

Ringanalys på Prallmetoden

(Utförd 2007 på utborrade prover från väg)

Statistisk utvärdering

Leif Viman
Hassan Hakim

Innehållsförteckning

Sammanfattning

1	Inledning	5
2	Material	6
3	Resultat.....	7
3.1	Enskilda värden	7
3.2	Medelvärden	9
4	Statistisk utvärdering.....	12
4.1	Strykning av extremvärden	12
4.2	Repeterbarhet och reproducerbarhet.....	15
5	Resultat från finska laboratorier	17

Bilaga 1	Deltagande laboratorier
Bilaga 2	Följebrev i samband med utskick av proverna
Bilaga 3	Utrustningsdata (inkl. metodavsteg)
Bilaga 4	Jämförelse med tidigare ringanalyser
Bilaga 5	Provningsparametrar

Sammanfattning

Denna ringanalys har haft två syften, dels att bedöma repeterbarhet och reproducerbarhet hos den nu gällande provningsmetoden, FAS Metod 471 (EN 12697-16) och dels att bedöma om en åtstramning av vissa parametrar i provningsstandarden kan förbättra precisionen. Resultaten visar att precisionen inte förbättrats i jämförelse med tidigare ringanalyser och de åtgärder som vidtagits för att förbättra metoden har inte givit någon märkbar förbättring av precisionen. Förklaringen kan vara den relativt stora spridningen i skrymdensitet hos provkropparna, samt att många laboratorier inte utfört några ändringar eftersom deras utrustningar uppfyllt kraven både enligt gamla och nya krav eller att justeringen av utrustningen utfördes redan till första provomgången. Allt detta gör dock att det är svårt att göra en rättvis bedömning av effekten av de föreslagna förändringarna i metoden. För de finska laboratorerna har dock en förbättring erhållits efter de åtgärder som vidtogs, vilket möjligen kan bero på att alla de 5 finska laboratorerna har samma fabrikat på sin Prallutrustning. Repeterbarhet (r) och reproducerbarhet (R) före och efter åtstramning av metoden framgår av följande tabell där även resultaten från 5 finska laboratorier finns med:

	Svenska lab				Finska lab		
	Material A		Material B		Material A		
	före åtgärd	efter åtgärd	före åtgärd	efter åtgärd	före åtgärd	efter åtgärd	före åtgärd (1 lab struket)
antal lab	20	20	8	8	5	5	4
medel	26,0	26,3	32,4	32,3	23,0	23,1	21,2
r	9,0	7,8	9,6	14,3	7,8	5,6	6,7
R	11,3	10,3	10,5	15,2	13,7	10,8	7,3
r-%	34,7	29,6	29,6	44,2	33,7	24,2	31,5
R-%	43,3	39,2	32,5	47,2	59,6	46,8	34,3

Förslag till åtgärder för att förbättra metodens precision

- Studera varje parameter var för sig för att kunna avgöra om föreslagna förändringar i metoden verkligen har effekt. Exempel på sådana jämförelser redovisas i bilaga 2.
- Parametrar som påverkar tillverkningen av utrustningarna bör ses över (t.ex. stålqualiteter, lagertoleranser) för att minimera de systematiska skillnader som idag finns mellan olika utrustningar.
- Ta fram ett referensprov som kan testas tillsammans med aktuella prov för att korrigera resultatet. (Samma princip som i Polished Stone Value EN 1097-8).

1 Inledning

Syftet med ringanalysen har varit att ta fram precisionsdata, dvs beräkna repeterbarhet och reproducerbarhet för den nu gällande provningsmetoden. Tidigare ringanalyser har visat att metoden har dålig precision varför syftet denna gång även varit att genomföra en åtstramning av vissa parametrar i metoden för att försöka förbättra metodens precision. Dessa parametrar är bl.a. krav på total kulvikt, snävare tolerans på slaghöjd och varvtal samt ej tillåta återcirkulation av vattnet. Inbjudan gick ut till alla företag i Sverige som har utrustningen samt några företag i Norge och Finland. Totalt deltog 20 laboratorier. Senare kompletterades ringanalysen med resultat från 5 finska laboratorier. Provmaterialet bestod av 2 olika beläggningstyper där alla laboratorier provade det ena materialet och endast några det andra materialet. Materialen benämns A och B. Båda materialen provades också före och efter åtgärd för att förbättra precisionen hos metoden.

Beskrivning av det nya provningsförfarandet samt provdata framgår av bilaga 1.

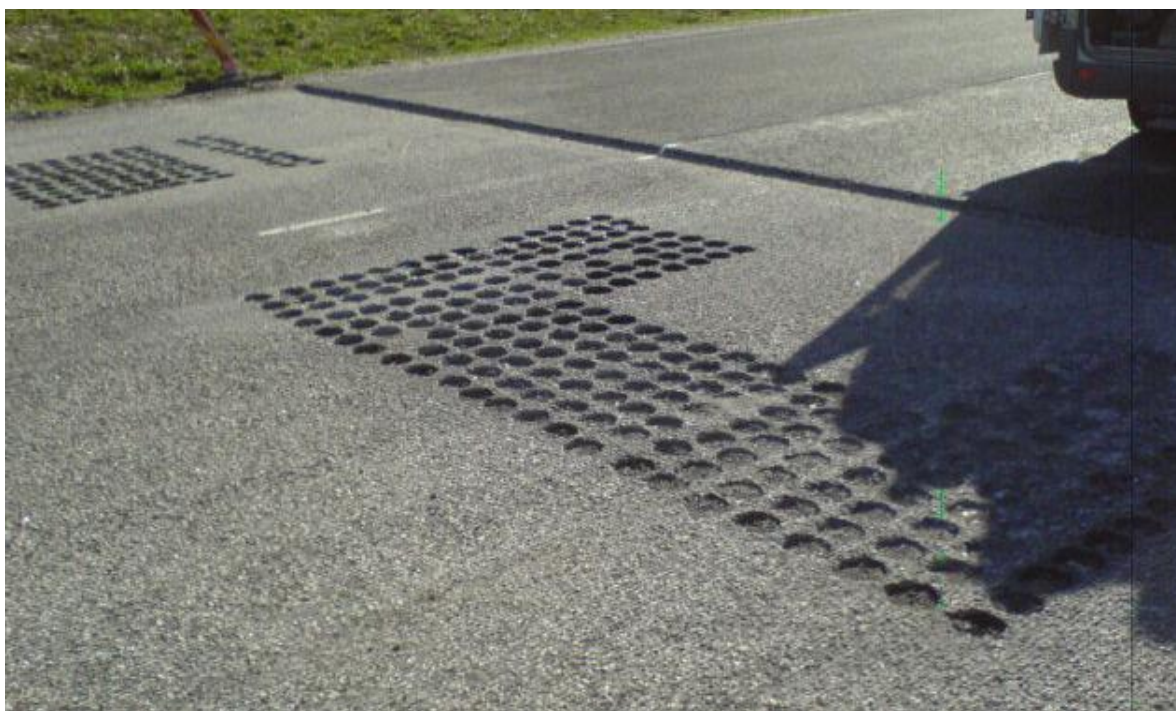
Denna ringanalys har i huvudsak haft två syften, dels att bedöma repeterbarhet och reproducerbarhet hos den nu gällande provningsmetoden och dels att bedöma om en åtstramning av vissa parametrar kan förbättra precisionen. Dessa parametrar är bl.a. krav på total kulvikt, snävare tolerans på slaghöjd och varvtal samt ej tillåta återcirkulation av vattnet. Inbjudan gick ut till alla företag i Sverige som har utrustningen samt några företag i Norge och Finland. Totalt deltog 20 laboratorier. Senare kompletterades ringanalysen med resultat från 5 finska laboratorier.

Beskrivning av det nya provningsförfarandet samt provdata framgår av bilaga 1.

2 Material

Proverna, benämnda A och B i denna rapport, borrades ut från ett område på en nylagd beläggning på E4 i Uppsala (ca 14 dagar gammal) som ännu ej trafikerats. Borrningen utfördes i november 2006 och kompletterades under april 2007 eftersom många borrkärnor var sneda. Beläggningstypen för A-proverna är ABS 16 70/100 och för B-proverna ABT 16 70/100. Tyvärr visade det sig att variationen (inhomogenitet) var mycket stor mellan de olika provkropparna och eftersom många prover dessutom var sneda försvårades utvärderingen av ringanalysen.

Variationen hos provkropparna överskuggade variationen mellan utrustningarna.



Figur 1 Borrhål efter uttagning av borrkärnor till ringanalysen (A-proverna)



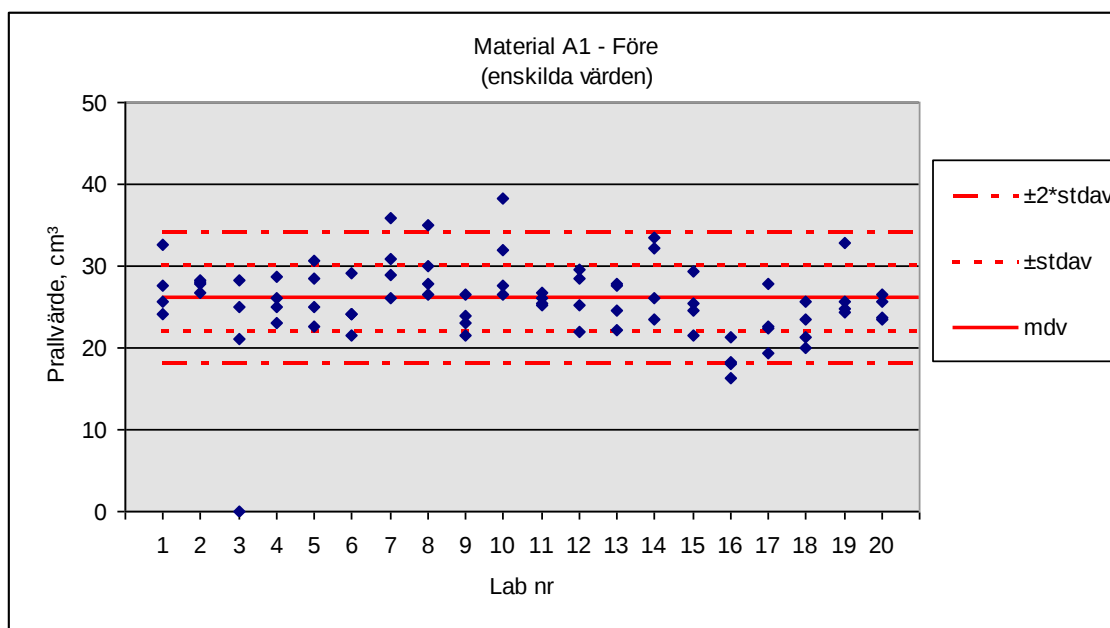
Figur 2 Exempel på sneda borrprov

3 Resultat

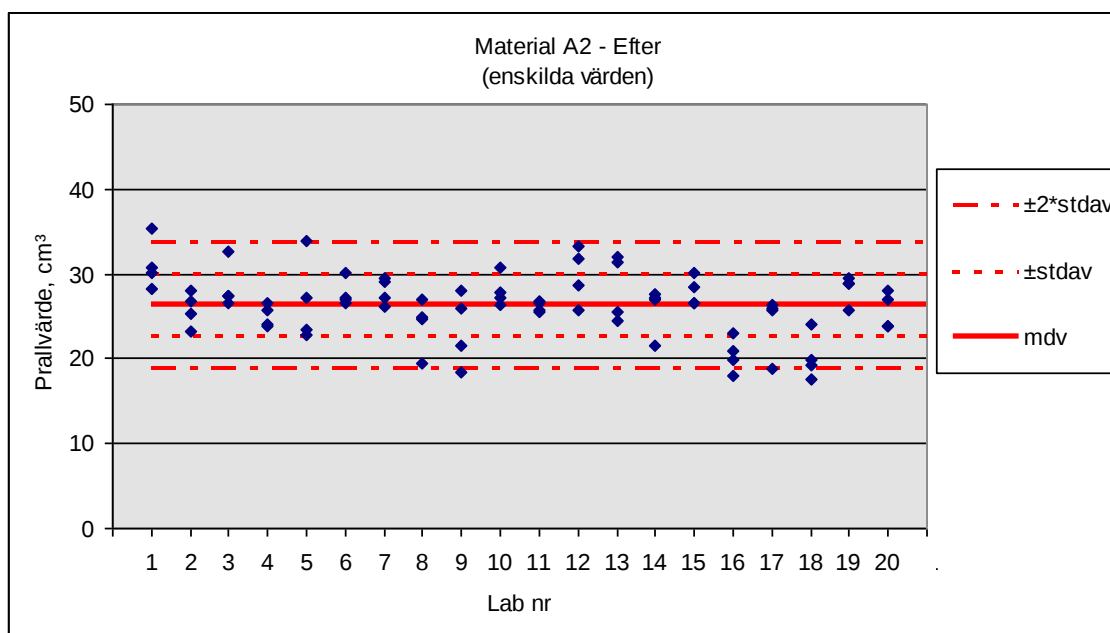
Laboratorier analyserade materialen enligt aktuell provningsstandard, FAS Metod 471, (här kallad före åtgärd) och enligt nya stramare krav (här kallad efter åtgärd). Dessa nya krav framgår av bilaga 1. Alla laboratorier analyserade material A, medan 8 av dessa fick i uppdrag att även analysera material B. Resultaten redovisas som enskilda värden, medelvärden samt statistiska redovisningar av extremvärden samt repeter- och reproducerbarhet.

