

Thesis 307

Påverkan av asfaltens egenskaper efter förbättrad konsistens

Mätningar med dynamisk skjuvreometer, DSR, på bitumen
och asfaltbruk

Egzon Haxhibeqiri

Mohammed Mouhsen

Trafik och Väg
Institutionen för Teknik och Samhälle
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet



Copyright © Egzon Haxhibeqiri, Mohammed Mouhsen.

LTH, Institutionen för Teknik och samhälle
CODEN: LUTVDG/(TVTT-5274)/1-77/2017
ISSN 1653-1922

Tryckt i Sverige av Media-Tryck, Lunds universitet
Lund 2017

Examensarbete

CODEN: LUTVDG/(TVTT-5274)/1-77/2017

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,
Institutionen för Teknik och samhälle,
Trafik och väg, 307

ISSN 1653-1922

Authors: Egzon Haxhibeqiri
Mohammed Mouhsen

Title: Påverkan av asfaltens egenskaper efter förbättrad konsistens - Mätningar med dynamisk skjuvreometer, DSR, på bitumen och asfaltbruk

English title: Impact of asphalt properties after improved workability - Measurements with Dynamic Shear Rheometer, DSR, on bitumen and bitumen-filler mastics.

Language: Swedish

Year: 2017

Keywords: Bitumen, asfaltbruk, DSR, temperatursänkning, återvinning, föryngring, reologi,

Citation: Egzon Haxhibeqiri och Mohammed Mouhsen, Påverkan av asfaltens egenskaper efter förbättrad konsistens, -Mätningar med dynamisk skjuvreometer, DSR, på bitumen och asfaltbruk. Lund, Lunds universitet, LTH, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2017. Thesis. 307

Abstract: Sustainable achievement is the overall objective of all road building undertakings. An important part of this is recycling. Reclaimed asphalt is not only renewable but contains vast volumes of finite resources and the interest for the recycling modes of operation is on the rise. However, the impact of additives and the production processes must not adversely affect the properties of the pavements on the road. The purpose of the thesis is to measure and assess viscoelastic properties of bitumen and bitumen-filler mastics with various additives that are considered to affect the consistency of asphalt during manufacture and the properties of finished asphalt.

Trafik och väg
Institutionen för Teknik och samhälle
Lunds Tekniska Högskola, LTH
Lunds Universitet
Box 118, 221 00 LUND

Transport and Roads
Department of Technology and Society
Faculty of Engineering, LTH
Lund University
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

Innehållsförteckning

Förord	1
Sammanfattning	2
Summary	4
1 Inledning	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	6
1.3 Metod	6
1.4 Avgränsning	7
2 Litteraturstudie	8
2.1 Vägkroppen	8
2.2 Asfalt	10
2.2.1 Bitumen	10
2.2.2 Framställning av bitumen	10
2.3 Återvinning av asfalt	12
2.3.1 Återvinning i asfaltverk	12
2.3.2 Återvinning på plats	15
2.3.3 Föryngring av asfalt	16
2.3.4 Temperaturreducerande tillsatsmedel	17
2.4 Spårbildning	17
2.5 Reologi	18
2.5.1 Viskositet	18
2.5.2 Elasticitet	19
2.5.3 Viskoelasticitet	19
2.5.4 Bitumen som ett viskoelastiskt ämne	19
2.6 Newtonsk och icke newtonsk vätska	21
2.7 Dynamisk Skjuvreometer, DSR	24
2.7.1 Oscillation	25
2.7.2 Komplex skjuvmodul och fasvinkel	25
2.8 Åldring av bitumen	22
2.8.1 RTFO-test	22
2.8.2 PAV-test	23

2.9	Superpave	23
2.10	Mätteknik	27
2.10.1	Amplitudsvep	27
2.10.2	Svepmätning	27
2.10.3	MSCR	28
2.11	Metoder för utvärdering	29
2.11.1	Masterkurva	29
2.11.2	Blackdiagram	32
3	Metod	33
3.1	Extrahering av bitumen och filler	33
3.2	Provförberedelser	34
3.2.1	Provblandning	35
3.2.2	Provberedning	36
3.3	Applicering samt trimning av provkropp	38
3.4	Intervalluppbyggnad av svepmätning	39
3.5	MSCR	41
4	Resultat från mätningensarbete	43
4.1	Bitumen	43
4.1.1	Resultat	43
4.1.2	Kommentarer	44
4.2	Asfaltbruk	45
4.2.1	Resultat	45
4.2.2	Kommentarer	46
4.3	Blackdiagram	47
4.3.1	Ökande fillermängd	47
4.3.2	Temperatursänkande tillsatsmedel	47
4.3.3	Föryngringsmedel	47
5	Diskussion och slutsatser	48
5.1	Material	48
5.2	Mätmetod	48
5.3	Slutsatser	49
6	Förslag till fortsättning	Fel! Bokmärket är inte definierat.
	Referenser	51

Bilagor	53
Bilaga 1 Samtliga resultat från oscillerande mätning med DSR	54
Bilaga 2 Blackdiagram för oscillerande DSR-mätningar	67
Bilaga 3 Mätresultat från MSCR-mätningar	70
Bilaga 4 Matris över amplituder för oscillerande DSR-mätningar	71

Förord

Detta examensarbete är den avslutande delen av Civilingenjörsutbildningen i Väg- och vattenbyggnad vid Lunds tekniska högskola för institutionen Teknik och samhälle, avdelningen Trafik och väg. Arbetet påbörjades i Juni och avslutades i Oktober under 2017 och har utförts i samarbete med Svenskt VägCentrum.

Vi vill främst tacka våra handledare, Per Tyllgren och Pajtim Sulejmani för all konstruktiv kritik, handledning, stöd och svar på frågor som vi fått under examensarbetets gång. Vi är tacksamma för Pers hjälp med både analysering och presentation av mätresultaten. Vi vill tacka Ebrahim Parhamifar specifikt för resurser han gett oss under arbetets gång. Vi tackar vår examinator Sven Agardh för den kontinuerliga dialogen kring arbetets gång.

Slutligen vill vi tacka våra familjer och vänner som ständigt gett oss stöd under denna studietid

Egzon Haxhibeqiri
Mohammed Mouhsen

Lund, 2017

Sammanfattning

Hållbar utveckling är ett övergripande mål i samhället. En viktig aspekt i ett hållbart samhälle är återvinning av material. Det handlar om att värna och nyttja givna resurser på ett hållbart sätt. Asfalt är den vanligaste vägbeläggningstypen i Sverige och utgörs av bitumen, filler, stenmaterial och eventuella tillsatser. Bitumen och stenmaterial är två ändliga naturresurser som är återvinningsbara. På senare tid har återvinningen av dessa material ökat avsevärt dock finns det utrymme för utveckling inom området. En väsentlig del i återvinningsprocessen är att få rätt egenskaper på beläggningen för det avsedda klimatet. En asfaltbeläggning ska vara tillräckligt elastisk under vintern för att inte spricka och tillräckligt styv på sommaren för att inte deformeras.

Det finns ett antal metoder som används idag för att fastställa bitumens egenskaper. Det mest avancerade mätinstrument idag är DSR, Dynamisk Skjuvreometer, som mäter de reologiska egenskaperna för ett material. Detta görs genom mätning av elasticitet och permanentdeformation vid olika temperaturer och frekvenser. Detta ger en mer detaljerad beskrivning av bitumens egenskaper och möjliggör en kategorisering av bitumenkvaliteter.

Syftet med detta examensarbete är att mäta de viskoelastiska egenskaperna, det vill säga ett materials egenskap att deformeras elastiskt och visköst samtidigt. Mätningarna kommer utföras på bitumen och på bitumen blandat med filler. Dessa innehåller olika tillsatsmedel som anses påverka konsistensen i asfalten under tillverkning och egenskaperna i färdig beläggning. Tillsatsmedlen som användes var antingen temperaturreducerande eller föryngrande medel. Egenskaperna mäts med LTH:s DSR av fabrikat Anton Paar i form av svepmätning och MSCR, Multiple Stress Creep Recovery. Syftet med svepmätningen var att mäta vilka effekter temperatur och frekvens har på bitumens egenskaper. MSCR är i huvudsak ett kryptest som mäter asfaltens förmåga att motstå plastisk spårbildning.

Mätningar utfördes på 24 blandningar med 7 olika tillsatsmedel och masterkurvor samt blackdiagram togs fram för samtliga sorter. Masterkurvan är ett verktyg som beskriver hur bindemedlet och dess kemiska uppbyggnad påverkar de viskoelastiska egenskaperna hos materialet. Ett blackdiagram är en graf vilket beskriver sambandet mellan den komplexa skjuvmodulen (G^*) och fasvinkeln (δ).

Två av tillsatsmedlen för temperaturreducering visade tendens till ökad resistens mot spårbildning. Detta innebär att medlet bidrar till ökad styvhet vid hög temperatur utan att det försämrar egenskaperna vid låg temperatur. Ett av föryngringsmedel gav ett avsevärt bättre resultat för lågtemperatur- och utmattningsegenskaper. Mätningarna på asfaltbruk och rent bitumen överensstämmer i stort med varandra. Det finns skillnader i reologisk karaktär mellan nytt bitumen och föryngrat, vilket framgår av Blackdiagrammen. Detta kan vara positivt gällande lågtemperaturogenskaper dock måste detta utredas mer. Då åldring av provet inte har utförts.



Summary

Sustainable development is an overall goal in society. An important aspect of a sustainable society is the recycling of materials. It's about protecting and utilizing given resources in a sustainable way. Asphalt is the most common paving type in Sweden and consists of bitumen, filler, rock material and possible additives. Bitumen and rock material are two finite natural resources that are recyclable. Recently recycling of these materials has increased considerably however there is room for development in this field of technology. An important part of the recycling process is to get the right properties on the asphalt for the intended climate. An asphalt pavement should be sufficiently elastic in winter not to crack and stiff enough in the summer to avoid deformation.

There are a number of methods used today to determine the bitumen properties. The most advanced measuring instrument today is DSR, Dynamic Shear Rheometer, which measures the rheological properties of a material, which means that elasticity and permanent deformation are evaluated at different temperatures and frequencies. This provides a more detailed description of the bitumen properties and enables a categorization of bitumen qualities.

The purpose of the thesis is to measure and assess viscoelastic properties of bitumen and bitumen-filler mastics with various additives that are considered to affect the consistency of asphalt during manufacture and the properties of finished asphalt. The additives used were either temperature reducing or rejuvenating agents. The properties are measured with LTH's DSR manufactured by Anton Paar in the form of sweep test and MSCR, Multiple Stress Creep Recovery. The purpose of the sweep tests was to measure the effects of temperature and frequency on the bitumen properties. MSCR is essentially a creep test that measures the asphalt's ability to resist plastic rutting.

Measurements were made on 24 mixtures with different additives and master curves and black diagrams were drawn for all varieties. Master curves describe measured value with a relationship from which stiffness and phase angle can be calculated at any temperature and frequency. The black diagram shows the relationship between the complex shear module and the phase angle.

Two of the additives for temperature reduction showed tendencies to increase resistance to rutting. This means that the agent contributes to increased stiffness at high temperatures without deteriorating the properties at low temperatures. One of the rejuvenating agents gave a significantly better result when it comes to crack- and fatigue properties. The measurements on asphalt and pure bitumen are broadly consistent. There are differences in rheological character between new bitumen and rejuvenated, as evidenced by the black diagrams. This may be positive for low temperature properties; however, this must be investigated more. For example, the specimen should have been aged before running the test.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Hållbar utveckling är ett övergripande mål för regeringens politik. Detta innebär att alla politiska beslut skall utformas på ett sätt som beaktar de ekonomiska, sociala och ekologiska konsekvenserna i ett längre tidsperspektiv. Det handlar om att värna och nyttja givna resurser på ett hållbart sätt. (Regeringen, 2003)

Återvinning av asfalt är en väsentlig del för hållbart vägbyggande. Naturresurser i form av fossila bränslen vid framtagning av bitumen samt stenmaterial utgör en stor del av vägkonstruktionen. Det är viktigt att kunna ta tillvara samt återanvända dessa material för att skapa en hållbar utveckling. Vägsektorn använder årligen cirka 57 miljoner ton ballast och cirka 400 000 ton bitumen till asfaltbeläggningen. Detta är stora mängder av stenmaterial och bitumen som är ändliga naturresurser. Det finns en stor potential för att spara på naturresurserna genom återvinning av gammal asfaltbeläggning. Dagens problematik med återvinning är att mängden retur-asfalt som används är för liten. En gammal asfaltmassa är styvare än en ny asfaltmassa vilket orsakas egentligen av åldring, det vill säga att asfalten blir för gammal. Det används därav en liten mängd retur-asfalt som blandas med nytt material för att inte få för styv asfaltmassa som sedan resulterar i ökad uppvärmning vid tillverkning och utläggning. Användningen av diverse tillsatsmedel kan möjliggöra en ökad mängd retur-asfalt vid återvinning. Återvinning av asfalt kan göras på plats så väl som på asfaltverk, görs det på plats så minskar även transporter som krävs för återvinning (Trafikverket, 2004).

Svårigheten vid återvinning av asfalt är att återställa bitumens ursprungliga konsistens. Bitumen är ett material som åldras med tiden, detta innebär att dess egenskaper förändras bland annat förstyras materialet. Förstyvningen sker genom att bitumen oxideras med syret i luften. För att återfå önskade egenskaper i asfalt krävs rätt konsistens under blandningen och utläggningen. Tillsatsmedel kan användas under vanliga förhållanden men kan också förekomma för att kunna sänka temperaturen av ekonomiska skäl och på så sätt minska energianvändningen. En annan konsistensförbättring är så kallad föryngringmedel som används för att möjliggöra ökad inblandning av retur-asfalt vid återvinning. Båda tillsatsmedlen anses ha en smörjande effekt på bruket i asfalten. Det är dock mer oklart vilka effekter tillsatsmedlen har på den färdiga beläggningens egenskaper (Tyllgren, 2017).

Det finns ett antal direkta och indirekta metoder för att beskriva asfaltens egenskaper på vägen. Mätningar kan göras på bitumen samt färdig asfalt, på bitumen kan mätningarna göras med hjälp av en dynamisk skjuvreometer, DSR. År 1987 startade AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) ett forskningsprojekt känt under namnet Superpave (Superior Performing Asphalt Pavements). Syftet var att klassificera bitumenkvaliteter utifrån temperatur. Undersökningen utfördes med hjälp av en DSR.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att utreda effekten olika tillsatsmedel har på de viskoelastiska egenskaperna, det vill säga ett materials egenskap att deformeras elastiskt och visköst samtidigt, hos bitumen och bitumen blandad med filler.

Detta ska göras genom att mättningsarbeten. Mätningarna kommer utföras på bitumen och fillerinblandat bruk inblandade med konsistenspåverkande tillsatsmedel. Tillsatsmedel, som i teorin anses påverka konsistensen i asfalt under tillverkningen och egenskaperna i färdig beläggning, kommer att bedömas efter laboratorieförsök.

1.3 Metod

Inledningen av examensarbetet består av en litteraturstudie för att få kunskap om återvinning av asfalt, bitumen och reologi. Denna kunskap ligger sedan till grund för förståelsen av mätinstrumentet och tolkningen av resultatet från mätningarna. Mätningarna görs med mätinstrumentet dynamisk skjuvreometer, DSR. De viskoelastiska egenskaperna som kommer att mätas med DSR är komplex skjuvmodul, fasvinkel och MSCR, Multiple Stress Creep Recovery.

Ett examensarbete har tidigare gjorts på LTH med DSR där bland annat en användarmanual togs fram. Denna användes under testkörningar för att skapa en kunskap om hur proverna skulle förberedas. Kontrollmätningar gjordes mot föregående examensarbete vilka i sin tur hade kontrollerat sina mätningar med personal från Nynäs AB.

Vid utvärdering av resultatet skapades masterkurvor. Dessa kurvor illustrerar bitumens styvhet som funktion av reducerad frekvens i ett diagram. Per Tyllgren, Arwa Shukir och Martin Bakalov från LTH utförde mätningarna med Brookfield rotationsviskometer. Resultaten från dessa mätningar användes jämförelse med resultatet från DSR för att kvalitetssäkra egna mätningar.

I denna undersökning användes två olika bitumen, 70/100 bitumen och återvunnen bitumen. Det återvunna bituminet kommer från Skanskas asfaltverk i Dalby och det ny producerade bituminet från Nynäs. Fillret som har använts i proverna kommer från Skanskas asfaltverk i Dalby med namnet Dalby naturfiller av granit.

Det blandades totalt 24 olika prov. 11 burkar kommer kallas för provserie A, 11 andra burkar med samma tillsatsmedel men skillnaden är att dessa innehåller filler och kommer kallas för provserie B. De olika tillsatsmedlen som användes i studien var temperaturreducerade samt föryngringsmedel. Tabell 1 visar samtliga tillsatsmedel som har använts. Det kommer inte att framgå uppgifter om vilka produkter proverna utgörs av, detta på grund av sekretessbelagd information.

Tabell 1 visar de tillsatsmedel som testades i detta examensarbete

	Produkt	Tillverkare
Föryngringsmedel	Nygen 910	Nynas
	STORFLUX	STORIMPEX
Temperaturreducerande tillsatsmedel	Sylvaroad RP1000	Kraton
	REDUX	Sasol
	Sasobit	Sasol
	Nytherm/ZycoTherm	Nynas/Zydex
	Rediset LQ	AkzoNobel

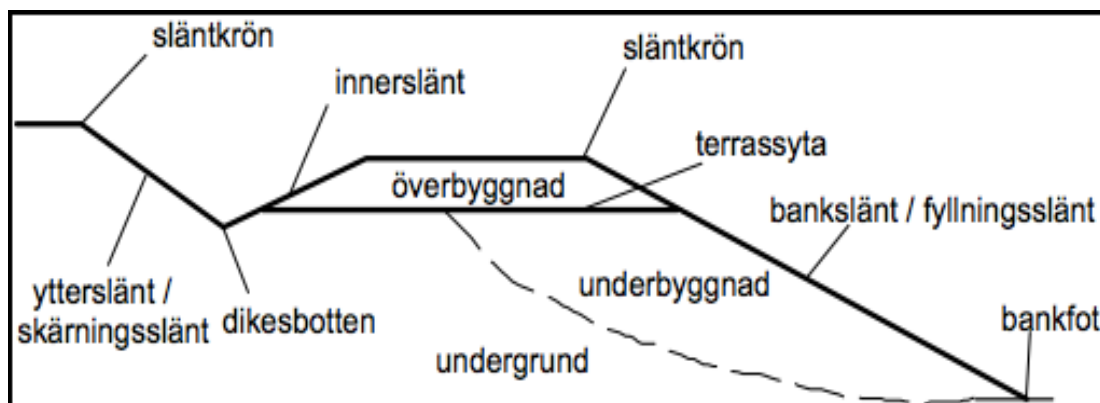
1.4 Avgränsning

Av praktiska skäl genomfördes inte regelrätta undersökningar enligt Superpave. Det skulle kräva åldring genom värmebehandling med RTFOT och PAV. Eftersom det handlar om åtta tillsatsmedel skulle det innebära alltför stort arbete med att preparera proverna. Istället jämförs bitumen och asfaltbruk innehållande tillsatsmedel med nytillverkat bitumen och asfaltbruk, i samtliga fall utan värmebehandling.

2 Litteraturstudie

2.1 Vägkroppen

En vägkropp består av ett antal olika lager av olika material som fyller olika funktioner. Tillsammans ska dessa lager säkerställa en hållbar och säker väg under en tillräckligt lång period (Asfaltboken, 2017). Uppbyggnad av en vägkropp kan se olika ut och byggs upp på olika sätt. Detta då det finns flera olika typer av vägar så som asfalt, grus eller betongväg. Varje typ av väg har sin specifika uppbyggnad dock består samtliga vägtyper av två delar, en överbyggnad och en underbyggnad, se figur 1. Överbyggnaden har i huvudsak tre uppgifter i vägkroppen. Den ska transportera bort vatten från vägytan och vägkropp. Den ska klara av trafikbelastning och sprida lasten ner till underbyggnaden utan att större deformationer uppstår. Slutligen ska överbyggnaden tillhandahålla en komfortabel och jämn yta för användaren. En allmän tumregel för väguppbyggnad är att materialet som används är finare samt dyrare längre upp i vägkroppen (Agardh & Parhamifar, 2012).



Figur 1 visar uppbyggnaden av en väg (Asfaltboken, 2017).

Det finns tre huvudtyper av överbyggnader:

- Flexibla överbyggnader
- Styva överbyggnader
- Halvstyva överbyggnader

Flexibla överbyggnader är då bitumen är bindemedel i de bundna lagren. I de styva konstruktionerna används cementbetong och konstruktionen blir alltså en betongväg. Halvstyva är en kombination av de båda, till exempel vit utläggning av asfaltsbeläggning ovanpå cementbundet bärlager. Inom samtliga huvudtyper av överbyggnader finns även ett antal deltyper. Valet av överbyggnad beror på hur mycket trafik och hur markförhållanden är (Asfaltboken, 2017). I Sverige är den vanligaste överbyggnaden flexibel och består av ett bitumenbundet slitlager, bärlager, ett obundet bärlager, ett förstärkningslager och slutligen ett skyddslager (Agardh & Parhamifar, 2012). Se figur 2.

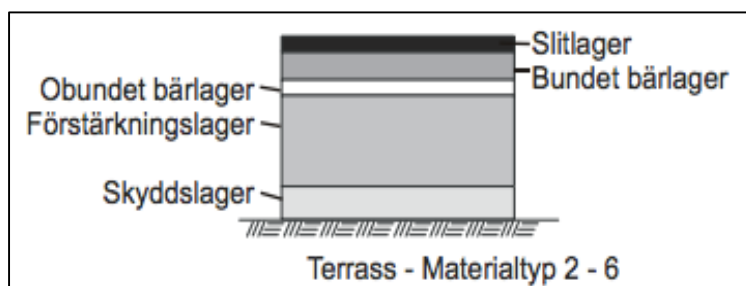
Skyddslagret används inte alltid i vägkroppen. Det finns två anledningar till att använda ett skyddslager. När det byggs i områden med stor köldmängd och tjälfarligt material i underbyggnaden så är skyddslagret till för att minska tjällyftningar. Skyddslagret kan också användas som materialskiljare om underbyggnaden består av finkornigt material så förhindrar skyddslagret mot att dessa korn ska tränga sig upp i förstärkningslagret (Asfaltboken, 2017).

Förstärkningslagret är ett lager som består av antingen krossat eller okrossat grus eller sten. Syftet med lagret är att fördela trafiklasten från bärlagret till undergrunden. Den ska även fungera som ett dräneringslager för vatten som tar sig in i vägkroppen. Vattnet leds till vägens avvattningsystem (Agardh & Parhamifar, 2012).

Det obundna bärlagret är ett viktigt lager ur bärighetssynpunkt. Även denna ska fördela trafiklasten neråt i konstruktionen. Det är vanligtvis krossat bergmaterial som används i detta lager detta för att konstruktionen ska bibehålla dess hållfasthetsegenskaper (Agardh & Parhamifar, 2012).

Bundet bärlager har i princip samma funktion som resterande lager det vill säga att fördela lasten så att det inte blir för stora påkänningar i de undre lagren. Detta lager kan även kallas för AG-lager där AG står för AsfaltGrus. Detta för att det oftast använder de material till det bundna bärlagret. Vanligtvis efter utläggning av det bundna bärlagret trafikeras vägen i ett par månader för att överbyggnaden ska hinna sätta sig innan slitlagret läggs på (Agardh & Parhamifar, 2012).

Slitlagret, är det som syns på överbyggnaden. Dess primära funktion är att tillfredsställa de krav som användaren ställer för en väg. Det vill säga krav på komfort, säkerhet etc. Material som används till slitlagret är ofta varm asfaltbetong (AB). Som tidigare nämnt så byggs vägar även av betong, där alltså betongen är slitlagret, dock används detta mest vi högtrafikerade och högt belastade vägar (Agardh & Parhamifar, 2012).



Figur 2 visar uppbyggnad av överbyggnad (Trafikverket, 2005).

2.2 Asfalt

Asfalt är en blandning av tre delmaterial, krossad sten, filler och slutligen bindemedel. Vid tillverkning av asfaltsmassa är stenmaterialet mycket viktigt. I en asfaltsmassa är cirka 95 % av viktprocenten stenmaterial. Stenmaterialet utvinns genom krossning och sortering av sprängsten. En annan källa är naturgrus dock räknas denna källa som ändlig och används sällan i Sverige. Dessutom är hållfastheten hos sprängsten högre än naturgrus. Vid tillverkning av bituminös beläggning används alltså ett stenmaterial som består av makadam, stenmjöl, sand, grus och filler. Dessa är benämningar på sten med olika storlekar där makadamstenarna är störst och filler är de absolut minsta fraktionerna. Stenmaterialet är det dominerande elementet i asfaltsmassan vilket innebär att den har stor påverkan på massans egenskaper (Agardh & Parhamifar, 2012).

Asfaltsmassa består sällan av kornstorlekar som är större än 32 mm i diameter. Storlekar som är större än det används till resterande lager i vägkroppen så som förstärkningslager eller obundet bärlager. Den minsta kornstorleken i asfaltsmassan, fillern, är en mycket viktig komponent i blandningen. Fillers uppgift är att tillsammans med bindemedel fylla de hålrum som finns mellan de större kornen i massan. Beläggningen blir därmed tätare och får bättre hållfasthet. Filler förstyrkar även bindemedlet vilket innebär att mjukpunkten i blandningen ökar vilket i sin tur minskar risken för bindemedelsavrinning när asfalten läggs ut (Agardh & Parhamifar, 2012).

2.2.1 Bitumen

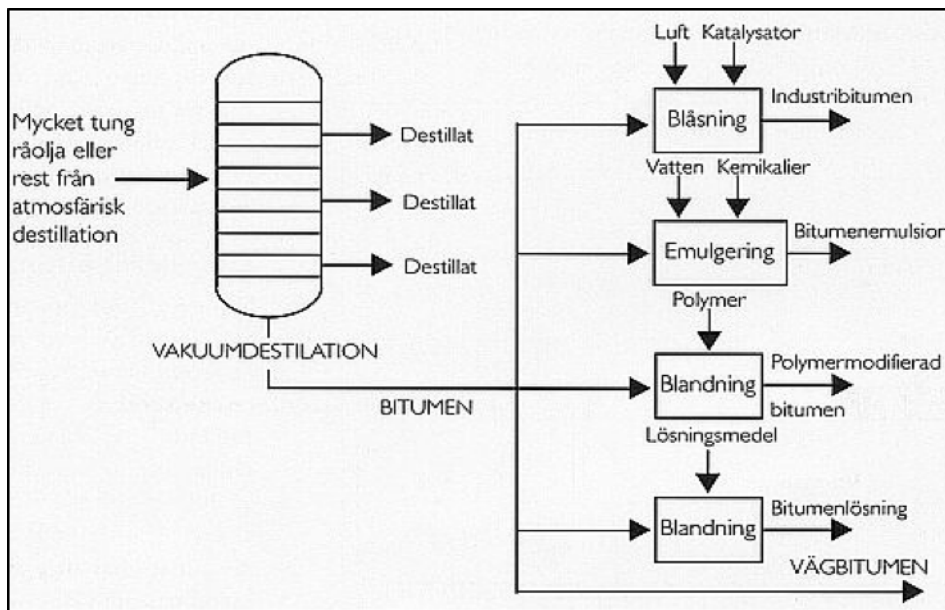
Ordet bitumen tros komma från sanskrit ordet ”*Jatu*” som betyder gummi. Det är ett mörkbrunt material och används idag som ett bindemedel då den har goda bindande egenskaper (Nationalencyklopedin, 2017). Bitumen har använts sedan länge och anses som människans äldsta ingenjörsmaterial. Redan 6000 f.kr användes bitumen som murbruk i byggnationer. Egyptierna använde bitumen som tätningsmedel bland annat i båtbyggande (Asphalt Institute, 2007). Idag används bitumen främst som bindemedel vid tillverkning av asfaltsmassa. Dess funktion i blandningen är att hålla ihop stenarna i asfaltsmassan men fungerar även som smörjmedel vid utläggning och packning. Bitumen ger beläggningen dess lastfördelningsförmåga samt förmågan att forma sig utan brott. Bitumen bildas naturligt i naturen dock framställs det vanligtvis genom raffinering av råolja. Materialet består av tre delar (Agardh & Parhamifar, 2012):

- Oljor
- Partiklar av kolföreningar kallade asfaltener
- Lättflytande kolväten kallade hartser

2.2.2 Framställning av bitumen

Som tidigare nämnt framställs bitumen genom bearbetning av råolja som utvinns från diverse berggrunder. Tillverkningsprocessen börjar med destillering av råoljan. Destillation är en process som används för att separera olika ämnen i råoljan utefter kokpunkter. Oljan värms upp i en ugn mot 300 till 350 °C vilket kommer att bilda gaser såväl som vätskor. Den uppvärmda oljan sprutas därefter in i en destillationskolon där gaserna kommer att stiga uppåt och vätskorna sjunker till botten. Blandningen som hamnar längst ner i destillationskolonnen kallas för rest. Det är en blandning som innehåller tunga oljor samt bitumen. För att utvinna önskad bitumen måste en till destillation göras på resten, dock

görs det genom vakuumdestillation. Beroende på vilken kvalitet på bitumen som önskas ställs vakuumdestillationsinställningar in (Asfaltboken, 2017).



Figur 3 visar tillverkningsprocessen av bitumen (Asfaltboken, 2017).

2.3 Återvinning av asfalt

Återvinning av asfalt är en väsentlig del av ett grönt vägbyggande. Förbrukning av naturresurser i form av fossila bränslen vid framtagning av bitumen samt stenmaterial utgör en stor del av vägkonstruktionen. Det är viktigt att kunna ta tillvara samt återanvända dessa material för att skapa en hållbar utveckling (Trafikverket, 2004).

Det finns ett antal återvinningsmetoder, dessa delas upp i följande (Trafikverket, 2004):

- Varm återvinning
- Halvvarm återvinning
- Kall återvinning
- Återvinning till fyllnadsmassor

Gemensamt för alla metoder är att den gamla massan måste rivs upp vilket sker genom grävning eller fräsning. Vid grävning av massan fås det upp asfaltsjok som krossas och mals ner till asfaltgranulat. Vid fräsning av gammal asfalt uppstår asfaltgranulat direkt men materialet behöver ändå krossas i efterhand för att få en jämnare kornfördelning. Metoderna kan antingen ske på plats eller i ett asfaltverk (Trafikverket, 2004).



Figur 4 visar asfaltsjok till vänster och asfaltgranulat till höger (Trafikverket, 2004).

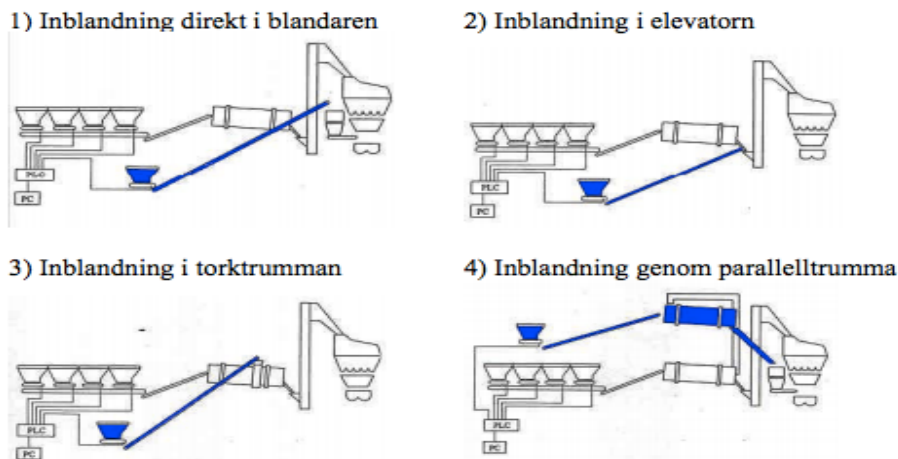
2.3.1 Återvinning i asfaltverk

Vid varm återvinning i verk finns det två vanliga metoder satsblandningsverk och trumblandningsverk. Gemensamt för båda är att granulatet blandas med nytillverkad massa. Inom satsblandningsverk, som är den dominerande typen av asfaltverk i Sverige, kan granulatet tillsättas och blandas med den nya massan på fyra olika sätt se figur 4 (Trafikverket, 2004):

1. Inblandning direkt i blandaren - granulatet tillsätts direkt i blandaren och värms upp i massan.
2. Inblandning i elevatorn- överhettad stenmaterialet blandas ihop med granulat.
3. Inbladning i huvudtorktrumman – granulatet uppvärms tillsammans med stenmaterialet.

