

Björn Schouenborg

Jämförelseprovning avseende siktningsanalys och Los Angeles-tal hos makadamballast för järnväg

Abstract

An important part in maintaining the competence and quality assurance of a laboratory is continuous participation in inter-comparison trials. By doing so the laboratory gains information about the repeatability and closeness to the national mean value, or a reference laboratory if this is the case. A continuous participation in inter-comparison trials will increase the possibilities to interpret any non-conformity and assess whether it is random or systematic. In addition, it will increase the possibility for the laboratory to produce more accurate test results.

This is the first comprehensive inter-comparison trial in Sweden concerning the particle size distribution of railway ballast. A total of 33 laboratories participated. Nine of these also performed the Los Angeles test in accordance with the European Standard EN 1097-2. The purpose of the project was to assess the potential variation in test results when testing in accordance with the regulation "BVF 585.52" by the National Railway Authority. Are the descriptions in the regulation sufficient for the needs of the Authority?

The assessment was mainly done in accordance with ISO 5725-2 and according to the principles of Youden. In order not to be influenced by the knowledge of where the results came from, SP had commissioned personnel from SWEDAC to code the samples and test results. Only in a few cases it could be concluded that the test result for the particle size distribution could be characterised as significantly non-conforming (outlier). Most of the statistically defined outliers could, on good grounds, be referred to as due to the tolerances of the sieves defined in ISO 3310-1. The result of the project clearly shows the expected difference between two different laboratories when testing nearly identical material. If the uncertainty due to sampling and sample reduction is added, the potential difference is increased significantly.

The repeatability (r) for the sieving test has been calculated by use of the Youden technique for the amount of material in each size interval.
The reproducibility (R) has been calculated according to ISO 5725-2 when relevant.

Interval (mm)	r (weight %)	R (weight %)
< 11,2	0,1	0,1
11,2-31,5	1,0	1,1
31,5-63	3,1	3,7
63-80	3,3	3,6

**SP Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP RAPPORT 1997:45
ISBN 91-7848-705-6
ISSN 0284-5172

**SP Swedish National Testing
and Research Institute**
SP REPORT 1997:45

Postal address:
Box 857, SE-501 15 BORÅS
SWEDEN
Telephone +46 33 16 50 00
Telex 36 252 Testing S
Telefax +46 33 13 55 02

Innehållsförteckning

ABSTRACT	2
INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	3
FÖRORD	4
1 INTRODUKTION	5
2 JÄMFÖRELSEPROVNINGEN - DELTAGARE OCH MATERIALHANTERING	6
2.1 DELTAGANDE LABORATORIER.....	6
2.2 PROVMATERIAL	8
2.3 PROVBEREDNING	8
2.3.1 Kornstorleksfördelning.....	8
2.3.2 Utskick.....	9
2.3.3 Utrustning.....	9
3 ALLMÄNNA BERÄKNINGSPRINCIPER	10
4 RESULTAT OCH DISKUSSION	12
4.1 ALLMÄNT.....	12
4.2 KORNSTORLEKSFÖRDELNING	12
4.2.1 Allmänt	12
4.2.2 Precisionsdata.....	13
4.2.3 Skillnader på grund av siktar	14
4.2.4 Skillnader på grund av utrustning/metodik	15
4.2.5 Bedömningar av outliers	16
4.3 LOS ANGELES-TAL	17
5 DISKUSSION.....	20
6 REFERENSER	21

Bilagor

- 1 Delresultat från samtliga laboratoriers siktning
- 2 Ackumulerad mängd passerande
- 3 Frekvensfördelning och h-statistik
- 4 Diagram över h-statistik

Förord

Den redovisade jämförelseprovningen är huvudsakligen resultatet av ett samarbete mellan SP och Banverket och ett led i Banverkets strävan att säkra de laboratorietjänster man avser att nyttja i samband med tillverkningskontroll, stickprovskontroll och liknande.

Projektet har finansierats av Banverket, SP och deltagande laboratorier i ungefärligen lika delar.

I övrigt har Mats Hemer från SWEDAC stått som garant för att prover, utskick och resultat kodats. SP har alltså, inför beräkningar och tolkningar av resultaten, inte haft tillgång till information om vilka resultat som respektive laboratorium rapporterat.

SPs resultat är medtagna i den samlade utvärderingen. SP har labkod 32 för siktningsanalysen och Los Angeles-talet.

Borås i oktober 1997

Björn Schouenborg

1 Introduktion

SP har i samråd med såväl Banverket som SWEDAC organiserat denna första jämförelseprovning av makadamballast för järnväg. Jämförelseprovningens syfte är i första hand att beskriva dagsläget bland de laboratorier som rutinmässigt utför, eller har för avsikt att utföra, tekniska analyser av makadamballast för järnväg.

Projektet var i första hand organiserat för att utvärdera metodiken för att bestämma kornstorleksfördelning. Siktninganalysen har utförts enligt instruktioner givna av SP baserade på Banverkets föreskrifter BVF 585.52 [1].

De laboratorier som hade möjlighet ombads även bestämma materialens Los Angeles-tal (LA-tal), prEN1097-2 [2]. LA-talet är ett mått på stenmaterialets sprödhet och kommer att bli normerande analysmetod i Europa. Analysen kan utföras på materialet efter siktning.

Ett annat syfte är att introducera en modell för att organisera jämförelseprovningar enligt internationellt erkända riktlinjer. Anledningen är att resultaten från sådana jämförelseprovningar framöver skall kunna användas för övergripande uppskattningar av mätosäkerheten hos de egna laboratoriet.

Projektet är organiserat enligt riktlinjerna i:
ISO Guide 43: Development and operation of proficiency testing programs [3] och
RIS 04: Rutin- och instruktionssamling. SWEDACs jämförelseprogram [4].

Beräkningar har utförts enligt:
ISO 5725-2 (1994): Precision of test methods - Determination of repeatability and reproducibility for a standard test method by inter-laboratory tests [5], och
Youden. W. J. Statistical Techniques from Collaborative Tests [6].

2 Jämförelseprovningen - deltagare och materialhantering

2.1 Deltagande laboratorier

I projektet deltog 33 laboratorier med siktninganalyser. Av dessa deltog 9 i provningen av Los Angeles-talet. I förteckningen nedan redovisas samtliga deltagande laboratorier förutom SP. Observera att ordningen nedan inte har med resultatnumreringen att göra.

Skanska Stockholm Asfalttekniskt Centrum Rolf Lindström Fryksdalsbacken 123 43 FARSTA	Ballast Nord AB Arne Skoglund Växbo 3622 821 95 BOLLNÄS
Vägverket Konsult Norr Mats Åkerblom Västermalmsvägen 3 791 77 FALUN	Ballast Nord AB Bo Sahlsten Trutvägen 2 803 09 GÄVLE
Ballast Stockholm AB Folke Johansson Enköpingsvägen 23 175 38 JÄRFÄLLA	Bergslagsasfalt AB Anethe Lingmén Asfaltverket, Kvarntorp 692 92 KUMLA
Swerock Önnestad Björn Stuhr Olsson Källundavägen 115-1 291 93 ÖNNESTAD	Gatu & Väg AB Gert Vangenmo PI 4339 450 53 HÄLLEVADSHOLM
Ballast Väst AB Henrik Nilsson Tagenevägen 25 425 37 HISINGS KÄRRA	SIAB Väglaboratorium Bo Ericsson Lugna Gatan Sinnslätten VÄSTERÅS
Geomiljö Väst KB Per Ljungqvist Sönnerbovägen 6 432 92 VARBERG	MRM Konsult AB Ragnar Gerlach Köpmangatan 40 A 972 33 LULEÅ
Vargön Alloys Helge Martander 468 80 VARGÖN	Vägverket Konsult Elisabeth Olsson Motorgatan 1 442 40 KUNGÄLV
Vägverket Konsult Lennart Lexberg Lersäter 665 91 KIL	KVB Nilsjohan Rollén Sofiedal 6 665 91 KIL