3.1 Enskilda värden

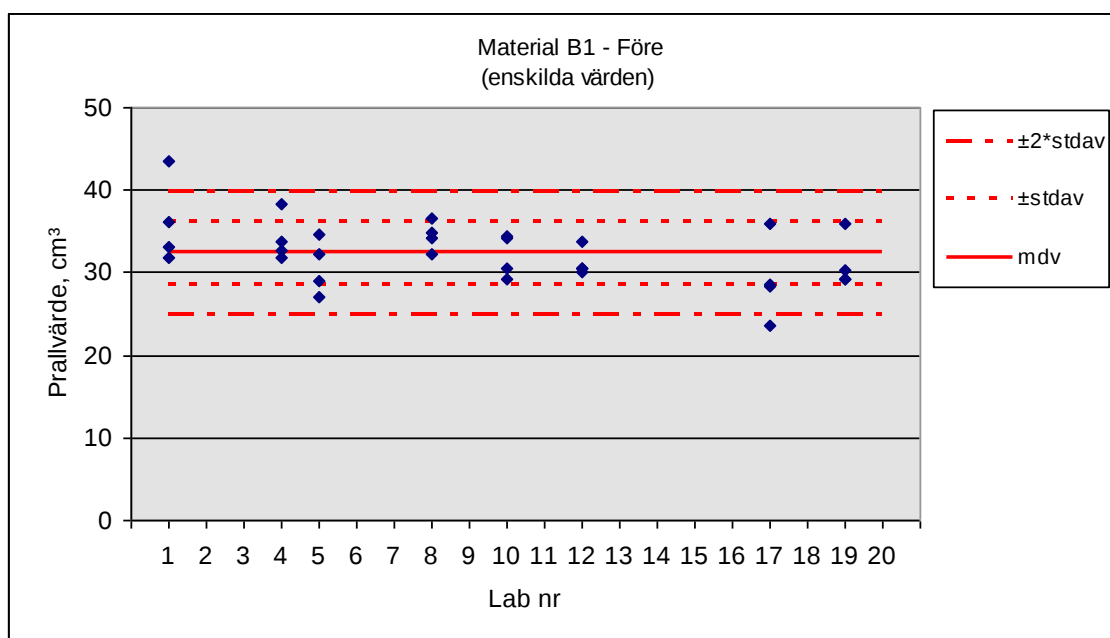
Av figurerna över enskilda värden framgår tydligt att i princip alla laboratorier uppvisar stor spridning mellan de enskilda provkropparna (4 provkroppar/lab). Stor del av spridningen beror på provkropparnas varierande skrymdensitet, ytstruktur och snedhet vid borring men säkert har också variationen hos utrustningsparametrar och handhavande en stor del i spridningsbilden.



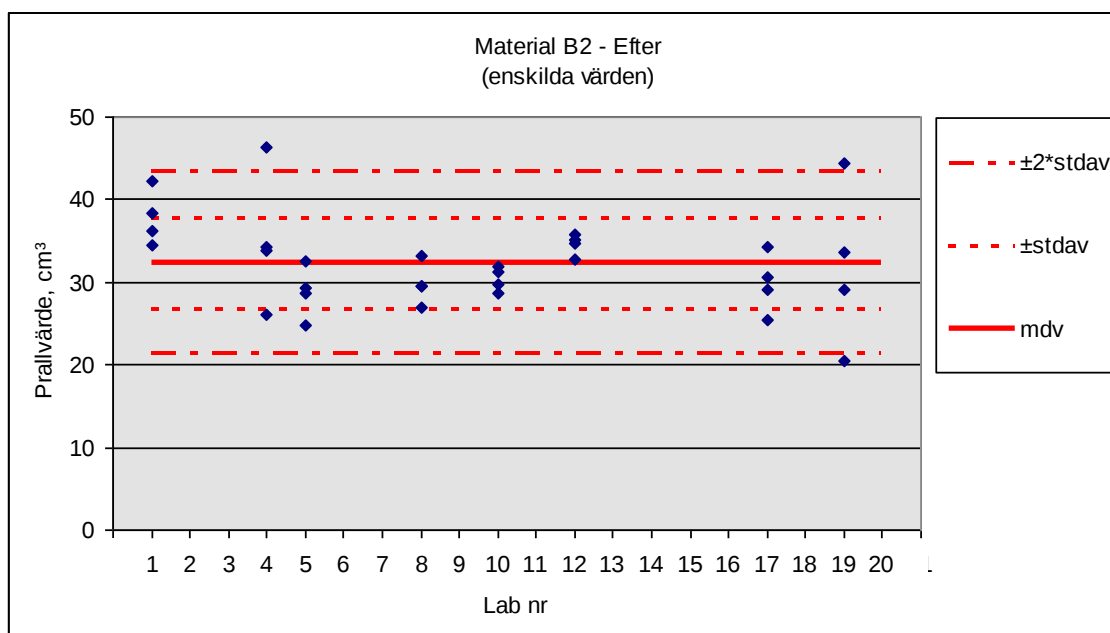
Figur 3 Enskilda värden för material A före åtgärd



Figur 4 Enskilda värden för material A efter åtgärd



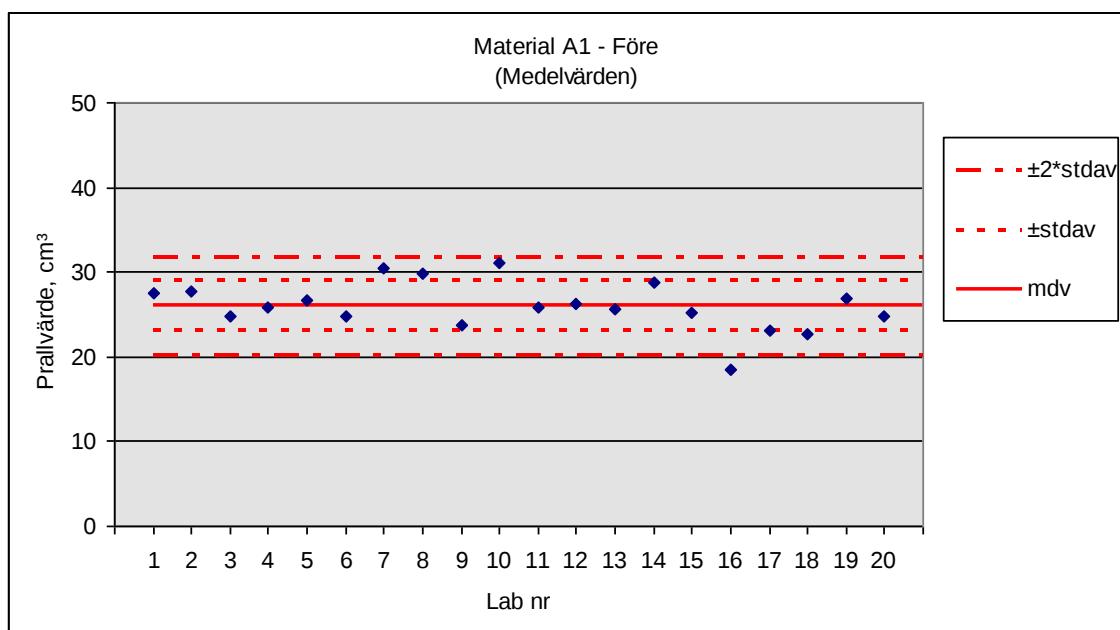
Figur 5 Enskilda värden för material B före åtgärd



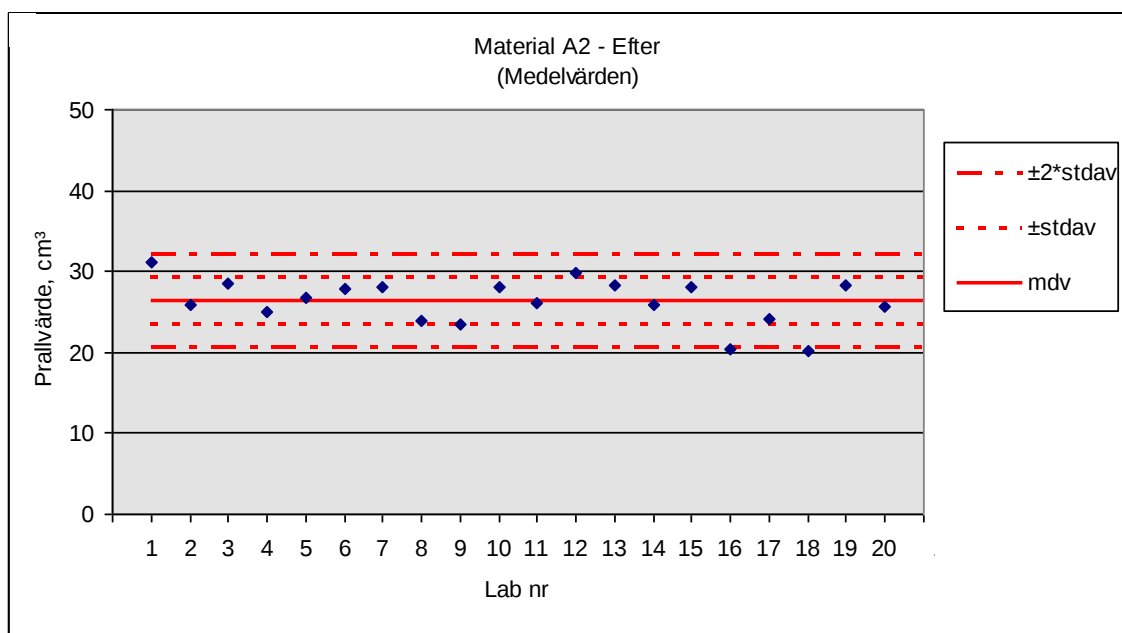
Figur 6 Enskilda värden för material B efter åtgärd

3.2 Medelvärden

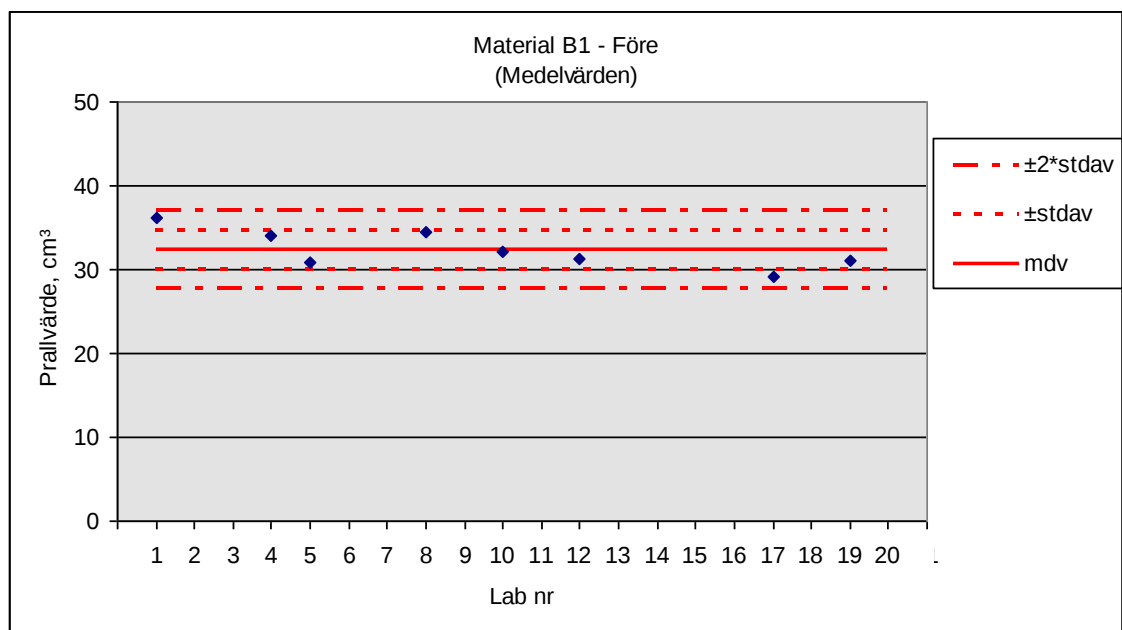
Det totala medelvärdet för material A ligger på ca 26 medan enskilda laboratorier har medelvärden från ca 19 till 32. De nya skärptare kraven ger inte någon märkbar förbättring. Ungefär samma spridning erhålls med material B.



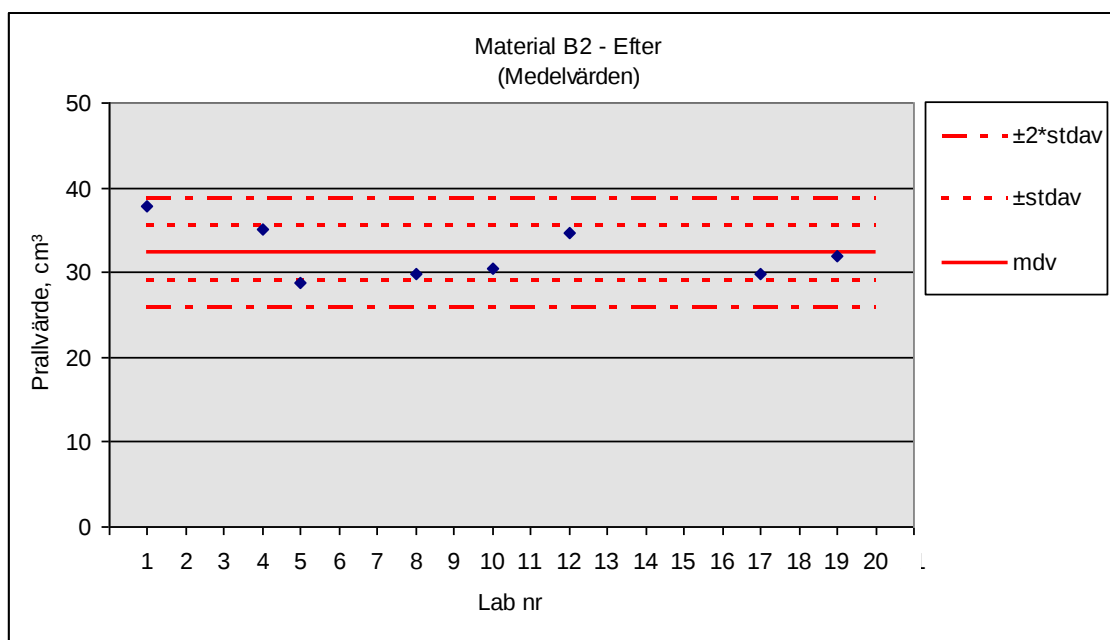
Figur 7 Medelvärden för material A före åtgärd



Figur 8 Medelvärden för material A efter åtgärd

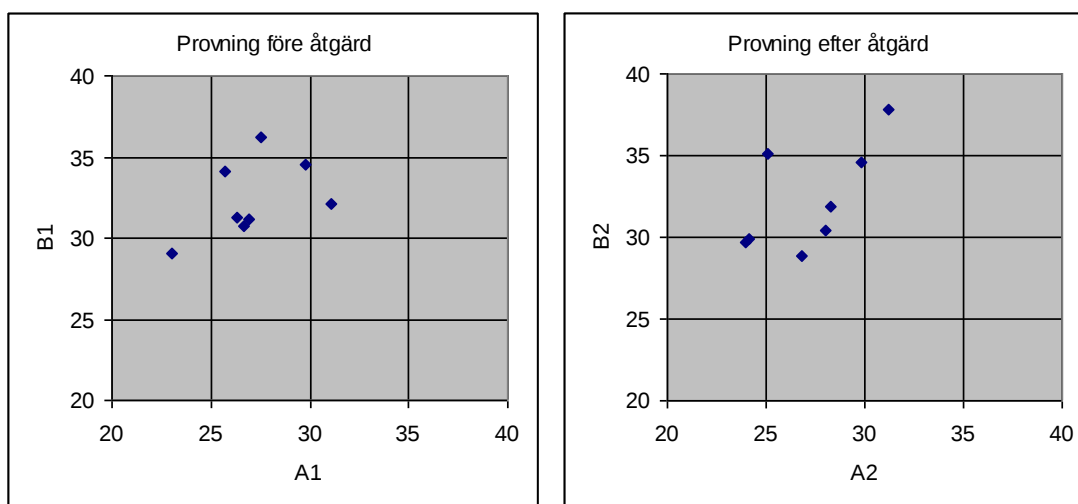


Figur 9 Medelvärden för material B före åtgärd



Figur 10 Medelvärden för material B efter åtgärd

Jämförelse mellan material A och B (före och efter åtgärd) visar att det finns systematiska skillnader mellan laboratoriernas resultat. Figur 14 visar att lab som erhållit ett lågt värde på A materialet även har ett lågt värde på B materialet. Denna skillnad kvarstår även efter åtgärd (reviderad provningsmetod).