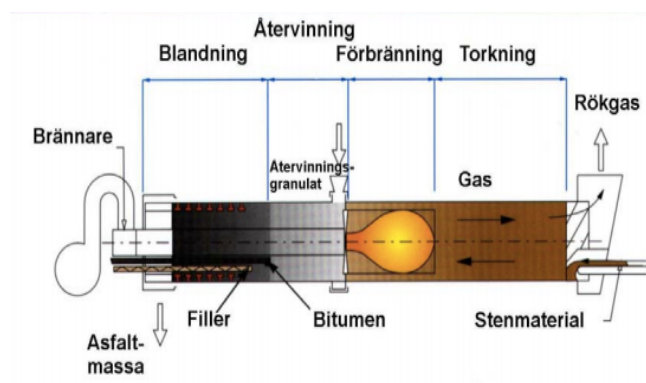
4. Inblandning i parallelltrumma – granulatet och stenmaterialet uppvärms i separata trummor och blandas sedan ihop.

Gemensamt för de första tre metoderna är att stenmaterialet måste överhettas för asfaltmassan ska ha tillräckligt hög temperatur. Då stenmaterialet överhettas finns risk för en förhårdning av bindemedlet i den slutliga asfaltmassan. Vid tillämpning av den fjärde och sista metoden behöver massan inte upphettas. Med den här metoden förbränns rökgaserna från parallelltrumman i den ordinarie trumman vilket även minskar utsläppen (Trafikverket, 2004).



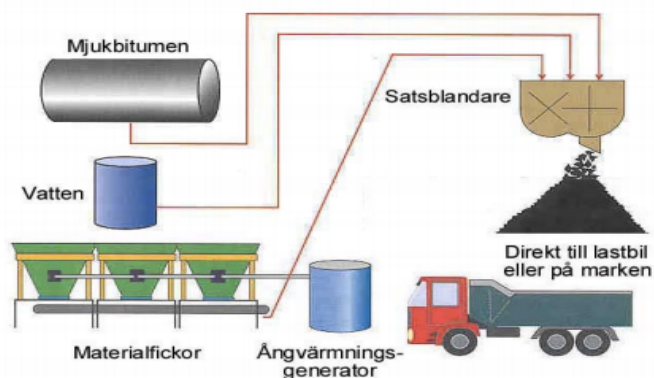
Figur 5 visar skiss över hur de olika stadsblandningsverken fungerar samt var grunlatet tillsatstillsätts (Trafikverket, 2004)

Vid trumblandningsverk sker torkning, värmning samt blandning i en trumma som kontinuerligt roterar se figur 6. Det nya stenmaterialet torkas och värms sedan upp, efter uppvärmningen tillsätts asfalt granulatet och slutligen blandas det (Trafikverket, 2004).



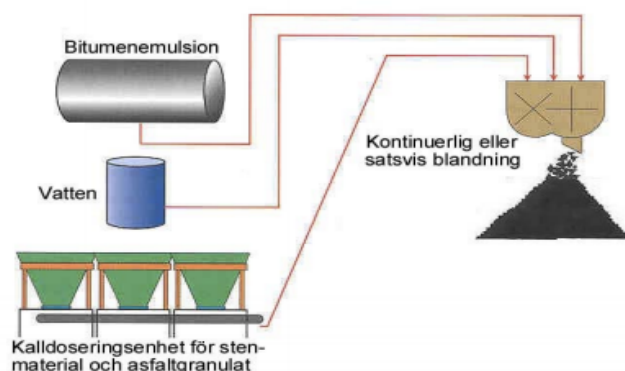
Figur 6 visar ett trumblandningsverk, processen går från höger till vänster (Trafikverket, 2004)

Vid halvvarm återvinning ligger temperaturen mellan 50 och 80°C. Till skillnad mot varm återvinning används mjukbitumen. Mjukbitumens egenskap är att den kan användas vid lägre temperaturer dock klarar den inte lika hög trafikbelastning. Asfaltverken vid halvvarm återvinning är inte i lika stor omfattning som vid varm återvinning. Verken är mobila och kan med fördel flyttas med produktionen på bekostnad av att det blir en mindre mängd asfalt som kan tillverkas. Eftersom det används ett mjukt bitumen resulterar det i en mer flexibel asfalt, denna metod är lämplig då den tillverkade asfalten ska användas i kallare klimat och vid lågtrafikerade vägar (Trafikverket, 2004).



Figur 7 visar processen vid halvvarm återvinning (Trafikverket, 2004)

Kall återvinning av asfaltbeläggning är en återvinningsmetod som saknar uppvärmningsenhet. Eftersom blandningsverken är lätta att flytta minimeras transporterna då verken kan flyttas till arbetsplatsen. Trafikmängden på vägar och gator där kall återvinning används överstiger sällan en ÅDT (årsmedeldygnstrafik) på 1500 fordon. Stenmaterialfraktionerna eller granulerad returafalt proportioneras i ouppvärmd och naturfuktigt tillstånd i en kontinuerlig blandare där bindemedelstillsatser sker. Bindemedlet som används vid den kalla återvinningen är bitumenemulsion, vilket är en blandning av bitumen och vatten (Trafikverket, 2004).



Figur 8 visar processen vid kall återvinning (Trafikverket, 2004)

2.3.2 Återvinning på plats

Återvinning på plats sker genom att den befintliga asfalten med eller utan uppvärmning rivs upp och sönderdelas, därefter återvinns det vanligen genom tillsättning av bindemedel, stenmaterial eller ny asfaltmassa eller någon kombination av dessa (Trafikverket, 2004).

Vid varm återvinning på plats används tre varianter repaving, remixing och remixing plus (Trafikverket, 2004):

- Remixing sker genom att vägbeläggningen värms, rivs upp och blandas med en ny tillverkad asfaltmassa och därefter läggs ut. Hela processen sker med hjälp av en enda maskin i en integrerad process.
- Repaving fungerar ungefär likadant som vid remixing, skillnaden är att repaving inte blandar in någon ny asfaltmassa med returafalten. Asfaltens rivs upp och värms för att sedan läggas ut igen
- Remixing plus är en kombination av remixing och repaving. Befintlig beläggning värms, rivs, tas upp, blandas och läggs ut. Ett nytt lager asfalt läggs därefter på det utlagda återvunna materialet.

För återvinning av asfalt på plats används främst kalla och halvvarma metoder. Vid halvvarm återvinning värms den befintliga beläggningen upp för att sedan rivas och blandas med nytt stenmaterial samt bindemedel och för att sedan läggas ut (Trafikverket, 2004).

Vid kall återvinning fräses beläggningen upp samtidigt som bindemedel blandas in för att sedan läggas ut i samma svep. Bindemedlet som används är bitumenemulsion. Vid behov av nytt stenmaterial kan även det tillsättas. Metoder som förekommer vid kall återvinnig är (Trafikverket, 2004):

- Kall remixing, bearbetar endast den befintliga beläggningen.
- Stabilisering, Förutom den befintliga asfaltbeläggningen fräses också en del av det underliggande lagret av obundet material in. Bindemedel tillsätts.
- Djupfräsning, Beläggningen och det underliggande obundna lagret fräses ner tillsammans, nytt stenmaterial kan tillsättas. På så sätt skapas ett nytt obundet bärlager. Bindemedel tillsätts inte.

Tabell 2 visar en översikt över återvinningsmetoder som används vid återvinning på plats.

Metod	Användning	Tillsatt bindemedel
Varm återvinning på plats (Repaving)	För slitlager i samtliga trafikklasser och vägtyper.	
Varm återvinning på plats (Remixing)	För slitlager i samtliga trafikklasser och vägtyper.	Bitumen eller speciell mjukgörare kan tillsättas.
Varm återvinning på plats (Remixing Plus)	För slitlager i samtliga trafikklasser och vägtyper.	Bitumen eller speciell mjukgörare kan tillsättas.
Halvvarm återvinning på plats (halvvarm remixing)	För slitlager i trafikklasser under medel.	
Kall återvinning på plats (kall remixing)	För slit- och bärlager, oftast i något lägre trafikklasser	Bitumenemulsion eller bitumen som skummas.
Kall inblandning på plats (stabilisering)	För bärlager, oftast i något lägre trafikklasser.	Bitumenemulsion och eventuellt cement.
Kall inblandning på plats (djupfräsning)	För bärlager oftast i något lägre trafikklasser	

2.3.3 Föryngring av asfalt

Vid återvinning av asfalt, är en väsentlig del att bindemedlet återfår dess ursprungliga egenskaper. Bitumen hårdnar redan under asfalttillverkning och fortsätter med tiden på grund av miljöns påverkan på vägen, under denna period förändras bitumens egenskaper. För att kunna återvinna asfalten och framställa ny och hållbar beläggning krävs en *föryngring* av bitumen. Det finns olika sätt att föryngra bitumen, ett sätt är att använda sig av petroleumbaserade komponenter. Ett annat sätt är användning av naturoljor dock är effekten av naturoljor kortvarig (Tyllgren, 2011).

Föryngringsolja har använts länge. De tidigare använda föryngringsoljorna var dåliga ur ett miljöperspektiv eftersom de innehöll aromatiska kolväten som anses vara en hälsofara (Tyllgren, 2011). Idag används mer miljövänliga föryngringsmedel tillverkade av hydratiserad, högraffinerad petroleumolja som anses likvärdig med naturolja (Tyllgren, 2010).

Ett annat sätt att föryngra bitumen är genom blandning av återvunnen asfalt och en mjukare kvalitet på tillsatt bitumen. Denna metod bygger på att den mjukare kvaliteten på tillsatt bitumen förhoppningsvis ska mjuka upp det hårda inbakade bituminet i returafalten. Det finns inga bevis för att det här inträffar, snarare tydliga tecken på motsatsen (Tyllgren, 2011).

Det finns två typer av föryngringsmedel där den ena är en mjukgörare och den andra är återställare av den kemiska sammansättningen av bitumen. Föryngringsmedel med mjukgörare har funktion att ersätta malténfraktionernas reologiska funktion (Tyllgren, 2011). Malténer är en gemensam benämning för hartser och oljedelar i bitumen (Agardh & Parhamifar, 2012). Denna typ av föryngringsmedel återställer inte de bitukemiska komponenterna i bitumen. Föryngringsmedlet som återställer den kemiska sammansättningen av bitumen är den andra typen av föryngringsolja. Dess funktion är att åter ge ursprungliga malténkomponenter. Denna typ av föryngringsolja anses vara en miljöfara och används inte idag (Tyllgren, 2011).

2.3.4 Temperaturreducerande tillsatsmedel

Det finns även tillsatsmedel vars syfte är att sänka utläggningstemperaturen på asfalt. Det är alltså tillsatsmedel som modifierar bituminets temperaturegenskaper så att det inte behövs höga temperaturer vid utläggning av asfalt. Tillsatsmedlet är ofta i form av vax och man brukar använda uttrycket *vaxmodifierad bitumen*, men det finns även andra former. Det som gör att vaxet har denna påverkan är dess effekt att sänka bituminets viskositet då temperaturen överstiger smältpunkten för bitumen. En lägre viskositet medför i lägre temperaturer vid blandning och utläggning (Tyllgren, 2017). Enligt Sasol (2004) kan användningen av vax sänka utläggningstemperaturen upp till 50 °C jämfört med konventionell bitumen (Sasol, 2014). En sådan effekt kan i sin tur leda stora ekonomiska och miljömässiga konsekvenser. Dock har det visat sig på senare tid att effekterna inte som lovat och användningen av tillsatsmedlet har minskat. Temperaturreducerande tillsatsmedel som inte är i form av vax och som användes i detta examensarbete är produkterna Rediset LQ samt NyTherm/ZycoTherm. Tillsatsmedlet fungerar även som ett smörjningsmedel. Det smörjer skiktet mellan bituminet och stenen vilket underlättar utläggning av asfalt vid lägre temperaturer. (Tyllgren, 2017)

2.4 Spårbildning

Vägöverbyggnadens olika delar dimensioneras för att hålla under en given tid eller efter ett angivet antal fordonspassager. Kriteriet för när en väg behöver åtgärdas varierar starkt från plats till plats och efter rådande finansiella möjligheter. Den övergripande parametern är ojämnheter i tvär- och längsled. De uppkommer av en rad olika skäl och åtgärderna väljs utifrån orsakerna. Det kan handla om sättningar i undergrunden, deformationer i något överbyggnadslager, slitage eller materialsläpp (Agardh & Parhamifar, 2012).

Ojämnheter på en väg i tvärlinje är ett fenomen som även kallas för spårbildning. Spårbildning är en typ av deformation i väggroppen och har stor påverkan på hur trafikanter upplever körningen på vägen. Denna typ av skada kan påverka framkomligheten samt säkerheten på vägen beroende på skadegraden. Spårbildning är av intresse eftersom det kan påverka vattenavrinning på vägen. Detta kan leda till kvarstående vatten vilket påverkar trafiksäkerheten. Det är viktigt att notera att spårdjupet inte är avgörande för vattenavrinningen utan det är också tvärfallet på vägen som avgör om vattnet rinner av (Agardh & Parhamifar, 2012).

Det finns två typer av spårbildning, slitagespår och bärighetsspår. Oavsett orsak så indikerar spårbildning på att det finns strukturella problem i vägkroppen. Slitagespår är den typen av spår som uppstår på grund av hög trafikbelastning samt användning av dubbdäck. Normalt för denna typ av spårbildning är att deformationen är konstant och växer lika mycket varje år. Detta för att trafikvolymen samt användning av dubbdäck är i stora drag konstanta. Slitagespår är dock större under vintersäsongen på grund av fuktig vägbana. Bärighetsspår kan uppstå på mindre såväl som större vägar. Vanligast är att det förekommer på mindre vägar då dessa tenderar att ha svagare sidostöd och asfalten är då mer rörlig. Denna typ av spårbildning orsakas av främst tunga fordon. Detta innebär att spåren oftast är bredare samt avståndet mellan spåren är större än för slitagespår (Agardh & Parhamifar, 2012).

2.5 Reologi

Reologi härstammar från de grekiska orden rhe'os som betyder ström eller flöde, samt ordet logi som betyder läran om. Reologi är vetenskapen om fasta materials tidsberoende deformationsegenskaper. Reologi beskriver spänning och töjningsförhållanden hos olika material till exempel asfalt, plaster och gummi i fast eller flytande tillstånd. Storheter som används vid analysering av reologiska egenskaper är viskositet, elasticitet och plasticitet (NE, 2017). För att fastlägga reologiska egenskaper kan en dynamisk skjuvreometer användas. Dessa egenskaper kan sedan tillämpas för val av produkter och dimensionering av vägar.

Ett material som påverkas av en yttre kraft kommer att uppvisa ett viss beteende gällande deformation. Hur ett material reagerar beror på följande faktorer (Anton Paar, 2008):

- Materialets inre struktur och uppbyggnad.
- Den yttre kraft som påverkar materialet.
- Omgivande faktorer t.ex. temperatur.

2.5.1 Viskositet

Viskositet beskriver en vätskas flytbeteende och anger hur trögflytande det är i rörelse. Ju mindre motstånd en vätska gör när den strömmar desto lägre viskositet har den, till exempel är vatten lättflytande jämfört med olja där av har vatten lägre viskositet (Jönsson, 2007). Viskositet kan bestämmas på två sätt, dynamisk viskositet samt kinematiks viskositet (Energihandboken, 2017).

Dynamisk viskositet definieras som kvoten mellan skjuvspänningen och skjuvhastigheten enligt nedan och anges i enheten Pascalsekund.

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad [Pa \cdot s]$$

η = dynamisk viskositet [$Pa \cdot s$].

τ = skjuvspänning [Pa]

$\dot{\gamma}$ = skjuvhastigheten [s^{-1}]

Kinematiks viskositet anger hur snabbt en vätska sprider sig i förhållande till sin massa. Den definieras som förhållandet mellan dynamisk viskositet och materialets densitet enligt nedan och anges i enheten kvadratmeter per sekund (NE, 2017b). Kinematisk viskositet kan bestämmas med en utloppsviskosimeter, varvid man mäter uttrinringstiden för en vätska ur ett kärl med ett hål i botten (Burström, 2007).

$$v = \frac{\eta}{\rho} \quad [m^2/s]$$

v , kinematisk viskositet [m^2/s]
 η , dynamisk viskositet [$Pa \cdot s$].
 ρ , densitet [kg/s].

2.5.2 Elasticitet

Elasticitet beskriver ett materials förmåga och egenskaper att återta sin ursprungliga storlek och form efter den utsätts för en belastning och därefter avlastas (Ne, 2017c).

I det fall då ett material kan återgå till sin ursprungliga storlek, är materialet elastiskt och spänningen och töjningen är konstanta. När elasticitetsgränsen överskrids uppstår förändringar av materialets inre struktur i samband med en ökad last. När elasticitetsgränsen passerar förlorar materialet sin förmåga att återgå till sin ursprungliga storlek och form, i detta skede har materialet plasticeras eller så har materialet gått mot brott. (Burström, 2007).

2.5.3 Viskoelasticitet

Det finns material som besitter viskösa och elastiska egenskaper, dessa material är varken flytande eller helt fasta. Exempel på material som har denna egenskap är polymera material såsom bitumen. Material med viskoelastiska egenskaper ändrar egenskaper vid ändring av till exempel temperatur eller PH-värde (Sik, 2017).

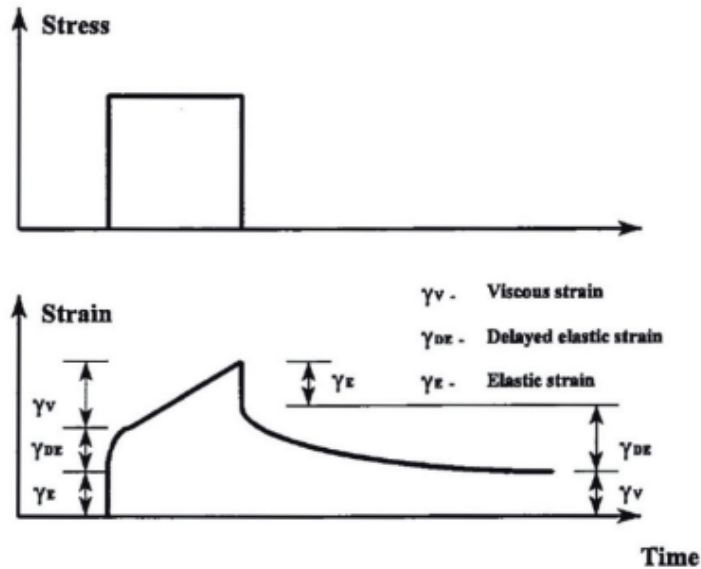
Material med viskoelastiska egenskaper är antingen till större del visköst eller elastiskt, då kallas det antingen viskoelastisk vätska eller viskoelastiskt fast material. Viskoelastisk vätska kan vid belastning flyta dock finns det en del av vätskan som är elastisk och vill behålla ursprungligaform där av kallas det viskoelastisk vätska. Vid belastning av viskoelastiskt fast material ändras den inre strukturen av materialet beroende på hur mycket av materialet är visköst (Mezger, 2011).

2.5.4 Bitumen som ett viskoelastiskt ämne

Bitumen är ett viskoelastiskt material vars reologiska egenskaper varierar med belastningstiden och temperaturen som materialet utsätts för. Bitumen uppför sig vid låga temperaturer eller vid kort belastning som ett elastiskt material och vid hög temperatur med lång belastning som ett visköst material. När bitumen används till vägbeläggning så uppvisar den viskoelastiska egenskaper (Airey, 1997). Bitumens beteende vid belastning

och avlastning illustreras i figur 9. Deformationen hos bitumen delas in i tre klasser beroende på materialets reaktion:

- Elastisk reaktion
- Fördröjd elastisk reaktion
- Viskös reaktion

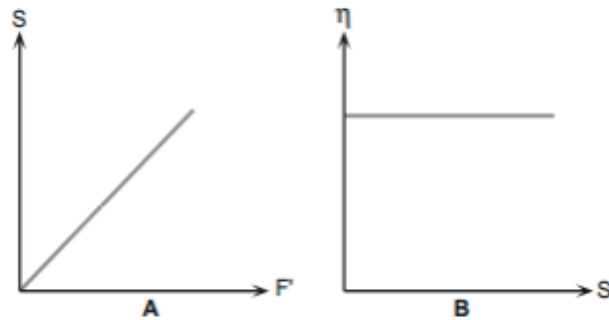


Figur 9 visar förhållandet mellan spänning och töjning över tid (Airey, 1997)

Figuren visar förhållandet mellan spänning och töjning över tid. Omedelbart vid pålastning uppstår en elastiskdeformation. Om samma last ligger kvar fortsätter deformationen att öka med tiden. Vid avlastning uppstår en direkt återgående deformation av materialet, därefter återgår materialet succesivt med tiden tills den slutar vara elastiskt. Den del av materialet som inte återgår till sin ursprungliga form har fått en permanent deformation och utgörs av materialets viskösa del.

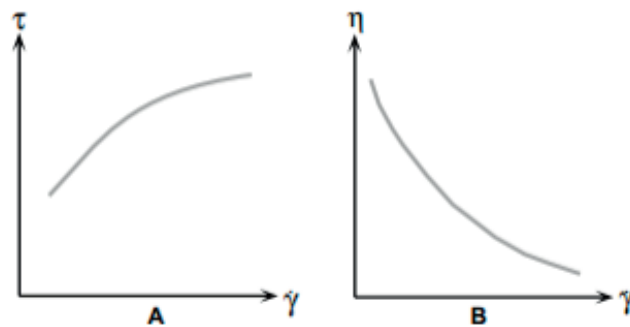
2.6 Newtonsk och icke newtonsk vätska

Viskositeten hos vätskor varierar. Visa vätskor har konstant viskositet (η) oberoende av skjuthastigheten (S), dessa vätskor är ideala och kallas för newtonska vätskor (Sik, 2017). Detta innebär att vätskan har en skjuvspänning som är linjär proportionell mot skjuvhastigheten (F') (Brookfield Engineering, 2017). Exempel på newtonska vätskor är vatten och oljor (Sik, 2017).



Figur 10 visar förhållandet mellan skjuvspänning (F') och skjuvhastigheten (S) till vänster. Den högra figuren visar förhållandet mellan viskositet (η) och skjuvhastigheten (S) (Brookfield Engineering, 2017)

En icke newtonsk vätska är motsatsen, det vill säga att förhållandet mellan skjuvspänningen och skjuvhastigheten inte är konstant. I en icke newtonsk vätska varierar viskositeten vid variation av frekvensen. Exempel på icke newtonsk vätska är målarfärg (Brookfield Engineering, 2017).



Figur 11 visar förhållandet mellan skjuvspänning och skjuvhastigheten åt vänster och viskositeten skjuvhastigheten (Brookfield Engineering, 2017)

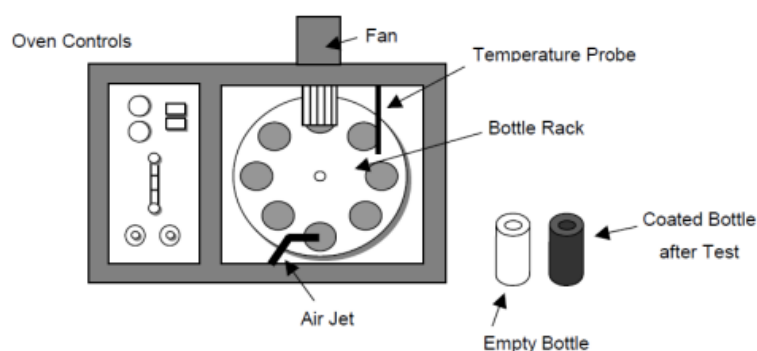
2.7 Åldring av bitumen

Bitumen är ett material som påverkas av syre, ultraviolett strålning samt temperaturförändringar. En kombination av dessa yttre faktorer resulterar i ett fenomen som kallas för *åldring*. Bitumen, som tidigare nämnt, är ett mjukt och flexibelt material, men vid åldring resulterar materialet i en förändring av dess kemiska sammansättning vilket leder till bland annat en förändring av dess reologiska egenskaper. Den mest relevanta och tydliga förändringen i materialet är att viskositeten ökar vilket leder till styvare material. Åldringen av bitumen sker i två etapper där den första etappen börjar redan vid tillverkning och utläggning av asfalt, denna etapp kallas för kortsiktig åldring. Den andra etappen sker successivt under asfaltens livslängd och kallas för långsiktig åldring. Vid åldring av bitumen är det främst minskningen av de flyktiga komponenterna i bitumen, det vill säga hartser, som påverkar. Minskningen av dessa komponenter sker genom oxidation och/eller genom utsättning av UV-ljus (Yusoff, 2012). En ökad styvhet innebär en minskning av flexibiliteten av materialet. Med tiden åldras bituminet och blir styvare, och efter lång tid blir materialet för styvt och vidhäftningen mellan bitumen och stenmaterial försämras. Detta leder i sin tur till en ökad risk för sprickbildning (Airey, 1997). Vid testning av åldring utförs två olika typer av test beroende på om testning sker för kortsiktig eller långsiktig åldring. För kortsiktig åldring utförs ett RTFOT test, som simulerar åldringen/förhårdningen under tillverkningen. För långsiktig åldring görs ett PAV-test som simulerar de långsiktiga förhållandena på vägen (Yusoff, 2012).

2.7.1 RTFO-test

Rolling Thin Film Oven Test, RTFO, är ett test som utförs på bitumen för att simulera det som händer med materialet från tiden då det bara är rent bitumen upp till 2 år efter utläggning av färdig asfaltmassa. Detta räknas som kortsiktig period.

Vid utföring av testet hålls bitumen i specialdesignade flaskor som sedan placeras horisontellt på ett vertikalt roterande stativ som sedan placeras i en ugn. Ugnen värms upp till 163°C och provet får rotera i 75 minuter. Vid varje rotation utsätts ett prov för en luftstråle där syftet är dels att rensa provet av ångor som bildas men även för att utsätta provet för luft och därmed trappa upp oxidationseffekten och själva åldringen. Figur 15 illustrerar testets komponenter (Yusoff, 2012).



Figur 12 visar komponenterna i ett RTFO-test (Yusoff, 2012)

2.7.2 PAV-test

Pressure Aging Vessel test, PAV-test, utförs då långsiktig åldring ska undersökas. Som tidigare nämnt är åldring en process som sker successivt med tiden. PAV används för att simulera de fysiska och kemiska förändringarna i bitumen efter att materialet har varit utsatt för oxidation under lång tid. PAV-testet utförs efter att den först genomgått RTFO testet, detta då testet ska göras på redan åldrad bitumen (Harrigan, 1994).

Testet utförs på ett 50 grams prov som placeras i en panna i en uppvärmd behållare som är trycksatt på 2,1 MPa. Testet får stå i 20 timmar med varierande temperaturer på 90, 100 och 110°C. Temperaturvalet vid utförande av testet beror på vilket klimat som råder där bindemedlet ska användas (Harrigan, 1994).

2.8 Superpave

Det Amerikanska Strategic Highway Research Program i USA är ett forskningsprogram som år 1987 startade ett forskningsprojekt som heter Superpave, som står för Superior Performing Pavements. Projektets mål var bland annat att skapa ett nytt system för klassificering av bindemedel. Syftet med det nya systemet var att knyta egenskaperna hos bitumen respektive specifikationerna för bindemedel till vägens klimatförhållanden. Superpave tog hänsyn till tre typer av bindemedelsrelaterade skador spårbildning, utmattningsprickor och lågtemperatursprickor. För samtliga skador togs det fram nya testmetoder vilket var ett annat delmål i projektet. De nya testmetoderna mäter bitumens fysikaliska egenskaper. Mätinstrumenten ska kunna simulera vilken påverkan åldring och påfrestning har som kommer från miljön och belastningar har på vägbeläggningen. Följande fem mätinstrument användes (Nordtest, 2002):

- Dynamisk Skjuvreometer (DSR), tar fram viskoelastiska egenskaper.
- Bending Beam Rheometer (BBR), tar fram styvhet vid låga temperaturer.
- Direct Tension Test (DTT), mäter draghållfasthet vid låga temperaturer.
- Rolling Thin Film Oven Test (RTFOT), simulerar bindemedlets oxidering under blandnings samt utläggningsperioden.
- Pressure Ageing Vessel Test (PAV), simulera bindemedlets långtidsåldring.

Superpaves graderingssystem anger vid vilka temperaturer bitumen har de önskvärda egenskaper. Klassificeringen (*Paving Grade*) baseras på två temperaturer, maxtemperaturen och lägsta temperaturen. Exempel på hur klassificeringen kan se ut är PG64-22. I exemplet anger 64°C vilken max temperaturen som beläggningen kan motstå spårbildning under de i genomsnitt sju varmaste dagarna. Lägsta temperaturen -22°C står för temperaturen i luften där det uppstår termiska sprickor på beläggningen (Nordtest, 2002).

2.9 Dynamisk Skjuvreometer, DSR

Dynamisk skjuvreometer är ett mätinstrument, som används för att fastlägga ett materials reologiska egenskaper. DSR:en tar fram materialets elastiska, viskoelastiska och viskösa egenskaper vid olika temperaturer och frekvenser. Med en dynamiska skjuvreometer finns det möjlighet att ta fram de reologiska egenskaperna genom rotation samt oscillation. DSR:en mäter bland annat komplex skjuvmodul (G^*) och fasvinklen (δ) via oscillation. Dessa mätvärden beskriver hur den elastiska samt den viskösa delen av ett material beter sig.

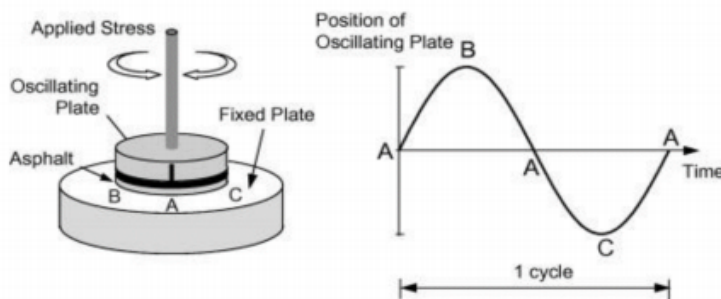
Mätinstrumentet består av ett antal komponenter se figur 12. Ett vattenbad hjälper instrumentet att hålla en stabil temperatur under själva mätningen. DSR:en använder sig av olika mätplattor. Mätplattorna kommer i par: en bottenmätplatta och en övre mätplatta som även kallas för spindel. Den övre mätplattan, som är avtagbar, och sätts fast med ett snabbblås detta för att enkelt och snabbt kunna applicera materialet på själva mätverktyget. Det är den övre mätplattan som utför den oscillerande rörelsen medan bottenplattan är fast. Mätplattorna som användes till denna studie var av två slag med diameterstorlek 8 mm respektive 25 mm.



Figur 13 visar komponenterna till DSR:n. 1. Silikonform PP25, 2 silikonform PP08, 3. Undre mätplatta PP25. 4. Undre mätplatta PP08, 5. Övre mätplatta PP08, 6. Övre mätplatta PP25, 7. Temperaturkammare.

2.9.1 Oscillation

Vid framtagning av de reologiska egenskaperna i ett material så används oscillation. Den oscillerande rörelsen gör att materialets inre struktur bibehålls tillskillnad mot en roterande rörelse (Anton Paar, 2008). Den oscillerande rörelsen går fram och tillbaka i en periodisk rörelse, rörelsen kan uttryckas som en sinusfunktion. Oscillation rörelsen börjar i punkt A, sedan roterar det övre mätinstrumentet till punkt B, därefter roterar det övre mätinstrumentet tillbaka till punkten A och vidare till punkt C för att sedan rotera tillbaka till utgångspunkten A. När denna rörelse är utförd så har mätningen utfört en cykel även kallad en period se figur 13. (Airey, 1997)



Figur 14 visar hur den oscillerande rörelsen går (Asphalt Institute, 2007).

