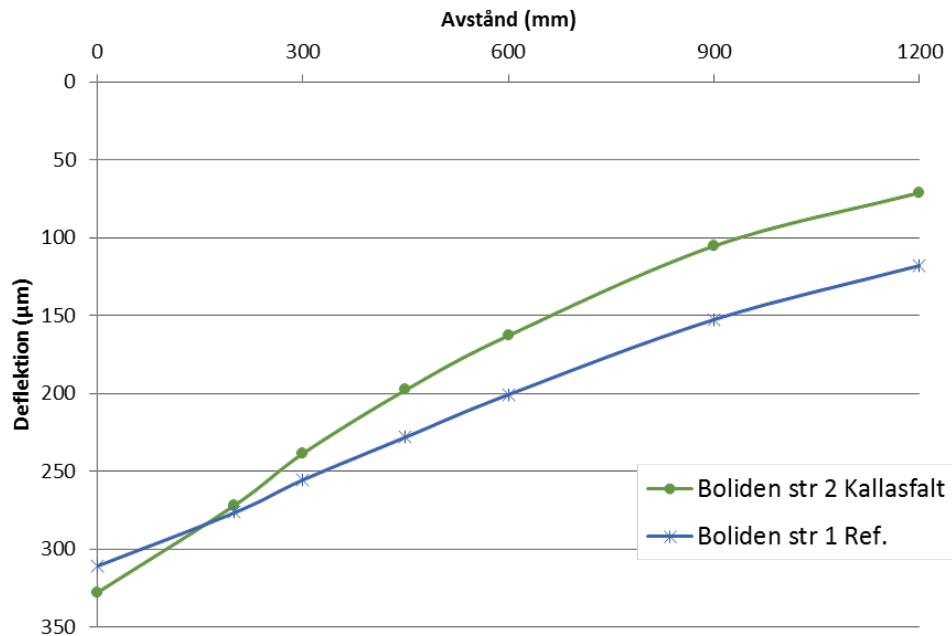
Av Figur 25 framgår att deflektioner under plattans belastningscentrum på Base 22-lagret är något större än på AG 22-lagret. Detta bekräftas av deflektionsprofilen på referenssträckan med AG 22 och den kalltillverkade sträckan med Base 22.) se Figur 25.

Figur 26 visar SCI (Surface Curvature Index) värdet. Det är ett mått på styvheten av den övre delen av konstruktionen och kan användas för en relativ jämförelse. I det här fallet kan SCI representera de bitumenbundna lagren. Ett lågt SCI tyder på en styv övre del. Vid en relativ jämförelse mellan konstruktionerna framgår i Figur 26 att konstruktionen med kalltillverkad asfalt har lägre styvhet (större SCI). Notera, att SCI kan påverkas delvis av material under de bundna lagren, varför den inte kan relateras till laboratoriebestämda styvhetsmoduler.

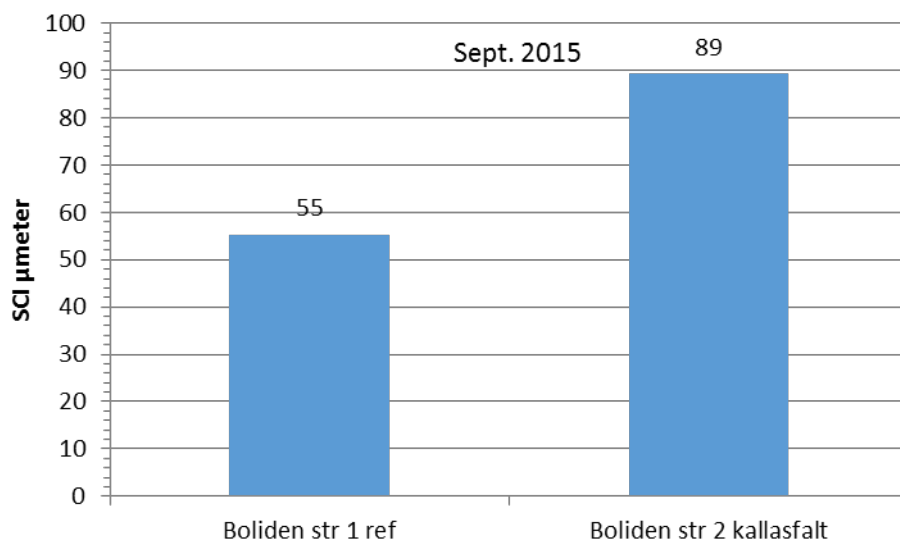


Figur 24 – Fallviktsmätning

Fallviktsmätningar är utförda 2015 och redovisas nedan.
Mätningar utförda 2016 kommer att redovisas under 2017.