Figur 11 Jämförelse mellan provning före och efter åtgärkning av provningsmetoden för material A och B.

4 Statistisk utvärdering

Den statistiska bearbetningen har utförts enligt den internationella standarden ISO 5725. Resultaten visar att spridningen är mycket stor och motsvarar de värden som erhållits vid tidigare ringanalyser. Enligt alla de mått som ingår i denna standard (Mandels h och k test, Cochrans test och Grubbs test) för att avgöra om resultat är att betrakta som ”straggler” (avvikelse som bedöms från fall till fall om det skall strykas eller inte) eller ”outlier” (värden som skall strykas) har i denna ringanalys inte någon bedömts vara en ”outlier” och endast en bedömts vara en ”straggler”. Orsaken är att spridningen är mycket stor hos i princip alla laboratorier vilket innebär att det är få värden som kan betraktas som avvikande. Resultatet av den statistiska utvärderingen redovisas som repeterbarhet och reproducerbarhet efter strykning av eventuella extremvärden.

Förklaring av begreppen repeterbarhet (r) och reproducerbarhet (R):

repeterbarhet, r , (spridning inom laboratorium) är värdet under vilket den absoluta differensen mellan två enkelvärden förväntas falla vid användning av samma provmaterial och metod, vid likvärdiga förhållanden (samma försöksperson, utrustning och laboratorium samt under en kort tidsperiod) och vid en bestämd sannolikhet, vanligen 95%.

Reproducerbarhet, R , (spridning mellan laboratorier) är värdet under vilket den absoluta differensen mellan två enkelvärden förväntas falla vid användning av samma provmaterial och metod, vid olika förhållanden (olika försökspersoner, utrustningar och laboratorium och/eller olika tid) och vid en bestämd sannolikhet, vanligen 95%.

I denna ringanalys har dessa värden beräknats med 95 % säkerhet. Med andra ord förväntas laboratorieresultaten att ligga inom dessa värden vid 95 av 100 provningar.

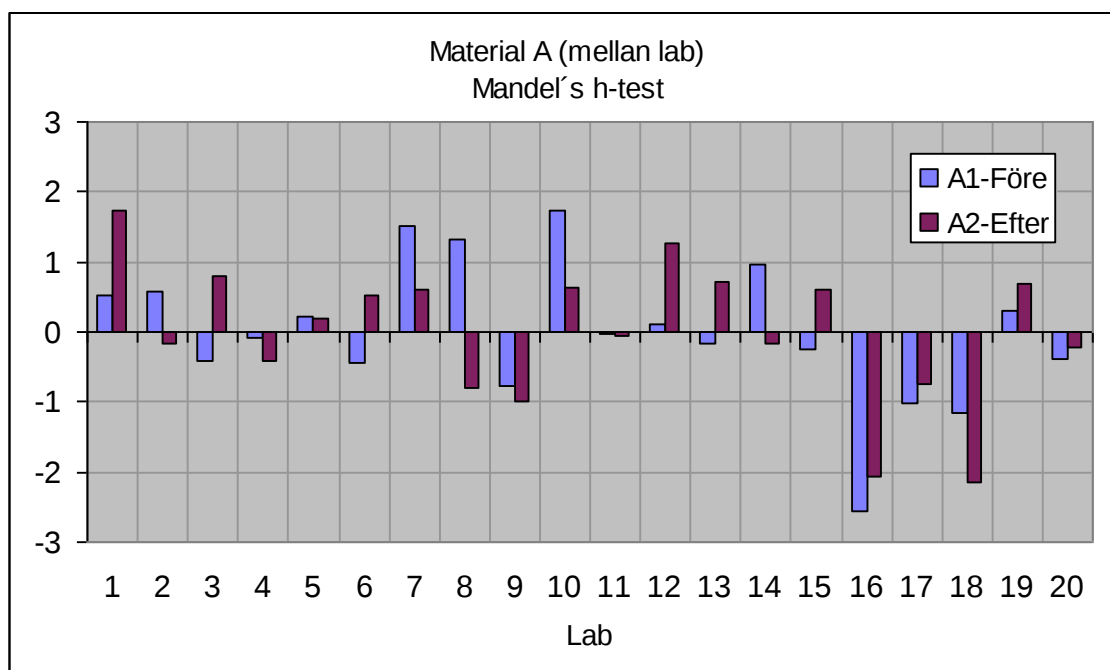
4.1 Strykning av extremvärden

För att bedöma om några resultat kan strykas på grund av att de avviker extremt från övriga resultat så används olika statistiska tester. Det är dock viktigt att påpeka att alla avvikande resultat inte behöver bero på att något fel har gjorts. Därför måste alltid alla sådana statistiska extremvärden bedömas ur ett tekniskt perspektiv för att försöka förklara vad avvikelserna kan bero på innan de stryks.

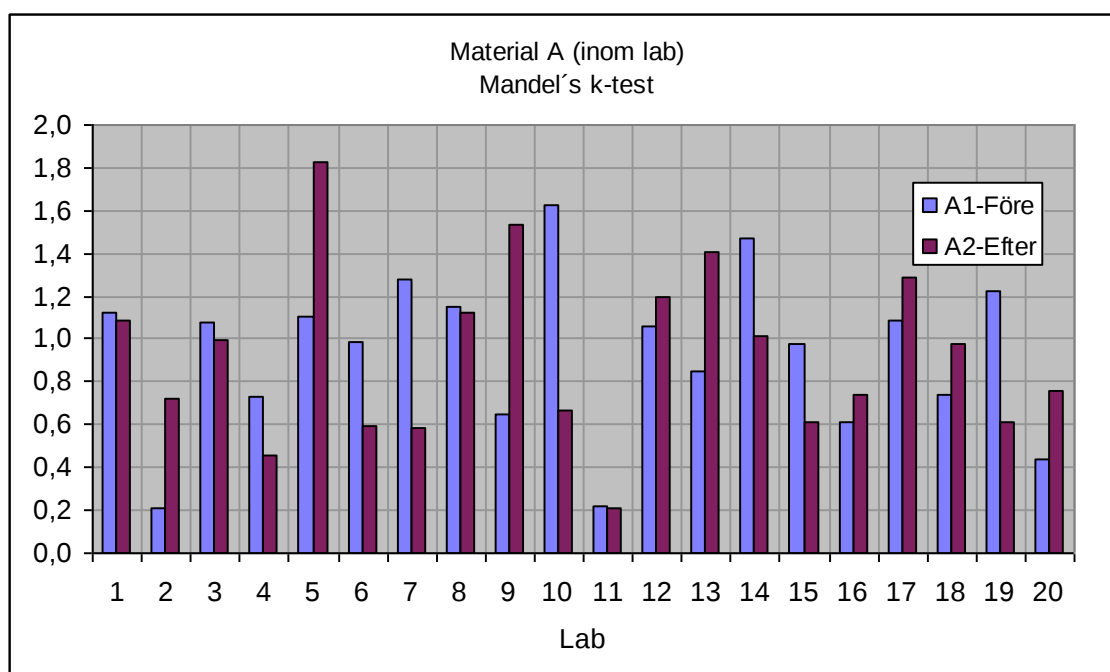
Mandels tester är övergripande tester för att få en uppfattning om hur spridningsbilden ser ut både inom och mellan olika laboratorier. De ger också en bra bild över systematiska avvikelser. I diagrammen har resultaten före och efter åtgärd redovisats i samma diagram vilket gör det möjligt att se om det finns systematiska skillnader mellan de olika laboratorierna.

De tester som används för att stryka eventuella extremvärden är Grubbs och Cochrans test. I denna ringanalys fanns endast ett värde som bedömdes som ”straggler” enligt Cochrans test dvs. den mindre graden av avvikelse där man får avgöra från fall till fall om värdet skall strykas eller inte. Vi har valt att inte stryka dessa värden eftersom vi inte vet orsaken till avvikelserna och att det ändå inte påverkar utvärderingen om ett värde stryks när det är så många laboratorier som deltar i ringanalysen. Vid grövre avvikelse sk. ”outlier” stryks normalt resultatet. (Att det är få värden som avviker mycket enligt

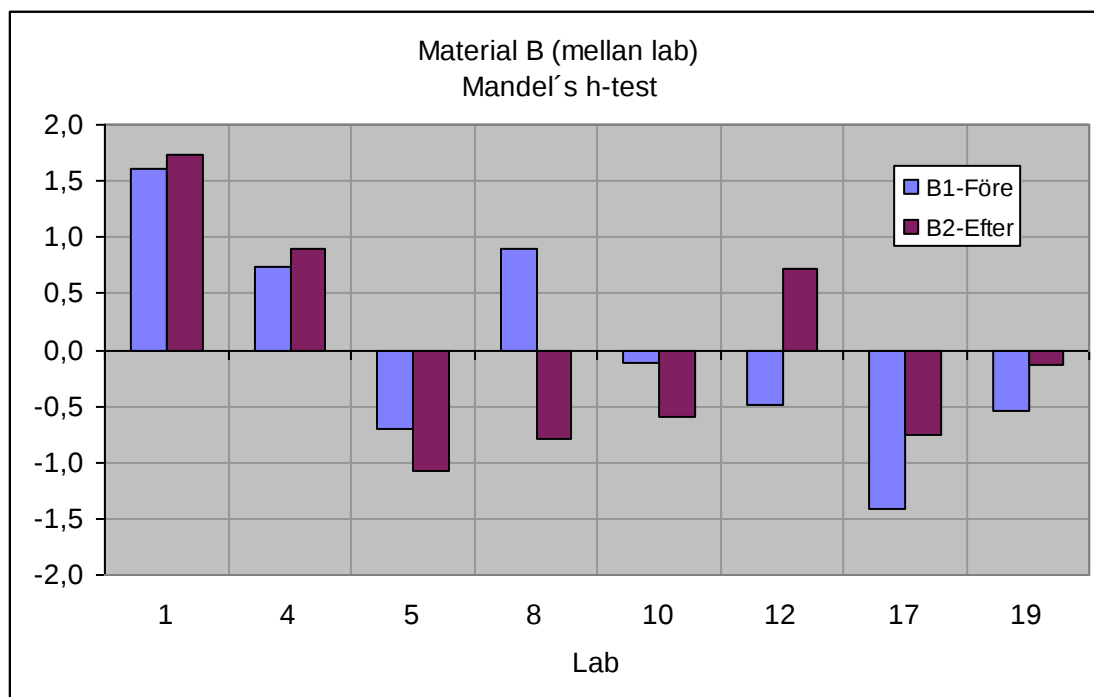
dess tester i denna ringanalys kan tyckas vara ett bra betyg åt ringanalysen men är precis tvärtom. Spridningarna är så stora hos i princip alla laboratorier att de statistiska måtten för att stryka något blir mycket vida.)