För tester på viskoelastiska material såsom bitumen är det huvudsakligen två faktorer som är av vikt, dessa faktorerna beskriver materialets egenskaper från helt elastiskt till helt visköst dessa faktorerna är komplex skjuvmodul (G^*) och fasvinklen (δ) (Yusoff, 2012).

2.9.2 Komplex skjuvmodul och fasvinkel

Den komplexa skjuvmodulen (G^*) är ett mått på det totala motståndet när ett material deformeras under belastning med en oscillerande rörelse. Den komplexa skjuvmodulen beskriver materialet förmåga att motstå deformation när det utsätts för en spänning. Komplexa skjuvmodulen kan bestämmas via förhållandet mellan skjuvspänning samt skjuvtöjning enligt nedan:

$$G^* = \frac{\tau}{\gamma} [Pa]$$

τ , skjuvspänning[Pa]

γ , skjuvtöjning[%]

Den komplexa skjuvmodulen består av två komponenter, elasticitetmodulen G' och viskositetmodulen G'' . Elasticitetmodulen beskriver hur mycket av materialets energi som lagras vid oscillation det vill säga hur stor andel av materialet som är elastiskt.

Viskositetmodulen beskriver den viskösa delen av materialet. Tillsammans beskriver dessa två komponenter hur elastiskt eller visköst ett material är.

$$|G^*| = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2}$$

Fasvinkeln (δ) beskriver de viskoelastiska egenskaperna och definieras som förhållandet mellan G'' och G' enligt nedan:

$$\delta = \tan^{-1} \left(\frac{G''}{G'} \right) \quad [^\circ]$$

G'' , viskositetmodulen [Pa]

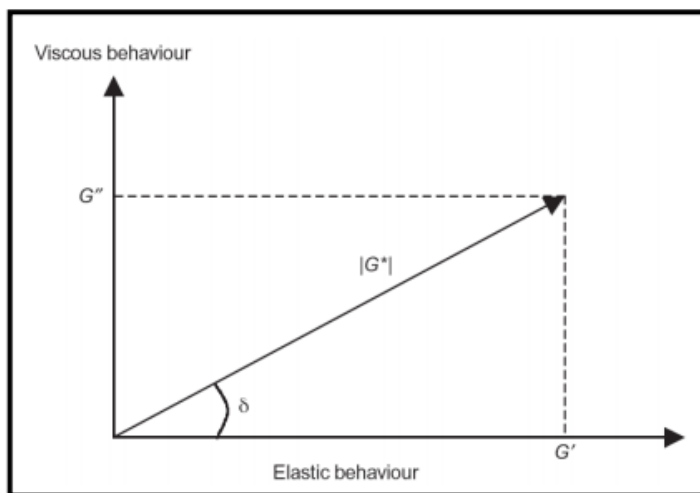
G' , elasticitetsmodulen [Pa]

Beroende på storleken på fasvinkeln fås information om materialet. Fasvinkeln kan variera mellan 0 och 90 grader, ju större vinkel desto mer visköst är materialet. Då vinkeln är 45 grader anses materialet vara lika mycket elastiskt som visköst se figur 14 (Yusoff, 2012).

$\delta < 45^\circ$ materialet är mer elastiskt än visköst.

$\delta = 45^\circ$ materialet innehåller lika stor del viskösa delar som elastiska delar.

$\delta > 45^\circ$ materialet är mer visköst än elastiskt



Figur 15 visar förhållandet mellan δ , G^* , G' och G'' (Yusoff, 2012)

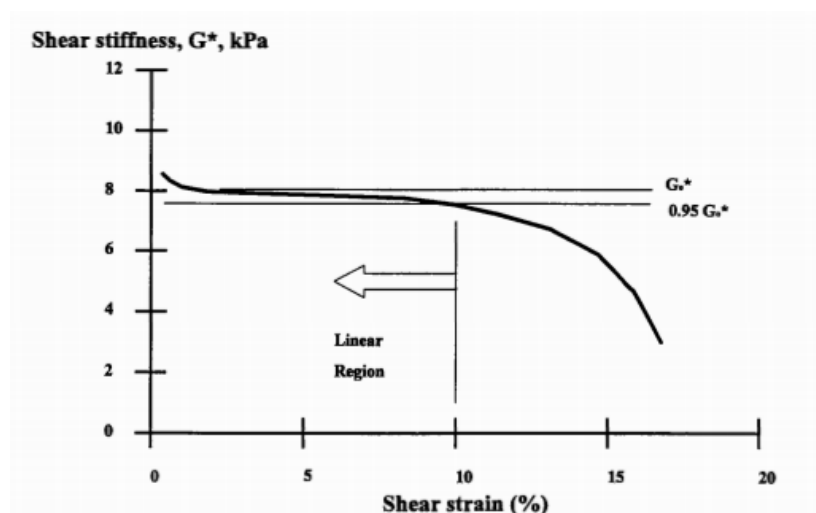
2.10 Mätteknik

2.10.1 Amplitudsvep

Med mätinstrumentet DSR kan flera olika mätningar utföras bland annat amplitudsvep. Syftet med amplitudsvep är att ta fram ett materials linjära viskoelastiska område även kallat för LVE-område. Inom området är G' viskositetmodulen och G'' elasticitetmodulen konstanta vid låg töjning och materialets inre struktur fortfarande hel. Då materialet befinner sig utanför LVE-område är dess inre struktur rubbad (Yusoff, 2012).

Amplitudsvepet utförs genom att utsätta materialet för en vinkelfrekvens på 10 rad/s och en töjnings som succesivt ökar från 0,01 till 100% vid en viss temperatur. Valet av frekvensen 10 rad/s görs då det motsvarar belastningen från ett tungt fordons däck med en hastighet på 80 km/h (Yusoff, 2012).

LVE-områdets gräns definieras vid punkten då komplexa skjuvmodulen minskar till 95 % av dess initiala värde, se figur 16.



Figur 16 visar resultatet av ett amplitudsvep och LVE-området (Airey, 1997)

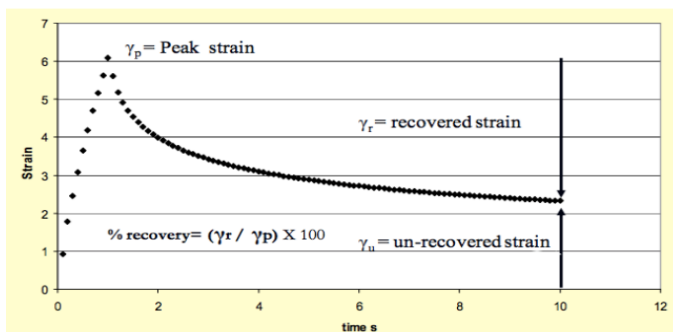
2.10.2 Svepmätning

Med hjälp av DSR utförs ett sveptest. Syftet med testet är att ta fram vilka påverkningar temperatur och frekvens har på materialet. Sveptestet beskriver materialets kort- och långtidsbelastningar, testet utförs genom att vid hög frekvens mäts belastningen under korttid och vid låg frekvens under långtid. Frekvenssvepet utförs i spannet 0,1 till 100 rad/s för en serie inställda temperaturer. Testet genomförs i två stycken svepmätningar, ett med en platta med diametern 25 mm med temperaturerna 10 °C till 100 °C, samt med en platta med diametern 8 mm med temperaturerna 30 °C till -30 °C, med temperatursteg om 10 °C. Testet utförs i två svepmätningar på grund av att den större plattan med diametern 25 mm gör att provkroppen blir för styv vid temperaturer lägre än 10 °C. Detta då det blir för stor volymmassa och mätinstrumentet slutar ge trovärdiga resultat. Därför används den mindre plattan som ett komplement till testet för att täcka temperaturspannet under 30 °C. De framtagna egenskaperna kan sedan tillämpas vid val av bitumentyp. (Anton Paar, 2017)

2.10.3 MSCR

Multiple Stress Creep Recovery-testet används för bedömning av ett bitumens potential för permanenta deformationer (krypning). Detta test är en uppdatering för Superpaves graderingssystem av bindemedel. MSCR testet utförs vid framtagning av bituminets spårbildningsegenskaper. Man har tidigare behövt göra särskilda tester på bland annat elastisk återhämtning, seghet och hållfasthet. Med MSCR fås denna information med endast ett test (Federal Highway Administration , 2017).

Ett MSCR test utförs med hjälp av en DSR. Provkroppen utsätts för en konstant skjuvlast (τ) under en sekunds period. Därefter tas lasten bort och provkroppen får vila och återhämta sig i nio sekunder. Denna cykel körs 10 gånger med en last på 0,1 kPa. Därefter körs 10 nya cyklar med en ny last på 3,2 kPa. Testet mäter töjningsdeformationen med avseende på tid och temperatur. Det är alltså ett kryptest. Figur 17 nedan visar en cykel i MSCR-testet (Federal Highway Administration , 2017).



Figur 17 visar förhållandet mellan töjning och tid vid på- och avlastning (Federal Highway Administration , 2017)

Utvärdering av testet görs genom att beräkna hur mycket återgång (R , *Recovery*) provet fick genom ekvation 1.1. Framtagning av den permanenta deformationen γ_{nr} (nr betyder *non recovery*) tas fram enligt ekvation 1.2 och slutligen genom division av den permanenta deformationen med dess respektive last enligt ekvation 1.3 fås den kvarstående deformationen (J_{nr}). J_{nr} är alltså ett mått som beskriver spårbildning väl, detta enligt noggranna utvärderingar gjorda av Accelerated Loading Facility (ALF) på Federal Highway Administrations (FHWA). I en annan studie av FHWA ALF visar också att Superpaves högtemperaturparameter för spårbildning, det vill säga $G^*/\sin \delta$, inte ger lika realistiska mått som J_{nr} (Federal Highway Administration , 2017).

$$R = \gamma_r / \gamma_p * 100 \quad [\%] \quad \text{Ekv. 1.1}$$

$$\gamma_{nr} = \gamma_p - \gamma_r \quad [\%] \quad \text{Ekv. 1.2}$$

$$J_{nr} = \gamma_{nr} / \tau \quad [\text{kPa}^{-1}] \quad \text{Ekv. 1.3}$$

R Återgång
 γ_r Elastisk töjning
 γ_p Maximal töjning

γ_{nr}	Plastisk töjning
J_{nr}	Kvarstående deformation
τ	Skjuvkraft

2.11 Metoder för utvärdering

2.11.1 Masterkurva

Masterkurvan är ett verktyg som beskriver hur bindemedlet och dess kemiska uppbyggnad påverkar den viskoelastiska egenskaperna hos materialet (Yusoff, 2012). Masterkurva används för att minska mängden mätningar genom att approximera mätdata till en funktion. Från masterkurvan utläses den komplexa skjuvmodulen (styvheten) samt fasvinkeln för en viss temperatur och viss *reducerad frekvens* för ett material (Mezger, 2011).

För att skapa en masterkurva görs först ett flertal frekvenssvep med olika temperaturer där utdata bland annat är den komplexa skjuvmodulen (G^*) vid given temperatur och frekvens. Mätdata sammanställs till en masterkurva som utgörs av komplex skjuvmodul på Y-axeln och *reducerad frekvens* på X-axeln. Vid framtagning av kurvan utgås det från en valfri referens temperatur, detta gör det möjligt att skapa en sammanhängande masterkurva (Mezger, 2011).

Det är viktigt att notera skillnaden mellan lastens frekvens och den beräknade parametern *reducerad frekvens*. Reducerade frekvens är en sammanvägning av frekvens och temperatur med en så kallad *skiftfaktor*. Skiftfaktorn beskriver förhållandet mellan temperatur och frekvens, som har samma effekt på skjuvmodul respektive fasvinkel. Typiskt för polymera material är att en variation av temperatur kan ersättas med en variation av frekvens. Den reducerade frekvens definieras enligt följande:

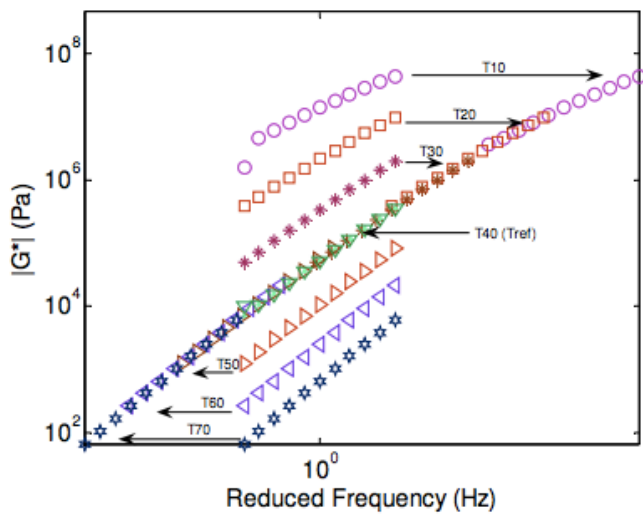
$$\log f_r = \log f + \log a_T,$$

f_r , Reducerad frekvens [Hz]

f , Frekvens [Hz]

a_T , Skiftfaktor

Figur 18 visar mätdata på komplex skjuvmodul vid frekvensen 1 Hz. Det går att utläsa att för låga temperaturer är den komplexa skjuvmodulen hög samt att låg vid höga temperaturer. För att få en sammanhängande masterkurva väljs i detta fall en referenstemperaturen på 40° C. Därefter flyttas resterande data för de olika temperaturen med hjälp av skiftfaktorn i horisontalled antingen till vänster eller höger om referenstemperaturen tills en sammanhängande kurva åstadkoms, *masterkurvan*.



Figur 18 visar en masterkurva med en referenstemperatur på 40 ° C (Yusoff, 2012)

För att ta fram skiftfaktorn a_t som säger hur mycket den registrerade data ska flyttas i horisontalled, kan bland annat WLF-ekvationen användas. Ekvationen är framtagen av Williams, Landel Och Ferry. Ekvationen bygger på tre konstanter T_{ref} , C_1 och C_2 som styr skiftfaktorn beroende på skillnaden mellan temperaturen och referenstemperaturen. Konstanterna C_1 och C_2 beräknas med avseende på referenstemperaturen som väljs valfritt (Williams, 1955). Skiftfaktorn bestäms enligt WLF-ekvationen nedan:

$$\log a_t = \frac{-C_1(T - T_{ref})}{C_2(T - T_{ref})}$$

a_t ,	skiftfaktor
C_1 & C_2 ,	konstanter
T ,	temperatur [°C]
T_{ref} ,	referenstemperatur [°C]

Skiftfaktorn kan även beräknas med Arrhenius ekvation. Ekvationen bygger på två konstanter T_A och T_0 . Då relationen mellan temperatur och skiftfaktorn oftast är linjär eller nästintill linjär kan Arrhenius ekvation användas. Detta då det är en enklare ekvation än WLF. Samtidigt är ekvationen osäker att använda till extrapolering av temperaturer utanför uppmätt område.

T_A är lutningen på kurvan som påverkas av aktiveringsenergin, T_0 är en godtycklig vald referenstemperatur. Skiftfaktorn med Arrhenius ekvation bestäms enligt nedan (Jones & David, 2001):

$$\log a_t = T_A \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

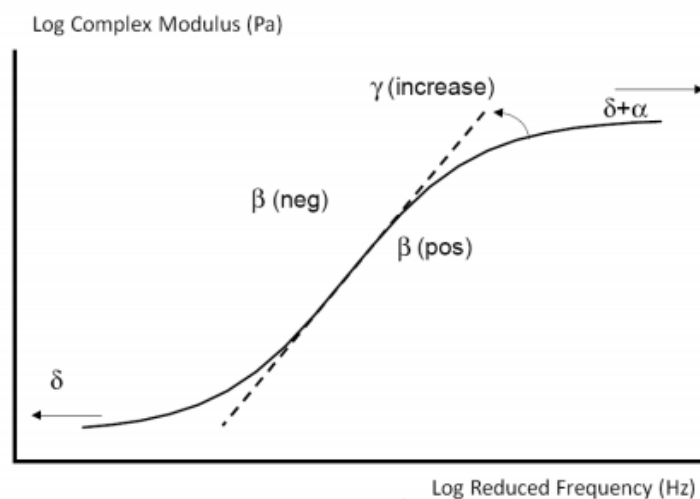
a_t ,	Skiftkonstant
T_A ,	Lutning
T_0 ,	Godtycklig referenstemperatur
T ,	Aktuell temperatur

2.11.1.1 Sigmoidal-modellen.

För att ta fram en masterkurva går det att använda den matematiska Sigmoidal modellen. Modellen beskriver relationen mellan komplex skjuvmodul och den reducerande frekvensen. Sambandet är följande:

$$\log|G^*| = v + \frac{\alpha}{(1 + e^{(\beta + \gamma(\log(\omega)))})} [Pa]$$

G^* ,	komplex skjuvmodul
ω ,	reducerad frekvens
v ,	lägre asymptoten
α ,	skillnaden mellan övre och undre asymptot
β & γ ,	anger läget för kurvans inflektionspunkt



Figur 19 visar anpassning av sigmoidal modellen (Yusoff, 2012)

Modellen består av fyra konstanter δ , β , γ och α . Där δ är den undre asymptoten, α beskriver differensen mellan övre och undre asymptoten, β och γ beskriver formen mellan asymptoten och placeringen på inflexionspunkten. Inflexionspunkten tas fram genom $10^{\beta/\gamma}$. Sigmoidal modellen används till flera olika forskningar för beskrivning av komplex

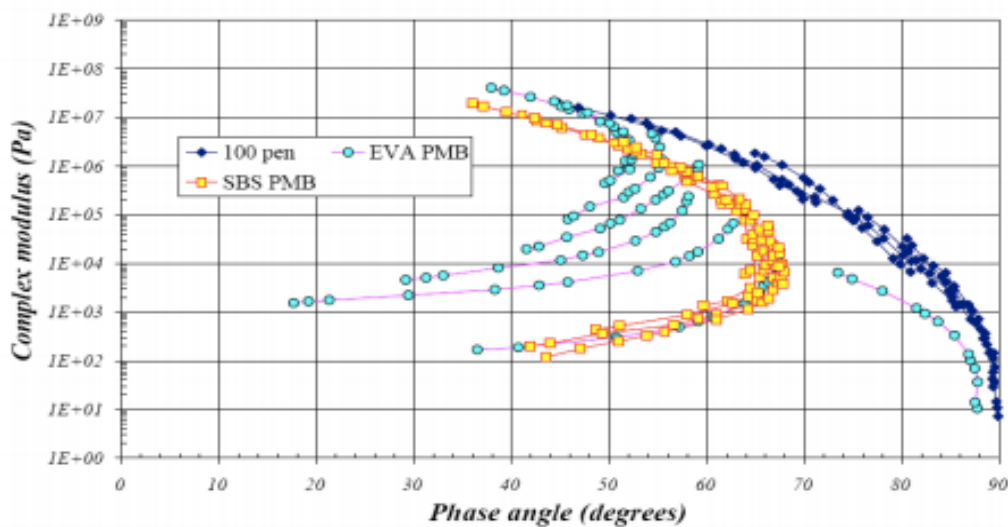
skjuvmodul och används också vid beskrivning av komplex skjuvmodul för bitumen (Yusoff, 2012).

2.11.2 Blackdiagram

Ett blackdiagram är en graf vilket beskriver sambandet mellan den komplexa skjuvmodulen (G^*) och fasvinkeln (δ) dessa erhålls genom ett dynamiskt test. Blackdiagrammet är ett användbart hjälpmedel då den indikerar om materialet som mäts har egenskaper av en newtonsk eller icke newtonsk vätska. En jämn kurva i black diagrammet indikerar ekvivalenta förhållanden mellan frekvens och temperatur. En osammanhängande kurva indikerar att materialet till exempel bitumen innehåller höga mängder av vax eller att bituminet är polymermodifierad (Airey, 2013).

Blackdiagrammet utgörs av parametrarna komplexa skjuvmodulen i Y-led och fasvinkeln i X-led. Fasvinkeln går mellan 0 och 90 grader. Vid mätning av bitumen minskar styvheten med ökad fasvinkel, det vill säga materialet blir mer visköst. För rent newtonska vätskor får kurvan en parabel liknande form. För bitumen får kurvan en parabelliknade form upp till 90° där den sedan avtar lodrätt nedåt (Yusoff, 2012).

Figur 20 visar skillnaden mellan rent bitumen där kurvan är relativt jämn jämfört med polymermodifierad bitumen där kurvan viker sig inåt.



Figur 20 visar skillnaden mellan resultatet för rent bitumen (blå) och polymermodifierad bitumen (gul) (Yusoff, 2012)

Blackkurvor kan precis som komplexa skjuvmoduler och fasvinklar approximeras matematiskt men till skillnad från G^* och δ finns ingen praktisk nytta med det. Många tolkar kurvornas form och läge och kopplar det till kondition och egenskaper, till exempel åldring (Geoffrey, et al., 2014). Ett förekommande mått är R -value eller R -index (*Rheology*) som beskriver kurvans läge (G^*) vid fasvinkel 45°. I det läget är G' och G'' lika och ämnet befinner sig i övergången mellan ett elastiskt och visköst tillstånd. Måttet beräknas som $^{10}\log(10^9/G^*)$ och finns bland annat i matematiska samband och för att representera åldring.

3 Metod

I detta avsnitt beskrivs hur förberedningen av prover samt hur undersökningarna har genomförts.

3.1 Extrahering av bitumen och filler

Vid extrahering av bitumen och filler från returnerad asfaltsmassa har det tagits fram en process med ett antal delmoment. I ett första momentet placeras asfaltsmassan i en cylinder som är försedd med finmaskigt nät. Nätets håll har storleken 0,063 mm se figur 21. Nätet avskiljer bituminet och fillern från de större partiklarna i asfaltsmassan. För att lösa upp bituminet och filler placeras cylindern i en trumma där den roterar samtidigt som lösningsmedlet Metylenklorid sprutas in. Efter rotationen har bituminet och fillern passerat masknätet även innehållande lösningsmedlet medan de större fraktionerna stannar kvar i cylindern (Vägmateriell, SIS/TK 202, 2013).

För att avskilja fillern från bituminet och lösningsmedlet används en centrifug. Genom centrifugering av blandningen avskiljs fillern från blandningen då det trycks ut mot sidorna, bituminet och lösningsmedlet rinner ut och tappas av (Vägmateriell, SIS/TK 202,



Figur 21 visar till vänster masknät och trumma, samt till höger visar figuren centrifug vid nummer 1 samt avtappning av bitumen och lösningsmedlet vid numer 2 (Sulejmani & Andersson, 2014)

2013).

Det sista momentet är att avskilja lösningsmedlet från bituminet. Detta görs genom en destillationsprocess. Processen går ut på att värma upp blandningen till cirka 150°C, vilket gör att lösningsmedlet förångas från bituminet och samlas i en behållare och kyls ner och kondenseras. I detta steg av processen är lösningsmedlet avskilt från bituminet och kan återanvändas igen (Vägmateriell, SIS/TK 202, 2013).



Figur 22 visar destillationsprocessen, blandningen suggs upp från 1 till 2 där den värms upp och förångas till 3, där den kyls ner till 4 (Sulejmani & Andersson, 2014)

3.2 Provförberedelser

I detta avsnitt beskrivs hur blandningen av proverna har skett samt tillvägagångssättet för beredning av provkropparna. Mätningar har gjorts på rent bitumen såväl som på bruk och de tillsatsmedel som har använts är listade i tabell 3. För information om respektive produkt se kapitel 1.5 i examensarbetet ”Förbättring av asfaltens konsistens med tillsatsmedel” skriven av A. Shukir och M. Bakalov.

Tabell 3 visar de tillsatsmedel som testades i detta examensarbete.

	Produkt	Tillverkare
Föryngringsmedel	Nygen 910	Nynas
	STORFLUX	STORIMPEX
Temperaturreducerande tillsatsmedel	Sylvaroad RP1000	Kraton
	REDUX	Sasol
	Sasobit	Sasol
	Nytherm/ZycoTherm	Nynas/Zydex
	Rediset LQ	AkzoNobel

3.2.1 Provblandning

I denna undersökning användes två olika typer av bitumen, nytt 70/100 bitumen och återvunnen bitumen. I dessa blandades det olika produkter av tillsatsmedel och totalt blandades 24 olika bitumen burkar. 11 burkar kallas i denna rapport för provserie A, och 11 andra burkar med samma tillsatsmedel, men skillnaden är att den innehåller filler, kallas för provserie B. Tillsatsmedlen som användes var både temperaturreducerande samt föryngringsmedel. I tabellerna 4 och 5 nedan beskrivs provburkarnas innehåll samt beteckning. För provserie A är skillnaden mellan 1A och 2A endast att 2A har blivit uppvärmd i ugn en gång mer än 1A vilket inte anses påverka bituminets egenskaper signifikant enligt mätresultatet. Dock används 2A som referensbitumen då resterande burkar har slagits med samma bitumen som i 2A. Vad gäller fillerhalten i provserie B användes i detta examensarbete en halt på 36,3 volymprocent som representerar en stenrik asfaltstyp kallad ABS 11. Burken som innehöll 44,1 volymprocent filler är de prover som representerar återvunna bituminet. Den förhöjda volymprocenten filler beror på avnötning vid belastning men även vid krossning av materialet. Vid tillsättning av föryngringsmedel minskar halten filler och därav används 41,5 respektive 40,5 volymprocent beroende på mängden tillsatsmedel i blandningen. Se tabell 5.

Tabell 4 visar sammanfattning av innehållet i provserie A.

Prov nr.	Beskrivning av burk
1A	Bitumen 70/100 från inledande studier
2A	Referensbitumen 70/100
3A-7A	70/100 bitumen blandad med olika temperaturreducerande tillsatsmedel
8A	Återvunnet bitumen (åldrat bitumen)
9A-11A	Det återvunna bituminet blandat med olika föryngringsmedel

Tabell 5 visar sammanfattning av innehållet i provserie B.

Prov nr.	Beskrivning av burk
1B, 1C, 1D	Bitumen 70/100 från inledande studier blandat med 20, 30 respektive 40 vol% granitfiller
2B	Referensbitumen 70/100 blandat med 36,3 vol% granitfiller
3B-7B	70/100 bitumen blandad med olika temperaturreducerande tillsatsmedel samt 36,3 vol% granitfiller
8B	Återvunnet bitumen (åldrat bitumen) blandat med 44,1 vol% returfiller
9B, 11B	Återvunnet bitumen blandat med olika föryngringsmedel samt 40,5 vol% returfiller
10B	Återvunnet bitumen med föryngringsmedel samt 41,5 vol% returfiller

Blandning av bitumen med filler gjordes för hand med förutbestämda steg. Första steget var uppvärmning av bitumen burk i cirka 160°C så att den blir flytande. Den totala vikten på bruket i burken var 60 gram. Detta då det är tillräckligt för att göra ett antal provkroppar

för DSR (frekvenssvep samt MSCR) samt att massan är relativt enkel att hantera då det inte är för stor mängd. Beroende på viktprocenten filler som tillsattes så varierar mängden bitumen. Efter uppvärmningen hälls den bestämda mängden bitumen samt fillern i en burk som sedan placeras ett par minuter i ugn igen då bituminet svalnar relativt snabbt. Burken tas sedan ut och rörs om så att en homogen blandning fås.

Beroende på mängden filler kan det behövas en extra uppvärmning samt omrörning för att uppnå homogeniserad blandning. Viktigt vid omrörningen är att få med allt material i botten samt sidorna av burken.



Figur 23 visar blandningsstegen av bitumen och filler (Håkansson & Härstedt, 2015).

3.2.2 Provberedning

För att hålla upp provkropparna som sedan testas med DSR används runda silikonformar. Det användes två olika storlekar på formarna där den större är 25 mm och den mindre är 8 mm i diameter. Två metoder för uppvägning av provkropparna användes. En specifik metod för provserie A respektive B.

För provserie A, som innehöll endast bitumen och tillsatsmedel, placeras provburken tillsammans med en vanlig sked i ugn med en temperatur på 160°C. Då dess innehåll blir

lättflytande tas burken ut och rörs om med hjälp av skeden. Syftet med skeden i ugnen är att se till så att bituminet utsätts för samma temperatur under hela uppvägningsperioden. Silikonformen placeras på våg och nollställs. Därefter hålls med hjälp av skeden den mängd bitumen som eftersträvas upp. Sedan placeras provkropparna under en lampa för att bituminet i provkropparna ska rinna jämt ut i formen. Slutligen kyls provkropparna ner med hjälp av kylskåp på 4°C i minst 2 timmar. Provkropparnas vikt redovisas i tabell 6.

Tabell 6 visar provkroppsvikterna i provserie A.

Prov nr	PP25 (g)	PP08 (g)
1A-11A	0,52 ± 0,02	0,11 ± 0,02

För provserie B, som innehåll bitumen, tillsatsmedel samt filler, används en snarlik metod vid uppvägning som för provserie A. Det som skiljer sig är uppvärmningstemperaturerna samt redskapet för upphällning. Temperaturen varierar mellan 160°C och 170°C beroende på fillerhalten i burken. Ju mer filler desto högre temperatur krävs för att få innehållet lättflytande. En extra omrörning görs också då risk för sedimentation av fillern finns. Vid upphällning används en lödkolv med skopa se figur 24. Då massan innehåller filler resulterar det i en snabbare förhårdning då den är ute ur ugnen. Används kolven så bibehålls värmen längre och det underlättar upphällningen. Då fillerhalten varierar mellan provburkarna så varierar även vikten av provkroppen. Vikterna, fillerhalt samt mjukpunkt presenteras i tabell 7.

Tabell 7 visar provkroppsvikterna i provserie B.

Prov nr.	Fillerhalt (Vol%)	Mjukpunkt + 10°C (°C)	PP25 (g)	PP08 (g)
1B	20	64	0,69	0,14
1C	30	72	0,78	0,16
1D	40	89	0,87	0,18
2B-7B	36,3	80	0,84	0,17
8B	44,1	100	0,90	0,19
9B	40,5	94	0,87	0,18
10B	41,5	100	0,88	0,18
11B	40,5	94	0,87	0,19



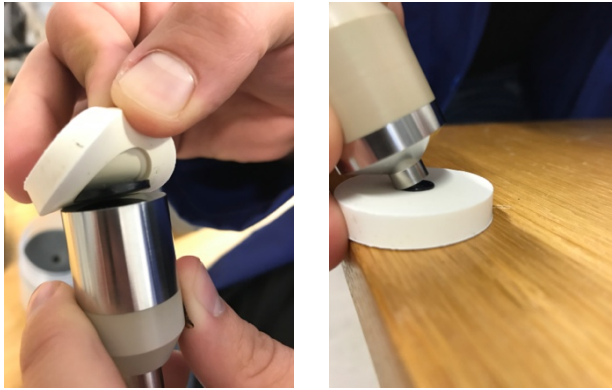
Figur 24 bilden till höger visar upphällning av bitumen. Bilden till vänster upphällning av bruk.

3.3 Applicering samt trimning av provkropp

Provkroppen appliceras på två olika spindlar med storleken 25 mm respektive 8 mm. Innan applicering av provkroppen är det viktigt att den övre mätplattan värms upp, temperaturen på övre mätplattan bör vara mjukpunkten för provkroppen plus 10°C enligt Nynäs. Detta då provkroppen ska mjukas upp för att få kontakt med hela tvärsnittsytan på mätplattan. Det kallas även trimtemperaturen. Provkroppen ska ligga centrerat samt ha full anliggning på den övre mätplattan. Detta för att minska risken för uppkomsten av luftbubblor mellan provkropp och den undre mätplattan se figur 25. Vid appliceringen ligger provkroppen kvar i silikonformen dock vänds den upp och ner för att få den platta sidan uppåt. Därefter demonteras den övre mätplattan och provet appliceras enligt figur 26. Därefter kan den övre mätplattan fästas in på DSR:n igen.

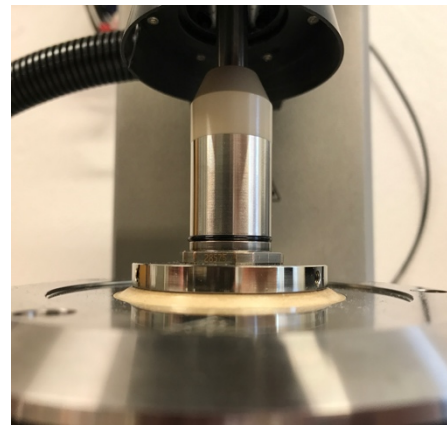
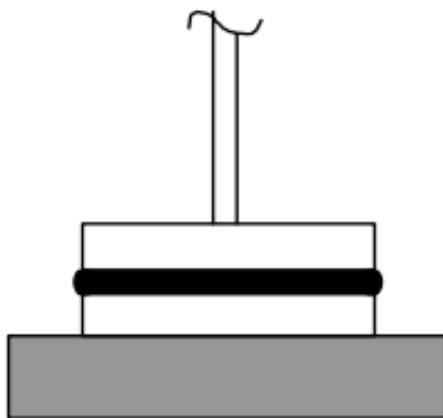


Figur 25 visar placering av provkropp PP25 (Sulejmani & Andersson, 2014).