Figur 25 – Resultat fallviktsmätning



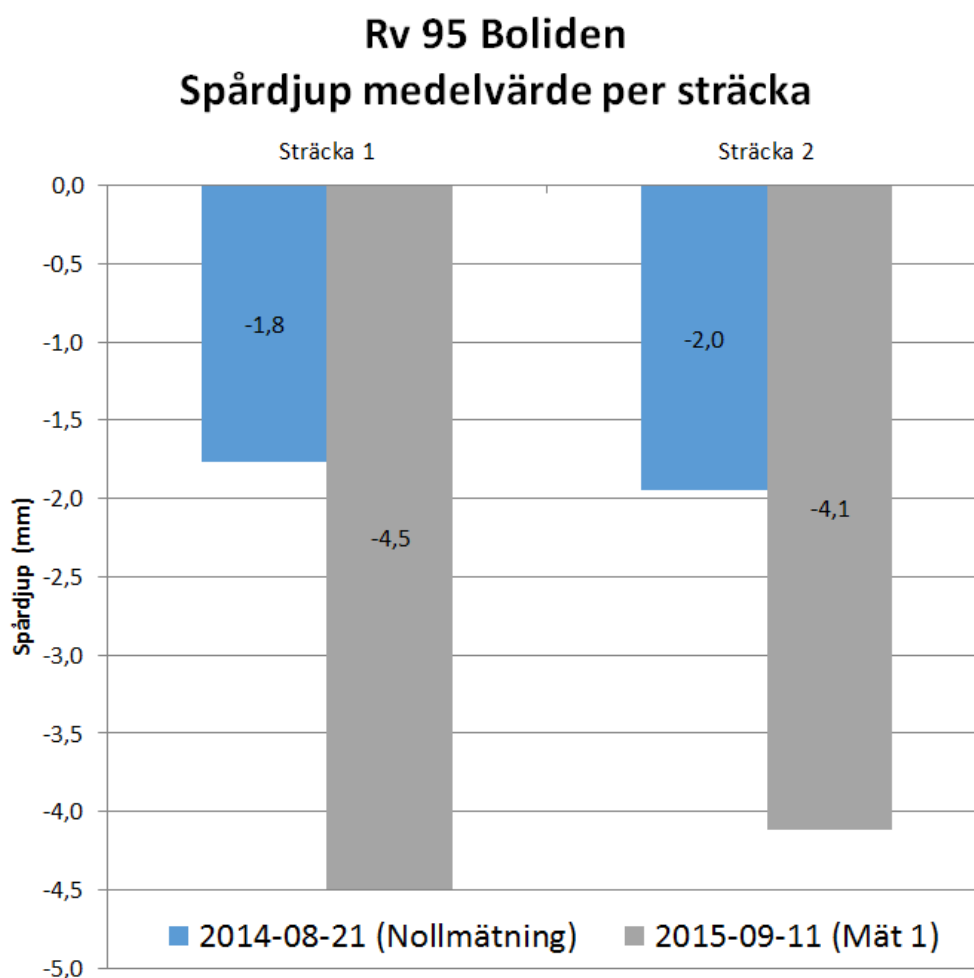
Figur 26 - Surface Curvature Index

Spårutveckling

VTI utförde primalmätning vid vilken man jämförde de olika beläggningarna i avseende att konstatera den initiala spårtillväxten. Dessa mätningar kommer att följas upp under 2017.

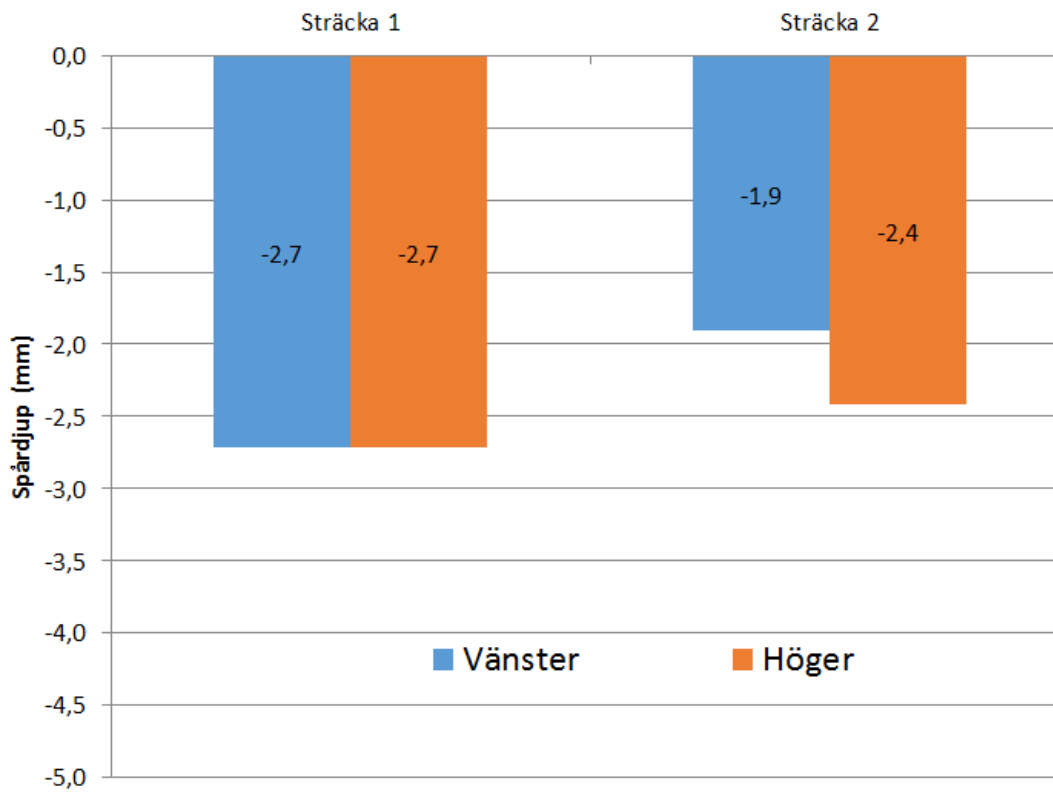
Sträcka 1 är referensträckan med AG 22 och sträcka 2 är försökssträckan med kall Base 22 i Figur 27.