<p>Dala Asfalt Kenneth Lind Oråsvägen 783 50 GUSTAFS</p>	<p>NKA Väglab. Dylta Henrik Andersson PI 45200 705 91 ÖREBRO</p>
<p>Vägverket PS Lab. Tomas Ohlsson Testvägen 7 232 37 ARLÖV</p>	<p>Sabema Material AB Kenneth Ottosson 428 81 KÅLLERED</p>
<p>Skanska Syd AB Camilla Ernstsson Grönalundsvägen Önnestad 291 92 KRISTIANSTAD</p>	<p>Skanska Väst AB, ATC Per-Olof Ohlsson PI 6185 424 56 ANGERED</p>
<p>Skanska Mellansverige AB Väglab. Lars Stenlid Väglab Dragrännan 746 50 BÅLSTA</p>	<p>Ballast Öst AB Peter Lilja Nystrandsgatan 23 633 46 ESKILSTUNA</p>
<p>Vägverket Produktion Anders Olin Herkulesvägen 52 553 02 JÖNKÖPING</p>	<p>Luleå Tekniska Universitet Väglaboratoriet Bert Lindström 971 87 LULEÅ</p>
<p>Ballast Nord AB, Väglab. Lisbet Karlsson Box 1200 901 22 UMEÅ</p>	<p>Ballast Nord AB Väglaboratoriet Stig Södergård Norra Vägen 42 856 50 SUNDSVALL</p>
<p>Svedala Test and Research Center Svedala-Arbrå AB Richard Bern 233 81 SVEDALA</p>	<p>VTI Peet Höbeda Statens Väg o Transport- forskningsinstitut 581 95 LINKÖPING</p>
<p>Linlab Mats Hemmingberg Jägarvallsvägen 8 C 584 22 LINKÖPING</p>	<p>Vägverket Produktion Nord Kjell-Olov Björk Väglaboratoriet Mätarvägen 1 901 33 UMEÅ</p>

2.2 Provmaterial

Provmaterialen är tagna direkt ifrån produktion av makadamballast för järnväg. Granitiska material från två olika tillverkare användes, och mängden provmaterial var 2,2 respektive 2,7 ton.

2.3 Provberedning

2.3.1 Kornstorleksfördelning

MinPro, Stråssa, siktade upp provmaterialen i olika storleksfraktioner på uppdrag av SP. För detta ändamål köpte MinPro in nya siktdukar med specifikationer uppställda av SP. Dessa specifikationer var något strängare än vad som anges i ISO 3310-1 [7]. Se även avsnitt 4.2.3 och tabell 6. Kontrollmätning av dukarna visade att kraven uppfylldes. De uppmätta maskvidderna var samma som de nominella.

MinPro tillhandahöll kornstorleksfördelningen på provmaterialen. Dessa data tjänade som underlag för den proportionering av laboratorieproverna som SP senare utförde. Vid provberedningen eftersträvades att bibehålla det producerade materialets ursprungliga kornstorleksfördelning.

35 laboratorieprover bereddes genom invägning av lika stora mängder av respektive storleksfraktion till varje laboratorieprov. 5 stycken laboratorieprov av varje materialtyp valdes slumpmässigt och kontrollsiktades av SP, före det slutliga provutskicket, för att säkerställa att proverna var så lika som möjligt. Information om spridningen i SPs provningsresultat för dessa kontrollprover ges i tabellerna 3 och 4.

Ju större skillnaden är mellan proverna desto svårare är det att dra några slutsatser om skillnaden mellan laboratorieresultatet. Därför är det viktigt att ha en så liten skillnad som möjligt och kontroll på den variation som förekommer.

En viktig sak att påpeka är att jämförelseprovningen inte beaktar den osäkerhet som finns i själva provtagningen eller provneddelning om den ingår i laboratoriernas rutinmässiga uppdragshantering. Dessa osäkerheter har minimerats i detta projekt genom SPs provberedningsförfarande. De utsända proverna provades i sin helhet av respektive laboratorium utan vidare neddelning.

De skillnader som redovisas i denna jämförelseprovning är resultatet av ett antal faktorer såsom transport, hantering, provningsutrustning, kalibrering, provningsprocedurer och kanske även i ett par fall beräkningen. Dessutom tillkommer en mindre variation som ursprungligen fanns mellan proverna.

2.3.2 Utskick

SP paketerade proverna i plastboxar, bl a med stötdämpande material för att minska risken för nedkrossning av provmaterialen under transporten.

SWEDAC hanterade utskicken och kodade såväl prover som laboratorier i samband med lastning av prover på lastbil. SP har därmed inte haft tillgång till information om vilka resultat som tillhör respektive laboratorium, annat än i de få fall där dessa skickat in svar direkt till SP. Val av prov till respektive laboratorium gjordes slumpmässigt av SWEDAC.

2.3.3 Utrustning

Av de 33 deltagande laboratorierna så har 4 inte haft tillgång till de önskvärda mellansiktarna 45 och 22,4 mm. Detta innebär att utvärderingen endast kunde ske utifrån resultaten med maskvidderna 80, 63, 31,5 och 11,2 mm, dvs de av Banverket föreskrivna maskvidderna.

Resultatredovisningen avseende mängden kvarstannande material på respektive sikt inkluderar även mellansiktar. Det är av flera anledningar önskvärt att dessa siktar används framöver, bl a eftersom det ger både Banverket och producenterna ett bättre underlag för bedömning av produkten. Erfarenhet ifrån SPs uppdragsverksamhet visar att det förekommer makadamballast med större delen av materialet mellan 31,5 och 45 mm. Detta är inte det normala fallet men innebär att materialet är godkänt enligt kravspecifikationerna. Det är dock tveksamt om produktens funktion är likvärdig med den vars material fördelar sig jämnt över hela storleksintervallet.

I samband med maskinell siktning så belastas dessutom inte siktarna lika mycket om mellansiktarna tas med. Detta gynnar en högre rensiktningegrad samt minskar slitaget på siktdukarna.

3 Allmänna beräkningsprinciper

Beräkningarna i detta projekt baseras på ISO 5725-2, 1994 samt Youdentekniken för enkelprovsbestämning. Några uttryck som används i rapporten definieras nedan [8].

Repetierbarhet (r_1) definieras som provningsresultat som erhålles med samma provningsmetod på olika analysprov från samma laboratorieprov, på ett laboratorium, med samma provningsperson, samma provningsutrustning och inom kort tidsperiod. Med 95 % sannolikhet hamnar två provningsresultat inom r_1 om förutsättningen ovan gäller. Standardavvikelsen inom laboratoriet betecknas ofta S_r .

Reproducerbarhet (R_1) definieras som provningsresultat som erhålles med samma provningsmetod på analysprov från olika laboratorieprov (från samma ursprungsparti), med olika provningsperson och olika provningsutrustning. Med 95 % sannolikhet hamnar två provningsresultat inom R_1 om förutsättningen ovan gäller. Standardavvikelsen mellan olika laboratorier betecknas ofta S_R .

Avvikelse eller sk **outliers** (även kallat extremvärde) är enligt definitionen i ISO 5725-1 [9] sådana värden som är oförenliga med resten av värdena i projektet. Man kan även definiera sådana värden kvantitativt på statistiska grunder, vilket beskrivs i ISO 5725-2. Det kan röra sig om för stora skillnader inom det egna laboratoriet vid provning av dubbelprov. Det kan även röra sig om för stora avvikelser ifrån det samlade medelvärdet för projektet, dvs skillnad mellan laboratorier.

SWEDACs riktlinjer för att klassificera resultat som en stor avvikelse är, något generaliserat, upprepade avvikelser som är större än $2s$, dvs 2 gånger standardavvikelsen, samt enstaka överskridande som är större än $3s$, se vidare nedan under kornstorleksfördelning.

I nya ISO 5725-standarden från 1994 har man bl a infört h- och k-statistik som är mycket användbara för att på ett enkelt och överskådligt sätt jämföra laboratoriernas resultat.

H-statistik är enkelt uttryckt ett mått på hur mycket det egna resultatet skiljer sig från projektets samlade medelvärde. Skillnaden/avvikelsen uttrycks i form av antalet standardavvikelser. Resultatet/skillnaden normaliseras genom att dividera med den medelspridning som erhöles i projektet (s). Se även bilaga 3 och 4.