Figur 26 visar appliceringen av PP25 samt PP08.

Innan mätningarna kan startas behöver provkroppen komma i kontakt med både övre och undre mätplattan. Gapet mellan mätplattorna bör vara 1 mm för PP25 respektive 2 mm PP08 vid trimtemperatur. Gapet mellan mätplattorna sker i 3 moment. För mätplattan PP25 sänks höjden först till 2 mm så provkroppen får kontakt med både övre och undre mätplattan, provkroppen och kan börja tempereras. Efter cirka 10 minuter har provkroppen samma temperatur som mätplattorna och DSR:n visar att normalkraften som provkroppen utsätts för är nära 0 N. Då kan den övre mätplattan sänkas ytterligare och temperaturen sänks till en mellantemperatur i cirka 5 minuter. När normalkraften åter närmar sig noll sänks det övre mätinstrumentet till cirka 1 mm och starttemperaturen för testet. Provkroppen mellan övre och undre mätplatta ska ge form till en bula ut från mätplattorna för att det ska finnas full kontakt mellan provkropp och mätplattorna se figur 27 därefter kan mätningen starta.



Figur 27 visar bulan som provkroppen ger form till mellan övre och undre mätplattan (Sulejmani & Andersson, 2014) .

3.4 Intervalluppbyggnad av svepmätning

Vid utföring av testet krävs först en programmering av Rheoplus mallar. För att utföra ett frekvenssvep krävs en specifik programmering av mall, se figur 28. Denna mall består av ett antal faser där varje fas innehåller viss information som maskinvaran utför. I detta arbete används tre olika faser. Den första fasen kallas för tempereringsfas där mätinstrumentet tempererar provkroppen till en bestämd temperatur och trimningshöjd,

detta kan visualiseras i figur 28 i kolumn 1 respektive 4. Tempereringstiden för denna fas är 600 sekunder. Den andra fasen är förkörningsfas där man utsätter provkroppen för en bestämd spänning och frekvens. Syftet är att "få igång" provkroppen då den kan vara motsträvig vilket kan leda till felmätning, detta visas i kolumn 2. Tredje fasen är svepfasen. Det är i detta skede som den faktiska mätningen sker. I varje svepfas utförs 10 mätningar med olika spänningar respektive frekvenser för samma temperatur detta visas i kolumn 3.

Sveptestet utförs på samtliga provkroppar i två omgångar, första omgången med en 25 mm mätinstrument där temperatursintervallet går mellan 10 och 100°C med en temperaturökning på 10°C. Andra omgången görs med en 8 mm mätinstrument med ett temperatursintervall på 30 och -30°C med en temperatursänkning på 10°C. För varje temperatur utsätts provkroppen för ett intervall av frekvenser samt spänningar.

Frekvensintervallet går mellan 0,1 rad/s och 100 rad/s. Intervallet ökar logaritmiskt vilket ger 10 mätpunkter. 0,1 rad/s motsvarar en låg hastighet och 100 rad/s motsvarar högre hastighet för ett tungt fordon. Spänningen som provkroppen utsätts för är tillräckligt hög för att kunna ge en respons men inte så hög så att provkroppen går mot brott. Nynäs AB har gjort studier på vilka spänningsintervall som bör användas vid olika frekvenser samt temperaturer vilket har utnyttjats i detta arbete.

		1	2	3	4	5
MCR302 PP25/PE-SN35861		600 Pts. 1 s	1 Pts.	10 Pts.	600 Pts. 1 s	10 Pts.
Rotation $\dot{\gamma}, n, \phi, \gamma$						
Rotation τ, M						
Oscillation ϕ, γ			γ 0,5 % ω 0,1 rad/s	γ 0,5-0,06 % ω 0,1..100 rad/s		γ ***.*** % ω 0,1..100 rad/s
Oscillation τ, M						
F_N						
d, v, d/d		d 1,046 mm			d 1,053 mm	
P-PTD200+H-PTD120-SW	Accessory1 T	T 10 °C	T 10 °C	T 10 °C	T 20 °C	T 20 °C

Figur 28 visar programmeringsvyn i Rheoplus för PP25.

Time Setting: 10 Meas. Pts.
Measuring Profile: 1
- Strain
Amplitude gamma = 0,5 ... 0,06 % log
Angular Frequency omega = 0,1 ... 100 rad/s log
Temperature T[-1] = 10 °C

Meas. Pts	Temperature [°C]	Angular Frequency [rad/s]	Strain [%]	Shear Stress [Pa]	Complex Modulus [Pa]	Phase Angle [°]	Storage Modulus [Pa]	Loss Modulus [Pa]
1	10	0,1	0,487	1 160	238 000	63,3	107 000	213 000
2	10	0,215	0,393	1 610	408 000	61,5	195 000	358 000
3	10	0,464	0,313	2 140	684 000	59,7	345 000	591 000
4	10	1	0,247	2 800	1,13E+6	58,1	599 000	961 000
5	10	2,15	0,196	3 620	1,84E+6	56,4	1,02E+6	1,54E+6
6	10	4,64	0,154	4 540	2,95E+6	54,6	1,71E+6	2,41E+6
7	10	10	0,121	5 650	4,65E+6	52,8	2,82E+6	3,7E+6
8	10	21,5	0,0962	6 910	7,19E+6	51,2	4,51E+6	5,6E+6
9	10	46,4	0,0758	8 280	1,09E+7	49,6	7,08E+6	8,32E+6
10	10	100	0,0599	9 750	1,63E+7	48,4	1,08E+7	1,22E+7

Figur 29 visar resultatsvyn i Rheoplus. 1. Programmerad indata, 2. Provtemperatur, 3. Frekvensen (0,1-100 rad/s), 4. Spänning (i detta exempel 0,5-0,06%), 5. Uppmätt komplex skjuvmodul och fasvinkel.

Vid val av trimhöjd utgicks det från bitumens densitet vid trimtemperatur (mjukpunkt + 10°C). Testen utförs på ett antal olika temperaturer och då densitet för bitumen förändras med varierande temperatur krävs en korrigering av höjden mellan plattorna. Detta för att bibehålla full anliggning av provkroppen på plattorna. DSR har även funktionen att automatiskt ställa in höjd utefter hur stora vertikala påkänningar som provkroppen utsätts för. Vertikalkraften (normalkraften) ska vara noll eller så nära noll som möjligt vilket ställs in automatiskt av maskinen. Denna funktion användes vid temperaturer under 10°C för att underlätta höjdställningen.

Programmeringen av mallen varierar även beroende på vilken typ av material som testas. För rent bitumen krävs förkörningsfasen endast vid låga temperaturer ($\geq 10^\circ\text{C}$) medan för bruk krävs förkörningsfasen på samtliga temperaturer. Som tidigare nämnt är förkörning viktig för att få rätt amplitud (spänning) vid den faktiska mätningen.

3.5 MSCR

MSCR-testet är, som tidigare nämnt, ett kryptest och utförs på temperaturer som är relativt höga. Därav behöver dessa mätningar endast utföras på PP25 (provkropp med diameter 25mm). Testet utförs på tre olika temperaturer som väljs utifrån provkroppens mjukpunkt. Då tidigare mätningar har gjorts i RVB på samma provkroppar kan det konstateras vilka mjukpunkter varje provkropp har. Testet utförs med en temperatur som är lite under mjukpunkt för provkroppen, en så nära mjukpunkt som möjligt och sist en temperatur som ligger lite över mjukpunkt. Temperaturerna varierar med en ökning på 6°C, till exempel 52-58-64, det är därför viktigt att valet av temperaturerna täcker mjukpunkten. Vid varje temperatur utförs följande i testet:

1. Stabilisering av temperatur och normalkraft i 15 min.
2. Provkörning (Kontrollpunkt)
3. Belastning med 100 Pa i 1 sekund.
4. Avlastning i 9 sekunder. Steg 3 och 4 repeteras ytterligare nio gånger innan programmet går vidare till nästa steg.
5. Ny belastning med 3200 Pa i 1 sekund.
6. Avlastningsfas i 9 sekunder. Steg 5 och 6 repeteras ytterligare nio gånger.
7. Ny temperatur och omstart av cykeln.

MCR302 PP25/PE-SN35861		1 900 Pts. 1 s	2 1 Pts. 1 s	3 10 Pts. 0,1 s	4 20 Pts. 0,45 s	5 10 Pts. 0,1 s	6 20 Pts. 0,45 s	7 900 Pts. 1 s
Rotation $\dot{\gamma}$, n, φ , γ								
Rotation τ , M			τ 100 Pa	τ 0 Pa	τ 3200 Pa	τ 0 Pa		
Oscillation φ , γ								
Oscillation τ , M								
F_N								
d_v , d/d	d 1,063 mm							d 1,067 mm
P-PTD200+H-PTD120-SNH Accessory1 T	T 52 °C	T 52 °C	T 52 °C	T 52 °C	T 52 °C	T 52 °C	T 52 °C	T 58 °C

Figur 30 visar programmeringsvyn för MSCR-test

4 Resultat från mätningensarbete

Resultaten från svepmätningarna och MSCR redovisas i siffror i bilagorna. Nedanstående figurer och tabeller bygger på de resultaten.

Enligt Superpave ska proverna behandlas med åldringsmetoderna RTFOT och PAV. Detta har inte gjorts i den här undersökningen av praktiska skäl och därmed kan inte resultaten användas för klassificering enligt Superpave. Syftet har varit att jämföra effekterna av tillsatsmedlen med ett nytillverkat prov.

Tabellrubrikerna utgår från parametrarna i PG-klassificering enligt Superpave och andra parametrar för beskrivning av bindemedels egenskaper enligt följande:

Tabell 8 Förklaring av kolumnparametrarna i resultattablerna.

Parameter	Betydelse
Prov nr	Proverna i löpande numrering (A för bitumen, B för asfaltbruk)
t-låg	PG-klassificering av lågtemperaturegenskaper enligt Superpave (lågtemperatursprickor)
t-medel	PG-klassificering av utmattningsegenskaper enligt Superpave
t-hög	PG-klassificering av högtemperaturegenskaper enligt Superpave (plastisk spårbildning)
MP-DSR	Mjukpunkt beräknad från oscillerande sveptest med DSR
MP-RVB	Mjukpunkt från viskositetstest med RVB
MSCR	Krypvärdet Jnr3200 bestämt med DSR (plastisk spårbildning; alternativ till t-hög)

4.1 Bitumen

4.1.1 Resultat

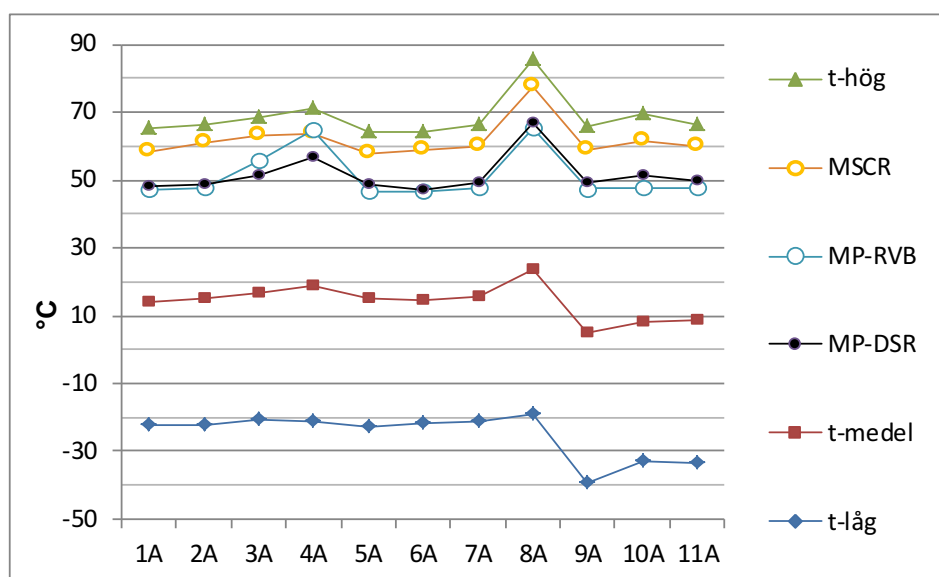
Nedanstående tabell visar beräknade värden från sveptest med DSR och RVB.

Gränsvärdena för **t-medel** och **t-hög** anges i Superpave. **t-låg** är inte uppmätt med BBR eller DTT utan är beräknad från oscillerande sveptest (Geoffrey, et al., 2014).

Tabell 9 Sammanfattning och tolkning av resultaten från oscillerande sveptest på bitumenproverna.

Sammanställning av mätningar på bitumen						
Prov nr	t-låg	t-medel	t-hög	MP-DSR	MP-RVB	MSCR
	°C vid $G^* \cdot \sin(\delta) = 49 \text{ MPa}^*$	°C vid $G^* \cdot \sin(\delta) = 5 \text{ MPa}^{**}$	°C vid $G^*/\sin(\delta) = 1 \text{ kPa}^{**}$	°C vid 130 kPa vid 0,1 rad/s	°C vid 1300 kPa·s	°C vid $J_{nr3200} = 4 \text{ kPa}^{-1}$
1A	-22,3	14,2	65,5	48,3	47,1	58,5
2A ^{***)}	-22,1	15,2	66,2	48,9	47,5	61,2
3A	-20,7	16,8	68,5	51,5	55,8	63,3
4A	-21,0	19,1	71,4	56,7	64,5	63,8
5A	-22,8	15,2	64,4	48,8	46,7	57,8
6A	-21,9	14,4	64,2	47,2	46,7	59,0
7A	-21,3	15,4	66,5	49,4	47,8	60,1
8A	-18,8	23,9	85,4	67,0	65,3	77,7
9A	-39,4	5,1	65,6	49,1	47,4	58,9
10A	-33,1	8,0	69,4	51,4	47,8	61,3
11A	-33,6	8,7	66,3	49,7	47,9	59,8

^{*)} Gränsvärden från Rowe et al ^{**)} Gränsvärden från Superpave ^{***)} Nyttillverkat bitumen



Figur 31 Diagrammet är en grafisk redovisning av resultaten i tabellen med bitumen.

4.1.2 Kommentarer

1A kommer från förstudien och ska bara jämföras med 2A (båda är levererad 70/100). 2A är den egentliga referensen för proverna 3A-7A och 9A-11A.

Prov nr 8A skiljer sig från övriga helt naturligt eftersom bituminet är återvunnet från returafalt. Det illustrerar behovet av att behandla ett sådant material med förnyngsmedel innan det blandas med nya komponenter. Man ser tydligt att materialet är styvare än resterande provburkar om vi bland annat tittar på mjukpunkten.

I gruppen temperatursänkande tillsatsmedel visar 3A och 4A högre värden än övriga, framförallt för **mjukpunkt** och **högtemperatur-** samt **utmattningsegenskaper**.

Provbarkarna 5A, 6A och 7A visar överlag samma egenskaper som referensen provet 2A vilket visar grovt på att tillsatserna inte gav någon effekt. se figur 31.

Provbarkarna 9A, 10A och 11A innehåller föryngringsmedel. Mängden föryngringsmedel ställdes in efter parametern mjukpunkt från mätinstrumentet RVB, därför ligger de värdena mycket nära referensprovet 2A. 9A har påtagligt lägre värden för utmattnings- och lågtemperaturegenskap. 10A har något högre värde för mjukpunkten DSR men för mjukpunkten med RVB är den överensstämmande. Den har även högre värde gällde högtemperaturegenskaper samt krypvärde (MSCR) och lägre lågtemperaturegenskaper. 11A har lägre lågtemperatur- samt utmattningsegenskaper på resterande parametrar är det oförändrat.

4.2 Asfaltbruk

4.2.1 Resultat

Nedanstående tabell är beräknade värden från sveptest med DSR och RVB.

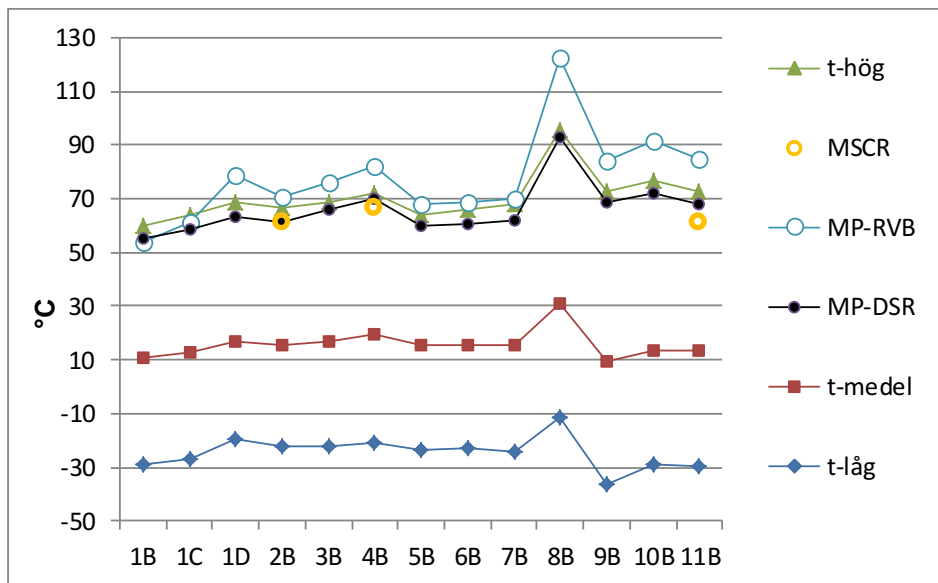
Gränsvärdena för **t-hög**, **t-medel** och **t-låg** har valts så att temperaturerna för 2B ska hamna så nära som möjligt motsvarande värden för 2A.

Tabell 10 Sammanfattning av resultaten från oscillerande sveptest på asfaltbruk.

Sammanställning av mätningar på asfaltbruk						
Prov nr	t-låg	t-medel	t-hög	MP-DSR	MP-RVB	MSCR
	°C vid $G^* \sin(\delta) = 190 \text{ MPa}^*$	°C vid $G^* \sin(\delta) = 25 \text{ MPa}^*$	°C vid $G^* / \sin(\delta) = 6 \text{ kPa}^*$	°C vid 130 kPa vid 0,1 rad/s	°C vid 1300 kPa·s	°C vid Jnr3200 = 0,31 kPa ⁻¹ *
1B	-28,9	11,1	59,7	55,2	54,1	
1C	-26,9	12,9	63,9	58,9	61,5	
1D	-19,5	17,1	68,4	63,5	78,5	
2B **)	-22,1	15,3	66,6	61,4	70,6	61,2
3B	-22,0	17,1	68,7	66,1	76,0	
4B	-21,0	19,6	72,1	69,9	82,3	67,0
5B	-23,5	15,4	64,3	59,8	67,9	
6B	-22,7	15,2	66,1	60,7	68,5	
7B	-23,9	15,2	67,9	61,9	70,2	
8B	-11,7	30,9	95,8	92,8	122,3	
9B	-36,3	9,2	72,8	68,5	83,9	
10B	-28,7	13,6	76,6	72,2	91,7	
11B	-29,3	13,3	72,5	68,3	84,9	61,0

*) Gränsvärdena ger likvärdiga resultat mellan 2B och 2A

**) Nyttillverkat prov



Figur 32 Diagrammet visar resultaten i tabellen med asfaltbruk i grafisk form.

4.2.2 Kommentarer

Resultaten visar generell samstämmighet mellan mätningar på bitumen respektive asfaltbruk för respektive material grupp.

Ökad inblandning av granitfiller styvar upp asfaltbruket på ett sätt som liknar ökad styvhet hos bituminet för alla parametrarna. Effekten är mindre för 20 och 30 vol% och tilltar vid 40 vol% för **t-medel** och **t-låg**.

I fallen med förnygrat returbitumen och returfiller (9B-11B) ligger resultaten högre jämfört med 3B-7B eftersom de innehåller högre andel filler. Fillerhalterna återspeglar naturligt förekommande mängder före respektive efter förnygring. Proverna 3B-7B innehåller normala fillerhalter i ny tillverkad asfalt av typen ABS. En annan orsak till högre värden för 9B-11B är att filler från gammal asfalt kan ha större uppstyvande verkan än ny granitfiller i 3B-7B.

En annan skillnad är klart högre värden för **MP-RVB** jämfört med **MP-DSR** för asfaltbruk än i fallet med bitumen, där värdena överensstämmer ganska bra. Det illustrerar den reologiska skillnaden mellan bitumen och bruk. Bruket har tydlig icke-Newtonsk karaktär, det vill säga viskositeten är spännings- och tidsberoende. **MP-RVB** är ett tillstånd under kontinuerlig rörelse i en riktning (SSV, *Steady-State-Viscosity*) medan **MP-DSR** beräknas ur låg frekvens från oscillerande sveptest och inom LVE, Lineär-Visko-Elastiskt mätområde. Rent bitumen uppträder vanligen Newtonskt och då har skillnader i mätteknik mindre betydelse.

Slutligen kan noteras att effekten av förnygringsmedlen på **t-medel** och **t-låg** dämpas av fillerinblandningen i jämförelse med effekten på rent bitumen.

4.3 Blackdiagram

Blackkurvan som reologisk illustration beskrivs i kapitel 2.11.2. Uttolkningen av resultaten i bilagorna bygger främst på okulära betraktelser. Provernas sammansättning framgår av tabell 4 och 5.

4.3.1 Ökande fillermängd

Komplex skjuvmodul (G^*) ökar med ökande fillerhalt och fasvinkeln (δ) minskar, vilket också framgår att sifvertabellerna i bilagorna. Den krokliknande nedre kurvdelen, som blir mer markant med ökande fillerhalt, betyder att δ minskar vid minskande belastningsfrekvens, vilket skiljer sig från rent bitumen. Detta kan vara tecken på ett icke Newtonskt beteende. Betydelsen av detta är i så fall ett mer elastiskt uppträdande vid minskande frekvens, vilket motsvarar långsammare trafik. Det behöver inte betyda något i praktiken men det illustrerar en av olikheterna mellan asfaltbruk och bitumen i reologiskt avseende.

4.3.2 Temperatursänkande tillsatsmedel

Proverna 3, 4 och 5 har liknande ursprung och Blackkurvorna är typiska för ämnena och kända från tidigare studier. Karakteristiska skillnader jämfört med 2A förstärks i asfaltbruken. Tecknen på icke Newtonskt uppträdande är tydliga, särskilt för 4A och 4B. Proverna 6 och 7 överensstämmer med referensprovet 2.

4.3.3 Föryngringsmedel

8A och 8B (gammalt returbitumen och returbruk) har en brantare lutning jämfört med 2A och 2B, som har en mer parabelliknande form. Den brantare lutningen bibehålls efter föryngring, oavsett vilket tillsatsmedel som använts det vill säga i proverna 9-11 A och B. Föryngringsmedlen är olika typer av lättflytande oljor, som blandats in i en mängd som resulterar i samma mjukpunkt (MP-RVB) som för referensbitumen 70/100. Uppenbarligen har sambandet mellan G^* och δ inte återställts över hela spektret av temperaturer och frekvenser trots att mjukpunkten är densamma. Den vägtekniska betydelsen av detta kräver en utökad utredning med värmebehandling (RTFOT och PAV) och fältförsök.

5 Diskussion och slutsatser

Examensarbetets syfte var att undersöka de viskoelastiska egenskaper och därmed inverkan på asfaltens egenskaper vid tillsättning av temperaturreducerande respektive föryngringsmedel. Båda tillsatsmedlen avser att dämpa behovet av värme under tillverkning och utläggning och därmed undanröja risken för överhettning, som kan påverka bituminets viskoelastiska egenskaper. Detta riskerar annars att förkorta asfaltbelägningens funktionstid. Samtidigt, ska inte tillsatsmedlen försämra bituminets och asfaltens egenskaper i något annat avseende.

5.1 Material

Ett problem som ofta nämns utan att effekten värderas är risken för separation av filler i tillverkade bruksprover. Det kan framförallt uppstå i provburkar som förvaras uppvärmda i flera timmar. Före uttag av ett prov är det därför viktigt att röra om ordentligt. När provet sedan svalnar och förvaras kallt är risken för separation mindre. Partiklarna i fillern är mindre än 0,063 mm och vätskans viskositet omkring 100 mPa·s och uppåt vid inblandning och temperering. Vid mättillfällena är temperaturen 100 °C och nedåt och bituminets viskositet 3 000 mPa·s och uppåt till många miljoner.

Ett effektivare föryngringsmedel (10A) kräver mindre tillsats för att mjuka upp retur-asfaltens bitumen samtidigt som bitumeninnehållet minskar. Det innebär att fillerhalten i bruket blir högre. Effekten syns tydligt i mjukpunktsmätningen med RVB (MP-RVB) men är inte lika framträdande i de oscillerande svepmätningarna med DSR. Fillerens och fillerhaltens betydelse för asfaltbrukets och därmed asfaltens egenskaper behöver utredas vidare.

Av Blackdiagrammen framgår att *temperatursänkande tillsatsmedel* inte påverkar förhållandet mellan komplex skjuvmodul och fasvinkel. Kurvan behåller sin parabelliknande form.

Blackkurvan för *föryngrat returbitumen* ligger lägre i diagrammet och har en brantare lutning. Formen kommer från returbituminets samband och återställs inte trots att föryngringsmedlet gett samma mjukpunktsvärde som nytillverkat bitumen. Betydelsen av detta är inte klarlagd. **t-hög** och **MSCR** ligger i alla fall på jämförbara nivåer med nytt bitumen. **t-medel** och **t-låg** ligger lägre än referensen, mest beroende på höga fasvinklar, som kan tolkas positivt när det gäller resistens mot utmattningsbrott och krympsprickor vid låga temperaturer. Tills vidare får det markera skillnaden mellan nytt och föryngrat bitumen.

5.2 Mätmetod

Mätning av viskositet och viskoelasticitet på asfaltbruk förekommer inte i specifikationer och anvisningar eftersom det tillför variabler som är unika för varje produktionsställe och leverans, nämligen typ och mängd av filler. Dessutom fungerar metoder framtagna för bitumen, till exempel Kula och Ring, inte särskilt bra med asfaltbruk. Inte desto mindre är egenskaperna i bruket, som sammanfogar stenmaterialet, direkt avgörande för asfaltens egenskaper. RVB och DSR har visat sig fungera både med bitumen och med asfaltbruk.

En nyckelfråga för oscillerande mätmetoder är valet av amplitud eller töjning. För rent bitumen är marginalen för LVE-området ganska stort och mätbara värden erhålls redan efter mycket korta töjningar. För asfaltbruk har det visat sig i tidigare examensarbeten (Håkansson & Härstedt, 2015) att LVE-området är kortare och spänningen inte alltid konstant i intervallet. Den generellt tillämpade bilagda amplitudtabellen anses säkerställa tillräcklig töjning för att ge ett trovärdigt mätvärde och har samtidigt så små töjningar att risken för utmattning eller betydande förändringar av spänningsnivån under testet minimerats. Den här förenklade synen på valet av amplitud eller töjning delas kanske inte av alla men den har fungerat väl i en rad arbeten.

På grund av en rad frågor runt prepareringen av bruksprover och i mätmetodikerna har asfalttekniker och författare av regelverk dragit sig för att beskriva och bedöma asfaltbruk. Likheten mellan mätresultaten på bitumen och asfaltbruk ger förhoppningar om att det ska vara möjligt att skapa regelverk för proportionering, produktionsstyrning och dimensionering. Samtidigt måste man vara observant på skillnaderna, till exempel tendenser till icke Newtonska egenskaper i bruket.

5.3 Slutsatser

Undersökningens resultat kan sammanfattas i följande punkter:

- De *temperaturreducerande tillsatsmedlen* hade inte i något av fallen en negativ inverkan på asfaltens egenskaper, det vill säga en försämrande inverkan på **högtemperatur-, lågtemperaturogenskaper** även **utmattningsegenskaper**. I två av fallen ökade **högtemperaturogenskaperna**, vilket kan betyda ökad resistens mot spårbildning.
- Alla *föryngringsmedlen* förbättrar parametrarna **utmattnings- och sprickegenskaper**. Ett av dem avsevärt mer.
- Halten och typen av *filler* har betydelse för alla tre egenskaperna, särskilt **spårbildningsegenskaperna**. Ju högre filler halt desto styvare blir bruket vilket leder till bättre högtemperaturogenskaper men förvisso sämre lågtemperaturogenskaper.
- Det finns skillnader i reologisk karaktär mellan nytt bitumen och föryngrat bitumen, vilket framgår av Blackdiagrammen. Under fryspunkten har föryngrat bitumen högre fasvinklar och lägre skjuvmodul, vilket kan vara positivt för lågtemperaturogenskaperna, förutsatt att detta förhållande kvarstår efter åldring.

5.3.1 Förslag till fortsättningsarbeten

Studien var ämnad att vara en förberedelse av fullskaliga försök med tillsatsmedel och metoder för att motverka övertemperatur i asfalttillverkningen. Den behöver kompletteras innan man kan dra helt konkreta slutsatser med följande:

- Blandningar av utvalda tillsatsmedel undersöks på motsvarande sätt som i den här undersökningen men efter åldrande värmebehandling.
- Aktuell fillersort och halt undersöks i en förberedande undersökning för optimering av sammansättning.

Förslag till examensarbeten:

- Utveckling av MSCR för mätning på asfaltbruk.
- Jämförelse mellan **lågtemperatur** och BBR (*Bending Beam Rheometer*).
- Reologiska studier på asfaltbruk med olika fillertyper och halter.
- Modell för optimerad tillsats av filler och föryngringsmedel.