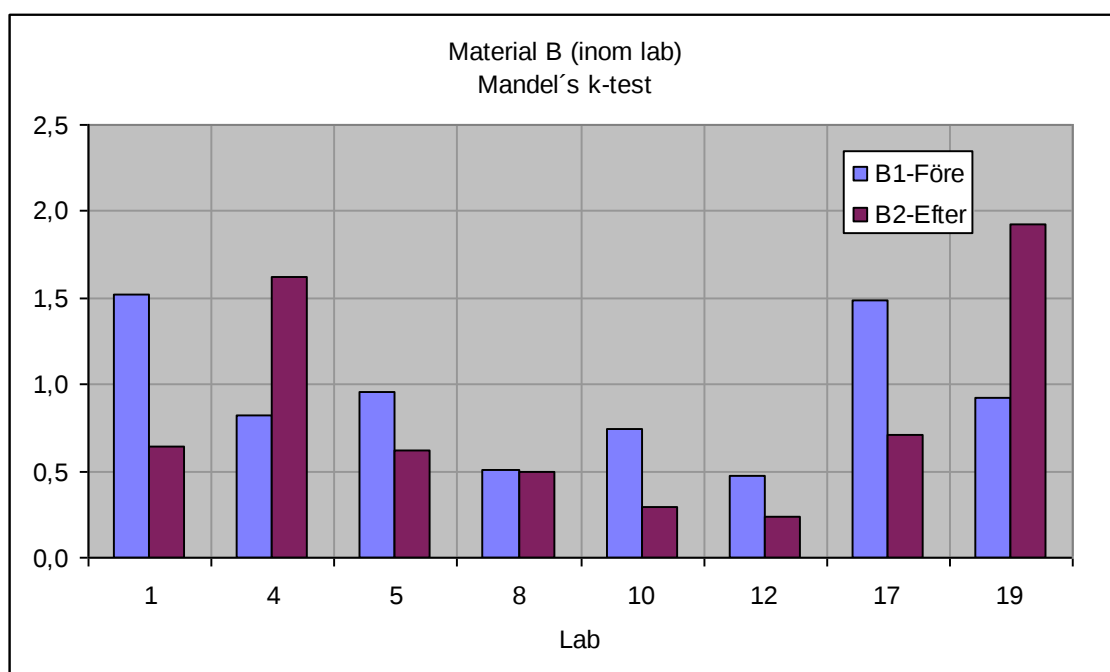
Figur 12 Mandels h-test (kontroll av spridning mellan lab) för material A



Figur 13 Mandels k-test (kontroll av spridning inom lab) för material A



Figur 14 Mandels h-test (kontroll av spridning mellan lab) för material B



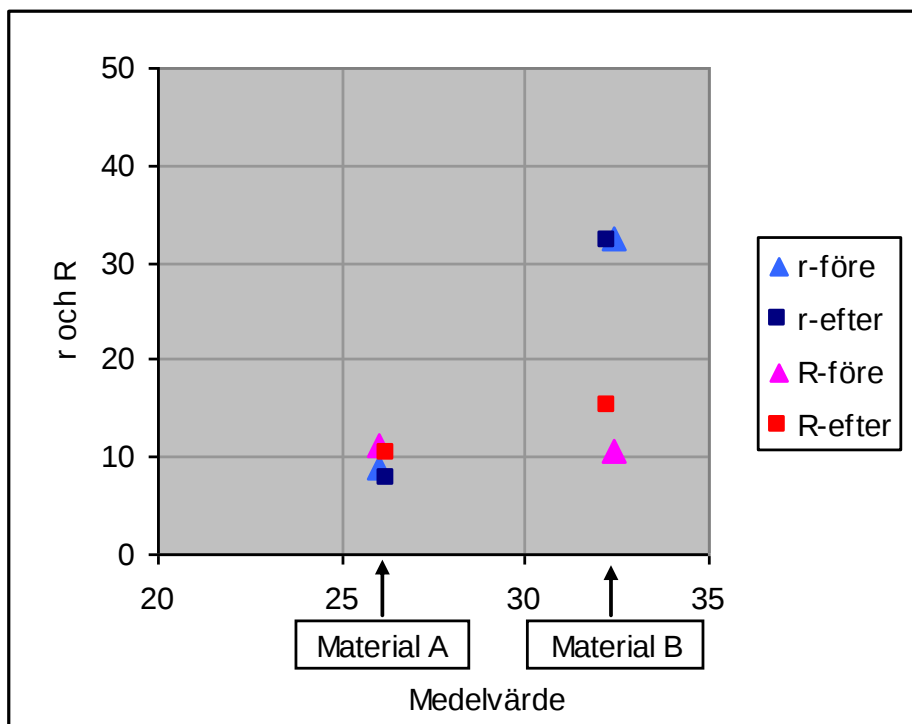
Figur 15 Mandels k-test (kontroll av spridning inom lab) för material B

4.2 Repeterbarhet och reproducerbarhet

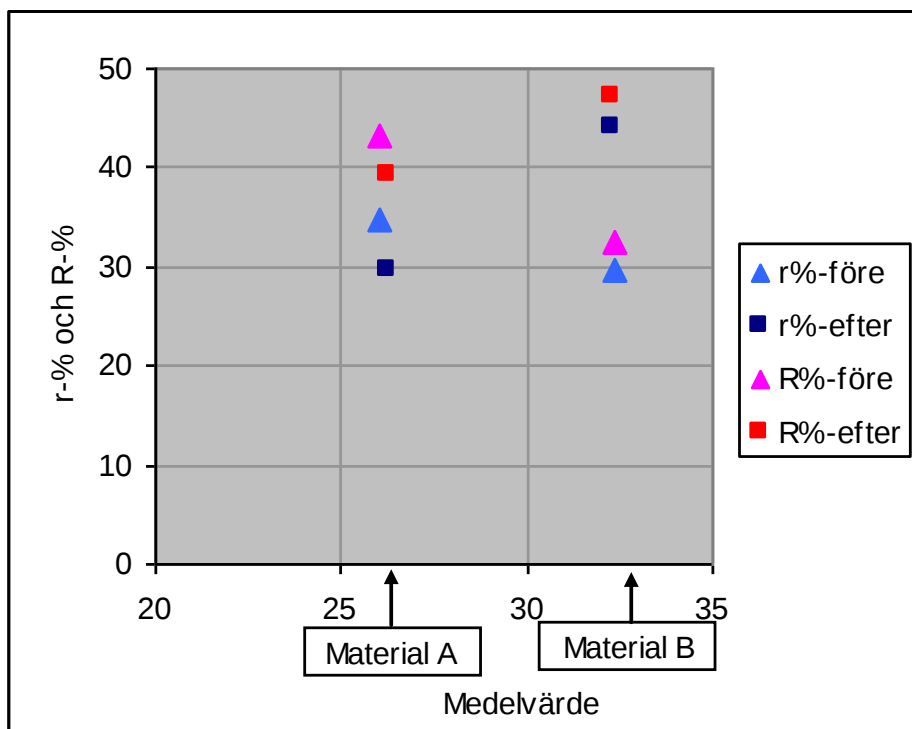
Sammanställning av den statistiska bearbetningen dvs. värden på repeterbarhet och reproducerbarhet redovisas dels som absolutvärden men också i % av medelvärden för att kunna jämföra med Prallvärden på olika nivåer. Resultaten visar att spridningen är stor både inom och mellan laboratorierna. Jämförbara resultat har erhållits vid de ringanalyser som utförts tidigare på Prallmetoden (Se bilaga 4). Någon effekt av de åtgärder som vidtogs för att förbättra precisionen hos utrustningen går ej att läsa ut av resultaten. (Detta innebär dock inte att åtgärderna är verkningslösa utan bara att inte ringanalysen lyckats fånga upp dessa förändringar). För att t.ex. kunna avgöra om ett snävare krav på totalvikt på kulsats har effekt måste den parametern testas för sig eftersom de flesta laboratorier i denna ringanalys redan hade en totalvikt på kulsatsen som låg inom det snävare området. Det blev alltså ingen skillnad mellan proverna före och efter åtgärd för denna parameter. Flera av de övriga förändringarna fungerade på samma sätt. Dessa parametrar måste istället testas var för sig för att kunna bedöma vilken påverkan de har på Prallvärdet. (Se exempel i bilaga 5)

Tabell 1 Repeterbarhet och reproducerbarhet

	Material A		Material B	
	före åtgärd	efter åtgärd	före åtgärd	efter åtgärd
Antal lab	20	20	8	8
Medelvärde	26,0	26,3	32,4	32,3
r	9,0	7,8	9,6	14,3
R	11,3	10,3	10,5	15,2
r-%	34,7	29,6	29,6	44,2
R-%	43,3	39,2	32,5	47,2



Figur 16 Repeterbarhet och reproducerbarhet för material A och B före och efter åtgärd. (Pallvärden)



Figur 17 Repeterbarhet och reproducerbarhet för material A och B före och efter åtgärd. (Prallvärden i %).

5 Resultat från finska laboratorier

Fem finska laboratorier har deltagit i ringanalysen. De har endast deltagit med material A. Samtliga 5 laboratorier har samma typ av utrustning av finskt fabrikat. Resultaten visar ungefär samma spridning inom och mellan lab som den svenska ringanalysen, dock har de erhållit en märkbar effekt av de åtgärder som gjorts för proverna A2. En stor skillnad mellan de finska och svenska resultaten är att de har ett tydligt lägre medelvärde vilket möjligen kan förklaras av att det fabrikat samtliga finska laboratorier har kanske ger ett lägre Prallvärde. Ett av de två laboratorier i Sverige som använt samma utrustning har också mycket lågt Prallvärde. (Se Tabell 2).

Tabell 2 Repeterbarhet och reproducerbarhet för material A

	Svenska lab		Finska lab	
	Före åtgärd A1	Efter åtgärd A2	Före åtgärd A1	Efter åtgärd A2
antal lab	20	20	5	5
M	26,0	26,3	23,0	23,1
r	9,0	7,8	7,8	5,6
R	11,3	10,3	13,7	10,8
r-%	34,7	29,6	33,7	24,2
R-%	43,3	39,2	59,6	46,8

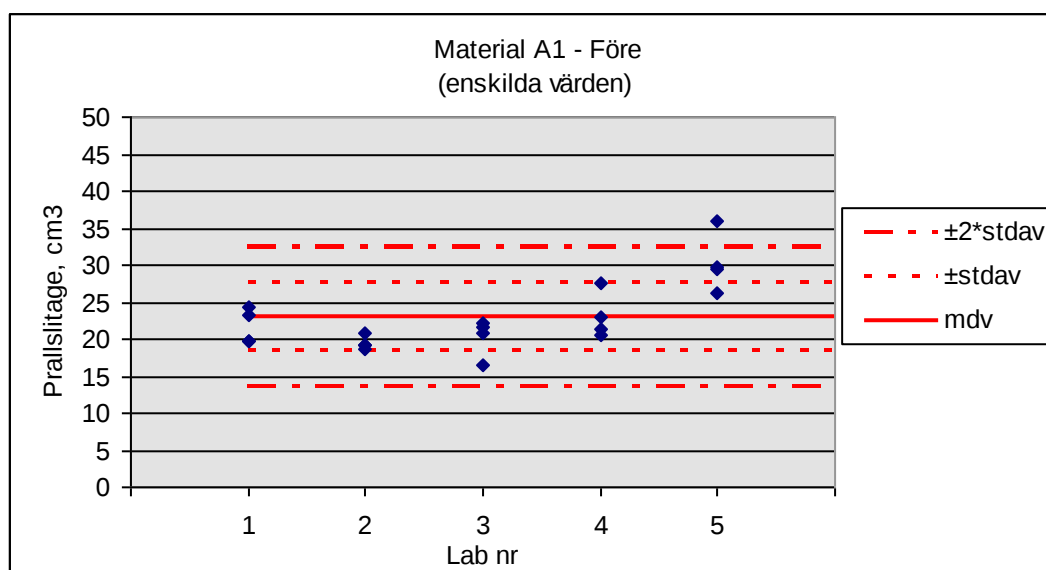
Av resultaten för A1-proverna, dvs provning före åtgärd, framgår det att ett av de finska laboratorerna avviker från de övriga genom betydligt högre Prallvärden. Orsaken till detta är inte känt. Om dessa resultat stryks vid den statistiska beräkningen blir spridningen inom och mellan lab i samma storleksordning som hos de svenska laboratorerna med den skillnaden att medelvärdet är betydligt lägre hos de finska laboratorerna. För prov A2, dvs provning efter åtgärd, syns dock en tydlig effekt genom lägre spridning både inom och mellan lab hos de finska laboratorerna.

Tabell 3 Resultat för material A1(före åtgärd)

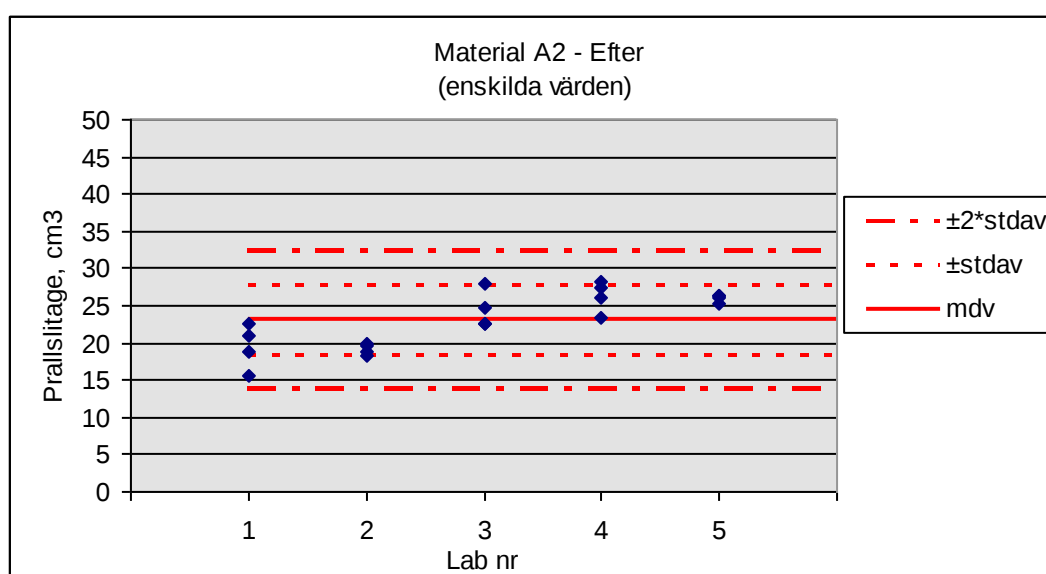
Prov	Lab 1	Lab 2	Lab 3	Lab 4	Lab 5
1	23,2	19,2	21,6	21,3	29,7
2	24,3	20,9	16,4	23,0	29,4
3	19,8	18,7	22,3	20,5	35,8
4	19,8	19,3	20,9	27,6	26,3
Medelvärde:	21,8	19,5	20,3	23,1	30,3
Std.avv:	2,3	1,0	2,6	3,2	4,0
Var.koeff %:	10,5	4,9	13,0	13,8	13,2

Tabell 4 Resultat för material A2(efter åtgärd)