K-statistik är ett uttryck för spridningen inom laboratoriet (en form av repeterbarhet). Vid analys av dubbelprov så är skillnaden i resultat mellan dessa båda prov, variationsvidden, ett mått på den interna spridningen. Resultaten normaliseras mot den medelspridning som erhöles i projektet. Konkret innebär det att man jämför det egna laboratoriets spridning med medelspridningen i hela projektet.

Eftersom det inte ingått dubbelprov i projektet så kan k-statistik inte användas direkt, utan modifieringar. Ett indirekt spridningsmått skulle kunna vara en jämförelse med medelvärdet från den inledande kontrollen av 5 prover, genomförd av SP, här kallad "referens". SP Rapport 1995:48 [10] har visat att med den tekniken SP använder fås en mycket liten spridning samtidigt som överensstämmelsen med manuell siktning är nära 100 %. Någon sådan utvärdering innefattas dock inte i denna rapport.

Youdentekniken används bl a då analyserna är mycket dyra eller om provberedningen, som i detta fallet, är kostnadskrävande. Enkelprov används och 2 provmaterial med relativt lika egenskaper. På så sätt utnyttjas det faktum att det systematiska felet är lika stort vid analysen av båda proverna och därmed försvinner vid beräkning av differensen mellan resultaten. Kvar blir då endast det slumpmässiga felet. Trots att enkelprov används fås ändå ett mått på spridningen inom laboratoriet. Se mer nedan under resultatdiskussion om LA-talet i avsnitt 4.3.

4 Resultat och diskussion

4.1 Allmänt

Resultaten i sin helhet indikerar att endast ett fåtal så kallade outliers (signifikant avvikande resultat) förekom i projektet avseende siktninganalysen. Beträffande provningarna av Los Angeles-talet så förekom 2 outliers.

I texten nedan redovisas resultaten och diskuteras möjliga orsaker till en del av den variation som förekommer. Dessutom ges allmänna rekommendationer till hur enskilda laboratorier bör gå vidare då avvikelser förekommer. Enskilda resultat diskuteras dock ej i detalj, bland annat på grund av att detta är den första organiserade jämförelseprovningen med makadamballast för järnväg. Det finns inga tidigare resultat att tillgå för att avgöra om det rör sig om systematiska eller slumpmässiga fel på lång sikt.

Efter de statistiska beräkningarna är det ytterst viktigt att även på tekniska grunder värdera de variationer som noterats.

Notera att det inte är en och samma avvikelse i absoluta procent som definierar gränsen för samtliga outlier i alla storleksintervall och för båda proverna. Gränsen är beroende av variationen i just det intervall man utvärderar. Är variationen/spridningen stor så krävs motsvarande stor avvikelse ifrån medelvärdet för att resultatet skall klassas som en outlier. Är den totala variationen liten så skall det inte mycket till förrän en avvikelse ifrån medelvärdet är lika med en outlier.

4.2 Kornstorleksfördelning

4.2.1 Allmänt

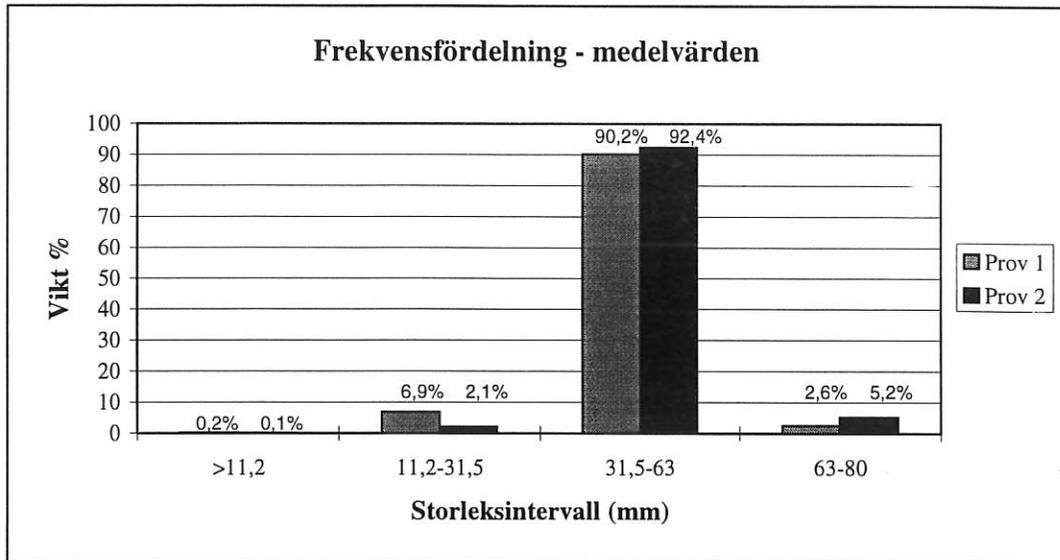
Kornstorleksfördelningen hos de båda provmaterialen redovisas som resultatet av samtliga laboratorier (outliers ej medräknade) i figur 1 och tabellerna 1 och 2, nedan. Delresultat redovisas i bilagorna 1 - 2. Material mindre än 11,2 mm är genomgående resultatet av tvättning och inte från mullbildning i samband med påföljande siktning. Den senare redovisas separat, se tabell 7 och figur 2.

Tabell 1. Ackumulerad mängd passerande (vikt %) respektive maskvidd. Provmaterial 1 samtliga laboratoriers resultat.

Maskvidd (mm)	Medelvärde Prov 1	Spridning (s)	Variationsvidd
80	99,9	0,2	0,7
63	97,3	1,2	4,6
31,5	7,1	0,7	3,7
11,2	0,2	0,4	2,3

Tabell 2. Ackumulerad mängd passerande (vikt %) respektive maskvidd. Provmaterial 2 samtliga laboratoriers resultat.

Maskvidd (mm)	Medelvärde Prov 2	Spridning (s)	Variationsvidd
80	99,9	0,2	0,9
63	94,6	1,7	7,2
31,5	2,3	0,3	1,4
11,2	0,1	0,1	0,3



Figur 1. Stapeldiagram över provmaterialens frekvensfördelning.

4.2.2 Precisionsdata

I tabellerna 3 och 4 redovisas medelvärden av SPs 5 inledande kontrollsiktningar av slumpmässigt utvalda prover. Resultaten kallas ”referens” utan närmare användning av dem för fortsatta bedömningar eller beräkningar. Även spridningen mellan dessa 5 prover är angiven. De kan tjäna som ett generellt mått på variationen mellan de olika utsända laboratorieproverna. Medelvärde i tabellerna står för projektets totala medelvärden. De samlade precisionsdata återfinns i tabell 5.

Som nämnts tidigare kan de enskilda laboratorierna värdera sin egen avvikelse mot ”referensvärdet” för prov 1 och prov 2 för att på så sätt få ett mått på sin repeterbarhet. För en god repeterbarhet så bör avvikelserna vara av samma storleksordning och helst antingen positiv eller negativ, för båda proverna.

För att kunna jämföra resultaten mellan de olika laboratorierna måste man se på hur mycket material som förekommer mellan två siktar, dvs frekvensfördelning. Den resulterande ackumulerade vikt % passerande en sikt påverkas av eventuella fel på alla siktar som är mindre än denna. Med andra ord så ackumuleras även felet. Dessutom kan ett positivt fel för en maskvidd kompenseras av ett negativt fel för närmast intilliggande maskvidd vilket kan ge ett skenbart godkänt resultat.

Båda beräkningssätten är behäftade med vissa svagheter. Även när skillnader i frekvensfördelningen jämförs är resultatet i ett storleksintervall beroende av resultatet i det närmast större intervallet. Ett exempel skulle kunna vara följande; för små maskor på 63 mm-sikten leder till att mängden material i intervallet 63-80 mm är för stort. Som en följd av detta är det en risk att det även blir för lite material i intervallet 31,5-63 mm. Det senare är dock även beroende av hur siktningen på 31,5 mm sikten fungerar. Mönstret med för höga värden i det övre storleksintervallet och påföljande för låga värden i det intilliggande mindre intervallet syns i resultaten från 3 laboratorier.

Nedan redovisas den totala spridningen som förekommer inom projektet på olika sätt.

Tabell 3. Medelvärden för, samt variation mellan olika storleksintervall, Prov 1.
Outliers är inte inkluderade.