Referenser

- Agardh, S. & Parhamifar, E., 2012. *Kompendium i Vägbyggnad*.
- Airey, G. D., 1997. Rheological Characteristics of Polymer Modified and Aged Bitumens,: The University of Nottingham.
- Airey, G. D., 2013. Use of Black Diagrams to Identify Inconsistencies in Rheological Data: University of Nottingham.
- Anton Paar, 2008. Virtuellt inlärningskiva.
- AntonPaar, 2017. Anton Paar. [Online]
Available at:
<http://www.antonpaar.com/?eID=documentsDownload&document=25218&L=23>
- Asfaltboken, 2017. *Asfaltboken*. [Online]
Available at: www.asfaltboken.nu
- Asphalt Institute, 2007. *The Asphalt Handbook*. 7:e upplagan red:USA: Asphalt Institute..
- Brookfield Engineering, 2017. [Online]
Available at: <http://pdfs.findtheneedle.co.uk/13705..pdf>
- Burström, P. G., 2007. *Byggnadsmaterial*. 2:a upplagan red.
- Energihandboken, 2017. *Energihandboken*. [Online]
Available at: <http://www.energihandbok.se/viskositet/>
- Federal Highway Administration , 2017. *Federal Highway Administration*. [Online]
Available at: <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/materials/pubs/hif11038/hif11038.pdf>
- Geoffrey, R. M., Gayle, K. N. & Anderson, M., 2014. The influence of binder rheology on the cracking of asphalt mixes on airport and highway projects. Journal of testing and evaluation.:Journal of testing and evaluation.
- Håkansson, A. & Härstedt, M., 2015. *Reologiska egenskaper för bitumen och asfaltsbruk*, Lund: LTH institutionen för teknik och samhälle.
- Harrigan, E. L. R. & Y. J., 1994. The SUPERPAVE Mix Design System Manual of Specifications, Test Methods and Practices.
- Jönsson, G., 2007. *Fysik i vätskor och gaser*. 6 upplagan red. u.o.:u.n.
- Jones, G. & David, I., 2001. *Handbok of viscoelastic vibration damping* :John Wiley & Sons, LTD.
- Mezger, T. G., 2011. *The Rheology Handbook*. 3:a upplagan red.
- NE, 2017a. *Nationalencyklopedin*. [Online]
Available at: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/reologi>
- NE, 2017b. *Nationalencyklopedin*. [Online]
Available at: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/kinematisk-viskositet>

-
- Ne, 2017c. *Nationalencyklopedin*. [Online]
Available at: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/elasticitet>
- Nordtest, 2002. Superpave test methods for asphalt - Procedure for DSR testing, u.o.: u.n.
- Regeringen, 2003. *Regeringen*. [Online]
Available at:
<http://www.regeringen.se/49bba6/contentassets/63e668addc0d42e18d9c7de7fdc6f2db/en-svensk-strategi-for-hallbar-utveckling>.
- Rowe, G. M., King, G. N. & Anderson, M., 2014. The influence of binder rheology on the cracking of asphalt mixes on airport and highway projects. *Journal of testing and evaluation*.
- Sasol, 2004. The Bitumen Additive for Highly Stable Easily Compactible Asphalts. Product Information 124.
- Sik, 2017. <http://projekt.sik.se/rheology/Kompendium/Viskoelasticitet.html>.
- Sulejmani, P. & Andersson, C., 2014. *Undersökning av bitumen från asfalt med hjälp av dynamisk skjuvreometer, DSR*, Lund: LTH, Institutionen för Teknik och samhälle.
- Trafikverket, 2004. *Trafikverket*. [Online]
Available at: https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10591/RelatedFiles/2004_91_handbok_for_atervinning_av_asfalt.pdf.
- Trafikverket, 2005. *Trafikverket*. [Online]
Available at:
https://www.trafikverket.se/contentassets/c19c23215b0f477a8e179c8aa4082c98/kapitel_a_gemensamma_forutsattningar.pdf
- Tyllgren, P., 2010. Föryngring av returafalt med miljöanpassade tillsatsmedel.
- Tyllgren, P., 2011. Uppföljning av försök med föryngringsmedel i returafalt i Falkenberg 2009-2011.
- Tyllgren, P., 2017 Intervju med Per Tyllgren under 2017
- Vägmateriel, SIS/TK 202, 2013. Asfaltmassor - Provningsmetoder för asfaltmassa-Del 3: Återvinning av bindemedel: Rotationsindunstare. 3:e upplagan red. Swedish standards institute.
- wee-solve, 2017. *wee-solve*. [Online]
Available at: <http://www.wee-solve.de/en/amplitude-sweep.html>
- Williams, M. L. R. a. F. J., 1955. The Temperature Dependence of Relaxation Mechanisms in Amorphous Polymers and Other Glass-Forming Liquids.
- Yusoff, N. I. M., 2012. Modelling the Linear Viscoelastic Rheological Properties of Bituminous Binders: University of Nottingham .

Bilagor

Bilaga 1 Samtliga resultat från oscillerande mätning med DSR

		Temperatur, °C									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vinkelrekvens	rad/s	Komplex skjulmodul, G*, Pa									
0.1	3.78E+04	4.13E+03	5.62E+02	9.70E+01	2.12E+01	5.75E+00	1.92E+00	7.47E-01	3.29E-01		
0.215	7.82E+05	7.37E+04	8.43E+03	1.19E+03	2.08E+02	4.55E+01	1.24E+01	4.13E+00	1.61E+00	7.07E-01	
0.464	1.42E+06	1.41E+05	1.70E+04	2.47E+03	4.44E+02	9.78E+01	2.66E+01	8.91E+00	3.46E+00	1.52E+00	
1	2.51E+06	2.67E+05	3.37E+04	5.11E+03	9.41E+02	2.10E+02	5.74E+01	1.92E+01	7.46E+00	3.28E+00	
2.15	4.34E+06	5.00E+05	6.60E+04	1.04E+04	1.97E+03	4.50E+02	1.23E+02	4.13E+01	1.61E+01	7.06E+00	
4.64	7.28E+06	9.22E+05	1.28E+05	2.10E+04	4.10E+03	9.55E+02	2.65E+02	8.90E+01	3.46E+01	1.52E+01	
10	1.18E+07	1.67E+06	2.45E+05	4.18E+04	8.44E+03	2.01E+03	5.67E+02	1.91E+02	7.45E+01	3.28E+01	
21.5	1.85E+07	2.97E+06	4.63E+05	8.23E+04	1.72E+04	4.20E+03	1.20E+03	4.11E+02	1.60E+02	7.04E+01	
46.4	2.77E+07	5.13E+06	8.65E+05	1.60E+05	3.45E+04	8.66E+03	2.53E+03	8.73E+02	3.42E+02	1.51E+02	
100	3.99E+07	8.60E+06	1.59E+06	3.09E+05	6.88E+04	1.77E+04	5.23E+03	1.83E+03	7.16E+02	3.16E+02	
		Fasvinkel, δ, °									
0.1	78.7	84.3	87.9	87.9	89.5	89.9	89.7	89.6	90.0	89.5	
0.215	70.3	77.2	82.8	86.8	89.1	89.8	89.8	89.7	90.0	89.8	
0.464	68.1	75.6	81.2	85.6	88.4	89.6	89.8	89.9	90.0	90.0	
1	65.6	74.1	79.6	84.2	87.4	89.2	89.8	89.9	90.0	90.0	
2.15	62.9	72.4	78.2	82.8	86.3	88.5	89.6	89.9	90.0	90.0	
4.64	59.9	70.5	76.8	81.4	85.1	87.6	89.2	89.9	90.0	90.0	
10	56.6	68.4	75.4	80.0	83.8	86.6	88.6	89.8	90.0	90.0	
21.5	53.2	66.0	73.8	78.7	82.5	85.6	87.9	89.8	90.0	90.0	
46.4	49.6	63.3	72.1	77.5	81.3	84.7	87.5	90.0	90.0	90.0	
100	46.1	60.4	70.1	76.1	80.2	84.1	88.1	90.0	90.0	90.0	

		Temperatur, °C									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vinkelrekvens	rad/s	Komplex skjulmodul, G*, Pa									
0.1	1.20E+06	2.13E+05	1.22E+04	1.67E+03	2.86E+02	6.21E+01	1.68E+01	5.47E+00	2.19E+00	9.81E-01	
0.215	2.17E+06	2.13E+05	2.46E+04	3.49E+03	6.10E+02	1.33E+02	3.58E+01	1.17E+01	4.63E+00	2.01E+00	
0.464	3.85E+06	4.03E+05	4.91E+04	7.23E+03	1.30E+03	2.86E+02	7.67E+01	2.50E+01	9.84E+00	4.19E+00	
1	6.88E+06	7.57E+05	9.61E+04	1.48E+04	2.73E+03	6.12E+02	1.65E+02	5.38E+01	2.10E+01	8.95E+00	
2.15	1.13E+07	1.39E+06	1.86E+05	2.99E+04	5.70E+03	1.30E+03	3.53E+02	1.16E+02	4.51E+01	1.88E+01	
4.64	1.84E+07	2.51E+06	3.56E+05	5.95E+04	1.18E+04	2.74E+03	7.56E+02	2.49E+02	9.68E+01	4.02E+01	
10	2.86E+07	4.47E+06	6.73E+05	1.17E+05	2.40E+04	5.72E+03	1.61E+03	5.34E+02	2.08E+02	8.62E+01	
21.5	4.23E+07	7.79E+06	1.26E+06	2.27E+05	4.84E+04	1.18E+04	3.40E+03	1.14E+03	4.46E+02	1.85E+02	
46.4	5.81E+07	1.32E+07	2.31E+06	4.37E+05	9.61E+04	2.41E+04	7.10E+03	2.42E+03	9.54E+02	3.96E+02	
100	7.51E+07	2.16E+07	4.18E+06	8.32E+05	1.89E+05	4.87E+04	1.46E+04	5.05E+03	2.00E+03	8.41E+02	
		Fasvinkel, δ, °									
0.1	70.7	75.5	81.4	85.9	88.5	89.4	89.1	88.9	88.3	85.8	
0.215	68.9	75.5	81.4	85.9	88.5	89.4	89.3	89.2	89.2	86.7	
0.464	66.9	74.0	79.7	84.5	87.7	89.2	89.4	89.5	89.0	87.6	
1	64.7	72.5	78.1	83.1	86.6	88.7	89.4	89.6	89.3	88.4	
2.15	62.2	71.0	76.7	81.5	85.4	87.9	89.2	89.6	89.5	88.0	
4.64	59.5	69.3	75.3	80.0	84.1	86.9	88.7	89.5	89.7	89.7	
10	56.5	67.4	73.9	78.7	82.7	85.8	87.9	89.2	89.9	90.0	
21.5	53.5	65.5	72.5	77.4	81.3	84.5	87.1	88.8	90.0	90.0	
46.4	50.8	63.3	70.9	76.1	80.1	83.3	86.2	88.3	90.0	90.0	
100	49.4	61.2	69.4	74.9	79.0	82.1	85.6	88.0	90.0	90.0	

		Temperatur, °C									
		30	20	10	0	-10	-20	-30			
Vinkelrekvens	rad/s	Komplex skjulmodul, G*, Pa									
0.1	4.48E+03	4.19E+04	4.72E+05	5.92E+06							
0.215	9.15E+03	8.14E+04	8.69E+05	9.84E+06	8.12E+07	3.44E+08	6.09E+08				
0.464	1.84E+04	1.56E+05	1.57E+06	1.58E+07	1.11E+08	4.01E+08	5.60E+08				
1	3.66E+04	2.96E+05	2.77E+06	2.45E+07	1.46E+08	4.56E+08	7.00E+08				
2.15	7.18E+04	5.53E+05	4.79E+06	3.69E+07	1.88E+08	5.08E+08	7.36E+08				
4.64	1.39E+05	1.02E+06	8.04E+06	5.39E+07	2.35E+08	5.56E+08	7.67E+08				
10	2.67E+05	1.84E+06	1.31E+07	7.63E+07	2.85E+08	6.03E+08	7.97E+08				
21.5	5.06E+05	3.27E+06	2.08E+07	1.05E+08	3.38E+08	6.42E+08	8.17E+08				
46.4	9.44E+05	5.66E+06	3.20E+07	1.40E+08	3.91E+08	6.77E+08	8.38E+08				
100	1.73E+06	9.54E+06	4.76E+07	1.81E+08	4.43E+08	7.09E+08	8.54E+08				
		Fasvinkel, δ, °									
0.1	84.4	78.7	71.9	60.5							
0.215	82.9	77.1	69.9	57.0	38.1	19.4	9.7				
0.464	81.3	75.6	67.5	53.4	34.5	16.7	7.9				
1	79.8	74.0	65.0	49.8	31.0	14.2	6.5				
2.15	78.3	72.3	62.1	46.2	27.7	12.1	5.7				
4.64	76.9	70.3	59.0	42.6	24.5	10.2	4.7				
10	75.5	68.0	55.6	38.9	21.5	8.9	4.0				
21.5	73.9	65.5	52.2	35.4	18.8	7.3	3.1				
46.4	72.1	62.6	48.6	31.9	16.2	6.2	2.7				
100	70.1	59.4	44.9	28.5	13.9	5.2	2.5				

		Temperatur, °C									
		30	20	10	0	-10	-20	-30			
Vinkelrekvens	rad/s	Komplex skjulmodul, G*, Pa									
0.1	1.61E+04	1.47E+05	1.56E+06	1.74E+07	1.47E+08	5.80E+08	1.01E+09				
0.215	3.23E+04	2.79E+05	2.80E+06	2.81E+07	1.99E+08	6.71E+08	1.08E+09				
0.464	6.38E+04	5.23E+05	4.92E+06	4.37E+07	2.61E+08	7.57E+08	1.14E+09				
1	1.24E+05	9.68E+05	8.45E+06	6.59E+07	3.32E+08	8.39E+08	1.19E+09				
2.15	2.39E+05	1.77E+06	1.42E+07	9.60E+07	4.10E+08	9.15E+08	1.23E+09				
4.64	4.53E+05	3.18E+06	2.31E+07	1.35E+08	4.93E+08	9.85E+08	1.27E+09				
10	8.51E+05	5.61E+06	3.66E+07	1.85E+08	5.78E+08	1.05E+09	1.30E+09				
21.5	1.58E+06	9.70E+06	5.63E+07	2.44E+08	6.62E+08	1.10E+09	1.33E+09				
46.4	2.88E+06	1.64E+07	8.38E+07	3.13E+08	7.45E+08	1.15E+09	1.36E+09				
100	5.16E+06	2.69E+07	1.21E+08	3.90E+08	8.26E+08	1.19E+09	1.38E+09				
		Fasvinkel, δ, °									
0.1	82.3	76.1	69.0	57.1	38.0	18.7	8.6				
0.215	80.7	74.5	66.9	53.6	34.0	15.9	7.2				
0.464	79.0	73.0	64.5	50.0	30.2	13.5	5.9				
1	77.5	71.3	61.9	46.3	26.8	11.5	4.9				
2.15	76.0	69.5	58.9	42.5	23.5	9.7	4.1				
4.64	74.5	67.5	55.7	38.7	20.5	8.2	3.4				
10	73.0	65.1	52.2	34.9	17.8	6.9	2.9				
21.5	71.4	62.5	48.6	31.3	15.3	5.8	2.5				
46.4	69.5	59.5	44.9	27.8	13.2	5.0	2.3				
100	67.4	56.3	41.1	24.5	11.1	4.4	2.1				

PP25 1C 170728

Vinkel/frekvens rad/s	Temperatur, °C									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.1	2.08E+06	2.16E+04	2.96E+03	5.11E+02	1.10E+02	2.90E+01	9.11E+00	3.61E+00	1.69E+00	
0.215	3.72E+06	3.70E+05	4.34E+04	6.17E+03	1.08E+03	2.33E+02	6.11E+01	1.93E+01	7.59E+00	3.46E+00
0.464	6.54E+06	6.96E+05	8.59E+04	1.27E+04	2.29E+03	4.97E+02	1.39E+02	4.12E+01	1.62E+01	7.23E+00
1	1.12E+07	1.29E+06	1.68E+05	2.60E+04	4.80E+03	1.06E+03	2.80E+02	8.86E+01	3.47E+01	1.54E+01
2.15	1.83E+07	2.38E+06	3.24E+05	5.24E+04	1.00E+04	2.26E+03	6.00E+02	1.90E+02	7.45E+01	3.29E+01
4.64	2.76E+07	4.29E+06	6.18E+05	1.04E+05	2.05E+04	4.75E+03	1.09E+03	4.09E+02	1.60E+02	7.07E+01
10	3.81E+07	7.57E+06	1.17E+06	2.04E+05	4.16E+04	9.91E+03	2.72E+03	8.77E+02	3.45E+02	1.52E+02
21.5	4.95E+07	1.30E+07	2.17E+06	3.95E+05	8.35E+04	2.04E+04	5.72E+03	1.88E+03	7.42E+02	3.27E+02
46.4	6.16E+07	2.15E+07	3.98E+06	7.59E+05	1.65E+05	4.15E+04	1.19E+04	3.98E+03	1.59E+03	7.01E+02
100	7.46E+07	3.40E+07	7.14E+06	1.44E+06	3.24E+05	8.36E+04	2.49E+04	8.32E+03	3.34E+03	1.48E+03
	Fasvinkel, δ, °									
0.1	70.5	82.8	86.7	88.5	88.9	88.3	88.4	88.4	87.6	86.5
0.215	68.7	75.3	81.1	85.7	88.3	89.2	89.0	89.1	88.5	87.7
0.464	66.7	73.9	79.5	84.4	87.5	89.1	89.3	89.5	89.1	88.5
1	64.1	72.4	77.9	82.9	86.5	88.6	89.3	89.6	89.4	89.1
2.15	60.9	71.0	76.5	81.3	85.2	87.8	89.1	89.6	89.7	89.5
4.64	57.0	69.3	75.1	79.9	83.9	86.8	88.6	89.5	89.8	89.9
10	52.3	67.3	73.8	78.4	82.5	85.6	87.8	89.1	89.8	90.0
21.5	48.2	65.0	72.5	77.2	81.1	84.4	86.8	88.6	89.8	90.0
46.4	45.6	62.0	71.1	75.9	79.9	83.2	85.7	88.2	89.9	90.0
100	44.9	58.8	69.7	74.7	78.7	82.1	84.6	88.2	90.0	90.0

PP25 1D 170729

Vinkel/frekvens rad/s	Temperatur, °C									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.1	3.60E+06	3.75E+04	5.10E+03	9.08E+02	2.06E+02	5.45E+01	1.76E+01	6.96E+00	3.10E+00	
0.215	6.35E+06	6.35E+05	7.48E+04	1.07E+04	1.89E+03	4.22E+02	1.13E+02	3.61E+01	1.38E+01	6.01E+00
0.464	1.10E+07	1.19E+06	1.48E+05	2.19E+04	3.99E+03	8.95E+02	2.39E+02	7.62E+01	2.87E+01	1.23E+01
1	1.87E+07	2.22E+06	2.87E+05	4.45E+04	8.34E+03	1.90E+03	5.10E+02	1.62E+02	6.06E+01	2.58E+01
2.15	3.05E+07	4.06E+06	5.51E+05	8.92E+04	1.73E+04	4.01E+03	1.09E+03	3.46E+02	1.29E+02	5.46E+01
4.64	4.80E+07	7.28E+06	1.05E+06	1.76E+05	3.55E+04	8.40E+03	2.32E+03	7.42E+02	2.75E+02	1.16E+02
10	7.29E+07	1.27E+07	1.96E+06	3.45E+05	7.19E+04	1.74E+04	4.92E+03	1.59E+03	5.91E+02	2.49E+02
21.5	1.06E+08	2.16E+07	3.64E+06	6.68E+05	1.44E+05	3.57E+04	1.03E+04	3.38E+03	1.27E+03	5.33E+02
46.4	1.45E+08	3.55E+07	6.66E+06	1.28E+06	2.84E+05	7.25E+04	2.13E+04	7.13E+03	2.71E+03	1.14E+03
100	1.86E+08	5.58E+07	1.19E+07	2.42E+06	5.55E+05	1.45E+05	4.36E+04	1.48E+04	5.70E+03	2.42E+03
	Fasvinkel, δ, °									
0.1	70.3	82.4	86.3	87.8	87.2	87.2	87.2	86.0	83.4	81.3
0.215	69.8	75.2	80.9	85.4	87.9	88.7	88.9	88.2	86.2	85.1
0.464	67.5	73.9	79.3	84.1	87.2	88.8	89.2	88.9	87.7	87.1
1	65.0	72.6	77.7	82.6	86.2	88.4	89.2	89.2	88.6	88.0
2.15	62.1	71.5	76.4	81.1	85.0	87.6	89.0	89.3	89.1	88.6
4.64	59.7	70.4	75.1	79.6	83.7	86.6	88.5	89.3	89.3	89.2
10	58.2	68.8	73.9	78.3	82.3	85.4	87.7	89.0	89.5	89.6
21.5	57.4	66.8	72.8	77.1	80.9	84.2	86.7	88.5	89.5	90.0
46.4	58.6	64.4	71.9	75.9	79.7	83.0	85.6	87.7	89.5	90.0
100	61.3	61.9	71.0	75.0	78.6	81.8	84.6	87.1	89.7	90.0

PP8 1C 170728

Vinkel/frekvens rad/s	Temperatur, °C									
	30	20	10	0	-10	-20	-30			
0.1	2.33E+04	2.11E+05	2.21E+06	2.46E+07	2.01E+08	7.63E+08	1.27E+09			
0.215	4.68E+04	4.00E+05	3.96E+06	3.95E+07	2.72E+08	8.74E+08	1.36E+09			
0.464	9.25E+04	7.50E+05	6.98E+06	6.14E+07	3.54E+08	9.78E+08	1.42E+09			
1	1.80E+05	1.39E+06	1.20E+07	9.27E+07	4.47E+08	1.08E+09	1.48E+09			
2.15	3.46E+05	2.54E+06	2.02E+07	1.35E+08	5.48E+08	1.17E+09	1.53E+09			
4.64	6.58E+05	4.58E+06	3.31E+07	1.90E+08	6.54E+08	1.25E+09	1.57E+09			
10	1.24E+06	8.08E+06	5.25E+07	2.58E+08	7.62E+08	1.32E+09	1.61E+09			
21.5	2.29E+06	1.40E+07	8.09E+07	3.40E+08	8.68E+08	1.39E+09	1.65E+09			
46.4	4.19E+06	2.36E+07	1.20E+08	4.32E+08	9.70E+08	1.45E+09	1.67E+09			
100	7.53E+06	3.87E+07	1.73E+08	5.33E+08	1.07E+09	1.50E+09	1.70E+09			
	Fasvinkel, δ, °									
0.1	82.6	76.3	69.3	57.4	37.7	17.6	8.0			
0.215	80.9	74.7	67.2	53.9	33.4	14.8	6.6			
0.464	79.2	73.2	64.9	50.1	29.5	12.6	5.4			
1	77.6	71.6	62.2	46.1	25.9	10.6	4.5			
2.15	76.1	69.7	59.1	42.1	22.6	9.0	3.7			
4.64	74.7	67.7	55.8	38.1	19.5	7.5	3.1			
10	73.1	65.3	52.2	34.1	16.8	6.5	2.3			
21.5	71.5	62.6	48.3	30.3	14.4	5.3	2.3			
46.4	69.6	59.5	44.3	26.7	12.3	4.6	2.0			
100	67.5	56.1	40.2	23.3	10.5	3.9	1.7			

PP8 1D 170729

Vinkel/frekvens rad/s	Temperatur, °C									
	30	20	10	0	-10	-20	-30			
0.1	5.47E+04	4.79E+05	4.88E+06	5.40E+07	3.66E+08	1.01E+09	1.59E+09			
0.215	1.07E+05	8.92E+05	8.57E+06	8.07E+07	4.75E+08	1.17E+09	1.68E+09			
0.464	2.09E+05	1.66E+06	1.49E+07	1.23E+08	5.94E+08	1.29E+09	1.76E+09			
1	4.03E+05	3.04E+06	2.51E+07	1.80E+08	7.21E+08	1.40E+09	1.82E+09			
2.15	7.67E+05	5.51E+06	4.17E+07	2.55E+08	8.49E+08	1.50E+09	1.87E+09			
4.64	1.45E+06	9.81E+06	6.72E+07	3.46E+08	9.75E+08	1.59E+09	1.91E+09			
10	2.69E+06	1.72E+07	1.05E+08	4.52E+08	1.10E+09	1.67E+09	1.96E+09			
21.5	4.95E+06	2.94E+07	1.58E+08	5.70E+08	1.21E+09	1.73E+09	2.00E+09			
46.4	8.98E+06	4.88E+07	2.28E+08	6.96E+08	1.33E+09	1.80E+09	2.02E+09			
100	1.60E+07	7.88E+07	3.16E+08	8.26E+08	1.43E+09	1.85E+09	2.05E+09			
	Fasvinkel, δ, °									
0.1	81.1	75.3	68.4	55.0	33.8	19.3	7.7			
0.215	80.1	74.0	66.4	52.1	29.3	13.3	5.9			
0.464	78.5	72.4	63.9	47.9	25.3	10.9	4.6			
1	76.9	70.8	61.1	43.4	21.6	9.0	3.9			
2.15	75.4	69.0	57.8	38.8	18.5	7.5	3.3			
4.64	73.9	66.8	54.1	34.2	15.8	6.3	2.6			
10	72.4	64.3	50.0	29.9	13.5	5.4	2.3			
21.5	70.6	61.3	45.5	25.9	11.4	4.5	1.9			
46.4	68.6	57.9	40.9	22.3	9.6	3.8	1.7			
100	66.3	54.0	36.4	19.1	8.2	3.4	1.7			

PP25 2B 170724													
Vinkelfrekvens rad/s	Temperatur, °C												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Komplex skjuvmodul, G*, Pa		
0,1	2,78E+06	2,81E+05	2,95E+04	4,08E+03	7,22E+02	1,57E+02	4,19E+01	1,40E+01	5,28E+00	2,50E+00			
0,215	4,95E+06	4,96E+05	5,90E+04	8,45E+03	1,51E+03	3,28E+02	8,76E+01	2,86E+01	1,08E+01	4,91E+00			
0,464	8,64E+06	9,34E+05	1,17E+05	1,74E+04	3,18E+03	7,00E+02	1,86E+02	6,01E+01	2,26E+01	1,01E+01			
1	1,46E+07	1,74E+06	2,27E+05	3,54E+04	6,65E+03	1,49E+03	3,98E+02	1,28E+02	4,81E+01	2,11E+01			
2,15	2,38E+07	3,19E+06	4,36E+05	7,11E+04	1,38E+04	3,16E+03	8,53E+02	2,79E+02	1,03E+02	4,49E+01			
4,64	3,69E+07	5,76E+06	8,28E+05	1,41E+05	2,83E+04	6,65E+03	1,82E+03	5,86E+02	2,21E+02	9,61E+01			
10	5,95E+07	1,01E+07	1,56E+06	2,76E+05	5,74E+04	1,38E+04	3,87E+03	1,26E+03	4,74E+02	2,06E+02			
21,5	7,55E+07	1,71E+07	2,89E+06	5,35E+05	1,15E+05	2,85E+04	8,12E+03	2,68E+03	1,02E+03	4,43E+02			
46,4	9,98E+07	2,81E+07	5,30E+06	1,02E+06	2,28E+05	5,79E+04	1,69E+04	5,66E+03	2,18E+03	9,52E+02			
100	1,24E+08	4,40E+07	9,54E+06	1,94E+06	4,46E+05	1,17E+05	3,46E+04	1,18E+04	4,58E+03	2,02E+03			
Fasvinkel, δ, °													
0,1	70,6	75,6	82,6	86,5	87,7	88,0	87,5	85,6	85,1	82,2			
0,215	69,0	75,3	81,1	85,5	87,9	88,9	88,6	87,3	87,0	85,1			
0,464	67,0	73,9	79,4	84,2	87,3	88,9	89,1	88,4	88,2	87,0			
1	64,4	72,5	77,8	82,7	86,3	88,5	89,2	88,9	88,9	88,1			
2,15	60,9	71,2	76,4	81,2	85,1	87,7	89,0	89,2	89,3	88,9			
4,64	56,8	69,9	75,1	79,8	83,7	86,7	88,5	89,3	89,5	89,4			
10	52,5	68,3	73,8	78,3	82,3	85,5	87,7	89,0	89,6	89,9			
21,5	49,3	66,0	72,5	77,1	81,0	84,2	86,7	88,5	89,7	90,0			
46,4	46,8	62,7	71,2	75,9	79,7	83,0	85,6	87,8	89,8	90,0			
100	45,3	59,1	70,0	74,7	78,6	81,9	84,6	87,1	90,0	90,0			

PP8 2B 170725												
Vinkelfrekvens rad/s	Temperatur, °C											
	30	20	10	0	-10	-20	-30	Komplex skjuvmodul, G*, Pa				
0,1	3,78E+04	3,36E+05	3,47E+06	3,81E+07	2,91E+08	9,90E+08	1,59E+09					
0,215	7,52E+04	6,34E+05	6,17E+06	6,01E+07	3,87E+08	1,12E+09	1,68E+09					
0,464	1,48E+05	1,18E+06	1,08E+07	9,28E+07	4,95E+08	1,24E+09	1,76E+09					
1	2,87E+05	2,18E+06	1,84E+07	1,38E+08	6,14E+08	1,36E+09	1,82E+09					
2,15	5,49E+05	3,97E+06	3,09E+07	1,99E+08	7,38E+08	1,46E+09	1,89E+09					
4,64	1,04E+06	7,13E+06	5,02E+07	2,75E+08	8,66E+08	1,56E+09	1,94E+09					
10	1,95E+06	1,25E+07	7,91E+07	3,68E+08	9,93E+08	1,64E+09	1,98E+09					
21,5	3,60E+06	2,16E+07	1,20E+08	4,74E+08	1,12E+09	1,72E+09	2,01E+09					
46,4	6,55E+06	3,63E+07	1,77E+08	5,92E+08	1,23E+09	1,78E+09	2,05E+09					
100	1,17E+07	5,92E+07	2,50E+08	7,17E+08	1,34E+09	1,84E+09	2,08E+09					
Fasvinkel, δ, °												
0,1	81,9	75,9	69,0	56,6	36,1	16,3	6,9					
0,215	80,5	74,4	66,9	53,3	31,6	13,4	6,1					
0,464	78,9	72,9	64,6	49,2	27,6	11,4	4,9					
1	77,3	71,3	61,8	45,0	24,0	9,6	4,2					
2,15	75,8	69,4	58,7	40,7	20,7	8,1	3,4					
4,64	74,4	67,3	55,2	36,4	17,8	6,8	3,0					
10	72,8	64,9	51,3	32,2	15,2	5,8	2,4					
21,5	71,1	62,1	47,2	28,3	13,0	4,9	2,0					
46,4	69,2	58,8	42,8	24,7	11,1	4,2	1,8					
100	67,0	55,3	38,5	21,4	9,5	3,7	1,7					

PP25 2A 170627													
Vinkelfrekvens rad/s	Temperatur, °C												
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Komplex skjuvmodul, G*, Pa		
0,1	5,10E+05	4,14E+04	4,57E+03	6,21E+02	1,07E+02	2,34E+01	6,30E+00	2,07E+00	7,98E+01	3,50E+01			
0,215	8,35E+05	8,03E+04	9,30E+03	1,31E+03	2,29E+02	5,02E+01	1,35E+01	4,45E+00	1,72E+00	7,50E+01			
0,464	1,50E+06	1,55E+05	1,86E+04	2,72E+03	4,88E+02	1,08E+02	2,91E+01	9,57E+00	3,68E+00	1,61E+01			
1	2,65E+06	2,88E+05	3,67E+04	5,58E+03	1,03E+03	2,31E+02	6,25E+01	2,06E+01	7,93E+00	3,47E+00			
2,15	4,56E+06	5,35E+05	7,16E+04	1,13E+04	2,16E+03	4,95E+02	1,34E+02	4,43E+01	1,70E+01	7,46E+00			
4,64	7,66E+06	9,79E+05	1,38E+05	2,27E+04	4,48E+03	1,05E+03	2,88E+02	9,53E+01	3,67E+01	1,60E+01			
10	1,25E+07	1,76E+06	2,62E+05	4,50E+04	9,16E+03	2,20E+03	6,15E+02	2,05E+02	7,91E+01	3,47E+01			
21,5	1,98E+07	3,12E+06	4,93E+05	8,79E+04	1,85E+04	4,58E+03	1,30E+03	4,38E+02	1,69E+02	7,45E+01			
46,4	3,03E+07	5,38E+06	9,14E+05	1,70E+05	3,71E+04	9,42E+03	2,73E+03	9,28E+02	3,61E+02	1,61E+02			
100	4,49E+07	9,08E+06	1,67E+06	3,26E+05	7,33E+04	1,91E+04	5,62E+03	1,93E+03	7,52E+02	3,54E+02			
Fasvinkel, δ, °													
0,1	70,0	78,0	83,7	87,5	89,3	89,8	89,7	89,6	89,8	89,8			
0,215	69,6	76,4	82,1	86,4	88,8	89,7	89,7	89,7	89,7	89,8			
0,464	67,4	74,9	80,5	85,1	88,1	89,4	89,7	89,7	89,8	90,0			
1	65,2	73,3	79,0	83,7	87,0	89,0	89,6	89,8	89,8	90,0			
2,15	62,8	71,6	77,5	82,3	85,9	88,3	89,4	89,8	90,0	90,0			
4,64	60,4	69,7	76,1	80,8	84,6	87,3	89,0	89,8	90,0	90,0			
10	58,4	67,7	74,7	79,4	83,3	86,2	88,4	89,7	90,0	90,0			
21,5	56,5	65,5	73,1	78,1	82,0	85,2	87,5	89,6	90,0	90,0			
46,4	54,6	63,3	71,3	76,8	80,8	84,2	87,0	89,5	90,0	90,0			
100	52,9	61,2	69,4	75,4	79,7	83,5	87,0	90,0	90,0	90,0			