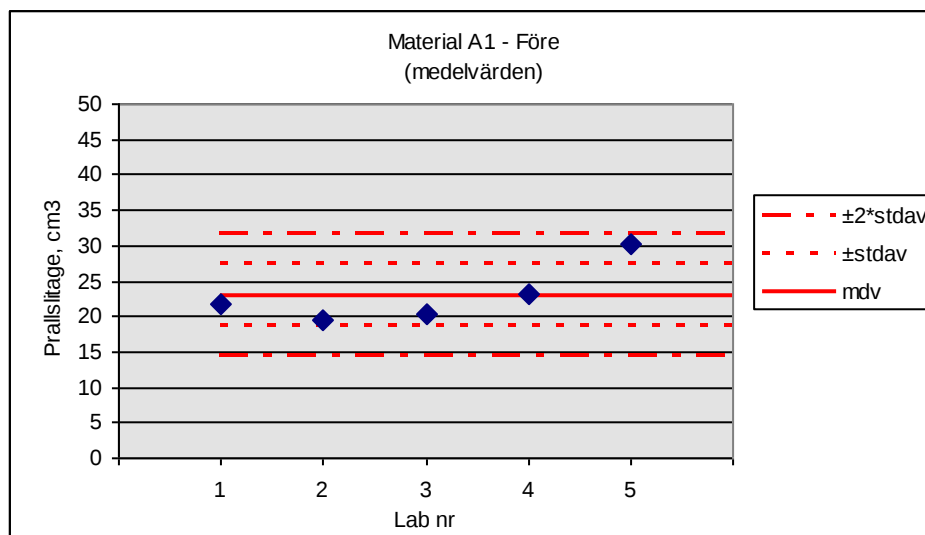
Prov	Lab 1	Lab 2	Lab 3	Lab 4	Lab 5
1	22,5	19,7	27,9	27,4	26,1
2	15,6	18,4	22,5	28,1	25,1
3	18,9	18,7	22,7	23,4	26,3
4	21,0	19,8	24,7	26,0	26,4
Medelvärde:	19,5	19,1	24,5	26,2	26,0
Std.avv:	3,0	0,7	2,5	2,1	0,6
Var.koeff %:	15,3	3,6	10,3	7,9	2,2



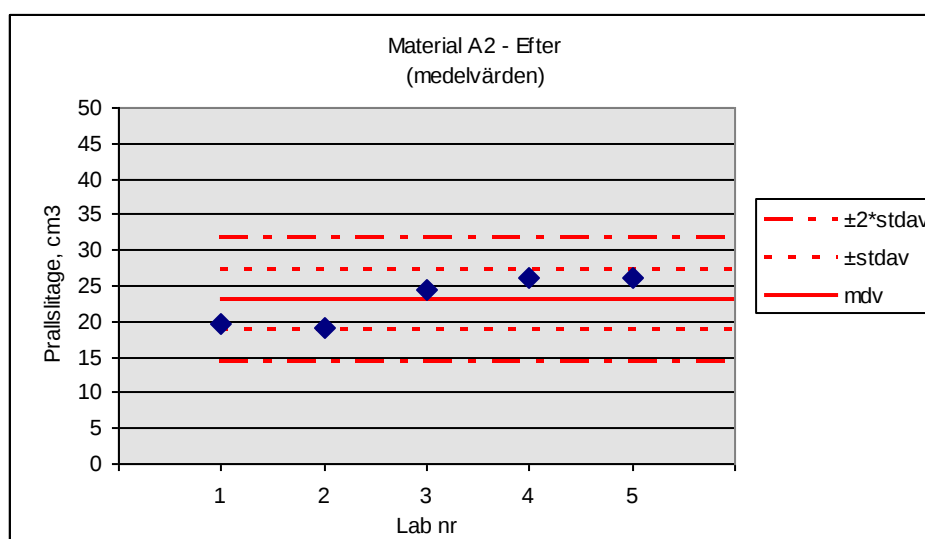
Figur 18 Enskilda värden för material A1 (före åtgärd).



Figur 19 Enskilda värden för material A2 (efter åtgärd)



Figur 20 Medelvärden för material A1 (före åtgärd).



Figur 21 Medelvärden för material A2 (efter åtgärd).

Referenser

Jacobson, T & Viman, Leif: **Modifiering av Prallmetoden och nordisk ringanalys.**
VTI notat 58-1998.

Bilaga 1

Deltagande laboratorier

Följande 20 laboratorier har deltagit i ringanalysen:

- Asfalt- och Stenkontroll, Hok
- Kvalitetsasfalt, Örebro
- NCC, Göteborg
- NCC, Karlstad
- NCC, Linköping
- NCC, Södra Sandby
- NCC, Umeå
- Peab, Göteborg
- Peab, Helsingborg
- Peab, Stockholm
- Sintef, Trondheim (Norge)
- Skanska, Farsta
- Skanska, Forserum
- Skanska, Göteborg
- Skanska, Malmö
- VTI, Linköping
- Väglaboratoriet i Norr, Boden
- Vägverket Konsult, Göteborg
- Vägverket Produktion, Jönköping
- Vägverket Produktion, Umeå

Följande finska laboratorier har deltagit i den kompletterande ringanalysen:

- Destia
- Lemminkäinen
- TKK
- Valtatie
- VTT

Bilaga 2

Följebrev i samband med utskick av proverna

Ringanalys Prall enligt FAS 471-03 samt enligt reviderad metodbeskrivning

Inför genomförande av planerad studie översänds nedanstående tre dokument.

- Missiv 2007-03-16.pdf, innehållande instruktioner för ert deltagande i studien.
- FAS 471-03 PM 2007-03-09.pdf, innehållande revideringar av metodbeskrivning.
- Rapporteringsmall Prall.xls, för rapportering av data och analysresultat.

Läs igenom materialet inför genomförandet. Missiv 2007-03-16 innehåller detaljerade anvisningar för hur ni går till väga. Vid eventuella oklarheter kontakta undertecknad.

Med vänlig hälsning

Anders Berg

Projektledare

Sektion Vägteknik

Direkt: 031 339 61 10

Mobil: 070 555 87 66

Vägverket

Södra Hamngatan 5

411 14 Göteborg

Telefon: 031 339 61 00

Fax: 031 339 61 11

Bilaga 2

Följebrev i samband med utskick av proverna

Missiv 2007-03-16

Ringanalys Prall enligt FAS 471-03 samt enligt reviderad metodbeskrivning

Vägverket har i enlighet med brev daterat 2007-01-19 tagit initiativ till genomförande av rubricerad studie. I studien ingår att analysera Prall-värde för en serie A1 och för vissa laboratorier även en serie B1, enligt ert rutinmässiga arbetssätt baserat på FAS 471-03 alternativt SS-EN 12697-16. Därefter analyseras en serie A2 och för vissa laboratorier även en serie B2, enligt reviderad metodbeskrivning. Analysresultat rapporteras enligt bifogad excell-fil.

Under vecka 11 har provkroppar skickats till deltagande laboratorier. Till respektive laboratorium har skickats två alternativt fyra serier för analys. Samtliga laboratorier erhåller två serier benämnda A1 respektive A2. Några laboratorier erhåller dessutom två serier benämnda B1 respektive B2. A- respektive B-serierna är borrade ur två beläggningar med olika egenskaper.

Instruktioner för genomförandet

1. Studera fliken "Data" i bifogad fil "Rapporteringsmall Prall.xls". Bestäm provkropparnas skrymdensitet och mått.
2. Analysera serie A1 och i förekommande fall serie B1, i enlighet med rutinmässigt förfarande, baserat på FAS 471-03 alternativt SS-EN 12697-16.
3. Rapportera analysresultat och bakomliggande data i bifogad fil för redovisning "Rapporteringsmall Prall.xls". Serie A1 rapporteras på raderna 6-9 i aktuell fil. Serie B1 rapporteras på raderna 15-18 i samma fil.
4. Genomför de förändringar som krävs för att kunna följa den reviderade metodbeskrivningen enligt bifogat dokument "FAS 471-03 PM 2007-03-09.pdf". Aktuella förändringar omfattar både handhavande och maskinell utrustning. Studera innehållet och säkerställ att nödvändiga åtgärder vidtagits.
5. Analysera serie A2 och i förekommande fall serie B2, i enlighet med dokumentet "FAS 471-03 PM 2007-03-09.pdf".

Bilaga 2

Följebrev i samband med utskick av proverna

Deltagande laboratorier

2(2)

2007-03-16

6. Rapportera analysresultat och bakomliggande data i bifogad fil för redovisning "Rapporteringsmall Prall.xls". Serie A2 rapporteras på raderna 24-27 i aktuell fil. Serie B2 rapporteras på raderna 33-36 i samma fil.

7. Skicka ifylld fil "Rapporteringsmall Prall.xls" via e-post till anders.berg@vv.se. Glöm inte fylla i administrativa uppgifter i filens flik benämnd "Data". Om möjligt bifoga foto på utrustningen. Sista datum för rapportering är fredagen den 20 april.

Vi återkommer med inbjudan till representanter för deltagande laboratorier avseende ett uppföljningsmöte under maj månad. Vid mötet presenteras erhållna resultat. Mot bakgrund av dessa har vi därefter en diskussion avseende aktuell metod och dess tillämpningar.

Vid eventuella oklarheter tveka inte att kontakta undertecknad.

Med vänliga hälsningar

Anders Berg

Bilaga 2

Följebrev i samband med utskick av proverna

FAS 471-03 PM 2007-03-09

VV ändringar och tillägg till FAS Metod 471-03

I provningsmetoden FAS Metod 471-03 ersätts punkterna 3.1, 3.4, 3.8, 4, 5 och 8 med motsvarande punkter i detta PM.

3. UTRUSTNING

3.1 Slaghöjden skall ligga inom intervallet 43,0 – 43,8 mm. Slaghöjden ska verifieras enligt **Metodbeskrivning – bestämning av slaghöjd** i detta PM före var tionde provserie och resultatet ska vara infört på provningsprotokollet. Vevstakslängden skall vara 200 ± 5 mm. Utrustningen skall vara fast monterad på ett betongfundament, vars massa skall vara minst 300kg, alternativt vara fast monterad i betonggolv.

3.4 Sfäriska kulor av rostfritt stål tillverkade enligt ISO 3290-1975 och med diametern $12,0 +0,1/-0,5$ mm (t.ex SKF RB 12 RS). Kulornas HRC-hårdhet skall vara mellan 57 och 63. Kulornas sammanlagda vikt får inte understiga 265gram, mätning skall ske innan varje provserie.

3.8 Våg med onoggrannhet högst 0,3 g och avläsbarhet 0,1 g. Termometer med onoggrannhet högst 0,3°C och avläsbarhet 0,1°C.

4. PROVBEREDNING

Tillverka eller borra upp minst fyra provkroppar med en diameter på 100 ± 2 mm. Kapa provkropparna till en höjd på 30 ± 3 mm. Differensen mellan största och minsta höjd på respektive provkropp, får inte överstiga 3 mm. Vid kapning skall ytorna bli någorlunda jämna och parallella. En viss försiktighet tas vid kapningen så att inte kantbitar av provkroppen slås bort.

4.1 Laboratorietillverkade prov

Provning sker på sågad yta.

2(3)

4.2 Borrprov

Provning sker på osågad yta.

5. PROVNING

Skrymdensitet bestäms enligt FAS Metod 427 eller FAS Metod 448 beroende på massatyp.

Temperera provkropparna i minst 5 timmar i 5 ± 1 gradigt vatten.

Följande arbetsmoment skall utföras i en följd. Innan en vattenlagrad provkropp placeras i slitageutrustningen torkas den av med en fuktig trasa och vikten bestäms.

Gummiringen läggs ovanpå provkroppen och 40 st stålkulor läggs innanför gummiringen. Kylvattnet som skall ha temperaturen 5 ± 1 °C skall rinna kontinuerligt genom provkammaren med ett flöde av $2,0 \pm 0,2$ liter/min. Kylvattnet ska utgöras av rent kranvatten (återcirkulation ej tillåten).

Provningen utförs under 15 min ± 10 s, med ett varvtal av 950 ± 5 varv/min.

Kylvattnets temperatur före provkammaren ska avläsas med en decimal noggrannhet vid slutet av varje provning och temperaturen ska föras in i provningsprotokollet.

Direkt efter avslutad körning sköljs provkroppen i kallt vatten och provkroppens vikt bestäms enligt samma förfarande som innan provning. Stenar som lossnat skall ej vägas.

Bilaga 2

Följebrev i samband med utskick av proverna

8. RAPPORT

Rapportera

- a) att bestämningen utförts enligt FAS Metod 471-03 med ”VV ändringar och tillägg till FAS Metod 471-03”, daterad 2007-03-09
- b) om bestämningen utförts på laboratorietillverkade prov eller på borrhov
- c) vilken packningsmetod som använts vid laboratorietillverkning av provkroppar
- d) skrymdensitet (γ), samtliga enskilda värden samt medelvärden med tre decimaler i g/cm^3
- e) slitagevärde, enskilda värden med 1 decimal och medelvärden i hela cm^3
- f) slaghöjden vid senaste mätning
- g) alla eventuella störningar, som exempelvis avbrott under provning

3(3)

METODBESKRIVNING – BESTÄMNING AV SLAGHÖJD

En fix punkt skall finnas eller kunna monteras ovanför provkammaren (så att slaghöjden kan mätas inkl eventuellt glapp.)

1. Vevaxeln skall sättas i sitt nedre läge och en nedåt riktad kraft som gör att alla eventuella glapp trycks ihop skall appliceras på provkammaren. Sedan skall avståndet mellan botten på provkammaren och en fixpunkt på maskinen mätas.
2. Vevaxeln skall sättas i sitt översta läge och en uppåtriktad riktad kraft som gör att alla eventuella glapp dras i sär skall appliceras på provkammaren. Sedan skall avståndet mellan botten på provkammaren och samma fixpunkt på maskinen mätas.
3. Differensen mellan dessa mätningar är maskinens slaghöjd.