Intervall (mm)	Prov 1 totalmedel (vikt %)	Prov 1 (SPs medel, 5 prover)	Prov 1 (total spridning, s)	Prov 1 (SPs spridning)	Variationsvidd (vikt %)
< 11,2	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2
11,2-31,5	6,9	6,7	0,6	0,5	2,6
31,5-63	90,2	89,8	1,5	1,2	4,0
63-80	2,6	3,2	1,1	0,8	3,7

Tabell 4. Medelvärden för, samt variation mellan olika storleksintervall, Prov 2.
Outliers är inte inkluderade.

Intervall (mm)	Prov 2 totalmedel (vikt %)	Prov 2 (SPs medel, 5 prover)	Prov 2 (total spridning, s)	Prov 2 (SPs spridning)	Variationsvidd (vikt %)
< 11,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
11,2-31,5	2,1	1,9	0,3	0,1	1,1
31,5-63	92,4	92,3	1,7	1,0	6,0
63-80	5,2	5,6	1,6	0,9	6,0

Tabell 5. Den totala spridningen i projektet och precisionsdata för båda provmaterialen.
Outliers är inte inkluderade.

Intervall (mm)	Sr	r (vikt %)	SR	R
< 11,2	0,03	0,1	0,04	0,1
11,2-31,5	0,36	1,0	0,40	1,1
31,5-63	1,11	3,1	1,34	3,7
63-80	1,17	3,3	1,29	3,6

r står för repeterbarheten för alla laboratorier exklusive outliers, för respektive storleksintervall och är beräknad med Youdentekniken.

R står för reproducerbarheten för alla laboratorier exklusive outliers, och är beräknad enligt ISO 5725-2.

4.2.3 Skillnader på grund av siktar

För att få en känsla för storleksordningen på skillnaderna mellan resultaten bör det nämnas att en sten i storleksintervallet 45-63 mm väger i snitt ca 250 g. Detta är drygt 0,5 % av provets totala vikt och innebär att det får anses som irrelevant att diskutera skillnader som är mindre än 1 %. Sådana skillnader kan lätt uppstå genom att en sten faller igenom en maska på en sikt men inte genom motsvarande maska på ett annat laboratoriums sikt trots att båda maskorna uppfyller kraven enligt ISO 3310-1.

I utskicket med instruktioner efterfrågades siffervärden från kalibreringarna men tyvärr har inte detta lämnats av alla deltagare, varför det är omöjligt att i samtliga fall härleda orsaken till variationer som eventuellt beror på olika maskvidder.

På grund av copyright kan inte samtliga krav enligt ISO 3310-1 för de aktuella maskvidderna redovisas. Medelvärde för toleranser samt maximalt värde för enskild maska redovisas dock summariskt i tabell 6, nedan.

Tabell 6. Utdrag ur ISO 3310-1: 1990. Samtliga värden är angivna i mm.

Maskvidd (mm)	Tillåten avvikelse för enskilt värde	Tillåten avvikelse för medelvärdet
80	3,24	2,37
63	2,71	1,87
45	2,12	1,35
31,5	1,63	0,95
22,4	1,27	0,68
11,2	0,77	0,35

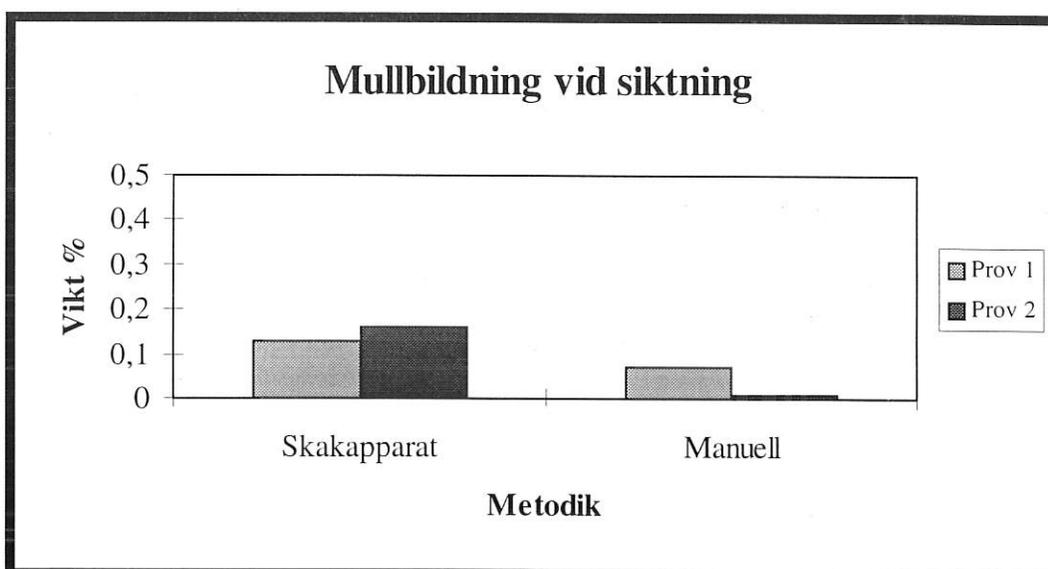
4.2.4 Skillnader på grund av utrustning/metodik

Det finns en mindre, systematisk skillnad i resultat på grund av olika siktningsförfaranden; manuellt kontra maskinellt/skakapparat. Skillnaderna är i absoluta procenttal mycket små (< 0,2 %), se tabell 7 nedan. I likhet med vad som påpekats i tidigare studier av SP [10] verkar det vara fullt möjligt att arbeta med båda metodikerna utan att materialet förändras i någon avgörande utsträckning.

Tabell 7. Skillnader i "mullbildning", beroende på siktningsmetodik, dvs skapande av material < 11,2 mm under siktningsmetodik.

	Skakapparat	Manuell
Prov 1 , medelvärde	0,13	0,07
Standardavvikelse	0,09	0,18*
Prov 2 , medelvärde	0,16	0,01
Standardavvikelse	0,10	0,02

* 0,04 om extremvärdet från lab 5 ej tas med i beräkningen.



Figur 2. Stapeldiagram som ger överskådlig bild av skillnaderna i mullbildning på grund av olika siktningsmetodiker. Staplarna motsvarar medelvärden av samtliga laboratoriers resultat.

4.2.5 Bedömningar av outliers

Det samlade resultatet innebär att man i praktiken endast kan tala om ett fåtal outliers, trots de tydliga variationerna i diagrammen och tabellerna. Outliers är här definierade som lab/resultat vilka upprepade gånger avviker mer än 2s eftersom detta är ett av SWEDACs gränsvärden (se kapitel 3.1). Det finns ett antal sådana men de är samtliga mindre än 3s. Se även bilaga 3 och 4, för frekvensfördelning, avvikelse i absoluta procenttal samt h-statistik.

I diagrammen över h-statistik motsvarar varje stapel ett laboratoriums avvikelse jämfört med det totala medelvärdet. Avvikelsens storlek anges, som beskrivs ovan, i form av antal standardavvikelser.

Beträffande mängden kvarstannande material (bilaga 1) på respektive sikt, så är spridningen ibland mycket stor vilket är något som bör utvärderas separat.

Tabell 8. Laboratorier som uppvisat resultat som avviker ifrån medelvärdet med 2 gånger standardavvikelsen (2s) eller mer. Minustecken indikerar att man har för lite material i intervallet och plustecken det motsatta. Fetstil indikerar avvikelser större än 3s.

Lab	Material inom respektive storleksintervall (mm)			
	< 11,2	11,2-31,5	31,5-63	63-80
3		prov 1(-)		
8	prov 1(+)		prov 1(-)	
9			prov 1(+) & 2(+)	prov 1(-) & 2(-)
15	prov 2(+)			
20			prov 2(+)	prov 2(-)
21	prov 2(+)	prov 2(+)		
25		prov 1(+)	prov 1(-)	

Endast ett fåtal kommentarer är relevanta att göra till resultaten i tabell 8. Samtliga laboratorier som har avvikelser bör dock se över såväl utrustning som provningsmetodik.

För material **mindre än 11,2 mm** finns tre avvikelser noterade varav två stora, > 3s.