PP08 2A 170628												
Vinkelfrekvens rad/s	Temperatur, °C											
	30	20	10	0	-10	-20	-30	Komplex skjuvmodul, G*, Pa				
0,1	7,09E+03	6,35E+04	6,62E+05	7,25E+06	6,18E+07	2,86E+08	5,49E+08					
0,215	1,42E+04	1,20E+05	1,19E+06	1,17E+07	8,61E+07	3,43E+08	5,97E+08					
0,464	2,80E+04	2,25E+05	2,08E+06	1,83E+07	1,16E+08	3,99E+08	6,41E+08					
1	5,44E+04	4,17E+05	3,57E+06	2,77E+07	1,51E+08	4,52E+08	6,85E+08					
2,15	1,04E+05	7,66E+05	5,98E+06	4,08E+07	1,91E+08	5,03E+08	7,19E+08					
4,64	1,98E+05	1,36E+06	9,76E+06	5,82E+07	2,37E+08	5,52E+08	7,49E+08					
10	3,70E+05	2,40E+06	1,55E+07	8,08E+07	2,85E+08	5,96E+08	7,76E+08					
21,5	6,84E+05	4,14E+06	2,40E+07	1,09E+08	3,36E+08	6,36E+08	7,98E+08					
46,4	1,25E+06	6,98E+06	3,60E+07	1,43E+08	3,88E+08	6,70E+08	5,13E+08					
100	2,23E+06	1,15E+07	5,27E+07	1,83E+08	4,38E+08	7,02E+08	8,37E+08					
Fasvinkel, δ, °												
0,1	82,2	75,8	68,7	57,2	40,2	22,3	11,9					
0,215	80,5	74,2	66,6	53,8	36,6	19,2	9,7					
0,464	78,8	72,7	64,2	50,4	33,0	16,4	8,0					
1	77,2	71,0	61,7	47,1	29,8	14,0	6,7					
2,15	75,7	69,2	58,8	43,7	26,6	11,9	5,7					
4,64	74,2	67,2	55,8	40,4	23,6	10,1	4,7					
10	72,7	64,9	52,6	37,0	20,8	8,6	3,8					
21,5	71,1	62,4	49,4	33,7	18,2	7,1	3,1					
46,4	69,4	59,6	46,1	30,5	15,8	6,1	2,8					
100	67,7	56,6	42,7	27,3	13,6	5,2	2,3					

PP25 3A 170628

Vinkel/frekvens rad/s	Temperatur, °C									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.1	6.67E+05	6.47E+04	7.43E+03	1.01E+03	1.65E+02	3.39E+01	8.54E+00	2.62E+00	9.73E-01	4.05E-01
0.215	1.20E+06	1.23E+05	1.48E+04	2.10E+03	3.53E+02	7.28E+01	1.83E+01	5.62E+00	2.09E+00	8.76E-01
0.464	2.11E+06	2.31E+05	2.90E+04	4.29E+03	7.47E+02	1.56E+02	3.93E+01	1.21E+01	4.50E+00	1.88E+00
1	3.63E+06	4.26E+05	5.60E+04	8.68E+03	1.57E+03	3.34E+02	8.44E+01	2.60E+01	9.65E+00	4.01E+00
2.15	6.09E+06	7.76E+05	1.07E+05	1.73E+04	3.24E+03	7.08E+02	1.81E+02	5.58E+01	2.07E+01	8.58E+00
4.64	9.95E+06	1.40E+06	2.03E+05	3.41E+04	6.62E+03	1.49E+03	3.86E+02	1.20E+02	4.45E+01	1.83E+01
10	1.57E+07	2.46E+06	3.80E+05	6.62E+04	1.33E+04	3.08E+03	8.18E+02	2.56E+02	9.54E+01	3.93E+01
21.5	2.39E+07	4.25E+06	7.02E+05	1.27E+05	2.65E+04	6.31E+03	1.72E+03	5.46E+02	2.03E+02	8.36E+01
46.4	3.49E+07	7.18E+06	1.28E+06	2.43E+05	5.22E+04	1.28E+04	3.55E+03	1.15E+03	4.31E+02	1.78E+02
100	4.92E+07	1.18E+07	2.29E+06	4.58E+05	1.02E+05	2.56E+04	7.24E+03	2.38E+03	8.94E+02	3.80E+02
Fasvinkel, δ, °										
0.1	69.1	75.6	81.6	86.3	88.9	89.6	89.6	89.6	88.9	87.5
0.215	67.1	74.1	79.9	84.9	88.1	89.4	89.6	89.7	89.4	88.4
0.464	64.9	72.6	78.2	83.3	87.1	89.0	89.5	89.7	89.5	88.9
1	62.5	71.0	76.7	81.7	85.8	88.4	89.3	89.6	89.6	89.2
2.15	60.0	69.3	75.3	80.2	84.4	87.4	89.0	89.5	89.7	89.5
4.64	57.7	67.4	73.9	78.7	83.0	86.2	88.3	89.3	89.7	90.0
10	55.4	65.3	72.5	77.4	81.5	84.9	87.4	89.0	90.0	90.0
21.5	53.4	63.1	70.8	76.1	80.2	83.6	86.4	88.6	90.0	90.0
46.4	51.4	60.9	69.1	74.8	79.0	82.4	85.4	88.9	90.0	90.0
100	49.8	58.9	67.1	73.5	77.9	81.3	84.6	89.0	90.0	90.0

PP08 3A 170628

Vinkel/frekvens rad/s	Temperatur, °C									
	30	20	10	0	-10	-20	-30			
0.1	1.15E+04	9.71E+04	9.77E+05	1.00E+07	7.14E+07	3.20E+08				
0.215	2.24E+04	1.81E+05	1.73E+06	1.58E+07	9.94E+07	3.84E+08	6.18E+08			
0.464	4.30E+04	3.35E+05	2.98E+06	2.54E+07	1.33E+08	4.46E+08	6.66E+08			
1	8.20E+04	6.11E+05	5.03E+06	3.40E+07	1.72E+08	5.07E+08	7.09E+08			
2.15	1.55E+05	1.10E+06	8.23E+06	5.07E+07	2.18E+08	5.65E+08	7.45E+08			
4.64	2.89E+05	1.94E+06	1.31E+07	7.07E+07	2.69E+08	6.18E+08	7.78E+08			
10	5.35E+05	3.36E+06	2.02E+07	9.63E+07	3.23E+08	6.67E+08	8.05E+08			
21.5	9.75E+05	5.68E+06	3.03E+07	1.28E+08	3.80E+08	7.15E+08	8.31E+08			
46.4	1.75E+06	9.34E+06	4.43E+07	1.66E+08	4.37E+08	7.52E+08	8.52E+08			
100	3.07E+06	1.49E+07	6.30E+07	2.09E+08	4.92E+08	7.88E+08	8.71E+08			
Fasvinkel, δ, °										
0.1	78.3	73.8	67.0	54.3	39.9	21.9				
0.215	77.2	72.4	64.7	50.8	35.8	18.7	9.7			
0.464	76.2	71.0	62.1	47.3	32.3	16.2	8.3			
1	75.0	69.3	59.2	44.0	29.1	13.8	7.0			
2.15	73.8	67.4	56.0	40.9	26.0	11.8	5.7			
4.64	72.5	65.2	52.8	37.8	23.1	9.9	4.8			
10	71.0	62.6	49.5	34.8	20.4	8.5	4.0			
21.5	69.3	59.7	46.2	31.9	17.8	7.1	3.3			
46.4	67.2	56.6	43.1	29.0	15.4	6.1	2.8			
100	64.8	53.3	40.0	26.2	13.3	5.1	2.4			

PP25 3B 170802

Vinkel/frekvens rad/s	Temperatur, °C									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.1	4.74E+06	6.88E+04	1.08E+04	1.97E+03	3.87E+02	6.53E+01	2.03E+01	7.92E+00	2.69E+00	
0.215	7.98E+06	9.35E+05	1.25E+05	1.97E+04	3.51E+03	6.53E+02	1.28E+02	3.96E+01	1.49E+01	
0.464	1.32E+07	1.68E+06	2.33E+05	3.78E+04	6.86E+03	1.30E+03	2.62E+02	8.04E+01	2.94E+01	
1	2.10E+07	2.99E+06	4.35E+05	7.28E+04	1.35E+04	2.62E+03	5.44E+02	1.66E+02	5.99E+01	
2.15	3.10E+07	5.25E+06	8.04E+05	1.39E+05	2.66E+04	5.30E+03	1.14E+03	3.48E+02	1.24E+02	
4.64	4.32E+07	9.04E+06	1.67E+06	2.65E+05	5.22E+04	1.07E+04	4.92E+03	7.25E+02	2.58E+02	
10	5.65E+07	1.52E+07	2.67E+06	5.00E+05	1.02E+05	2.16E+04	4.92E+03	1.52E+03	5.41E+02	
21.5	6.97E+07	2.46E+07	4.75E+06	9.34E+05	1.96E+05	4.30E+04	1.01E+04	3.17E+03	1.13E+03	
46.4	8.28E+07	3.76E+07	8.32E+06	1.73E+06	3.76E+05	8.51E+04	2.07E+04	6.58E+03	2.37E+03	
100	9.84E+07	5.28E+07	1.42E+07	3.16E+06	7.16E+05	1.67E+05	4.17E+04	1.35E+04	4.91E+03	
Fasvinkel, δ, °										
0.1	65.3	75.1	76.4	77.2	77.4	83.1	82.1	82.1	79.4	81.3
0.215	63.5	70.8	75.2	78.1	79.9	82.4	85.7	84.6	82.4	84.0
0.464	60.8	69.7	74.5	78.0	80.6	83.7	86.6	86.0	84.5	85.8
1	57.2	68.3	73.4	77.4	80.7	84.0	86.8	86.7	85.8	86.8
2.15	52.8	66.4	72.3	76.6	80.2	83.8	86.8	87.2	86.7	87.5
4.64	48.5	64.2	71.1	75.5	79.5	82.5	86.4	87.3	87.2	88.0
10	44.6	61.4	69.7	74.4	78.6	82.5	85.8	87.1	87.5	88.5
21.5	42.0	58.0	68.1	73.3	77.5	81.6	85.0	86.8	87.7	89.1
46.4	40.6	54.2	66.1	72.1	76.5	80.6	84.2	86.3	87.8	90.0
100	41.0	50.3	63.5	70.7	75.4	79.6	83.3	85.8	88.4	90.0

PP8 3B 170802

Vinkel/frekvens rad/s	Temperatur, °C									
	30	20	10	0	-10	-20	-30			
0.1	1.22E+05	8.09E+05	6.54E+06	5.26E+07	3.28E+08	1.01E+09	1.57E+09			
0.215	2.11E+05	1.39E+06	1.07E+07	8.05E+07	4.26E+08	1.14E+09	1.66E+09			
0.464	3.71E+05	2.40E+06	1.75E+07	1.18E+08	5.33E+08	1.25E+09	1.72E+09			
1	6.58E+05	4.12E+06	2.80E+07	1.68E+08	6.50E+08	1.35E+09	1.78E+09			
2.15	1.17E+06	7.02E+06	4.40E+07	2.32E+08	7.71E+08	1.45E+09	1.83E+09			
4.64	2.06E+06	1.18E+07	6.74E+07	3.12E+08	8.95E+08	1.53E+09	1.88E+09			
10	3.59E+06	1.94E+07	1.01E+08	4.06E+08	1.02E+09	1.60E+09	1.91E+09			
21.5	6.21E+06	3.13E+07	1.46E+08	5.11E+08	1.13E+09	1.67E+09	1.94E+09			
46.4	1.06E+07	4.93E+07	2.06E+08	6.27E+08	1.24E+09	1.73E+09	1.97E+09			
100	1.77E+07	7.59E+07	2.81E+08	7.48E+08	1.35E+09	1.78E+09	2.00E+09			
Fasvinkel, δ, °										
0.1	69.0	66.8	61.1	49.1	32.5	14.7	6.7			
0.215	69.5	66.2	59.3	46.9	28.6	12.5	5.6			
0.464	69.4	65.1	57.1	43.5	25.2	10.6	4.5			
1	68.7	63.8	54.6	40.0	21.9	9.0	3.8			
2.15	67.9	62.1	51.8	36.3	19.0	7.6	3.2			
4.64	66.8	60.0	48.8	32.7	16.5	6.5	2.9			
10	65.4	57.6	45.5	29.2	14.2	5.4	2.5			
21.5	63.7	54.9	42.0	25.8	12.2	4.6	2.0			
46.4	61.7	52.1	38.4	22.7	10.4	4.0	1.8			
100	59.4	49.0	34.7	19.8	8.9	3.5	1.7			

PP25 4B 170725												
Temperatur, °C												
Vinkel/frekvens	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa											
0.1	6.38E+06	8.78E+05	1.52E+05	2.65E-04	5.69E+03	1.12E+03	2.18E+02	4.92E+01	1.30E+01	2.13E+01	3.31E+00	
0.215	1.93E+07	1.48E+06	2.37E+05	4.35E-04	8.93E+03	1.74E+03	3.32E+02	7.75E+01	2.13E+01	2.13E+01	5.91E+00	
0.464	1.80E+07	2.50E+06	4.12E+05	7.69E-04	1.88E+04	3.11E+03	5.91E+02	1.38E+02	3.95E+01	1.14E+01		
1	2.32E+07	4.22E+06	7.21E+05	1.37E+05	2.85E+04	5.72E+03	1.10E+03	2.59E+02	7.31E+01	2.27E+01		
2.15	3.15E+07	7.05E+06	1.26E+06	2.46E+05	5.20E+04	1.07E+04	2.09E+03	5.03E+02	1.44E+02	4.63E+01		
4.64	4.04E+07	1.16E+07	2.19E+06	4.40E+05	9.51E+04	2.01E+04	4.06E+03	9.99E+02	2.90E+02	9.57E+01		
10	4.85E+07	1.85E+07	3.78E+06	7.87E+05	1.74E+05	3.80E+04	7.95E+03	2.01E+03	5.93E+02	1.99E+02		
21.5	5.88E+07	2.85E+07	6.41E+06	1.40E+06	3.19E+05	7.17E+04	1.56E+04	4.06E+03	1.22E+03	4.14E+02		
46.4	7.14E+07	4.10E+07	1.07E+07	2.47E+06	5.80E+05	1.35E+05	3.05E+04	8.20E+03	2.25E+03	8.65E+02		
100	8.54E+07	5.37E+07	1.75E+07	4.32E+06	1.05E+06	2.53E+05	5.94E+04	1.64E+04	5.12E+03	1.79E+03		
Fasvinkel, δ, °												
0.1	60.5	65.0	65.5	67.5	67.6	67.9	68.0	68.9	71.8	77.4		
0.215	58.4	64.7	67.4	69.5	70.9	72.7	73.8	74.7	76.4	81.3		
0.464	55.7	64.1	67.5	70.1	72.1	74.7	76.9	78.4	79.6	83.7		
1	51.8	63.1	67.2	70.2	72.7	75.9	78.9	80.8	82.0	85.2		
2.15	47.7	61.5	66.7	69.9	72.9	76.4	80.1	82.4	83.7	86.1		
4.64	45.1	59.3	66.0	69.4	72.7	76.5	80.8	83.4	84.9	86.8		
10	44.4	56.5	65.0	68.8	72.2	76.3	80.9	83.8	85.6	87.3		
21.5	42.8	53.2	63.4	68.1	71.7	75.9	80.6	83.9	85.6	88.0		
46.4	40.8	49.8	61.3	67.4	71.0	75.3	80.2	83.7	86.4	89.5		
100	39.6	46.5	58.7	66.4	70.4	74.7	79.6	83.6	86.6	90.0		

PP8 4B 170726												
Temperatur, °C												
Vinkel/frekvens	30	20	10	0	-10	-20	-30					
rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa											
0.1	4.86E+05	2.13E+06	1.24E+07	7.40E+07	3.68E+08	9.54E+08	1.52E+09					
0.215	7.34E+05	3.33E+06	1.88E+07	1.07E+08	4.64E+08	1.12E+09	1.63E+09					
0.464	1.14E+06	5.26E+06	2.85E+07	1.49E+08	5.70E+08	1.25E+09	1.72E+09					
1	1.82E+06	8.31E+06	4.26E+07	2.03E+08	6.84E+08	1.36E+09	1.79E+09					
2.15	2.91E+06	1.31E+07	6.28E+07	2.70E+08	8.02E+08	1.46E+09	1.85E+09					
4.64	4.68E+06	2.03E+07	9.08E+07	3.52E+08	9.22E+08	1.55E+09	1.90E+09					
10	7.49E+06	3.11E+07	1.29E+08	4.45E+08	1.04E+09	1.63E+09	1.95E+09					
21.5	1.19E+07	4.69E+07	1.78E+08	5.51E+08	1.15E+09	1.70E+09	1.99E+09					
46.4	1.87E+07	6.95E+07	2.41E+08	6.64E+08	1.26E+09	1.76E+09	2.02E+09					
100	2.89E+07	1.01E+08	3.19E+08	7.82E+08	1.36E+09	1.81E+09	2.05E+09					
Fasvinkel, δ, °												
0.1	54.3	56.4	52.8	42.5	29.1	20.0	8.2					
0.215	55.9	56.4	51.4	40.9	25.9	13.6	6.4					
0.464	57.0	55.9	49.5	38.2	23.1	11.0	4.9					
1	57.5	55.0	47.3	35.3	20.3	9.2	4.1					
2.15	57.4	53.6	45.0	32.4	17.8	7.7	3.3					
4.64	56.8	51.7	42.5	29.4	15.6	6.4	2.9					
10	55.8	49.6	39.8	26.5	13.5	5.5	2.3					
21.5	54.4	47.3	36.9	23.6	11.6	4.6	2.1					
46.4	52.6	45.0	34.0	20.9	9.9	3.9	1.7					
100	50.6	42.4	31.0	18.3	8.5	3.3	1.6					

PP25 4A 170629												
Temperatur, °C												
Vinkel/frekvens	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa											
0.1	9.77E+05	1.02E+05	1.29E+04	2.09E+03	3.81E+02	7.63E+01	1.73E+01	4.72E+00	1.70E+00	5.93E-01		
0.215	1.54E+06	1.78E+05	2.42E+04	3.95E+03	7.33E+02	1.50E+02	3.47E+01	9.59E+00	3.43E+00	1.20E+00		
0.464	2.65E+06	3.22E+05	4.55E+04	7.60E+03	1.44E+03	3.01E+02	7.01E+01	1.95E+01	6.91E+00	2.42E+00		
1	4.44E+06	5.79E+05	8.47E+04	1.46E+04	2.82E+03	6.04E+02	1.42E+02	3.97E+01	1.39E+01	4.90E+00		
2.15	7.30E+06	1.03E+06	1.57E+05	2.77E+04	5.53E+03	1.21E+03	2.88E+02	8.10E+01	2.82E+01	1.00E+01		
4.64	1.17E+07	1.80E+06	2.87E+05	5.25E+04	1.08E+04	2.42E+03	5.88E+02	1.66E+02	5.75E+01	2.05E+01		
10	1.84E+07	3.08E+06	5.21E+05	9.87E+04	2.09E+04	4.81E+03	1.19E+03	3.38E+02	1.17E+02	4.22E+01		
21.5	2.82E+07	5.19E+06	9.35E+05	1.84E+05	4.01E+04	9.48E+03	2.40E+03	6.89E+02	2.37E+02	6.65E+01		
46.4	4.21E+07	8.54E+06	1.66E+06	3.42E+05	7.66E+04	1.86E+04	4.79E+03	1.40E+03	4.82E+02	1.78E+02		
100	5.92E+07	1.38E+07	2.89E+06	6.26E+05	1.45E+05	3.61E+04	9.51E+03	2.80E+03	9.63E+02	3.62E+02		
Fasvinkel, δ, °												
0.1	68.8	69.7	75.3	77.7	80.0	82.0	83.1	83.7	82.6	81.7		
0.215	64.3	70.3	74.6	77.7	80.4	82.6	83.6	84.3	83.1	82.7		
0.464	62.1	69.1	73.6	77.1	80.2	82.7	84.0	84.7	83.6	83.5		
1	59.8	67.8	72.6	76.4	79.8	82.6	84.2	85.0	84.0	84.2		
2.15	57.5	66.2	71.6	75.5	79.1	82.1	84.1	85.1	84.4	84.9		
4.64	55.4	64.3	70.5	74.6	78.3	81.4	83.8	85.0	84.8	85.8		
10	53.8	62.3	69.2	73.6	77.4	80.6	83.3	85.0	85.4	87.3		
21.5	53.2	60.1	67.7	72.6	76.5	79.8	82.8	84.9	86.2	90.0		
46.4	53.3	58.0	66.0	71.5	75.6	79.0	82.5	85.1	88.5	90.0		
100	53.8	56.4	64.0	70.2	74.7	78.2	82.9	85.9	90.0	90.0		

PP8 4A 170629												
Temperatur, °C												
Vinkel/frekvens	30	20	10	0	-10	-20	-30					
rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa											
0.1	6.92E+04	3.39E+05	2.15E+06	1.41E+07	7.51E+07	3.00E+08	5.58E+08					
0.215	1.11E+05	5.52E+05	3.40E+06	2.06E+07	1.02E+08	3.58E+08	6.11E+08					
0.464	1.80E+05	1.06E+06	5.28E+06	2.93E+07	1.34E+08	4.15E+08	6.59E+08					
1	2.95E+05	1.44E+06	8.04E+06	4.09E+07	1.71E+08	4.70E+08	7.00E+08					
2.15	4.85E+05	2.34E+06	1.20E+07	5.62E+07	2.13E+08	5.23E+08	7.38E+08					
4.64	7.98E+05	3.70E+06	1.76E+07	7.59E+07	2.60E+08	5.72E+08	7.69E+08					
10	1.30E+06	5.76E+06	2.53E+07	1.01E+08	3.11E+08	6.19E+08	7.97E+08					
21.5	2.11E+06	8.79E+06	3.59E+07	1.31E+08	3.64E+08	6.63E+08	8.23E+08					
46.4	3.38E+06	1.32E+07	5.01E+07	1.67E+08	4.16E+08	6.97E+08	8.44E+08					
100	5.32E+06	1.94E+07	6.86E+07	2.09E+08	4.69E+08	7.31E+08	8.60E+08					
Fasvinkel, δ, °												
0.1	56.8	57.9	54.0	44.8	36.8	21.6	11.9					
0.215	57.9	57.6	52.3	42.4	33.3	18.6	9.8					
0.464	58.5	56.9	50.3	40.2	30.3	16.0	8.3					
1	58.6	55.9	48.1	38.1	27.5	13.8	6.8					
2.15	58.4	54.4	45.9	36.1	24.8	11.7	5.7					
4.64	57.9	52.7	43.8	34.0	22.1	10.1	4.6					
10	57.0	50.7	41.7	31.8	19.7	8.6	3.7					
21.5	55.7	48.5	39.7	29.6	17.2	7.7	3.3					
46.4	54.0	46.5	37.7	27.2	15.1	6.1	2.9					
100	52.1	44.5	35.7	24.8	13.0	5.2	2.5					

		Temperatur, °C									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vinkel/frekvens		Komplex skjulvmodul, G*, Pa									
rad/s											
0.1	2.64E+04	3.09E+03	4.47E+02	8.04E+01	1.78E+01	4.98E+00	1.71E+00	6.94E-01	4.24E-01		
0.215	5.10E+05	5.18E+04	6.34E+03	9.47E+02	1.72E+02	3.82E+01	1.07E+01	3.66E+00	1.47E+00	7.92E-01	
0.464	9.37E+05	9.98E+04	1.28E+04	1.98E+03	3.69E+02	8.20E+01	2.29E+01	7.82E+00	3.11E+00	1.53E+00	
1	1.69E+06	1.91E+05	2.56E+04	4.10E+03	7.83E+02	1.76E+02	4.93E+01	1.68E+01	6.64E+00	3.05E+00	
2.15	2.99E+06	3.69E+05	5.03E+04	8.38E+03	1.65E+03	3.76E+02	1.06E+02	3.60E+01	1.42E+01	6.27E+00	
4.64	5.17E+06	6.60E+05	9.76E+04	1.68E+04	3.43E+03	8.00E+02	2.27E+02	7.74E+01	3.05E+01	1.32E+01	
10	8.70E+06	1.23E+06	1.88E+05	3.37E+04	7.08E+03	1.68E+03	4.87E+02	1.66E+02	6.55E+01	2.99E+01	
21.5	1.42E+07	2.21E+06	3.57E+05	6.64E+04	1.44E+04	3.51E+03	1.03E+03	3.57E+02	1.40E+02	5.94E+01	
46.4	2.23E+07	3.91E+06	6.72E+05	1.30E+05	2.89E+04	7.24E+03	2.17E+03	7.58E+02	3.00E+02	1.27E+02	
100	3.32E+07	6.78E+06	1.24E+06	2.51E+05	5.75E+04	1.48E+04	4.49E+03	1.58E+03	6.31E+02	2.71E+02	
		Fasvinkel, δ, °									
rad/s											
0.1	79.6	84.9	88.1	89.5	89.6	89.6	90.0	88.4	88.8		
0.215	71.9	78.0	83.3	87.1	89.1	89.6	89.5	88.9	88.7		
0.464	70.0	76.6	81.7	85.9	88.4	89.5	89.5	89.2	89.0		
1	68.0	75.1	80.2	84.6	87.6	89.2	89.6	89.5	89.3		
2.15	66.0	73.6	78.8	83.2	86.5	88.6	89.5	89.6	89.6		
4.64	63.7	72.0	77.4	81.8	85.3	87.7	89.2	89.7	90.0		
10	61.6	70.1	76.1	80.4	84.0	86.7	88.6	89.8	90.0		
21.5	59.7	68.2	74.6	79.1	82.8	85.7	88.0	89.9	90.0		
46.4	57.5	66.3	73.1	77.9	81.6	84.6	87.4	90.0	90.0		
100	54.6	64.4	71.4	76.6	80.4	83.7	87.3	90.0	90.0		

		Temperatur, °C									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vinkel/frekvens		Komplex skjulvmodul, G*, Pa									
rad/s											
0.1	2.71E+06	2.52E+05	2.78E+04	3.80E+03	6.59E+02	1.43E+02	3.84E+01	1.28E+01	4.91E+00	2.45E+00	
0.215	4.85E+06	4.81E+05	5.61E+04	7.94E+03	1.39E+03	3.02E+02	8.13E+01	2.67E+01	1.02E+01	4.76E+00	
0.464	8.53E+06	9.11E+05	1.11E+05	1.64E+04	2.94E+03	6.45E+02	1.74E+02	5.67E+01	2.15E+01	9.55E+00	
1	1.45E+07	1.70E+06	2.18E+05	3.37E+04	6.19E+03	1.38E+03	3.72E+02	1.21E+02	4.58E+01	1.98E+01	
2.15	2.39E+07	3.12E+06	4.22E+05	6.80E+04	1.29E+04	2.93E+03	7.98E+02	2.60E+02	9.81E+01	4.17E+01	
4.64	3.70E+07	5.61E+06	8.06E+05	1.35E+05	2.65E+04	6.19E+03	1.71E+03	5.57E+02	2.10E+02	8.83E+01	
10	5.37E+07	9.87E+06	1.52E+06	2.66E+05	5.39E+04	1.29E+04	3.64E+03	1.20E+03	4.52E+02	1.88E+02	
21.5	7.40E+07	1.69E+07	2.83E+06	5.18E+05	1.08E+05	2.66E+04	7.68E+03	2.55E+03	9.70E+02	4.03E+02	
46.4	9.51E+07	2.77E+07	5.16E+06	9.99E+05	2.15E+05	5.43E+04	1.60E+04	5.42E+03	2.07E+03	8.61E+02	
100	1.18E+08	4.32E+07	9.18E+06	1.90E+06	4.24E+05	1.09E+05	3.30E+04	1.13E+04	4.37E+03	1.81E+03	
		Fasvinkel, δ, °									
rad/s											
0.1	70.8	77.5	83.2	86.9	88.4	88.7	88.5	87.1	86.5	81.2	
0.215	68.5	76.0	81.6	85.9	88.4	89.3	89.2	88.3	87.9	83.5	
0.464	65.7	74.5	80.0	84.7	87.7	89.1	89.4	89.0	88.6	85.6	
1	62.1	73.0	78.5	83.2	86.7	88.7	89.4	89.3	89.0	86.9	
2.15	57.6	71.2	77.1	81.8	85.5	87.9	89.2	89.4	89.3	87.8	
4.64	52.4	68.8	75.7	80.3	84.2	86.9	88.7	89.4	89.5	88.5	
10	46.7	65.9	74.4	79.0	82.8	85.8	87.9	89.1	89.6	89.2	
21.5	41.6	62.3	72.8	77.7	81.5	84.6	87.0	88.6	89.7	90.0	
46.4	37.2	57.8	70.9	76.5	80.3	83.4	86.0	88.1	89.8	90.0	
100	34.3	53.0	68.1	75.4	79.2	82.4	85.2	87.8	90.0	90.0	

		Temperatur, °C									
		30	20	10	0	-10	-20	-30			
Vinkel/frekvens		Komplex skjulvmodul, G*, Pa									
rad/s											
0.1	4.74E+03	4.43E+04	4.96E+05	6.14E+06	5.96E+07						
0.215	9.66E+03	8.57E+04	9.11E+05	1.02E+07	8.42E+07	3.57E+08	6.30E+08				
0.464	1.94E+04	1.64E+05	1.64E+06	1.64E+07	1.15E+08	4.15E+08	6.79E+08				
1	3.85E+04	3.10E+05	2.90E+06	2.54E+07	1.52E+08	4.73E+08	7.22E+08				
2.15	7.52E+04	5.80E+05	5.01E+06	3.83E+07	1.95E+08	5.28E+08	7.58E+08				
4.64	1.46E+05	1.03E+06	8.42E+06	5.59E+07	2.43E+08	5.79E+08	7.93E+08				
10	2.79E+05	1.93E+06	1.38E+07	7.91E+07	2.95E+08	6.27E+08	8.21E+08				
21.5	5.27E+05	3.43E+06	2.18E+07	1.09E+08	3.49E+08	6.70E+08	8.45E+08				
46.4	9.81E+05	5.94E+06	3.36E+07	1.45E+08	4.04E+08	7.07E+08	8.66E+08				
100	1.79E+06	9.99E+06	5.00E+07	1.87E+08	4.58E+08	7.41E+08	8.83E+08				
		Fasvinkel, δ, °									
rad/s											
0.1	84.0	78.4	71.7	60.3	42.2						
0.215	82.5	76.8	69.7	56.9	38.3	19.6	9.9				
0.464	81.0	75.3	67.4	53.4	34.6	16.8	8.2				
1	79.5	73.8	64.8	49.8	31.1	14.3	6.8				
2.15	78.1	72.1	62.0	46.2	27.7	12.2	5.8				
4.64	76.7	70.1	58.9	47.6	24.6	10.5	4.6				
10	75.3	67.9	55.6	39.0	21.6	8.7	4.0				
21.5	73.8	65.4	52.1	35.4	18.8	7.3	3.2				
46.4	72.2	62.6	48.6	31.9	16.2	6.1	2.8				
100	70.6	59.6	45.0	28.5	13.9	5.2	2.4				

		Temperatur, °C									
		30	20	10	0	-10	-20	-30			
Vinkel/frekvens		Komplex skjulvmodul, G*, Pa									
rad/s											
0.1	3.74E+04	3.35E+05	3.48E+06	3.75E+07	2.89E+08	9.43E+08	1.49E+09				
0.215	7.40E+04	6.29E+05	6.16E+06	5.95E+07	3.82E+08	1.07E+09	1.58E+09				
0.464	1.45E+05	1.17E+06	1.07E+07	9.14E+07	4.86E+08	1.18E+09	1.65E+09				
1	2.81E+05	2.15E+06	1.83E+07	1.36E+08	5.99E+08	1.29E+09	1.71E+09				
2.15	5.57E+05	3.91E+06	3.06E+07	1.95E+08	7.18E+08	1.38E+09	1.76E+09				
4.64	1.02E+06	6.99E+06	4.96E+07	2.69E+08	8.39E+08	1.46E+09	1.81E+09				
10	1.90E+06	1.23E+07	7.80E+07	3.59E+08	9.59E+08	1.54E+09	1.85E+09				
21.5	3.50E+06	2.11E+07	1.18E+08	4.62E+08	1.07E+09	1.61E+09	1.87E+09				
46.4	6.35E+06	3.53E+07	1.74E+08	5.76E+08	1.18E+09	1.67E+09	1.91E+09				
100	1.13E+07	5.74E+07	2.45E+08	6.97E+08	1.28E+09	1.71E+09	1.94E+09				
		Fasvinkel, δ, °									
rad/s											
0.1	81.3	75.5	68.5	56.6	35.6	16.3	7.5				
0.215	80.2	74.1	66.5	52.9	31.1	13.6	6.0				
0.464	78.7	72.6	64.2	48.9	27.1	11.4	5.0				
1	77.2	71.0	61.5	44.7	23.5	9.6	4.4				
2.15	75.7	69.2	58.4	40.4	20.3	8.0	3.4				
4.64	74.2	67.1	54.9	36.0	17.4	6.8	2.9				
10	72.7	64.7	51.0	31.9	14.9	5.7	2.5				
21.5	71.0	61.9	46.9	28.0	12.7	4.9	2.2				
46.4	69.0	58.7	42.6	24.4	10.8	4.1	1.9				
100	66.8	55.1	38.3	21.1	9.2	3.6	1.7				