Bilaga 3

Utrustningsdata

Svenska laboratorier:

Lab kod	Slaghöjd före	Slaghöjd efter	Kulornas totala vikt före	Kulornas totala vikt efter	Fabrikat	Tillv.år	Fastsättning av utrustning före/efter
1	43,6	43,6	272,9 g och 272,2 g	271,0 g och 269,5 g	Scanmachine	2002	>300 kg fundament
2	43	43	269,2	278,6	MG-Maskin?		>300 kg fundament
3	43mm	43mm	258,3g	278,9	Westmecan	1999	Betonggolv
4	43,1	43,2 mm	269,88	279,21 g	Westmecan	2000	Betonggolv
5	43,1	43,1	0,2407	0,2396	Anboni	2005	700 kg fundament
6	43 (+/-0,5) m	43 (+/-1,0) m	276,1	275,8	Westmecan	1999	Betonggolv
7	43,5	43,5	279	278,5	Westmecan?	2002	Betonggolv
8					MG Maskin?		
9	43,1	43,2	279,14	278,7	VTI	2006	500 kg fundament
10	43	43	279g	278g	Westmecan	2000	>300 kg fundament
11	43	43	261,5	278,4	MG-Maskin	1994	>300 kg fundament
12	43,01	43,01	268,8	277,7	Westmecan	2002	Stålstativ i betonggolvet
13	43,43	43,38	282	279	MG-Maskin	1998	Betongfundament
14	43,4	43,5	279	279	VTI	2006	>300 kg fundament
15	43,5	43,5	262	265,3	Westmecan	2001	Betonggolv
16	44	43,6	287,8	286,9	Scanteknik	2005	Betonggolv/380kg Btgfund
17	43,4	43,4	275,4	274,2	Westmecan	1993	Betonggolv
18	43,4	43,4	278,4	278,2	MG Maskin	2001	>300 kg fundament
19	42,17	43,45	256,3	282	MG-Maskin	1993	>300 kg fundament
20	43	43	245,9g / 245,5g	279,2g / 278,9g	MG-Maskin	2000	200kg betongfundament

Finska laboratorier:

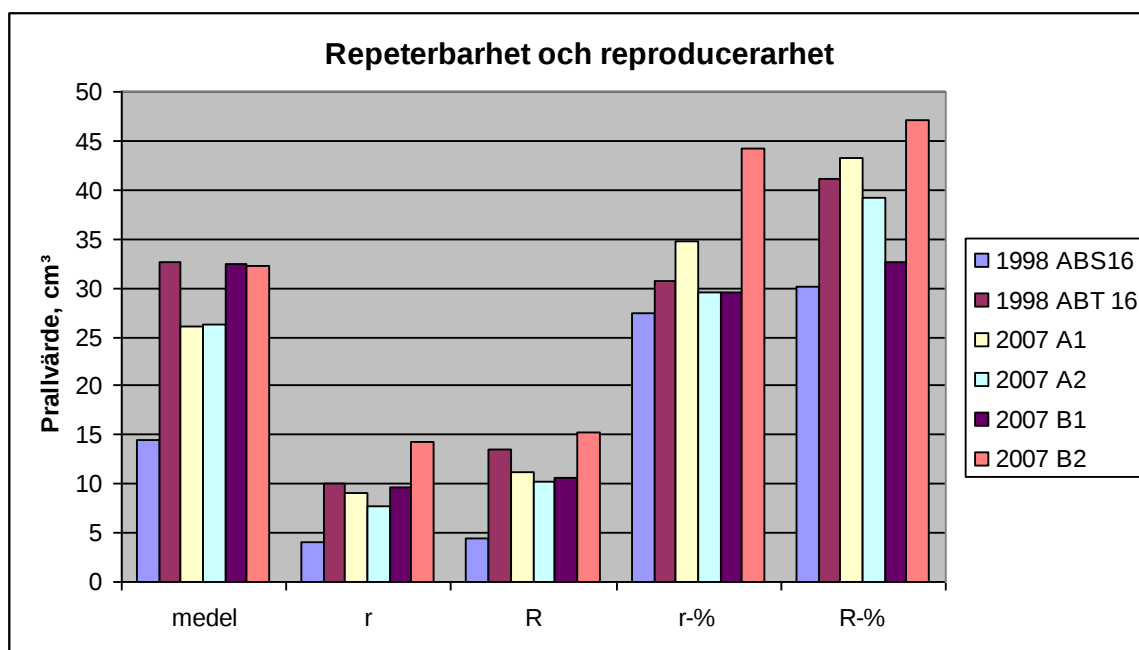
Lab kod	Slaghöjd före	Slaghöjd efter	Kulornas totala vikt	Kulornas totala vikt	Fabrikat	Tillv. år	Fastsättning av utrustning
1	43,0 mm	-	275,8 g	-	Scanmachine	2002	>500 kg fundament
2	42,6 mm	-	246,7 g	-	Skanteknik Ab	2006	Fäst till betonggolv
3	42,9 mm	-	283,1 g	-	SCANTEKNIK	1995	Betonggolv
4	42,5 mm	-	262,4 g	-	Oy Scanmachine Ltd	2002	>300 kg fundament
5	-	-	265g	-	Scanteknik Oy	1997	>300 kg fundament

Bilaga 4

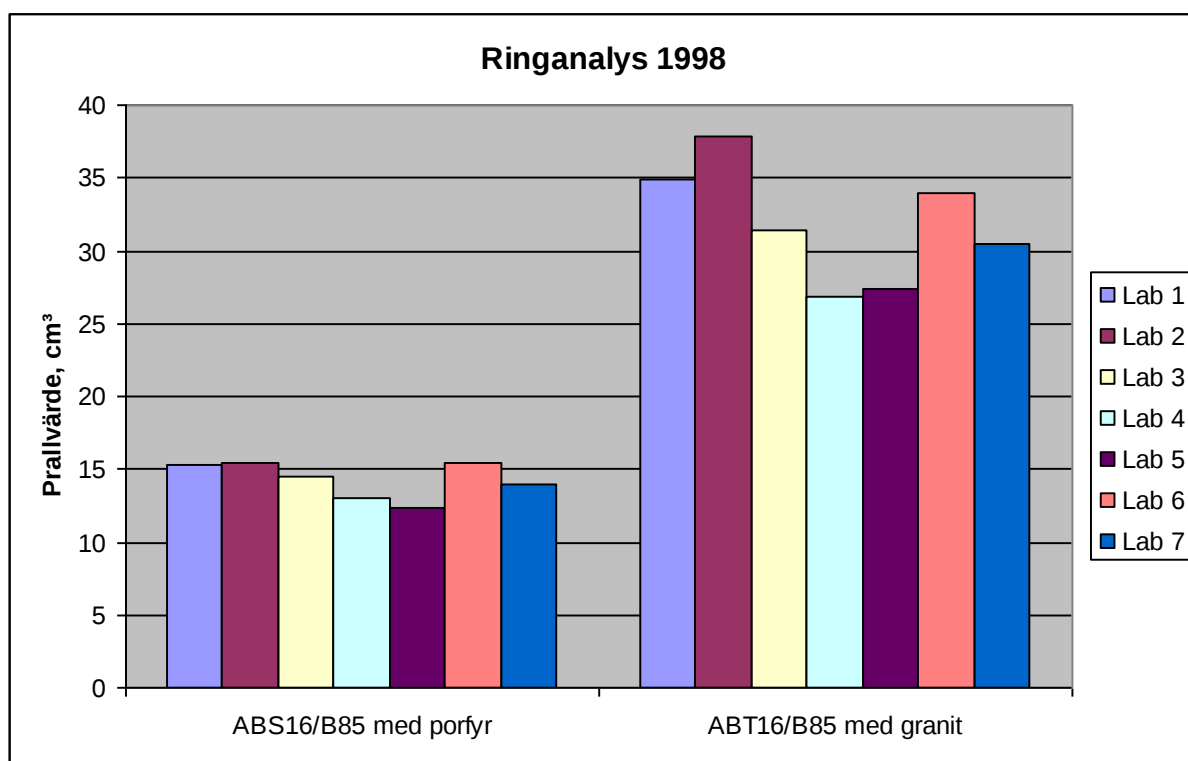
Jämförelse med tidigare ringanalyser

I denna bilaga görs jämförelser mellan olika ringanalyser som utförts på Prallmetoden sedan metoden infördes. Två ringanalyser har genomförts i Vägverkets regi, 1998 och 2007, medan NCC arrangerat en ringanalys 2004.

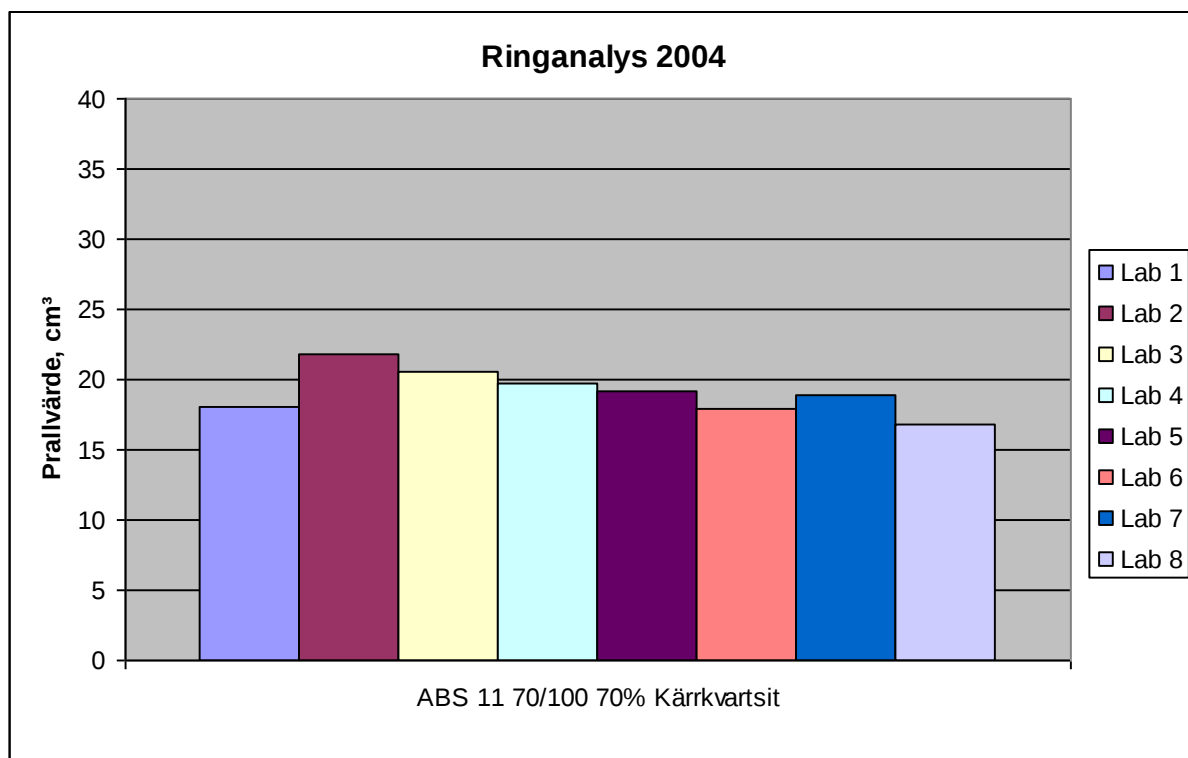
Man kan konstatera att de spridningar vi sett i tidigare ringanalyser, både 1998 och 2004, även återspeglar sig i denna ringanalys. Figuren visar repeterbarhet och reproducerbarhet (dvs spridningen inom lab och mellan lab) vid olika ringanalyser. Procentvärden för r och R innebär att hänsyn tagits till nivån på Prallvärdet. I ringanalysen 1998 redovisad i VTI notat