För laboratorium 15 och 21 gäller att avvikelsen i absoluta procenttal är små: 0,2 respektive 0,1 vikt %. Resultaten avseende mängden borttvättat material hos både prov 1 och 2 från laboratorium 21 är systematiska och tyder dock på att laboratoriet kan ha varit mer nitiskt än övriga i sin tvättprocedur. I gram räknat rör det sig om 126 respektive 122 g, vilket är ungefär dubbelt så mycket som de flesta övriga lab. Medelvärdet är ca 60 g för båda provmaterialen.

Laboratorium 15 och 26 har tvättat bort mer på ett av provena. Laboratorium 26 är ingen outlier, men har tvättat bort 134 g av prov 1. Avvikelsen är alltså inte systematisk och därför mer svårförklarlig. Den kan även bero på ursprungliga skillnader i provmaterialen eller transportskador.

För laboratorium 8 är avvikelsen mycket stor, då 1096 g har tvättats bort från prov 1. Detta är ett resultat som svårligen kan förklaras med ursprunglig variation i provmaterialet. Skillnaden mot medelvärde är 2,18 vikt %, vilket motsvarar en avvikelse på mer än 5 s. Laboratoriets resultat för prov 2 är däremot helt normalt. Sådana slumpmässiga skillnader är oftast mycket svårförklarliga. Det finns inget noterat i svarsprotokollet som antyder att provet sett konstigt ut vid ankomst till laboratoriet eller på annat sätt skulle skadats i transporten. Ett skriv- eller räknefel kan inte uteslutas.

För intervallet **11,2 - 31,5 mm** förekommer 2 outliers, lab 21 och 25. Avvikelserna är relativt små i absoluta procenttal: 0,8 respektive 1,5. För lab 25 hänger avvikelsen dessutom sannolikt ihop med motsvarande avvikelser i det större storleksintervallet, 31,5-63 mm och kan därför vara en funktion av siktningen på 31,5 mm maskvidd.

För intervallet **31,5 - 63 mm och 63 - 80 mm** förekommer 6 outliers, lab 8, 9, 20 och 25.

Laboratorierna 9 och 20 har systematiska fel för båda proverna i intervallen 31,5-63 och 63-80 mm. I ena fallet är resultatet för lågt och i det andra för högt. Det är dock inte oberoende fel eftersom de låga värdena för intervallet 63-80 mm sannolikt ger de förhöjda värdena i nästa intervall 31,5-63 mm. Detta tyder på att något har hänt vid siktning på 63 mm sikten. Insända värden från kalibrering av sikten indikerar att maskvidden är godkänd men större än 63 mm, dock inte signifikant större än flera andra laboratoriers siktar vilka har rapporterat "normala" provningsresultat för motsvarande intervall.

Laboratorium 25 uppvisar samma mönster med för liten materialmängd i det större intervallet och påföljande för mycket i nästa intervall. Laboratorium 20 har i stort sett samma värden på 63 mm-sikten som lab 9. För laboratorium 25 är det siktningen på maskvidd 31,5 mm som avviker och ger upphov till "fel" i båda intervallen.

Laboratorium 21 ligger högt med resultat för prov 2 i båda de minsta intervallen. De är dock delvis oberoende av varandra eftersom resultatet för mängden mindre än 11,2 mm kommer från den inledande tvättningen.

4.3 Los Angeles-tal

Endast 9 laboratorier kunde delta avseende denna egenskap. Då Los Angeles-talen (LA) var relativt lika för båda materialen och provningsmetoden förutsätter enkelprov så passar Youdentekniken mycket bra för sammanställning och utvärdering av resultaten.

Resultaten har sammanställts i tabell 9 nedan.

Av resultaten framgår att det finns två outliers (extremvärden), markerade med asterisk. Dessa enkelvärden har inte använts i de fortsatta beräkningarna. I diagrammet betecknas de som "excluded" och avviker med mer än 2 s respektive mer än 3 s från medelvärdena.

Om siktningemetodiken i den första analysen av provmaterialens kornstorleksfördelning har rundat materialet olika så att det påverkar LA-talet är svårt att avgöra eftersom projektet var designat för siktninganalysen i första hand. Endast ett laboratorium, nr 6, har siktat manuellt och uppvisar även de högsta värdena för LA-tal. Det går emellertid inte på detta underlag att avgöra om dessa olika tekniker inverkar signifikant på resultaten. Den lilla mängd material som redovisas som mullbildning tyder dock på att nötning på grund av maskinell siktning påverkat materialet obetydligt i samtliga fall.

Tabell 9. Resultat från bestämningar av LA-talet.

Lab	Prov 1	Prov 2	Siktning
2	11,6	6.9*	S
4	11,7	11	S
6	12,5	13,5	M
15	11,6	12,7	S
19	8.4*	11,9	S
20	11,2	12,4	S
26	10,4	9,7	S
27	11,5	12,6	S
32	11,1	13,2	S
Medelvärde	11,4	12,2	

Medelvärde i kursivstil. M Manuell siktning. S Siktning i skakapparat * outlier

Tabell 10. Precisionsdata för detta projekt och i ett EU-projekt.

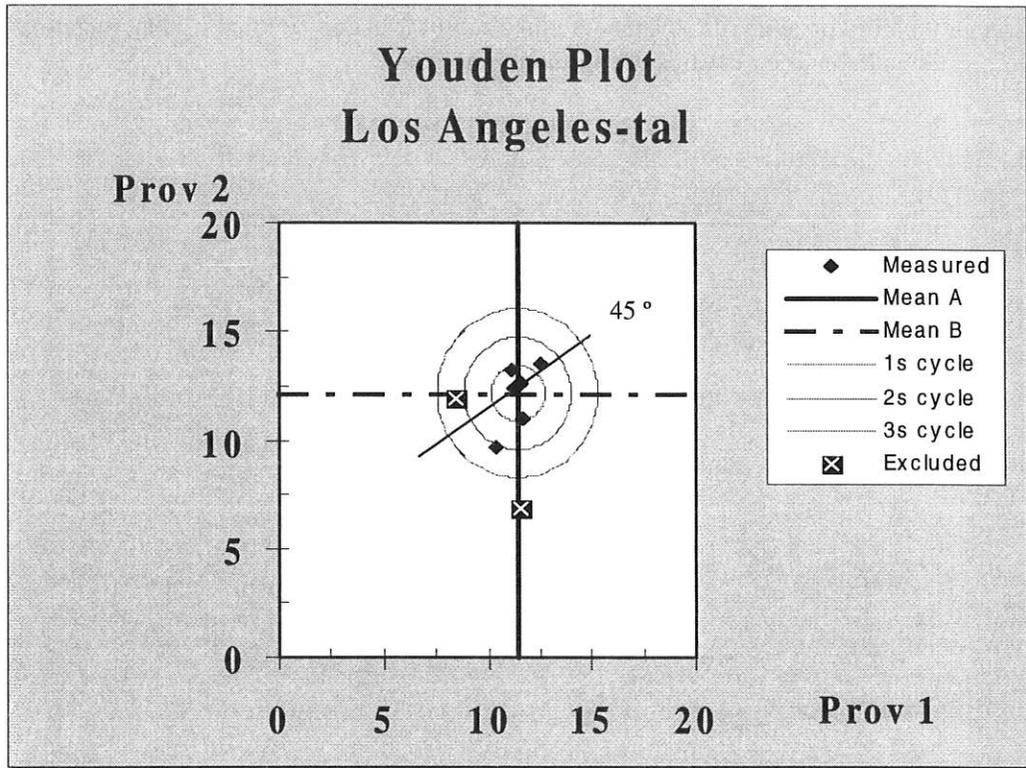
Precisionsdata	SP-projekt	EU-projekt
Sr	0,7	
r	2,1	0,7
SR	1,0	
R	2,7	2,0

Precisionsdata (se tabell 10) för de 9 svenska laboratorierna ligger nära samma nivå som de som erhållits i en omfattande jämförelseprovning på europeisk nivå [11] med 28 deltagande laboratorier: $r_1 = 0,06 X$ och $R_1 = 0,17 X$ där X motsvarar LA-talet.

I EU-projektet redovisas precisionsdata som avhängigt av nivån på LA-talet. I detta projekt har en gemensam siffra använts (11,8, medelvärde i projektet) eftersom nivån är likvärdig. Siffrorna i detta projekt gäller dock endast LA-tal av motsvarande storleksordning.