		PP25 7A 170710									
		Temperatur, °C									
Vinkel/frekvens rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		0.1	4.72E+04	5.14E+03	6.88E+02	1.16E+02	2.46E+01	6.47E+00	2.12E+00	8.20E-01	3.56E-01
0.215	9.38E+05	9.10E+04	1.04E+04	1.45E+03	2.49E+02	5.26E+01	1.39E+01	4.55E+00	1.75E+00	7.62E-01	
0.464	1.69E+06	1.72E+05	2.09E+04	3.02E+03	5.31E+02	1.13E+02	2.99E+01	9.78E+00	3.76E+00	1.64E+00	
1	2.93E+06	3.22E+05	4.11E+04	6.20E+03	1.12E+03	2.42E+02	6.44E+01	2.11E+01	8.09E+00	3.52E+00	
2.15	5.00E+06	5.95E+05	8.00E+04	1.26E+04	2.35E+03	5.17E+02	1.38E+02	4.54E+01	1.74E+01	7.58E+00	
4.64	8.30E+06	1.08E+06	1.54E+05	2.52E+04	4.88E+03	1.10E+03	2.97E+02	9.77E+01	3.75E+01	1.63E+01	
10	1.33E+07	1.94E+06	2.92E+05	4.98E+04	9.98E+03	2.30E+03	6.35E+02	2.10E+02	8.07E+01	3.52E+01	
21.5	2.05E+07	3.41E+06	5.47E+05	9.73E+04	2.02E+04	4.78E+03	1.34E+03	4.51E+02	1.73E+02	7.55E+01	
46.4	3.06E+07	5.86E+06	1.01E+06	1.88E+05	4.03E+04	9.81E+03	2.81E+03	9.55E+02	3.69E+02	1.62E+02	
100	4.39E+07	9.84E+06	1.84E+06	3.58E+05	7.96E+04	1.99E+04	5.81E+03	2.00E+03	7.68E+02	3.41E+02	
		Fasvinkel, δ, °									
0.1		77.7	83.7	87.6	89.4	89.8	89.9	89.8	89.4	88.5	
0.215		68.7	76.0	82.0	86.4	88.9	89.7	89.9	89.8	89.6	89.4
0.464		66.6	74.4	80.3	85.1	88.1	89.5	89.8	89.9	89.8	89.8
1		64.5	72.7	78.7	83.7	87.1	89.0	89.7	89.9	89.9	90.0
2.15		62.2	71.0	77.2	82.2	85.9	88.3	89.5	89.9	90.0	90.0
4.64		60.1	69.1	75.7	80.7	84.6	87.4	89.0	89.8	90.0	90.0
10		58.0	67.2	74.1	79.2	83.3	86.3	88.3	89.7	90.0	90.0
21.5		55.3	65.2	72.6	77.8	82.0	85.2	87.6	89.5	90.0	90.0
46.4		52.4	63.1	70.9	76.4	80.7	84.0	86.8	89.0	90.0	90.0
100		49.4	61.4	69.1	75.0	79.4	83.1	86.2	89.0	90.0	90.0

		PP8 7A 170710									
		Temperatur, °C									
Vinkel/frekvens rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa	30	20	10	0	-10	-20	-30			
		0.1	6.42E+03	6.02E+04	6.58E+05	7.55E+06	6.66E+07	3.12E+08	5.91E+08		
0.215	1.30E+04	1.15E+05	1.19E+06	1.23E+07	9.28E+07	3.72E+08	6.50E+08				
0.464	2.60E+04	2.18E+05	2.10E+06	1.92E+07	1.25E+08	4.33E+08	7.01E+08				
1	5.10E+04	4.07E+05	3.63E+06	2.93E+07	1.64E+08	4.92E+08	7.48E+08				
2.15	9.90E+04	7.47E+05	6.12E+06	4.34E+07	2.08E+08	5.50E+08	7.90E+08				
4.64	1.89E+05	1.35E+06	1.01E+07	6.23E+07	2.58E+08	6.04E+08	8.24E+08				
10	3.57E+05	2.40E+06	1.61E+07	8.70E+07	3.12E+08	6.53E+08	8.55E+08				
21.5	6.66E+05	4.16E+06	2.50E+07	1.18E+08	3.68E+08	6.98E+08	8.85E+08				
46.4	1.22E+06	7.07E+06	3.79E+07	1.56E+08	4.25E+08	7.38E+08	9.05E+08				
100	2.20E+06	1.17E+07	5.56E+07	1.99E+08	4.81E+08	7.74E+08	9.24E+08				
		Fasvinkel, δ, °									
0.1		83.4	77.1	69.7	58.0	40.4	22.3	12.1			
0.215		81.7	75.4	67.6	54.6	36.7	19.2	10.2			
0.464		80.0	73.7	65.2	51.2	33.3	16.6	8.4			
1		78.4	72.0	62.6	47.7	30.0	14.3	7.1			
2.15		75.3	68.2	59.7	44.3	26.9	12.2	5.9			
4.64		73.7	65.9	53.4	37.5	21.1	8.9	4.1			
10		72.1	63.3	50.1	34.2	18.5	7.5	3.6			
21.5		70.2	60.4	46.7	30.9	16.1	6.3	2.9			
46.4		68.1	57.3	43.2	27.7	13.8	5.3	2.5			

		PP25 7B 170804									
		Temperatur, °C									
Vinkel/frekvens rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		0.1	3.25E+06	3.10E+05	3.43E+04	4.61E+03	7.86E+02	1.67E+02	4.54E+01	1.53E+01	5.40E+00
0.215	5.73E+06	5.87E+05	6.88E+04	9.62E+03	1.67E+03	3.56E+02	9.60E+01	3.13E+01	1.13E+01	5.07E+00	
0.464	9.91E+06	1.10E+06	1.36E+05	1.98E+04	3.53E+03	7.63E+02	2.05E+02	6.56E+01	2.40E+01	1.06E+01	
1	1.66E+07	2.02E+06	2.64E+05	4.03E+04	7.42E+03	1.63E+03	4.39E+02	1.40E+02	5.14E+01	2.27E+01	
2.15	2.66E+07	3.66E+06	5.07E+05	8.09E+04	1.54E+04	3.47E+03	9.42E+02	2.99E+02	1.10E+02	4.85E+01	
4.64	3.98E+07	6.51E+06	9.03E+05	1.60E+05	3.16E+04	7.30E+03	2.01E+03	6.41E+02	2.37E+02	1.04E+02	
10	5.58E+07	1.19E+07	1.81E+06	3.14E+05	6.40E+04	1.52E+04	4.29E+03	1.38E+03	5.11E+02	2.24E+02	
21.5	7.55E+07	1.90E+07	3.33E+06	6.07E+05	1.28E+05	3.14E+04	9.04E+03	2.94E+03	1.10E+03	4.82E+02	
46.4	9.92E+07	3.08E+07	6.00E+06	1.16E+06	2.53E+05	6.39E+04	1.88E+04	6.24E+03	2.35E+03	1.04E+03	
100	1.05E+08	4.74E+07	1.06E+07	2.19E+06	4.93E+05	1.29E+05	3.86E+04	1.30E+04	4.95E+03	2.20E+03	
		Fasvinkel, δ, °									
0.1		69.3	76.4	82.5	86.7	88.6	89.1	87.8	85.6	87.0	85.3
0.215		67.0	74.8	80.9	85.6	88.3	89.3	88.6	87.1	88.4	87.4
0.464		64.2	73.3	79.1	84.2	87.4	89.1	89.1	88.3	89.1	88.5
1		60.6	71.7	77.5	82.7	86.4	88.6	89.1	88.9	89.5	89.2
2.15		56.1	69.8	76.0	81.1	85.1	87.8	89.0	89.3	89.6	89.5
4.64		51.2	67.5	74.6	79.5	83.7	86.7	88.6	89.3	89.7	89.8
10		46.4	64.5	73.3	78.1	82.3	85.5	87.8	89.0	89.7	90.0
21.5		42.0	60.9	71.8	76.7	80.9	84.3	86.8	88.5	89.8	90.0
46.4		38.9	56.5	69.9	75.5	79.6	83.0	85.7	87.9	89.9	90.0
100		36.9	51.8	67.3	74.3	78.3	81.8	84.8	87.6	89.0	90.0

		PP8 7B 170804									
		Temperatur, °C									
Vinkel/frekvens rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa	30	20	10	0	-10	-20	-30			
		0.1	3.82E+04	3.42E+05	3.51E+06	3.70E+07	2.75E+08	9.07E+08	1.46E+09		
0.215	7.58E+04	6.42E+05	6.20E+06	5.84E+07	3.63E+08	1.03E+09	1.54E+09				
0.464	1.49E+05	1.20E+06	1.08E+07	8.94E+07	4.63E+08	1.14E+09	1.60E+09				
1	2.88E+05	2.20E+06	1.83E+07	1.32E+08	5.71E+08	1.24E+09	1.66E+09				
2.15	5.51E+05	3.98E+06	3.04E+07	1.89E+08	6.85E+08	1.33E+09	1.71E+09				
4.64	1.04E+06	7.08E+06	4.91E+07	2.60E+08	8.01E+08	1.43E+09	1.76E+09				
10	1.94E+06	1.24E+07	7.67E+07	3.46E+08	9.17E+08	1.49E+09	1.80E+09				
21.5	3.56E+06	2.12E+07	1.16E+08	4.44E+08	1.03E+09	1.56E+09	1.83E+09				
46.4	6.43E+06	3.52E+07	1.69E+08	5.52E+08	1.14E+09	1.62E+09	1.86E+09				
100	1.14E+07	5.70E+07	2.37E+08	6.67E+08	1.24E+09	1.67E+09	1.89E+09				
		Fasvinkel, δ, °									
0.1		81.8	75.6	68.4	56.1	35.3	16.0	7.5			
0.215		80.5	74.0	66.3	52.4	31.0	13.5	5.9			
0.464		78.8	72.4	63.8	48.4	27.0	11.4	4.9			
1		77.1	70.7	61.0	44.2	23.5	9.6	4.1			
2.15		75.5	68.9	57.8	39.9	20.4	8.2	3.4			
4.64		74.0	66.7	54.3	35.7	17.6	7.0	2.8			
10		72.4	64.2	50.4	31.6	15.1	5.9	2.5			
21.5		70.6	61.3	46.3	27.8	13.0	5.0	2.1			
46.4		68.6	58.1	42.1	24.3	11.1	4.3	2.0			
100		66.2	54.5	37.8	21.2	9.6	3.8	1.9			

PP25 8A 170711											
Temperatur, °C											
Vinkel/frekvens rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
0.1	4.52E+06	7.37E+05	9.69E+04	1.42E+04	2.21E+03	3.89E+02	8.15E+01	2.07E+01	6.28E+00	2.26E+00	
0.215	6.40E+06	1.15E+06	1.69E+05	2.64E+04	4.39E+03	8.08E+02	1.74E+02	4.43E+01	1.34E+01	4.83E+00	
0.464	8.31E+06	1.84E+06	2.89E+05	4.79E+04	8.54E+03	1.65E+03	3.67E+02	9.48E+01	2.88E+01	1.03E+01	
1	1.11E+07	2.90E+06	4.87E+05	8.53E+04	1.62E+04	3.32E+03	7.65E+02	2.02E+02	6.16E+01	2.21E+01	
2.15	1.48E+07	4.48E+06	8.08E+05	1.49E+05	3.01E+04	6.53E+03	1.57E+03	4.26E+02	1.32E+02	4.72E+01	
4.64	1.94E+07	6.78E+06	1.32E+06	2.59E+05	5.48E+04	1.26E+04	3.17E+03	8.89E+02	2.80E+02	1.01E+02	
10	2.65E+07	1.01E+07	2.12E+06	4.42E+05	9.82E+04	2.38E+04	6.29E+03	1.83E+03	5.91E+02	2.16E+02	
21.5	3.54E+07	1.47E+07	3.36E+06	7.44E+05	1.74E+05	4.41E+04	1.22E+04	3.70E+03	1.23E+03	4.57E+02	
46.4	4.71E+07	2.12E+07	5.23E+06	1.24E+06	3.04E+05	8.06E+04	2.34E+04	7.34E+03	2.52E+03	9.56E+02	
100	6.08E+07	2.99E+07	8.02E+06	2.03E+06	5.26E+05	1.45E+05	4.38E+04	1.43E+04	5.04E+03	1.95E+03	
Fasvinkel, δ, °											
0.1	50.2	56.2	66.0	73.9	81.2	86.0	88.4	89.1	89.0	88.7	
0.215	49.4	56.4	63.9	71.3	78.8	84.4	87.6	88.9	89.0	88.9	
0.464	49.9	54.3	62.0	69.0	76.4	82.5	86.4	88.5	89.0	89.0	
1	49.7	52.3	60.2	67.0	74.0	80.4	84.9	87.7	88.9	89.0	
2.15	49.3	50.3	58.5	65.2	71.7	78.1	83.2	86.5	88.4	89.1	
4.64	48.8	48.4	56.7	63.5	69.7	75.9	81.2	85.1	87.6	89.0	
10	46.4	46.8	55.0	61.9	67.9	73.8	79.2	83.4	86.6	88.7	
21.5	45.4	45.3	53.2	60.4	66.3	71.8	77.2	81.7	85.3	88.5	
46.4	44.8	44.2	51.5	58.8	64.9	70.2	75.3	80.0	84.3	88.6	
100	44.8	43.5	49.9	57.2	63.5	68.7	73.6	78.4	83.7	89.8	

PP25 8B 170810 1											
Temperatur, °C											
Vinkel/frekvens rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
0.1	1.23E+07	2.06E+06	3.67E+05	6.27E+04	1.12E+04	2.29E+03	5.52E+02	1.77E+02	5.80E+01		
0.215	1.78E+07	3.32E+06	6.26E+05	1.14E+05	2.14E+04	4.55E+03	1.09E+03	3.12E+02	1.01E+02		
0.464	2.47E+07	5.29E+06	1.08E+06	2.05E+05	4.11E+04	9.07E+03	2.23E+03	6.28E+02	2.01E+02		
1	3.27E+07	8.29E+06	1.77E+06	3.65E+05	7.79E+04	1.80E+04	4.55E+03	1.29E+03	4.13E+02		
2.15	4.09E+07	1.24E+07	2.92E+06	6.39E+05	1.45E+05	3.51E+04	9.21E+03	2.68E+03	8.63E+02		
4.64	4.85E+07	1.78E+07	4.77E+06	1.10E+06	2.65E+05	6.75E+04	1.85E+04	5.52E+03	1.81E+03		
10	5.38E+07	2.43E+07	7.66E+06	1.87E+06	4.75E+05	1.27E+05	3.63E+04	1.12E+04	3.76E+03		
21.5	5.73E+07	3.18E+07	1.21E+07	3.14E+06	8.38E+05	2.35E+05	7.01E+04	2.22E+04	7.72E+03		
46.4	5.95E+07	3.97E+07	1.85E+07	5.20E+06	1.45E+06	4.26E+05	1.33E+05	4.31E+04	1.55E+04		
100	6.46E+07	4.72E+07	2.54E+07	8.49E+06	2.49E+06	7.61E+05	2.46E+05	8.14E+04	3.04E+04		
Fasvinkel, δ, °											
0.1	51.7	61.4	67.6	74.7	80.5	83.2	83.5	83.5	78.4	77.2	
0.215	48.7	59.7	66.0	73.2	79.5	83.5	85.4	84.7	86.4	86.2	
0.464	45.4	57.8	64.3	71.2	77.7	82.5	85.6	86.4	86.4	86.2	
1	42.1	55.7	62.7	69.1	75.6	80.9	84.7	86.7	86.7	87.4	
2.15	39.1	53.0	61.0	67.2	73.4	79.0	83.3	86.2	86.2	87.7	
4.64	36.9	49.8	59.3	65.4	71.3	76.9	81.6	85.1	85.1	87.2	
10	35.5	46.3	57.4	63.7	69.3	74.8	79.7	83.5	86.3	86.3	
21.5	35.0	43.0	55.2	62.1	67.6	72.8	77.7	81.8	85.0	85.0	
46.4	35.4	40.6	52.6	60.4	66.0	71.0	75.7	80.0	83.5	83.5	
100	36.2	39.1	49.0	58.5	64.6	69.4	74.0	78.2	82.0	82.0	

PP8 8A 170711											
Temperatur, °C											
Vinkel/frekvens rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa										
	30	20	10	0	-10	-20	-30				
0.1	1.27E+05	8.76E+05	5.82E+06	3.12E+07	1.27E+08	3.46E+08	5.61E+08				
0.215	2.20E+05	1.43E+06	8.72E+06	4.26E+07	1.58E+08	3.96E+08	6.06E+08				
0.464	3.74E+05	2.28E+06	1.27E+07	5.67E+07	1.92E+08	4.44E+08	6.49E+08				
1	6.28E+05	3.55E+06	1.82E+07	7.40E+07	2.30E+08	4.92E+08	6.87E+08				
2.15	1.04E+06	5.45E+06	2.55E+07	9.50E+07	2.71E+08	5.38E+08	7.23E+08				
4.64	1.69E+06	8.22E+06	3.51E+07	1.20E+08	3.14E+08	5.81E+08	7.55E+08				
10	2.70E+06	1.21E+07	4.75E+07	1.49E+08	3.59E+08	6.23E+08	7.84E+08				
21.5	4.25E+06	1.76E+07	6.30E+07	1.82E+08	4.05E+08	6.61E+08	8.13E+08				
46.4	6.58E+06	2.50E+07	8.22E+07	2.19E+08	4.51E+08	6.96E+08	8.35E+08				
100	9.98E+06	3.49E+07	1.06E+08	2.59E+08	4.97E+08	7.28E+08	8.57E+08				
Fasvinkel, δ, °											
0.1	65.5	57.6	48.1	37.2	26.2	16.6	10.4				
0.215	63.4	55.5	45.5	34.6	24.0	14.5	8.9				
0.464	61.6	53.3	43.1	32.3	22.0	12.8	7.7				
1	59.7	51.2	40.8	30.3	20.1	11.4	6.7				
2.15	57.9	48.1	38.6	28.3	18.4	10.0	5.7				
4.64	56.1	46.9	36.4	26.3	16.7	8.8	4.8				
10	54.2	44.7	34.4	24.5	15.0	7.7	4.4				
21.5	52.2	42.5	32.4	22.6	13.5	6.8	3.7				
46.4	50.1	40.4	30.4	20.9	12.1	5.8	3.2				
100	48.1	38.3	28.5	19.1	10.8	5.1	2.8				

PP8 8B 170811 1											
Temperatur, °C											
Vinkel/frekvens rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa										
	30	20	10	0	-10	-20	-30				
0.1	2.48E+06	1.32E+07	6.89E+07	2.91E+08	8.09E+08	1.46E+09	1.03E+01				
0.215	3.93E+06	1.99E+07	9.71E+07	3.72E+08	9.48E+08	1.59E+09	8.44E+00				
0.464	6.23E+06	3.00E+07	1.35E+08	4.65E+08	1.07E+09	1.70E+09	7.10E+00				
1	9.80E+06	4.45E+07	1.84E+08	5.70E+08	1.20E+09	1.80E+09	6.03E+00				
2.15	1.53E+07	6.52E+07	2.45E+08	6.81E+08	1.33E+09	1.90E+09	5.25E+00				
4.64	2.37E+07	9.38E+07	3.19E+08	7.98E+08	1.45E+09	1.99E+09	4.55E+00				
10	3.60E+07	1.32E+08	4.07E+08	9.19E+08	1.56E+09	2.07E+09	3.96E+00				
21.5	5.93E+07	1.83E+08	5.06E+08	1.04E+09	1.67E+09	2.13E+09	1.95E+00				
46.4	7.94E+07	2.47E+08	6.16E+08	1.17E+09	1.78E+09	2.20E+09	2.04E+00				
100	1.15E+08	3.25E+08	7.95E+08	1.29E+09	1.87E+09	2.26E+09	2.11E+00				
Fasvinkel, δ, °											
0.1	60.6	54.3	45.4	32.4	20.6	10.3	5.1				
0.215	59.2	52.5	42.6	29.1	16.3	8.4	4.3				
0.464	57.7	50.4	39.7	26.1	13.9	7.1	3.7				
1	56.1	48.1	36.7	23.1	12.1	6.0	3.1				
2.15	54.3	45.6	33.6	20.5	10.6	5.3	2.7				
4.64	52.3	42.9	30.5	18.1	9.3	4.6	2.4				
10	50.1	40.0	27.5	16.0	8.2	4.0	2.2				
21.5	47.7	37.0	24.5	14.1	7.2	3.5	1.8				
46.4	45.0	33.9	22.0	12.5	6.4	3.1	1.6				
100	42.2	30.9	19.5	11.0	5.6	2.7	1.5				

PP25 9A 170711

		Temperatur, °C									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vinkel/frekvens		Komplex skjivmodul, G* Pa									
rad/s											
0.1		1.79E+05	2.82E+04	4.14E+03	6.30E+02	1.11E+02	2.39E+01	6.23E+00	2.02E+00	7.71E-01	3.37E-01
0.215		2.97E+05	4.97E+04	7.89E+03	1.28E+03	2.34E+02	5.12E+01	1.34E+01	4.35E+00	1.65E+00	7.22E-01
0.464		4.82E+05	8.59E+04	1.47E+04	2.55E+03	4.88E+02	1.09E+02	2.88E+01	9.34E+00	3.56E+00	1.55E+00
1		7.67E+05	1.45E+05	2.66E+04	4.95E+03	1.00E+03	2.30E+02	6.16E+01	2.01E+01	7.64E+00	3.33E+00
2.15		1.20E+06	2.42E+05	4.72E+04	9.42E+03	2.01E+03	4.81E+02	1.31E+02	4.31E+01	1.64E+01	7.16E+00
4.64		1.85E+06	3.98E+05	8.24E+04	1.75E+04	3.97E+03	9.90E+02	2.77E+02	9.22E+01	3.53E+01	1.54E+01
10		2.82E+06	6.46E+05	1.42E+05	3.19E+04	7.66E+03	2.00E+03	5.77E+02	1.96E+02	7.57E+01	3.31E+01
21.5		4.22E+06	1.03E+06	2.40E+05	5.72E+04	1.45E+04	3.98E+03	1.19E+03	4.13E+02	1.61E+02	7.08E+01
46.4		6.21E+06	1.63E+06	4.02E+05	1.01E+05	2.70E+04	7.76E+03	2.40E+03	8.54E+02	3.39E+02	1.51E+02
100		9.03E+06	2.53E+06	6.65E+05	1.76E+05	4.93E+04	1.48E+04	4.75E+03	1.72E+03	6.93E+02	3.17E+02
		Fasvinkel, δ, °									
0.1		59.8	67.8	76.6	83.5	87.5	89.2	89.6	89.6	89.1	90.0
0.215		57.6	65.3	73.9	81.4	86.2	88.7	89.5	89.7	89.6	90.0
0.464		55.4	63.0	71.2	79.1	84.6	87.8	89.2	89.6	89.8	90.0
1		53.6	61.0	68.8	76.6	82.7	86.6	88.7	89.5	89.8	90.0
2.15		51.8	59.2	66.6	74.1	80.6	85.1	87.8	89.2	89.8	90.0
4.64		50.1	57.4	64.6	71.8	78.4	83.4	86.7	88.7	89.9	90.0
10		48.4	55.9	62.9	69.7	76.2	81.5	85.3	88.1	90.0	90.0
21.5		47.0	54.4	61.3	67.8	74.1	79.6	83.8	87.3	90.0	90.0
46.4		45.7	52.9	59.8	66.2	72.2	77.8	82.1	86.6	90.0	90.0
100		44.6	51.5	58.5	64.7	70.6	76.3	80.7	85.9	90.0	90.0

PP8 9A 170712

		Temperatur, °C								
		30	20	10	0	-10	-20	-30		
Vinkel/frekvens		Komplex skjivmodul, G* Pa								
rad/s										
0.1		5.30E+03	3.73E+04	2.56E+05	1.62E+06	8.88E+06	3.79E+07	9.35E+07		
0.215		1.01E+04	6.53E+04	4.19E+05	2.47E+06	1.25E+07	4.94E+07	1.16E+08		
0.464		1.87E+04	1.12E+05	6.71E+05	3.66E+06	1.71E+07	6.31E+07	1.43E+08		
1		3.38E+04	1.90E+05	1.05E+06	5.33E+06	2.30E+07	7.97E+07	1.72E+08		
2.15		6.01E+04	3.15E+05	1.63E+06	7.64E+06	3.06E+07	9.94E+07	2.05E+08		
4.64		1.05E+05	5.14E+05	2.48E+06	1.08E+07	4.01E+07	1.23E+08	2.42E+08		
10		1.80E+05	8.28E+05	3.73E+06	1.51E+07	5.22E+07	1.50E+08	2.83E+08		
21.5		3.04E+05	1.32E+06	5.53E+06	2.08E+07	6.69E+07	1.80E+08	3.28E+08		
46.4		5.05E+05	2.06E+06	8.08E+06	2.82E+07	8.49E+07	2.15E+08	3.74E+08		
100		8.19E+05	3.18E+06	1.16E+07	3.79E+07	1.07E+08	2.55E+08	4.23E+08		
		Fasvinkel, δ, °								
0.1		76.5	67.2	58.3	49.5	40.1	31.4	25.9		
0.215		73.8	64.7	56.1	47.2	37.9	29.6	24.3		
0.464		71.2	62.5	54.1	45.2	36.0	28.1	23.0		
1		68.7	60.5	52.2	43.3	34.4	26.6	21.4		
2.15		66.5	58.6	50.4	41.5	32.8	25.3	20.2		
4.64		64.6	56.9	48.6	39.8	31.4	24.1	18.9		
10		62.8	55.3	46.9	38.2	30.0	23.0	17.6		
21.5		61.4	53.7	45.3	36.7	28.8	21.5	16.4		
46.4		60.4	52.2	43.7	35.3	27.5	20.3	15.0		
100		59.8	50.8	42.3	34.0	26.3	19.2	13.9		

PP25 9B 170810

		Temperatur, °C									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vinkel/frekvens		Komplex skjivmodul, G* Pa									
rad/s											
0.1		2.48E+06	4.28E+05	6.98E+04	1.13E+04	1.99E+03	4.19E+02	1.06E+02	3.22E+01	1.15E+01	4.49E+00
0.215		3.87E+06	7.10E+05	1.21E+05	2.19E+04	4.02E+03	8.66E+02	2.19E+02	6.54E+01	2.27E+01	8.99E+00
0.464		6.00E+06	1.17E+06	2.21E+05	4.10E+04	8.02E+03	1.78E+03	4.57E+02	1.36E+02	4.69E+01	1.87E+01
1		9.15E+06	1.90E+06	3.83E+05	7.61E+04	1.58E+04	3.65E+03	9.53E+02	2.85E+02	9.84E+01	3.92E+01
2.15		1.37E+07	3.06E+06	6.52E+05	1.38E+05	3.05E+04	7.35E+03	1.96E+03	6.01E+02	2.08E+02	8.30E+01
4.64		2.02E+07	4.86E+06	1.09E+06	2.45E+05	5.77E+04	1.46E+04	4.06E+03	1.26E+03	4.20E+02	1.76E+02
10		2.92E+07	7.60E+06	1.81E+06	4.28E+05	1.07E+05	2.84E+04	8.22E+03	2.62E+03	9.30E+02	3.75E+02
21.5		4.12E+07	1.17E+07	2.98E+06	7.36E+05	1.94E+05	5.45E+04	1.64E+04	5.38E+03	1.95E+03	7.95E+02
46.4		5.69E+07	1.77E+07	4.83E+06	1.25E+06	3.46E+05	1.02E+05	3.19E+04	1.09E+04	4.03E+03	1.67E+03
100		7.87E+07	2.62E+07	7.77E+06	2.11E+06	6.09E+05	1.88E+05	6.11E+04	2.19E+04	8.13E+03	3.43E+03
		Fasvinkel, δ, °									
0.1		56.5	63.2	71.3	78.8	84.0	86.1	86.3	84.7	83.3	84.1
0.215		55.2	61.9	68.9	76.7	82.6	85.9	87.1	86.6	86.1	86.5
0.464		53.8	59.5	66.6	74.4	80.8	84.9	87.0	87.3	87.3	87.6
1		52.5	58.0	64.5	71.9	78.7	83.5	86.4	87.5	87.9	88.2
2.15		51.4	56.6	62.6	69.6	76.5	81.7	85.3	87.3	88.2	88.5
4.64		50.2	55.5	61.0	67.5	74.2	79.8	83.9	86.6	88.1	88.7
10		49.2	54.6	59.7	65.6	72.0	77.7	82.3	85.5	87.6	88.7
21.5		48.4	53.8	58.7	64.0	69.9	75.6	80.5	84.1	86.9	88.7
46.4		48.0	53.2	58.0	62.7	68.2	73.7	78.6	82.7	86.0	88.9
100		48.7	52.7	57.7	61.6	66.8	71.9	76.8	81.4	85.2	89.7

PP8 9B 170804

		Temperatur, °C								
		30	20	10	0	-10	-20	-30		
Vinkel/frekvens		Komplex skjivmodul, G* Pa								
rad/s										
0.1		8.11E+04	4.99E+05	2.95E+06	1.63E+07	7.73E+07	2.79E+08	6.50E+08		
0.215		1.43E+05	8.22E+05	4.57E+06	2.36E+07	1.04E+08	3.45E+08	7.49E+08		
0.464		2.51E+05	1.35E+06	7.01E+06	3.37E+07	1.38E+08	4.18E+08	8.47E+08		
1		4.34E+05	2.18E+06	1.06E+07	4.76E+07	1.79E+08	4.97E+08	9.48E+08		
2.15		7.36E+05	3.47E+06	1.63E+07	6.60E+07	2.28E+08	5.84E+08	1.05E+09		
4.64		1.23E+06	5.45E+06	2.33E+07	9.01E+07	2.86E+08	6.75E+08	1.15E+09		
10		2.05E+06	8.47E+06	3.37E+07	1.21E+08	3.52E+08	7.72E+08	1.25E+09		
21.5		3.32E+06	1.30E+07	4.80E+07	1.60E+08	4.28E+08	8.73E+08	1.36E+09		
46.4		5.33E+06	1.97E+07	6.74E+07	2.07E+08	5.11E+08	9.77E+08	1.45E+09		
100		8.46E+06	2.93E+07	9.32E+07	2.65E+08	6.04E+08	1.08E+09	1.55E+09		
		Fasvinkel, δ, °								
0.1		70.7	62.4	54.6	46.3	36.7	26.1	17.4		
0.215		68.8	60.5	52.7	44.1	34.2	23.7	15.6		
0.464		66.6	58.6	50.8	42.0	31.9	21.7	14.1		
1		64.4	56.7	48.9	39.9	29.7	19.8	12.8		
2.15		62.4	55.0	47.0	37.8	27.7	18.1	11.6		
4.64		60.6	53.3	45.1	35.7	25.7	16.6	10.6		
10		58.9	51.5	43.1	33.7	23.7	15.2	9.4		
21.5		57.2	49.8	41.2	31.7	22.0	13.9	8.7		
46.4		55.7	48.0	39.2	29.7	20.3	12.7	7.8		
100		54.2	46.2	37.2	27.8	18.7	11.6	7.0		