Bilaga 4
Jämförelse med tidigare ringanalyser

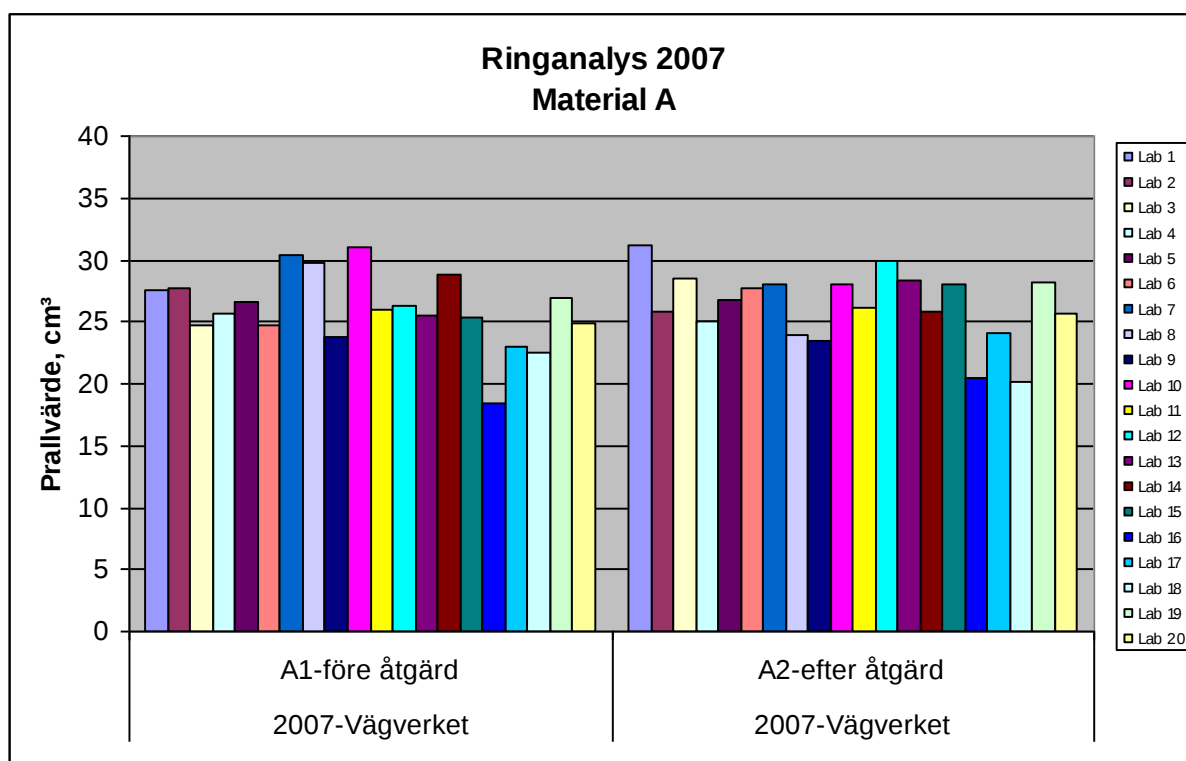


Medelvärden vid ringanalys 1998

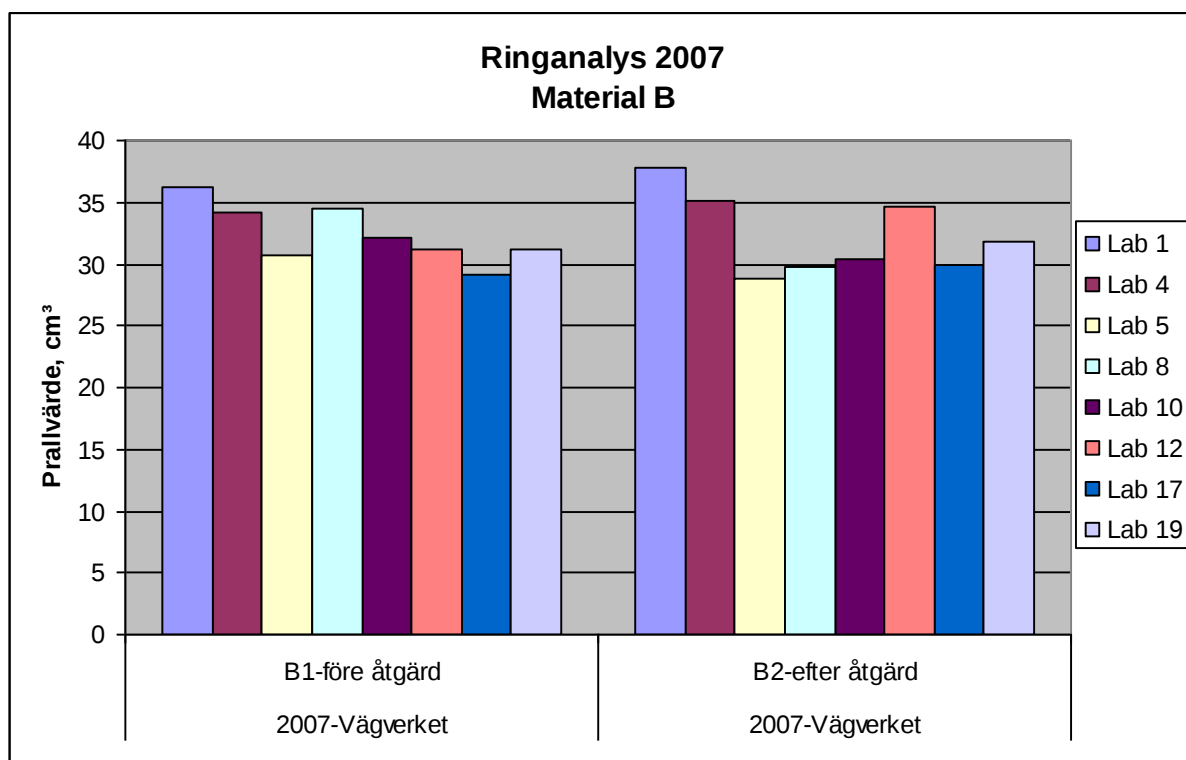


Medelvärden vid ringanalys 2004

Bilaga 4
Jämförelse med tidigare ringanalyser

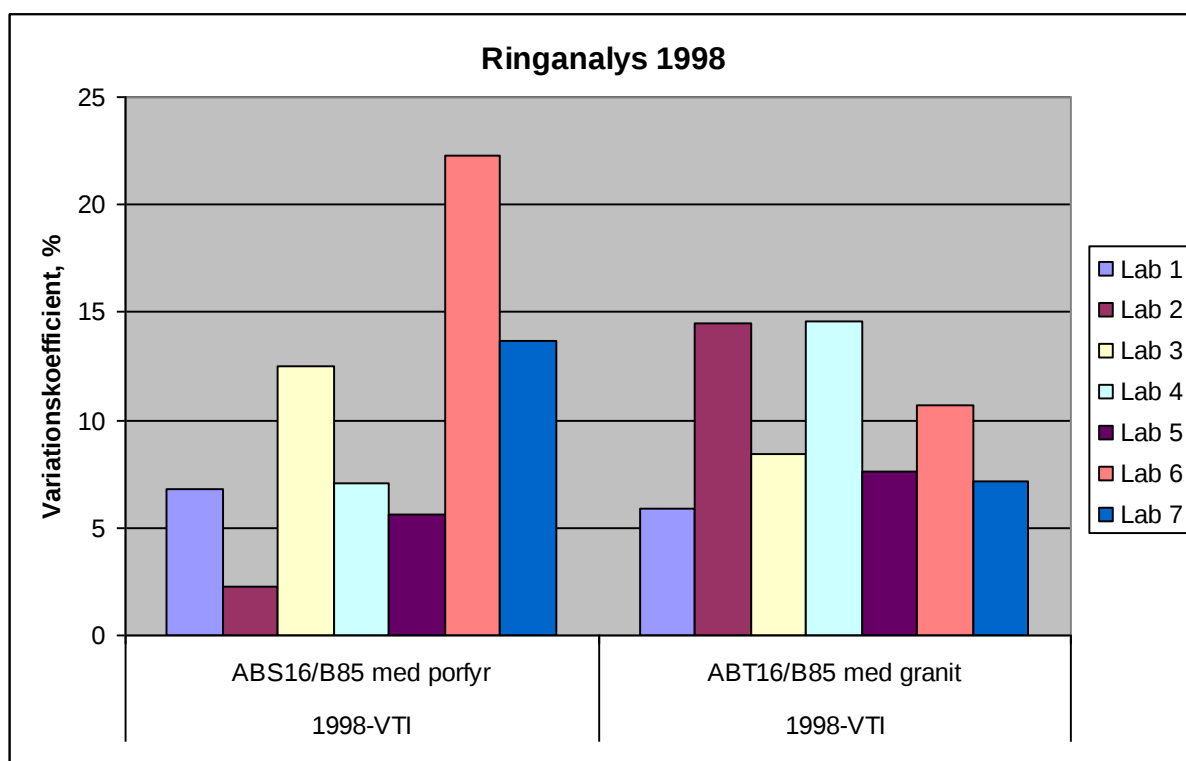


Medelvärden vid ringanalys 2007, material A

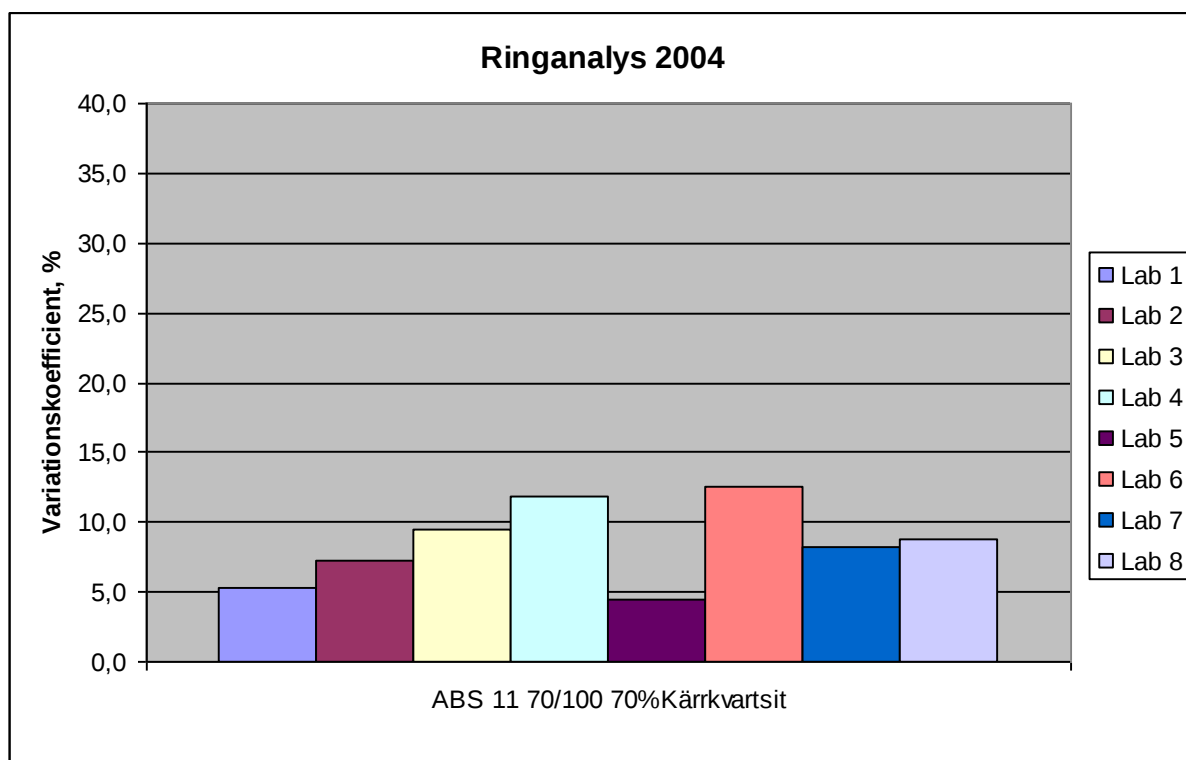


Medelvärden vid ringanalys 2007, material B

Bilaga 4
Jämförelse med tidigare ringanalyser

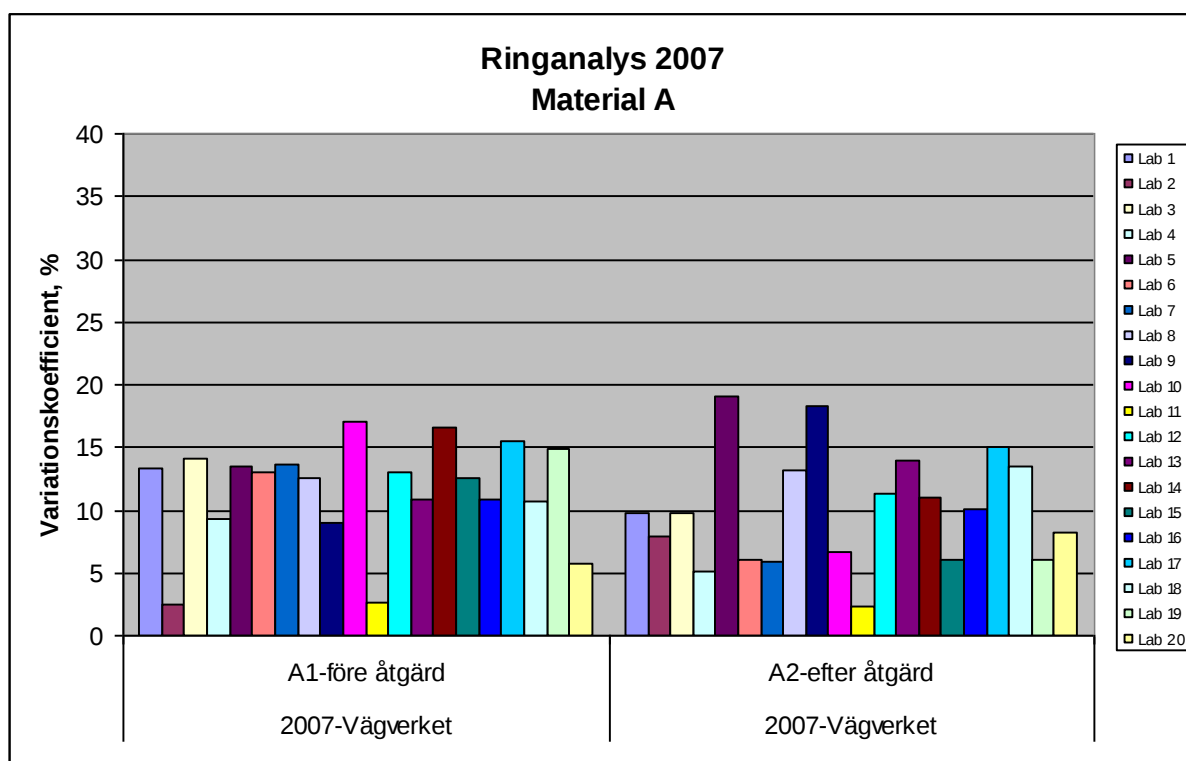


Variationskoefficienter vid ringanalys 1998

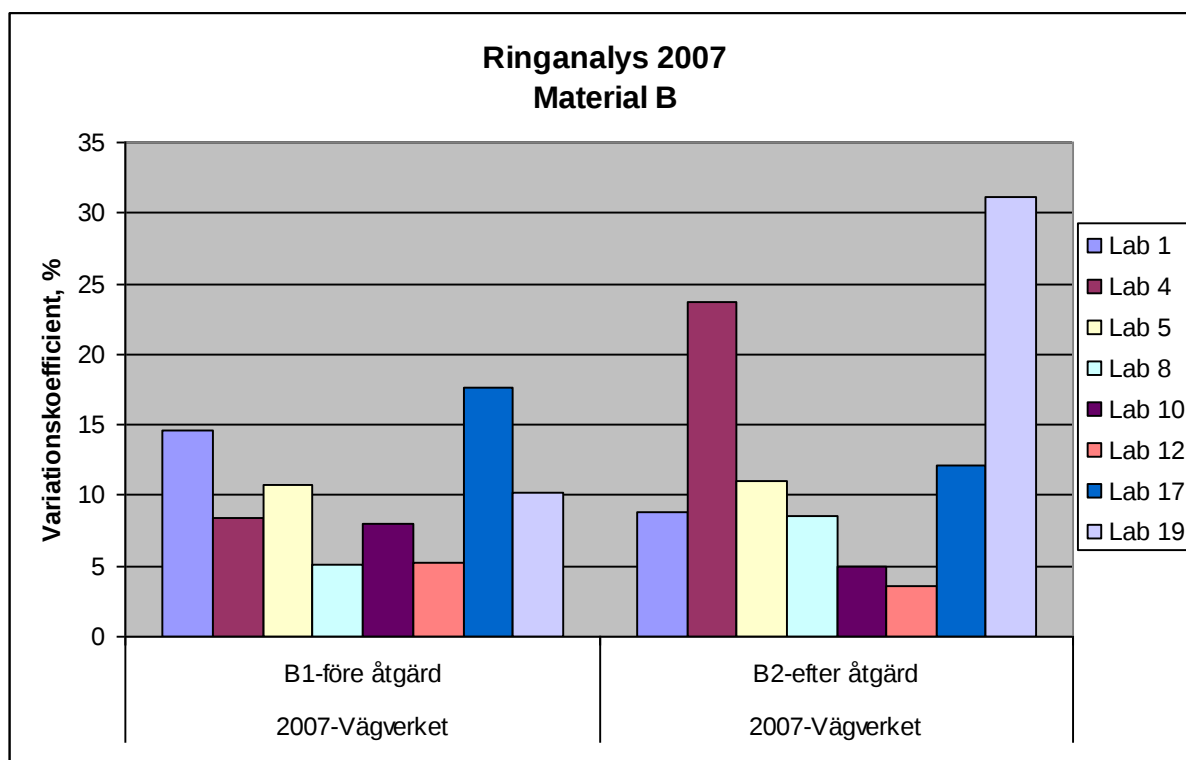


Variationskoefficienter vid ringanalys 2004

Bilaga 4
Jämförelse med tidigare ringanalyser



Variationskoefficienter vid ringanalys 2007, material A



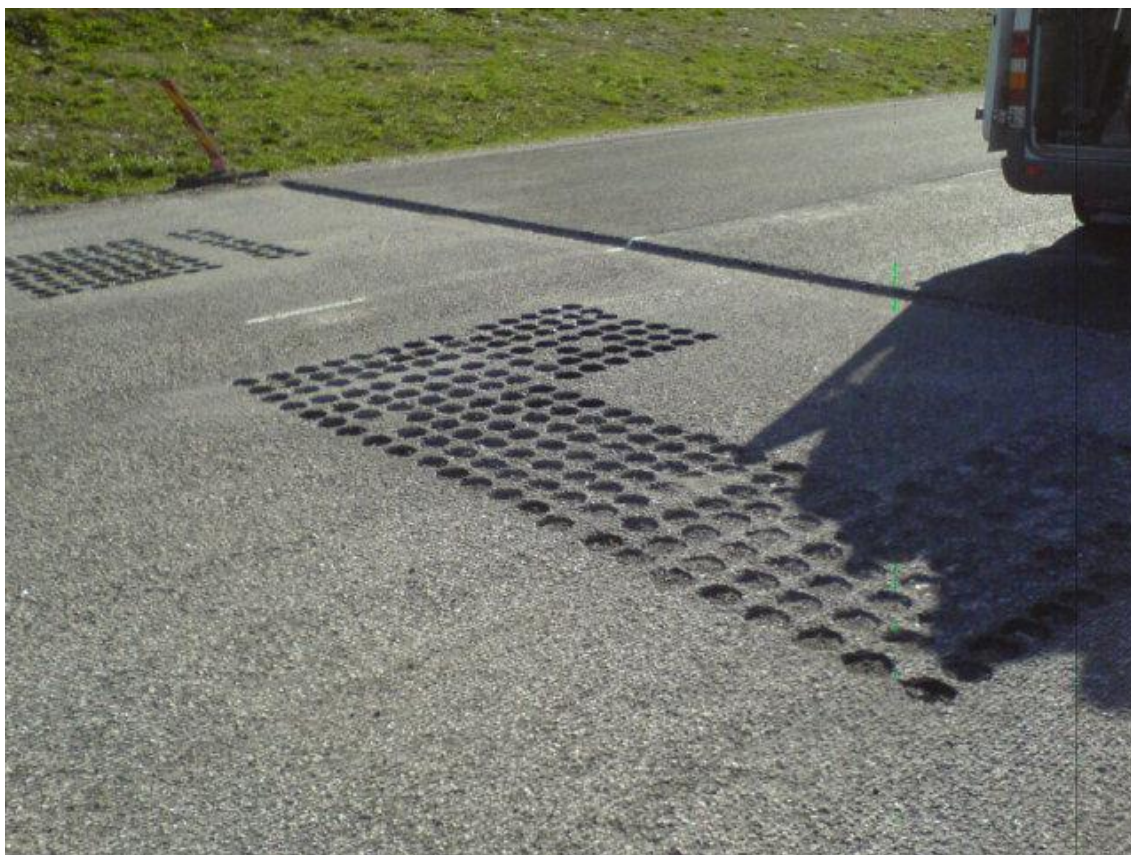
Variationskoefficienter vid ringanalys 2007, material B

Bilaga 5

Provningsparametrar

Jämförelse mellan skrymdensitet och Prallvärden för de provkroppar som ingått i denna ringanalys

Som framgår av tabellen är det ganska stor spridning i skrymdensitet mellan provkropparna som ingått i ringanalysen, men detta förklarar inte den stora spridningen i Prallvärden eftersom det inte finns något bra samband mellan skrymdensitet och Prallvärde (se figurerna nedan). (Förmodligen är det snarare texturen hos provkropparnas som påverkar Prallvärdet).



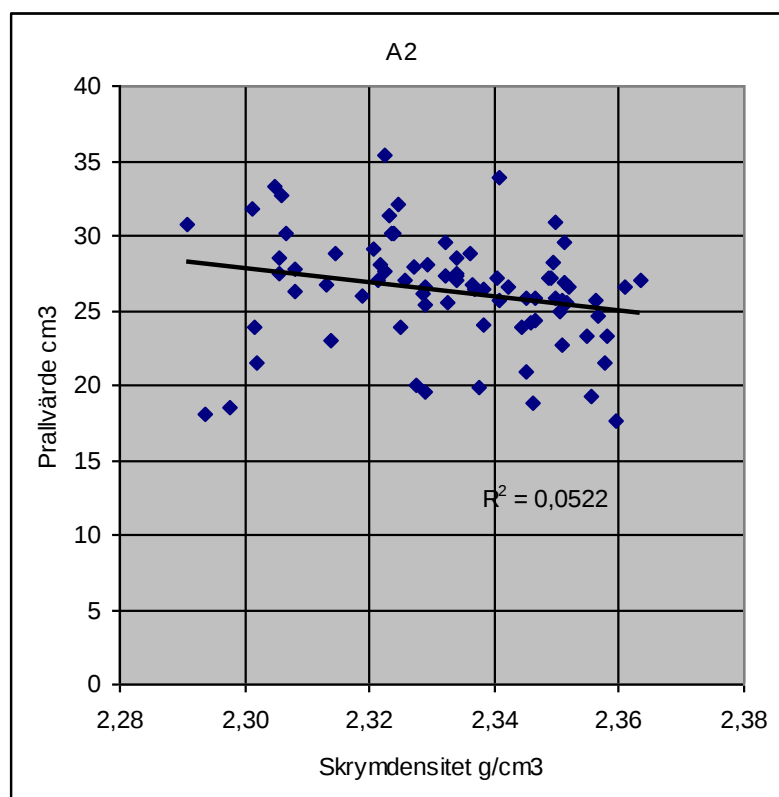
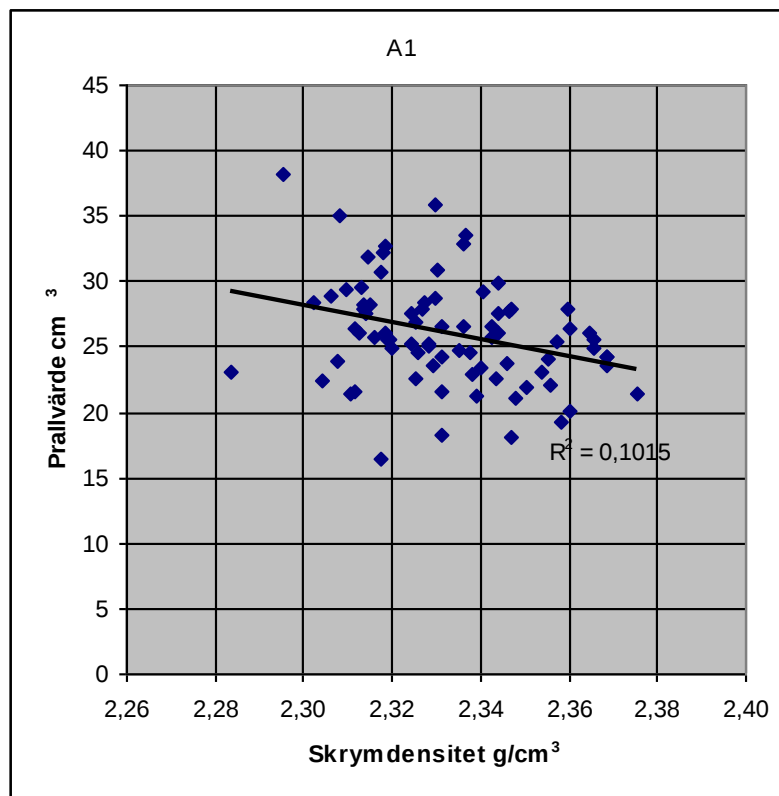
Fotografi över provtagningsplatsen

Tabell över skrymdensitet och spridningsmått hos analyserade provkroppar