Det konstaterades i EU-projektet att resultat från dubbelprovning vid ett och samma laboratorium sällan ger resultat med större skillnad än 1,0 i LA-tal.

Vid provning på två laboratorier kan man enligt denna jämförelseprovning förvänta sig skillnader på uppåt 2,7 enheter. Motsvarande siffror enligt EU-projektet på denna nivå är 2,0.



Figur 3. Medelvärden för respektive prov ges som en linje i diagrammet. Varje punkt representerar ett laboratoriums resultat för båda provena. Prov A motsvarar material 1.

I Youdendiagrammet ger skärningspunkten för det gemensamma medelvärdet en referenspunkt för vidare bedömning. Referenspunkten motsvarar det "sanna värdet". I jämförelseprovingar med ballast är det vanligen medelvärdet som antas som det sanna värdet. Utifrån referenspunkten kan man rita cirklar med radien (= avståndet från medelvärdet) som motsvarar 1s, 2s osv för bedömning av eventuella outliers. Två outliers (> 2s) har identifierats. Dessa är ej medtagna vid beräkningarna av precisionsdata.

Av mönstret i diagrammet kan man dessutom bedöma om avvikelserna är systematiska eller slumpmässiga. Systematiska fel är vanligast och ger en spridning av punkterna mer eller mindre längs en diagonal genom det "sanna värdet" med 45 graders lutning. Detta kommer sig av att provmaterialen skall vara så lika varandra som möjligt. Är det "sanna värdet" för båda materialen t ex LA-tal 12 så får man vid systematisk avvikelse antingen lägre eller högre värden för båda provena. Systematiska fel innebär att avvikelsen är lika stor för båda provena. Plottar man sådana resultat så ligger de exakt längs en 45 ° linje. Eftersom verkligheten inte består av enbart systematiska fel så får man även en viss spridning åt andra håll.

Systematiska fel är oftast lättast att komma till rätta med eftersom de vanligen beror på utrustningen, räknepfel i en formel eller kanske konsekvent fel i provberedningen. Vid en noggrann genomgång av såväl utrustning som provningsproceduren så kommer man oftast till rätta med dessa fel. Avståndet från referenspunkten längs med den tänkta 45 ° diagonalen är ett mått på det systematiska felet.

Slumpmässiga fel sprider vinkelrätt ut från diagonalen. Sådana fel är värre eftersom de är svårare att avgöra orsaken till. Avståndet vinkelrätt ut från den tänkta 45 ° diagonalen till laboratorieresultatet är ett mått på det slumpmässiga felet.

5 Diskussion

Provningsresultatet visar att det finns en systematisk skillnad, avseende mängden finmaterial (<11,2 mm) som bildas vid siktningen, den så kallade "mullbildningen", mellan de två provningsmetoderna manuell siktning respektive siktning i skakapparat. Mängden är dock mycket liten varför det inte är relevant att föreskriva den ena metodiken framför den andra. Av kommentarerna som bifogades laboratorieresultaten kan det dock noteras att en tydlig instruktion från Banverket är önskvärd.

Flera laboratorier har sina invanda rutiner med manuell siktning i kombination med provning av LT-index varför de inte ser någon fördel med att använda skakapparat. Observera att mullbildningen bör särredovisas enligt Banverkets intentioner. Producenten kan inte hållas ansvarig för den fragmentering och nötning som åstadkoms på grund av laboratoriets hantering. Vikten hos den producerade mängden finmaterial är försumbar jämfört med hela provets vikt, varför det enligt SPs åsikt inte behöver ingå i beräkningarna av den resulterande kornstorleksfördelningen.

Skillnader i resultat för övriga storleksintervall kan inte generellt hänföras till manuell siktning eller siktning i skakapparat.

Den spridning som redovisas i projektet är mindre än vad som kan utläsas av andra genomförda internationella jämförelseprovningar [12]. De senare inkluderar dock vanligen neddelning på laboratorierna, vilket markant ökar den totala osäkerheten. Detta projektet var organiserat för att minimera variationer som beror på annat än själva siktningen.

För de mest intressanta storleksintervallen 31,5 - 63 mm samt < 11,2 mm så är reproducerbarheten (R) 3,7 % respektive 0,1 %. Detta betyder att i 95% av fallen så är skillnaden i provningsresultatet mellan två laboratorier mindre eller lika med R. Förutsättningen är att man provar ett material som är taget från samma parti och neddelat med samma precision som i detta projekt. I praktiken kommer sannolikheten för större skillnader än R att vara högre då eftersom det normalt inte är möjligt att dela ned prover med denna precision annat än i ett laboratorium.

För att hålla den totala osäkerheten så låg som möjligt är det ytterst viktigt att få fram detaljerade instruktioner för, och utbildning i, provtagning och provneddelning. Erfarenheten visar att reproducerbarheten kan minskas genom aktivt deltagande i fortlöpande jämförelseprovningar. Fortsatta jämförelseprovningar är därför planerade på en något mindre sortering 20 - 50 mm vilket motsvarar de flesta sorteringar tillåtna enlighet med kommande europastandard.

Beträffande provning av Los Angeles-talet så kan det konstateras att reproducerbarheten ligger något högre än i ett nyligen genomfört europaprojekt. Två till synes helt oförklarliga och grova avvikelser noterades. Även här kan det därför konstateras att det är motiverat med fortsatta jämförelseprovningar, speciellt med tanke på kommande europastandard som endast kräver ett analysprov. För att vara säker på att rapportera ett riktigt värde så krävs det en fungerande kvalitetssäkring och erfarenhet av provningsmetoden. Ett par laboratorier anmälde att de inte tidigare hade utfört några provningar enligt metoden. För en fungerande kvalitetssäkring krävs därför även känsla för vad som är rimliga resultat, dvs en kunskap om vilken nivå på LA-tal man kan förvänta sig med viss typ av bergart och mineralstruktur.