PP25 10A 170713											
		Temperatur, °C									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vinkel/frekvens		Komplex skjulvmodul, G*, Pa									
rad/s											
0.1	2.38E+05	3.52E+04	5.22E+03	8.42E+02	1.59E+02	3.69E+01	1.00E+01	3.28E+00	1.26E+00	5.64E-01	
0.215	4.08E+05	6.36E+04	1.01E+04	1.71E+03	3.36E+02	7.90E+01	2.15E+01	7.05E+00	2.70E+00	1.18E+00	
0.464	6.84E+05	1.12E+05	1.90E+04	3.42E+03	6.99E+02	1.68E+02	4.61E+01	1.51E+01	5.79E+00	2.48E+00	
1	1.13E+06	1.96E+05	3.51E+04	6.71E+03	1.43E+03	3.55E+02	9.87E+01	3.25E+01	1.24E+01	5.28E+00	
2.15	1.84E+06	3.38E+05	6.56E+04	1.29E+04	2.89E+03	7.74E+02	2.10E+02	6.98E+01	2.67E+01	1.13E+01	
4.64	2.95E+06	5.73E+05	1.14E+05	2.43E+04	5.71E+03	1.52E+03	4.43E+02	1.49E+02	5.74E+01	2.42E+01	
10	4.65E+06	9.62E+05	2.00E+05	4.49E+04	1.11E+04	3.08E+03	9.23E+02	3.17E+02	1.23E+02	5.20E+01	
21.5	7.19E+06	1.59E+06	3.49E+05	8.18E+04	2.11E+04	6.11E+03	1.89E+03	6.66E+02	2.62E+02	1.11E+02	
46.4	1.09E+07	2.61E+06	6.00E+05	1.47E+05	3.95E+04	1.19E+04	3.82E+03	1.38E+03	5.50E+02	2.35E+02	
100	1.63E+07	4.19E+06	1.02E+06	2.61E+05	7.30E+04	2.28E+04	7.55E+03	2.78E+03	1.12E+03	4.85E+02	
Fasvinkel, δ, °											
0.1	63.3	70.2	78.0	83.9	87.5	89.0	89.5	89.6	89.1	84.8	
0.215	61.5	68.0	75.5	82.0	86.3	88.6	89.4	89.6	89.5	86.5	
0.464	59.7	66.1	73.1	79.9	84.7	87.7	89.1	89.6	89.6	87.8	
1	58.1	64.5	70.9	77.6	83.0	86.5	88.6	89.4	89.6	88.7	
2.15	56.4	62.9	69.0	75.4	81.0	85.0	87.7	89.1	89.6	89.3	
4.64	54.6	61.4	67.3	73.3	79.0	83.3	86.5	88.5	89.5	89.9	
10	52.8	59.9	65.8	71.4	76.9	81.5	85.1	87.7	89.5	90.0	
21.5	51.2	58.4	64.4	69.7	74.9	79.6	83.5	86.8	89.5	90.0	
46.4	49.5	56.8	63.1	68.3	73.2	77.8	82.0	86.0	90.0	90.0	
100	48.4	55.3	61.7	67.1	71.7	76.2	80.8	86.1	90.0	90.0	

PP8 10A 170712											
		Temperatur, °C									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vinkel/frekvens		Komplex skjulvmodul, G*, Pa									
rad/s											
0.1	6.16E+03	4.16E+04	2.97E+05	2.15E+06	1.44E+07	7.35E+07	3.96E+08	2.08E+09	1.19E+10	6.84E+10	
0.215	1.19E+04	7.48E+04	5.04E+05	3.42E+06	2.08E+07	9.64E+07	4.64E+08	2.38E+09	1.35E+10	8.31E+10	
0.464	2.23E+04	1.32E+05	8.42E+05	5.32E+06	2.94E+07	1.23E+08	5.28E+08	2.62E+09	1.52E+10	9.81E+10	
1	4.11E+04	2.30E+05	1.38E+06	8.07E+06	4.06E+07	1.54E+08	5.29E+08	2.39E+09	1.45E+10	9.31E+10	
2.15	7.44E+04	3.95E+05	2.24E+06	1.20E+07	5.49E+07	1.89E+08	6.76E+08	2.62E+09	1.65E+10	1.07E+11	
4.64	1.33E+05	6.70E+05	3.55E+06	1.75E+07	7.27E+07	2.28E+08	7.42E+08	2.42E+09	1.65E+10	1.07E+11	
10	2.34E+05	1.12E+06	5.55E+06	2.50E+07	9.47E+07	2.70E+08	8.72E+08	2.92E+09	1.95E+10	1.28E+11	
21.5	4.07E+05	1.85E+06	8.51E+06	3.50E+07	1.21E+08	3.15E+08	9.81E+08	3.15E+09	2.05E+10	1.38E+11	
46.4	6.99E+05	3.00E+06	1.28E+07	4.81E+07	1.52E+08	3.61E+08	1.07E+09	3.26E+09	2.12E+10	1.42E+11	
100	1.18E+06	4.79E+06	1.88E+07	6.49E+07	1.87E+08	4.07E+08	1.16E+09	3.58E+09	2.35E+10	1.56E+11	
Fasvinkel, δ, °											
0.1	77.8	69.9	62.5	54.7	44.3	32.5	23.7				
0.215	75.4	67.8	60.7	52.4	41.6	29.9	21.3				
0.464	73.0	65.9	58.9	50.1	39.1	27.5	19.0				
1	70.9	64.2	57.1	47.8	36.7	25.3	17.0				
2.15	69.0	62.7	55.2	45.5	34.3	23.1	15.2				
4.64	67.3	61.1	53.2	43.2	32.1	21.0	13.5				
10	65.8	59.5	51.1	40.8	29.8	19.0	11.9				
21.5	64.5	57.7	48.9	38.6	27.7	17.1	10.5				
46.4	63.2	55.9	46.7	36.3	25.6	15.4	9.2				
100	62.4	54.0	44.5	34.1	23.5	13.7	8.0				

PP25 10B 170806											
		Temperatur, °C									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vinkel/frekvens		Komplex skjulvmodul, G*, Pa									
rad/s											
0.1	3.56E+06	5.62E+05	1.65E+05	2.85E+04	5.57E+03	1.25E+03	3.29E+02	1.00E+02	3.55E+01	1.46E+01	
0.215	5.71E+06	9.61E+05	2.97E+05	5.47E+04	1.12E+04	2.58E+03	6.97E+02	2.09E+02	7.57E+01	2.99E+01	
0.464	9.08E+06	1.64E+06	2.97E+05	5.47E+04	1.12E+04	2.58E+03	6.97E+02	2.09E+02	7.57E+01	2.99E+01	
1	1.42E+07	2.74E+06	5.26E+05	1.03E+05	2.22E+04	5.29E+03	1.44E+03	4.42E+02	1.59E+02	6.27E+01	
2.15	2.17E+07	4.55E+06	9.21E+05	1.91E+05	4.33E+04	1.07E+04	2.99E+03	9.33E+02	3.29E+02	1.33E+02	
4.64	3.22E+07	7.43E+06	1.59E+06	3.49E+05	8.30E+04	2.14E+04	6.18E+03	1.97E+03	6.99E+02	2.82E+02	
10	4.58E+07	1.19E+07	2.72E+06	6.27E+05	1.56E+05	4.22E+04	1.26E+04	4.10E+03	1.48E+03	5.99E+02	
21.5	6.25E+07	1.87E+07	4.57E+06	1.11E+06	2.88E+05	8.14E+04	2.51E+04	8.43E+03	3.10E+03	1.27E+03	
46.4	8.16E+07	2.85E+07	7.58E+06	1.94E+06	5.24E+05	1.54E+05	4.92E+04	1.70E+04	6.41E+03	2.67E+03	
100	1.03E+08	4.22E+07	1.24E+07	3.34E+06	9.42E+05	2.87E+05	9.45E+04	3.37E+04	1.30E+04	5.49E+03	
Fasvinkel, δ, °											
0.1	60.0	66.5	71.6	76.6	83.3	86.3	87.5	87.8	87.1	85.6	
0.215	58.7	64.9	71.6	76.6	83.3	86.3	87.5	87.8	87.1	85.6	
0.464	57.2	63.4	69.7	76.6	81.9	85.7	87.6	88.3	88.2	87.4	
1	55.2	62.0	67.8	74.4	80.2	84.4	87.0	88.2	88.5	88.2	
2.15	52.9	60.6	66.1	72.3	78.2	82.8	86.0	87.9	88.6	88.7	
4.64	50.5	59.2	64.6	70.3	76.1	81.0	84.6	87.1	88.4	88.8	
10	47.6	57.5	63.3	68.6	74.1	79.0	83.0	85.9	87.8	88.7	
21.5	44.7	55.6	62.2	67.0	72.2	77.1	81.3	84.5	86.9	88.5	
46.4	42.8	53.5	60.9	65.8	70.5	75.3	79.5	83.0	85.9	88.3	
100	41.9	51.2	59.5	64.8	69.1	73.6	77.8	81.5	84.9	88.5	

PP8 10B 170806											
		Temperatur, °C									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vinkel/frekvens		Komplex skjulvmodul, G*, Pa									
rad/s											
0.1	9.83E+04	5.99E+05	3.82E+06	2.44E+07	1.36E+08	5.22E+08	1.12E+09				
0.215	1.74E+05	1.02E+06	6.17E+06	3.68E+07	2.48E+08	1.86E+09	6.31E+09	1.24E+10			
0.464	3.12E+05	1.73E+06	9.88E+06	5.46E+07	2.48E+08	7.46E+08	1.35E+09	1.45E+10			
1	5.54E+05	2.89E+06	1.56E+07	7.95E+07	3.22E+08	8.63E+08	1.45E+09	1.57E+10			
2.15	9.68E+05	4.80E+06	2.43E+07	1.13E+08	4.07E+08	9.81E+08	1.57E+09	1.66E+10			
4.64	1.67E+06	7.85E+06	3.71E+07	1.57E+08	5.03E+08	1.10E+09	1.66E+09	1.66E+10			
10	2.85E+06	1.27E+07	5.58E+07	2.13E+08	6.08E+08	1.22E+09	1.74E+09	1.74E+09			
21.5	4.81E+06	2.02E+07	8.20E+07	2.81E+08	7.18E+08	1.33E+09	1.83E+09	1.83E+09			
46.4	8.02E+06	3.17E+07	1.18E+08	3.62E+08	8.36E+08	1.44E+09	1.90E+09	1.90E+09			
100	1.31E+07	4.86E+07	1.65E+08	4.55E+08	9.55E+08	1.54E+09	1.97E+09	1.97E+09			
Fasvinkel, δ, °											
0.1	72.6	65.9	59.1	51.2	39.2	24.1	13.4				
0.215	71.5	64.4	57.5	48.8	35.9	21.2	11.5				
0.464	69.7	62.7	55.7	46.2	32.7	18.7	10.0				
1	67.8	61.1	53.8	43.4	29.6	16.5	8.8				
2.15	66.0	59.5	51.7	40.5	26.6	14.6	7.8				
4.64	64.3	57.8	49.3	37.5	23.8	12.9	6.7				
10	62.7	56.0	46.8	34.4	21.4	11.4	5.9				
21.5	61.2	53.9	44.0	31.5	19.0	10.0	5.2				
46.4	59.5	51.7	41.1	28.5	17.0	8.9	4.5				
100	57.8	49.2	38.1	25.7	15.1	7.8	4.0				

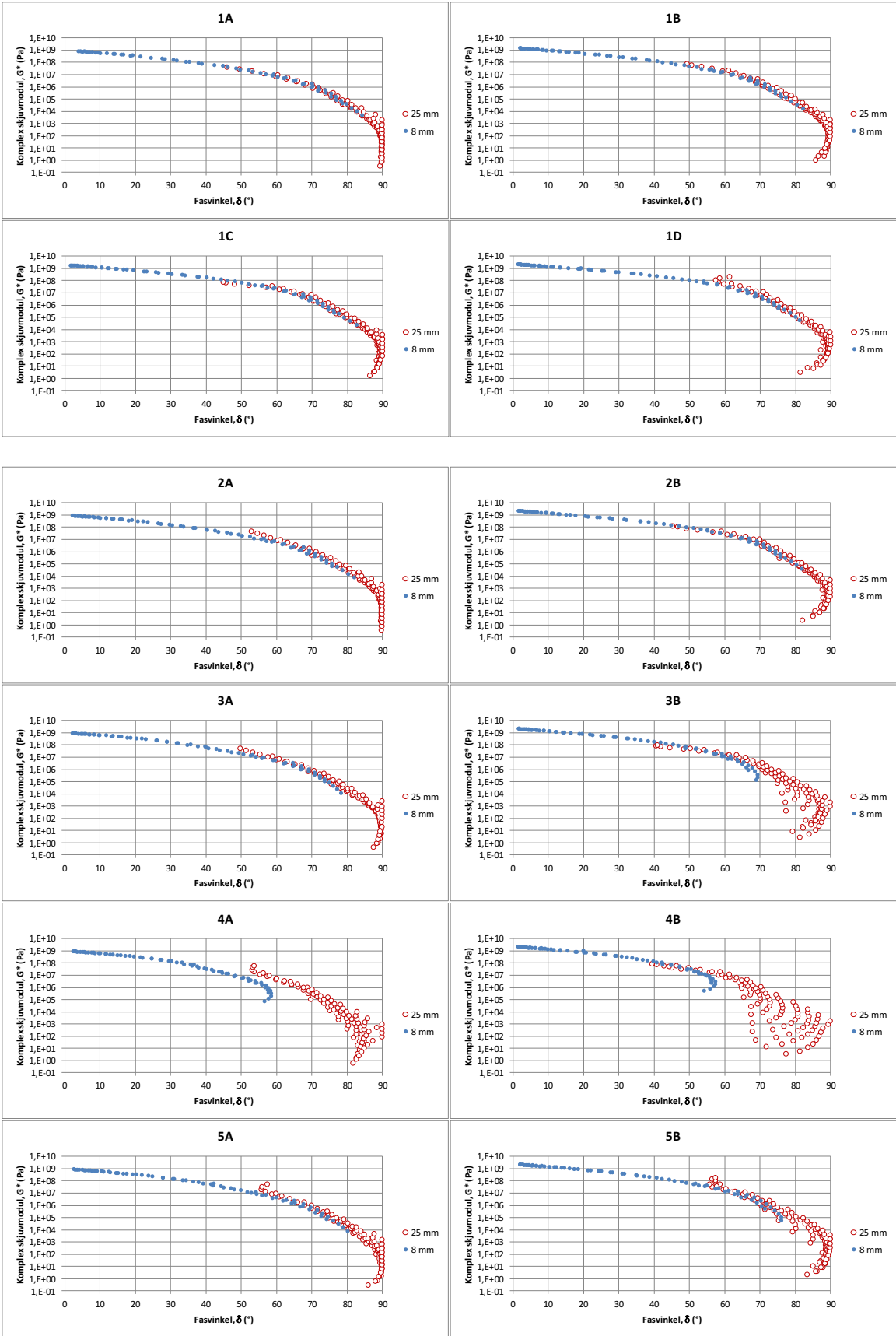
		Temperatur, °C										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Vinkel rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa	7.18E+02	1.24E+02	2.62E+01	6.88E+00	2.22E+00	8.56E-01	3.72E-01				
		4.96E+04	4.96E+04	4.96E+04	4.96E+04	4.96E+04	4.96E+04	4.96E+04	4.96E+04	4.96E+04	4.96E+04	4.96E+04
		1.46E+03	2.60E+02	5.57E+01	1.46E+01	4.73E+00	1.81E+00	7.88E-01				
		1.78E+04	1.78E+04	1.78E+04	1.78E+04	1.78E+04	1.78E+04	1.78E+04	1.78E+04	1.78E+04	1.78E+04	1.78E+04
		3.27E+04	3.27E+04	3.27E+04	3.27E+04	3.27E+04	3.27E+04	3.27E+04	3.27E+04	3.27E+04	3.27E+04	3.27E+04
		1.11E+03	2.49E+02	5.66E+01	2.15E+01	8.22E+00	3.58E+00	1.68E+00				
		1.78E+06	3.26E+05	5.89E+04	1.08E+04	2.26E+03	5.20E+02	1.42E+02	4.61E+01	1.76E+01	7.65E+00	
		1.08E+04	1.08E+04	1.08E+04	1.08E+04	1.08E+04	1.08E+04	1.08E+04	1.08E+04	1.08E+04	1.08E+04	1.08E+04
		2.08E+05	2.08E+05	2.08E+05	2.08E+05	2.08E+05	2.08E+05	2.08E+05	2.08E+05	2.08E+05	2.08E+05	2.08E+05
		3.84E+04	8.72E+03	2.19E+03	6.27E+02	2.09E+02	8.02E+01	3.51E+01				
		1.67E+04	1.67E+04	1.67E+04	1.67E+04	1.67E+04	1.67E+04	1.67E+04	1.67E+04	1.67E+04	1.67E+04	1.67E+04
		3.13E+04	8.59E+03	2.63E+03	9.17E+02	3.60E+02	1.58E+02					
		5.78E+04	1.66E+04	5.23E+03	1.86E+03	7.30E+02	3.17E+02					

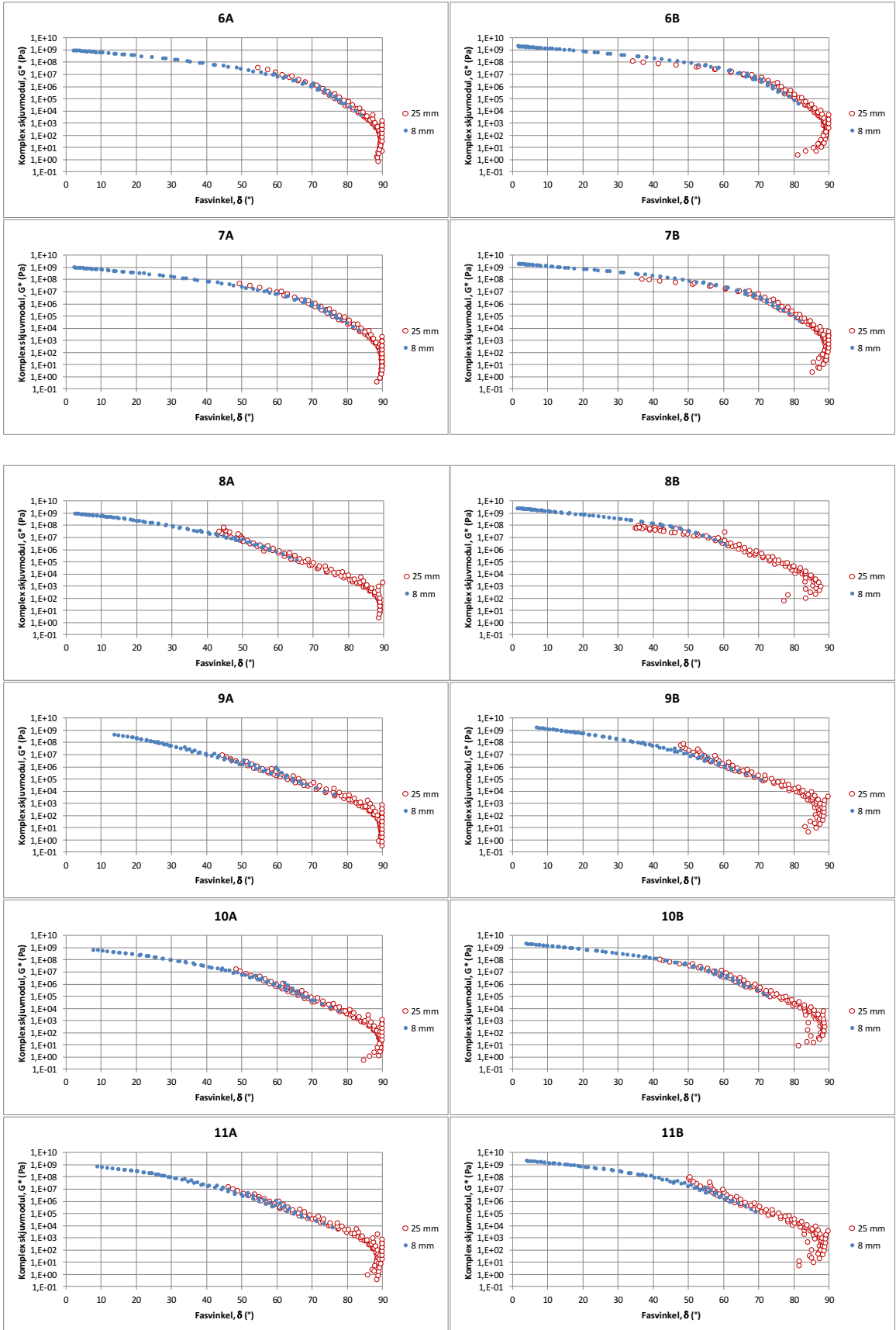
		Temperatur, °C											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
Vinkel rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa	7.05E+04	1.08E+04	1.94E+03	4.16E+02	1.02E+02	1.02E+02	3.07E+01	1.17E+01	4.72E+00			
		4.56E+06	1.26E+05	2.25E+05	3.95E+04	7.61E+03	1.67E+03	4.24E+02	1.28E+02	4.60E+01	1.84E+01		
		7.20E+06	1.28E+06	2.25E+05	2.95E+04	7.61E+03	1.67E+03	4.24E+02	1.28E+02	4.60E+01	1.84E+01		
		1.12E+07	2.13E+06	3.98E+05	7.49E+04	1.51E+04	3.43E+03	8.88E+02	2.70E+02	9.65E+01	3.86E+01		
		1.71E+07	3.49E+06	6.90E+05	2.95E+04	7.00E+03	1.86E+03	5.70E+02	2.03E+02	8.15E+01			
		2.57E+07	5.66E+06	1.18E+06	1.18E+06	1.38E+05	2.95E+04	1.41E+04	3.86E+03	1.21E+03	4.31E+02	1.73E+02	
		3.77E+07	9.05E+06	1.99E+06	4.44E+05	1.07E+05	2.78E+04	7.90E+03	2.53E+03	9.15E+02	3.69E+02		
		5.73E+07	1.43E+07	3.33E+06	7.79E+05	1.99E+05	5.39E+04	1.59E+04	5.24E+03	1.93E+03	7.84E+02		
		7.40E+07	2.22E+07	5.52E+06	1.35E+06	3.62E+05	1.02E+05	3.14E+04	1.07E+04	4.02E+03	1.65E+03		
		9.83E+07	3.35E+07	9.07E+06	2.32E+06	6.49E+05	1.91E+05	6.08E+04	2.13E+04	8.18E+03	3.41E+03		
			Fasvinkel, δ, °	72.8	79.7	83.0	83.9	85.1	84.6	81.6	81.6	81.6	
				70.9	78.3	83.1	86.0	87.4	87.1	85.2	85.2	85.7	
				61.6	76.3	81.9	85.7	87.7	88.0	87.0	87.0	87.4	
		60.2	64.7	74.1	80.3	84.7	87.3	88.2	87.8	88.2			
		66.9	71.9	78.3	83.2	86.5	88.0	88.3	88.6	88.6			
		63.3	69.8	76.3	81.5	85.3	87.5	87.5	88.4	88.9			
		62.1	67.9	74.1	79.6	83.7	86.6	88.1	89.0	89.1			
		57.1	62.1	66.3	72.2	77.6	82.0	85.3	87.6	89.1			
		56.6	61.0	66.3	70.4	75.7	80.3	83.8	86.9	89.2			
		60.3	65.0	70.4	75.7	80.3	83.8	86.9	89.2				
		59.9	63.9	68.9	73.9	78.7	82.4	86.2	89.8				

		Temperatur, °C										
		30	20	10	0	-10	-20	-30				
Vinkel rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa	4.83E+06	2.95E+07	1.39E+08	5.08E+08	1.09E+09						
		2.26E+05	1.29E+06	7.39E+06	4.05E+07	1.86E+08	6.11E+08	1.21E+09				
		3.88E+05	2.10E+06	1.13E+07	5.76E+07	2.44E+08	7.25E+08	1.33E+09				
		6.59E+05	3.37E+06	1.71E+07	8.12E+07	3.14E+08	8.42E+08	1.45E+09				
		1.11E+06	5.35E+06	2.56E+07	1.13E+08	3.96E+08	9.65E+08	1.56E+09				
		1.85E+06	8.43E+06	3.79E+07	1.54E+08	4.89E+08	1.09E+09	1.67E+09				
		3.04E+06	1.32E+07	5.55E+07	2.07E+08	5.94E+08	1.21E+09	1.76E+09				
		4.95E+06	2.03E+07	7.97E+07	2.72E+08	7.07E+08	1.33E+09	1.84E+09				
		7.98E+06	3.09E+07	1.13E+08	3.50E+08	8.29E+08	1.45E+09	1.92E+09				
		1.27E+07	4.65E+07	1.56E+08	4.41E+08	9.55E+08	1.56E+09	1.99E+09				
			Fasvinkel, δ, °	55.0	45.9	36.4	23.5	13.5				
				53.4	44.9	33.8	20.8	11.7				
				51.8	42.7	31.1	18.8	10.5				
		50.0	40.4	28.6	16.8	9.2						
		48.1	38.1	26.1	15.0	8.1						
		46.1	35.7	23.8	13.3	7.1						
		44.0	33.2	21.5	12.0	6.2						
		41.8	30.8	19.5	10.6	5.3						
		39.5	28.3	17.6	9.3	4.6						
		37.1	26.0	15.8	8.3	4.1						

		Temperatur, °C										
		30	20	10	0	-10	-20	-30				
Vinkel rad/s	Komplex skjivmodul, G*, Pa	4.83E+06	2.95E+07	1.39E+08	5.08E+08	1.09E+09						
		2.26E+05	1.29E+06	7.39E+06	4.05E+07	1.86E+08	6.11E+08	1.21E+09				
		3.88E+05	2.10E+06	1.13E+07	5.76E+07	2.44E+08	7.25E+08	1.33E+09				
		6.59E+05	3.37E+06	1.71E+07	8.12E+07	3.14E+08	8.42E+08	1.45E+09				
		1.11E+06	5.35E+06	2.56E+07	1.13E+08	3.96E+08	9.65E+08	1.56E+09				
		1.85E+06	8.43E+06	3.79E+07	1.54E+08	4.89E+08	1.09E+09	1.67E+09				
		3.04E+06	1.32E+07	5.55E+07	2.07E+08	5.94E+08	1.21E+09	1.76E+09				
		4.95E+06	2.03E+07	7.97E+07	2.72E+08	7.07E+08	1.33E+09	1.84E+09				
		7.98E+06	3.09E+07	1.13E+08	3.50E+08	8.29E+08	1.45E+09	1.92E+09				
		1.27E+07	4.65E+07	1.56E+08	4.41E+08	9.55E+08	1.56E+09	1.99E+09				
			Fasvinkel, δ, °	55.0	45.9	36.4	23.5	13.5				
				53.4	44.9	33.8	20.8	11.7				
				51.8	42.7	31.1	18.8	10.5				
		50.0	40.4	28.6	16.8	9.2						
		48.1	38.1	26.1	15.0	8.1						
		46.1	35.7	23.8	13.3	7.1						
		44.0	33.2	21.5	12.0	6.2						
		41.8	30.8	19.5	10.6	5.3						
		39.5	28.3	17.6	9.3	4.6						
		37.1	26.0	15.8	8.3	4.1						

Bilaga 2 Blackdiagram för oscillerande DSR-mätningar





Bilaga 3 Mätresultat från MSCR-mätningar

Sammanställning av resultat från MSCR-mätning på bitumen						Temperatur vid Jnr3200, °C		
Prov nr	Temperatur	R100	R3200	Jnr100	Jnr3200	1 kPa ⁻¹	2 kPa ⁻¹	4 kPa ⁻¹
1A	58	0,58	0,08	3,525	3,732	49,6	53,8	58,5
	64	0,06	0,01	8,049	8,510			
	70	0,01	0,00	17,135	18,102			
2A	52	4,24	1,57	0,925	0,978	52,1	56,5	61,2
	58	1,34	0,22	2,345	2,513			
	64	0,33	0,04	5,478	5,862			
3A	58	10,40	1,27	1,303	1,702	54,9	59,0	63,3
	64	2,86	0,21	3,631	4,489			
	70	0,91	0,04	9,087	10,728			
4A	58	56,57	5,39	0,249	1,232	57,0	60,3	63,8
	64	17,06	0,71	2,323	4,440			
	70	3,84	0,07	8,885	12,427			
5A	52	6,05	1,40	1,339	1,536	49,6	53,6	57,8
	58	3,95	0,29	3,431	4,107			
	64	1,66	0,04	8,926	10,247			
6A	52	2,25	0,61	1,394	1,486	50,0	54,3	59,0
	58	1,24	0,11	3,441	3,696			
	64	0,77	0,01	7,851	8,493			
7A	52	2,63	0,99	1,091	1,150	51,2	55,4	60,1
	58	0,92	0,15	2,784	2,962			
	64	0,19	0,02	6,543	6,961			
8A	58	24,50	21,81	0,171	0,173	68,3	72,9	77,7
	64	15,86	10,40	0,452	0,491			
	70	8,88	1,94	1,137	1,299			
9A	52	12,79	2,94	1,122	1,348	50,3	54,4	58,9
	58	6,09	0,46	2,854	3,496			
	64	2,15	0,10	6,798	8,305			
10A	52	11,36	4,03	0,896	1,018	51,9	56,4	61,3
	58	5,27	0,56	2,149	2,507			
	64	1,81	0,13	4,860	5,680			
11A	52	10,55	2,85	1,035	1,193	51,0	55,2	59,8
	58	4,53	0,42	2,598	3,063			
	64	1,73	0,09	6,118	7,255			

Sammanställning av mätresultat från MSCR-mätning på asfaltbruk						Temperatur vid Jnr3200, °C		
Prov nr	Temperatur	R100	R3200	Jnr100	Jnr3200	0,086 kPa ⁻¹	0,165 kPa ⁻¹	0,310 kPa ⁻¹
2B	52	10,2	3,9	0,150	0,088	52,1	56,5	61,2
	58	13,1	1,6	0,226	0,194			
	64	9,1	0,9	0,451	0,439			
	70	5,7	0,5	0,814	0,936			
4B	58	86,3	3,7	0,007	0,093	57,7	62,3	67,0
	64	74,0	1,6	0,044	0,199			
	70	52,9	0,9	0,218	0,446			
	76	29,9	0,5	0,710	0,939			
11B	52	36,8	3,7	0,039	0,091	51,9	56,3	61,0
	58	31,6	1,6	0,097	0,198			
	64	29,8	0,9	0,178	0,447			
	70	28,7	0,5	0,316	0,952			

Bilaga 4 Matris över amplituder för oscillerande DSR-mätningar

PP25 Amplituder, %										
Vinkelfrekvens rad/s	Temperatur, °C									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,1	0,500	0,797	1,250	1,93	2,95	4,44	6,60	9,70	14,1	20,3
0,215	0,395	0,630	0,988	1,53	2,33	3,51	5,21	7,67	11,2	16,1
0,464	0,312	0,497	0,780	1,21	1,84	2,77	4,12	6,06	8,81	12,7
1	0,247	0,393	0,617	0,953	1,45	2,19	3,26	4,79	6,96	10,0
2,15	0,195	0,311	0,487	0,753	1,15	1,73	2,57	3,78	5,50	7,92
4,64	0,154	0,245	0,385	0,595	0,907	1,37	2,03	2,99	4,35	6,26
10	0,122	0,194	0,304	0,470	0,717	1,08	1,61	2,36	3,43	4,95
21,5	0,0961	0,153	0,240	0,371	0,567	0,853	1,27	1,87	2,71	3,91
46,4	0,0759	0,121	0,190	0,294	0,448	0,674	1,00	1,47	2,14	3,09
100	0,0600	0,0956	0,150	0,232	0,354	0,532	0,792	1,16	1,69	2,44

PP08 Amplituder, %							
Vinkelfrekvens rad/s	Temperatur, °C						
	30	20	10	0	-10	-20	-30
0,1	1,25	0,797	0,500	0,309	0,187	0,111	0,0647
0,215	0,988	0,630	0,395	0,244	0,148	0,0878	0,0511
0,464	0,780	0,497	0,312	0,193	0,117	0,0694	0,0404
1	0,617	0,393	0,247	0,152	0,0922	0,0548	0,0319
2,15	0,487	0,311	0,195	0,120	0,0729	0,0433	0,0252
4,64	0,385	0,245	0,154	0,0950	0,0576	0,0342	0,0199
10	0,304	0,194	0,122	0,0751	0,04550	0,0270	0,0157
21,5	0,240	0,153	0,0961	0,0593	0,0359	0,0214	0,0124
46,4	0,190	0,121	0,0759	0,0469	0,0284	0,0169	0,00983
100	0,150	0,0956	0,0600	0,0370	0,0224	0,0133	0,00776