	A1	A2	B1	B2
Max	2,38	2,36	2,38	2,36
Min	2,28	2,29	2,27	2,31
Medel	2,33	2,33	2,33	2,33
Std.avv.	0,02	0,02	0,02	0,02
V-%	0,8	0,8	1,0	0,7

Bilaga 5

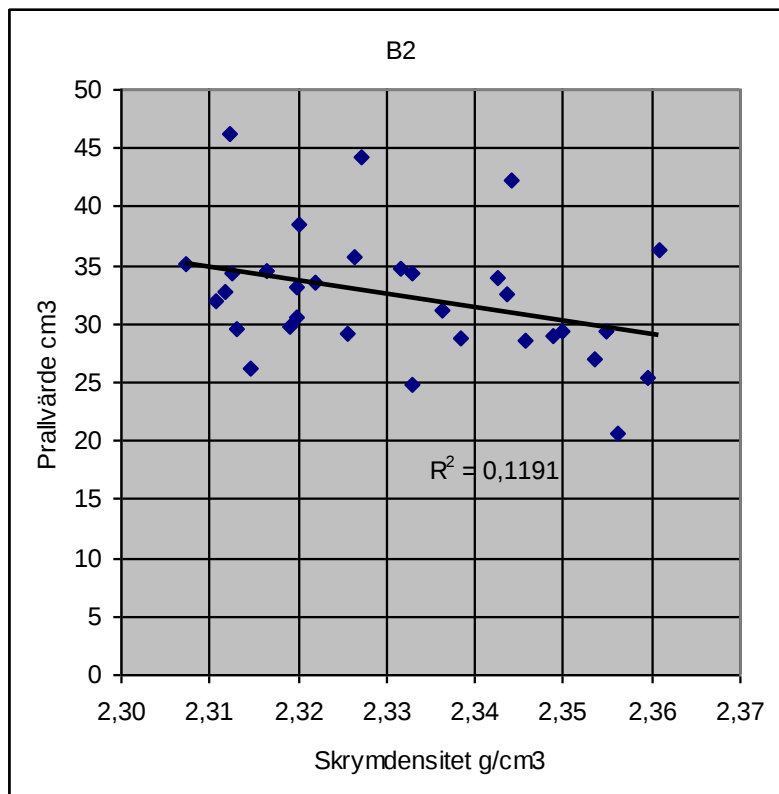
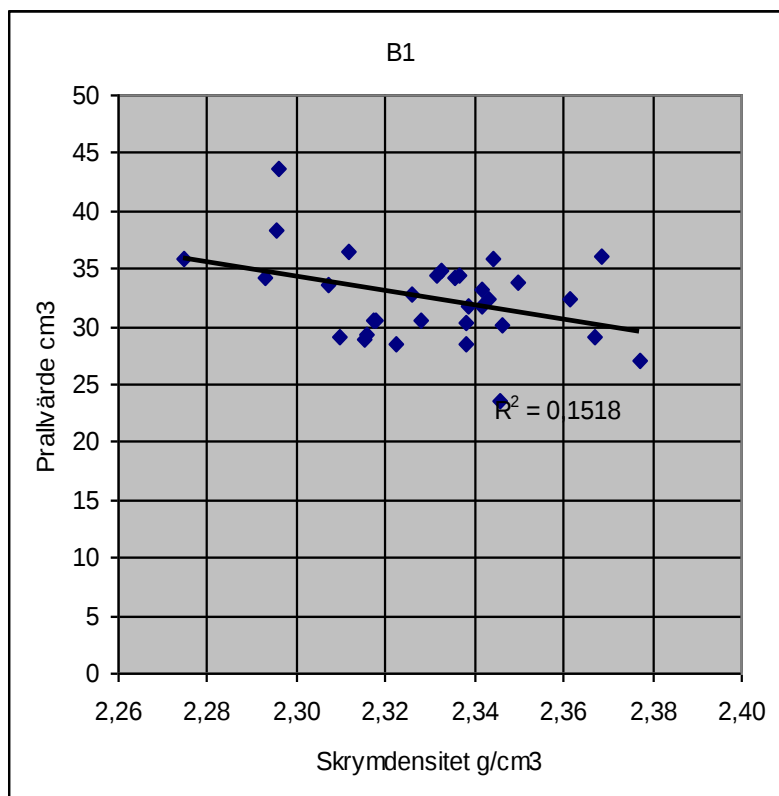
Provningsparametrar



Samband mellan Skrymdensitet och Prallvärden för material A

Bilaga 5

Provningsparametrar



Samband mellan Skrymdensitet och Prallvärden för material B

Bilaga 5

Provningsparametrar

Diskussion angående några olika provningsparametrar

Parametrar som inte regleras i provningsmetoden

Det gäller stensläpp från kanterna och stopp av vattenflödet. Detta är två parametrar som kan påverka Prallvärdet mycket men som inte regleras i provningsmetoden.

För att illustrera detta visas i fotografierna nedan 4 provkroppar från en serie som ingick i den aktuella ringanalysen. Två av proverna har fungerat utan problem och givit Prallvärden på 29,0 och 33,5 cm³. På provkroppen med det låga värdet (20,5) har det varit problem med vattenflödet (stenstopp). Det blir friktionsvärme när vattenflödet inte fungerar som gör att bituminet blir mjukt och kulorna bara studsar istället för att nöta bort material. På det höga värdet (44,3) syns det tydligt att det är stensläpp i kanten.

Inga av dessa problem regleras i provningsmetoden. Variationskoefficienten får dock inte vara högre än 15 % varför man i detta fall behövt analysera flera prover. (I detta extrema fall blir variationskoefficienten över 30 %).

Prallvärde: 33,5



Prallvärde: 29,0



Prallvärde: 20,5



Prallvärde: 44,3