6 Referenser

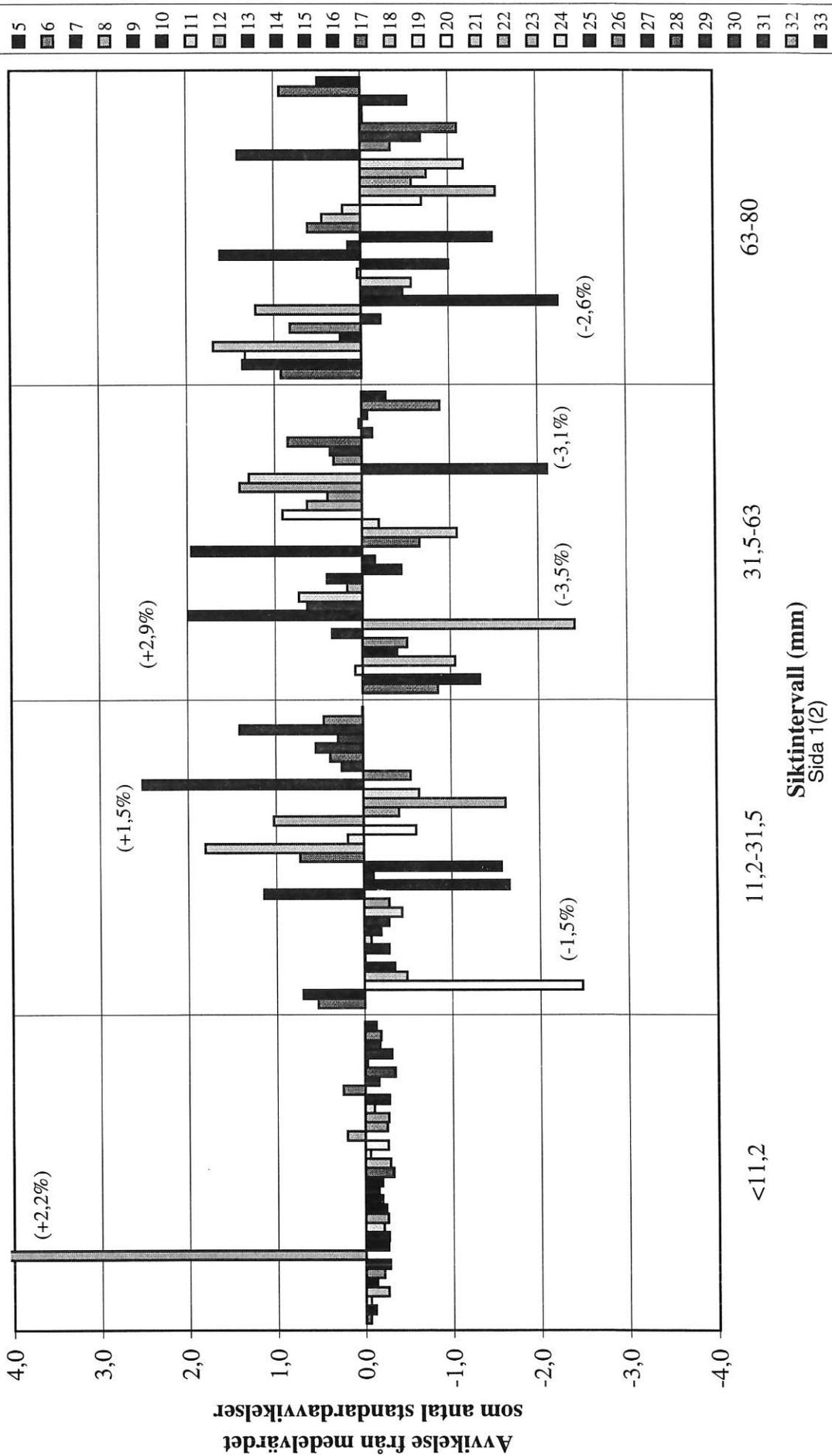
- [1] BVF 585.52. Banverkets föreskrift: Makadamballast för järnväg.
- [2] Proposed final draft of prEN 1097-2 (1995). Tests for Mechanical and Physical Properties of Aggregates. Part 2: Methods for the determination of the resistance to fragmentation.
- [3] ISO Guide 43: Development and operation of proficiency testing programs
- [4] RIS 04: Rutin- och instruktionssamling, SWEDACs jämförelseprogram
- [5] ISO 5725-2 (1994): Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.
- [6] Youden. W. J. Statistical Techniques from Collaborative Tests
- [7] ISO 3310-1 Test sieves - Technical requirements and testing - Part 1: Test sieves of metal wire cloth.
- [8] prEN 932-6. Tests for general properties of aggregates. Part 6: Definitions of repeatability and reproducibility.
- [9] ISO 5725-1 (1994): Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 1: General principles and definitions.
- [10] SCHOUENBORG, Björn, Siktningsanalys av makadamballast för järnväg - En jämförelse mellan olika metoder. SP Rapport 1995:58
- [11] Sym, R., 1994: The Proposed CEN Method for the Los Angeles Test: Results of the 1993/4 Cross-Testing Experiments. Teknisk rapport från EU projektet 134.
- [12] ASTM C 136: Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

		Ackumulerad mängd passerande (vikt %)					
Provmaterial 2	Lab	80 mm	63 mm	31,5 mm	11,2 mm		
	1	100,0	95,1	2,5	0,1		
	2	99,8	94,6	2,2	0,2		
	3	100,0	96,4	2,2	0,2		
	4	99,9	95,0	2,3	0,1		
	5	100,0	95,0	2,1	0,1		
	6	100,0	95,7	2,1	0,1		
	7	99,8	94,6	1,8	0,1		
	8	100,0	96,5	2,1	0,1		
	9	100,0	98,0	2,3	0,1		
	10	100,0	94,4	2,2	0,1		
	11	99,8	96,0	2,5	0,1		
	12	99,9	93,4	1,9	0,1		
	13	99,9	95,2	2,8	0,1		
	14	100,0	91,3	1,9	0,1		
	15	99,7	94,5	2,1	0,4		
	16	100,0	97,3	2,0	0,1		
	17	99,9	92,2	2,2	0,1		
	18	99,8	93,4	2,5	0,1		
	19	99,9	92,5	1,7	0,1		
	20	99,9	98,5	2,2	0,1		
	21	99,6	93,6	3,2	0,3		
	22	99,8	94,5	1,9	0,1		
	23	100,0	96,2	2,2	0,1		
	24	100,0	93,6	2,0	0,2		
	25	99,7	94,2	2,8	0,1		
	26	99,7	93,7	2,5	0,2		
	27	99,7	94,4	2,6	0,2		
	28	99,1	94,0	2,6	0,2		
	29	100,0	93,1	2,5	0,2		
	30	99,9	92,1	2,1	0,1		
	31	100,0	94,5	2,3	0,1		
	32	99,8	96,0	2,2	0,1		
	33	100,0	93,9	2,2	0,1		
Statistik	80 mm	63 mm	31,5 mm	11,2 mm	Mullbildning		
Medel	99,9	94,6	2,3	0,1	0,1		
Spridning (s)	0,19	1,64	0,31	0,06	0,11		
Variationsvidd	0,93	7,22	1,45	0,31	0,34		
Mängd passerande 11,2 mm är resultatet av tvättningen av inkommande provmaterial							
Observera att mullbildningen är resultatet från siktningsproceduren dvs skakapparat respektive manuell siktning. Denna mängd särredovisas i enlighet med Banverketets föreskrift							