Figur 28 visar spårutvecklingen. Sträcka 1 motsvarar referensmassan AG 22 vilken har 2,7 mm spårtillväxt under första året. Sträcka 2 (vänster körfält) motsvarar kall Base 22 som AG-lager vilken har en spårtillväxt på 1,9 mm.



Figur 27 - Medianvärde av nollmätning och spårutveckling i mm

Rv 95 Boliden Spårdjupsökning 2014-2015



Figur 28 - Medianvärde av spårutveckling i mm

3.4.4 MILJÖPÅVERKAN

Tillverkning av varm AG 22 utfördes i täkt med befintligt material med medeltransportsträcka till objektet på 26 km vilket innebar att även asfaltgranulatet från objekt till asfaltverket fick transporteras 20 km.

Det kalla asfaltverket kunde ställas upp mitt på objektet vilket innebar att massa och asfaltgranulat fick en medeltransportsträcka på 5 km.

Material för kalla Base 22-massan transporterades från Skanskas täkt Rönnbäcken i Skellefteå 23 km.

Läggarutrustningen bestod av en stor utläggningsmaskin och två vältar, varav en är statisk och en vibrerande.

I tabell 5 nedan visas utsläpp och energiförbrukning för massorna som användes vid fullskaleförsöket. Den visar att utsläpp av CO₂ och energiförbrukning hos den kalltillverkade massan är betydligt lägre jämfört med den varmtillverkade massan. Beräkningen är utförd med Trafikverkets EKA.

Tabell 5 - Miljöpåverkan varm NCC Green Asphalt - kalltillverkad massa

Aktivitet	Varm AG 22 160/220 4,8 % restbitumen 30 % ÅA		Kall Base 22 160/220 4,8 % restbitumen 30 % ÅA	
	CO ² /ton (kg)	kWh/ton	CO ²	kWh/ton
Losshållning/krossning	1,7	39,2	1,7	39,2
Asfalttillverkning	23,5	85,0	7,0	24,3
Fräsning/Utläggning	19,1	72,9	19,1	72,9
Transporter	2,7	10,3	1,2	4,8
Totalt	47,0	207,4	29,0	141,2
Totalt/m²	5,1	22,5	3,1	15,3

4 Slutsatser och kommentarer

Vid tillverkning av kallmassa är det viktigt att välja material med låg specifik yta på fillret ($< 0,063$ mm) för att inte massorna skall bryta innan utläggning och packning påbörjats. Den specifika ytan bör ligga under $2\ 000\ \text{m}^2/\text{kg}$ filler.

I dagsläget vet vi inte hur stor påverkan ASR-talet har då det gäller brytningsprocessen. Vi har dock observerat att ASR-talet har ett förhållande med den specifika ytan. Detta bör undersökas vidare.

Det är också viktigt att hålrummen ligger mellan 6-12 % för att vattnet i emulsionerna snabbt ska kunna avgå från beläggningen.

Utifrån tidigare försök och detta SBUF-projekt samt erfarenheter från den kallteknikgrupp som Trafikverket driver, finns det nu möjlighet att utarbeta regelverk för kalltillverkad asfalt med penetrationsbitumen som också harmoniserar med den EU-standard som kommer inom snar framtid.

Mätningar visar att fallvikts- och profilmätning kan vara lämpligare metoder för att undersöka stabilitet på kalla AG-massor än andra metoder som dynamisk kryptest. Här borde man undersöka om Wheeltrack kan vara ett laboratoriealternativ.

Försöket visar att utsläpp av CO₂ och energiförbrukning är betydligt lägre vid användning av kalltillverkade massabeläggning i jämförelse med varmtillverkade massabeläggning.

Andra faktorer som behöver undersökas vidare är om man kan förändra materialets reaktivitet samt om man möjligtvis kan täcka ytan på fillret med någon form av additiv. Det är också viktigt att utarbeta en ny testmetod för att redan på laboratoriet kunna bedöma brytning och bearbetbarheten i asfaltmassan.

Vid framtida SBUF-projekt är det viktigt att säkerställa dessa iakttagelser och det skulle också vara intressant att studera alternativa utläggningsmetoder för kalla AG-massor, t ex hyvel eller sloda.