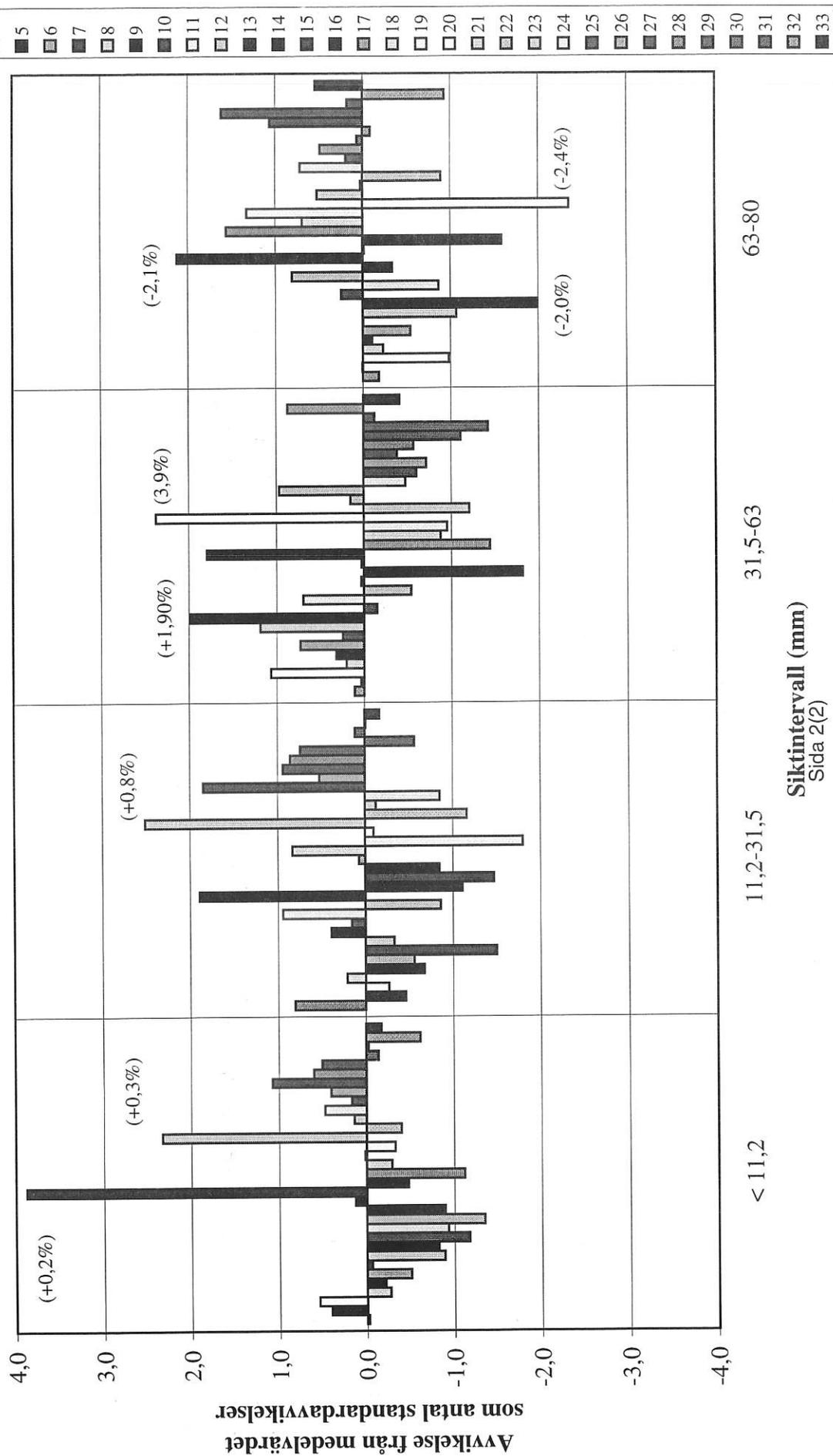
Prov 1	Frekvensfördelning			Avvikelse i absoluta %			h-statistik					
	Siktintervall (mm)	31,5-63	63-80	Siktintervall (mm)	31,5-63	>63	Siktintervall (mm)	11,2-31,5	31,5-63	63-80		
Lab	>11,2	11,2-31,5	63-80	<11,2	11,5-31,5	31,5-63	>63	Lab	<11,2	11,2-31,5	31,5-63	63-80
1	0,2	7,2	89,0					1	-0,1	0,5	-0,9	0,9
2	0,2	7,3	88,3					2	-0,1	0,7	-1,3	1,4
3	0,2	5,4	90,4	-1,5				3	-0,1	2,5	0,1	1,3
4	0,1	6,6	88,7					4	-0,3	-0,5	-1,1	1,7
5	0,1	6,7	89,7					5	-0,1	-0,3	-0,4	0,2
6	0,1	6,9	89,5					6	-0,2	0,0	-0,5	0,8
7	0,1	6,7	90,7					7	-0,3	-0,3	0,3	-0,2
8	2,4	6,8	86,7	2,2		-3,5		8	5,5	-0,1	2,4	1,2
9	0,1	6,8	93,1		2,9	-2,6		9	-0,3	-0,2	2,0	2,2
10	0,1	6,7	91,1					10	-0,3	-0,3	0,6	-0,5
11	0,1	6,6	91,3					11	-0,2	-0,4	0,7	-0,6
12	0,1	6,7	90,5					12	-0,3	-0,3	0,2	0,0
13	0,1	7,6	90,8					13	-0,2	1,1	0,4	-1,0
14	0,1	5,9	89,6					14	-0,2	-1,7	-0,4	1,6
15	0,1	6,8	90,0					15	-0,2	-0,1	-0,1	0,1
16	0,1	5,9	93,1					16	-0,2	-1,6	1,9	-1,5
17	0,1	7,3	89,3					17	-0,3	0,7	-0,7	0,6
18	0,1	8,0	88,7					18	-0,3	1,8	-1,1	0,4
19	0,2	7,0	90,0					19	-0,1	0,2	-0,2	0,2
20	0,1	6,5	91,6					20	-0,3	-0,6	0,9	-0,7
21	0,3	7,5	91,1					21	0,2	1,0	0,6	-1,5
22	0,1	6,7	90,8					22	-0,2	-0,4	0,4	-0,6
23	0,1	5,9	92,3					23	-0,3	-1,6	1,4	-0,8
24	0,2	6,5	92,1					24	-0,1	-0,6	1,3	-1,2
25	0,1	8,4	87,2	1,5		-3,1		25	-0,3	2,5	2,1	1,4
26	0,3	6,6	90,7					26	0,2	-0,5	0,3	-0,3
27	0,1	7,0	90,8					27	-0,2	0,2	0,4	-0,7
28	0,1	7,1	91,5					28	-0,3	0,4	0,8	-1,1
29	0,2	7,2	90,1					29	0,0	0,5	-0,1	0,0
30	0,1	7,1	90,3					30	-0,3	0,3	0,0	0,0
31	0,1	7,8	90,1					31	-0,2	1,4	-0,1	-0,5
32	0,1	7,2	88,9					32	-0,2	0,5	-0,9	0,9
33	0,1	6,9	89,8					33	-0,1	0,0	-0,3	0,5
Medel	0,2	6,9	90,2									
Outliers är markerade med fetstil											Avvikelse från medelvärdet i antal standardavvikelser	

Prov 2	Frekvensfördelning				Avvikelse i absoluta %				h-statistik				
	Siktintervall (mm)	11,2-31,5	31,5-63	63-80	<11,2	11,5-31,5	31,5-63	>63	Lab	<11,2	11,2-31,5	31,5-63	63-80
1	0,1	2,4	92,6	4,9					1	0,0	0,8	0,1	-0,2
2	0,2	2,0	92,4	5,2					2	0,4	-0,5	0,0	0,0
3	0,2	2,1	94,1	3,6					3	0,5	-0,3	1,1	-1,0
4	0,1	2,2	92,7	4,8					4	-0,3	0,2	0,2	-0,2
5	0,1	1,9	92,9	5,0					5	-0,2	-0,7	0,3	-0,1
6	0,1	2,0	93,6	4,3					6	-0,5	-0,6	0,7	-0,5
7	0,1	1,7	92,8	5,2					7	-0,1	-1,5	0,2	0,0
8	0,1	2,0	94,3	3,5		1,9			8	-0,9	-0,3	1,2	-1,1
9	0,1	2,3	95,7	2,0			-3,2		9	-0,8	0,4	2,0	-2,0
10	0,1	2,2	92,1	5,6					10	-1,2	0,2	-0,1	0,2
11	0,1	2,4	93,5	3,8					11	-0,9	0,9	0,7	-0,9
12	0,1	1,9	91,5	6,5					12	-1,3	-0,9	-0,5	0,8
13	0,1	2,7	92,4	4,7					13	-0,9	1,9	0,0	-0,3
14	0,1	1,8	89,4	8,6			3,4		14	0,1	-1,1	-1,8	2,1
15	0,4	1,7	92,4	5,2	0,2				15	3,9	-1,5	0,0	0,0
16	0,1	1,9	95,3	2,7					16	-0,5	-0,8	1,8	-1,6
17	0,1	2,2	90,0	7,7					17	-1,1	0,1	-1,4	1,6
18	0,1	2,4	90,9	6,3					18	-0,3	0,8	-0,9	0,7
19	0,1	1,6	90,8	7,4					19	0,0	-1,8	-0,9	1,3
20	0,1	2,1	96,3	1,4		3,9	-3,8		20	-0,3	-0,1	2,4	-2,4
21	0,3	2,9	90,4	6,1	0,1	0,8			21	2,3	2,5	-1,2	0,5
22	0,1	1,8	92,6	5,3					22	-0,4	-1,2	0,1	0,0
23	0,1	2,1	94,0	3,8					23	0,1	-0,1	1,0	-0,9
24	0,2	1,9	91,6	6,4					24	0,5	-0,8	-0,5	0,7
25	0,1	2,7	91,4	5,5					25	0,2	1,8	-0,6	0,2
26	0,2	2,3	91,2	6,0					26	0,4	0,5	-0,7	0,5
27	0,2	2,4	91,7	5,3					27	1,1	0,9	-0,4	0,1
28	0,2	2,4	91,4	5,1					28	0,6	0,9	-0,6	-0,1
29	0,2	2,4	90,5	6,9					29	0,5	0,7	-1,1	1,1
30	0,1	2,0	90,0	7,8					30	-0,1	-0,6	-1,4	1,6
31	0,1	2,2	92,2	5,5					31	0,0	0,1	-0,1	0,2
32	0,1	2,1	93,8	3,7					32	-0,6	0,0	0,9	-0,9
33	0,1	2,1	91,7	6,1					33	-0,2	-0,2	-0,4	0,5
Medel	0,1	2,1	92,4	5,2									
Outliers är markerade med fetstil													Avvikelse från medelvärdet i antal standardavvikelser

Prov 1, "h-statistik" (x-medel)/s, för materialmängden som stannar mellan två siktar



**Prov 2, "h-statistik" (x-medel)/s, för
materialmängden som stannar mellan två siktar**



< 11,2

11,2-31,5

31,5-63

63-80

Siktintervall (mm)

Sida 2(2)