

Rapport

R66:1982

Rumsakustik i lyssningslokaler

**Projekteringsprinciper
för tidiga reflexer**

Jakub Kirszenstein

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	<i>ser</i>

R
AM

R66:1982

RUMSAKUSTIK I LYSSNINGSLOKALER
Projekteringsprinciper för tidiga reflexer

Jakub Kirszenstein

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790506-0
från Statens råd för byggnadsforskning till Avdelningen
för Byggnadsakustik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R66:1982

ISBN 91-540-3720-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sid.
1. Förord	6
2. Sammanfattning	7
3. Inledning	9
4. Projektbeskrivning	12
5. Fysikalisk bakgrund för kvalitetsfaktorernas uppbyggnad och för mätningarnas omfång	14
5.1 Tydlighet - "D %"	14
5.2 Modulationsdämpning "MD dB"	15
5.3 Tidstyngdpunkt "TTP msec"	15
5.4 Ekvivalent efterklangstid " T_{ekv} sek"	16
5.5 Ljudkällans och reflekterade ytors utstrålnings- egenskaper	17
5.6 Ljudtrycksnivå "Lp dB"	18
6. Mätningar av rumsakustiska parametrar och kvalitetsfaktorer. Egenskaper hos ljudkällan och reflekterade ytor.	19
6.1 Lokalbeskrivning, reflektorernas placering	19
6.2 Mätmetoder	22
6.3 Mät- och testsignaler	24
6.4 Registrering av mätsignalerna	24
6.5 Mätning av ljudkällans och reflektorernas egenskaper	25
6.6 Mätning av rumsakustiska parametrar	27
6.6.1 Efterklangstid	27
6.6.2 Ljudtrycksnivå	27
6.7 Mätning och beräkning av kvalitetsfaktorer	29
6.7.1 Modulationsdämpning	29
6.7.2 Tydlighet	29
6.7.3 Tidstyngdpunkt	31
6.7.4 Ekvivalent efterklangstid	31
7. Sammanställning av uppmätta utstrålningsegenskaper hos ljudkällan och olika typer av reflektorer	33

	sid.
8. Sammanställning av uppmätta parametrar och kvalitetsfaktorer under olika rumsakustiska förhållanden	44
8.1 Efterklangstid T_{60}	44
8.2 Ljudtrycksnivå	46
8.3 Kvalitetsfaktorer	60
8.4 Sammanställning av parametrar och faktorer	60
9. Analys av uppmätta parametrar och faktorer, deras förhållande och samvariation	
9.1 Allmän uppskattning av rumsakustiska förhållanden i den undersökta lokalen	105
9.2 Ljudtrycksnivå som funktion av avståndet	106
9.3 Modulationsdämpning som funktion av avståndet	108
9.4 Tydlighet som funktion av avståndet	110
9.5 Tidstyngdpunkt och ekvivalent efterklangstid som funktion av avståndet	111
9.6 Samvariation mellan kvalitetsfaktorer	112
10. Diskussion över reflektorernas inverkan på lokalens akustiska kvalité vid olika rumsakustiska förhållanden	114
10.1 Inverkan av lokalens absorptionsförmåga, reflektorernas placering och utformning av taket på samtliga parametrar och faktorer	114
10.2 Konstruktion och placering av reflektorer.	119
11. Referenser	127

BETECKNINGAR

TU	Taluppfattbarhet	(%)
D	Tydlighet	(%)
TTP	Tidstyngdpunkt	(ms)
MD	Modulationsdämpning	(dB)
T ₆₀	Efterklangstidens värde	(sek)
T _{ekv}	Ekvivalent efterklangstid	(s, ms)
EKT	Efterklangstid	
L _D	Nivå hos den direkta signalen	(dB)
L _{D+1}	Nivå hos den direkta signalen plus första reflex	(dB)
L ₅₀	Nivå av ljudtryckets summavärde under 50 ms av det akustiska förloppet	(dB)
p	Ljudtryck	(Pa)
I	Intensitet	(W/m ²)
ℓ	Avstånd	(m)
t	Tid	(s, ms)
α	Infallsvinkel	(°)
f	Frekvens	(Hz)

1. FÖRORD

I denna rapport redovisas undersökningar av inverkan av direkta signalers och tidiga reflexers nivåer och spektra på den akustiska kvalitén i lyssningslokaler.

I rapporten diskuteras också principer för förbättring av den akustiska kvalitén vid projektering av dessa lokaler.

Författaren tackar T Kihlman och M Kleiner som gett råd och synpunkter vid undersökningarna, F Torstensson och B Wijk som hjälpt till vid mätningarna och M Almgren för synpunkter på manuskriptet.

Projektet har finansierats av BFR med anslag 790506-0.

2. SAMMANFATTNING

En hörsals akustiska kvalitet beskriver hur väl information från en talare kan uppfattas. I praktiken avser en lokals akustiska kvalitet en allmän uppskattning av hela lokalen, inte den enskilda lyssningspositionen. Det visar sig nämligen att varje lokal, även de som uppfattas som goda, har platser där kvalitén är bättre resp. sämre. Detta gäller trots att efterklangstid, bakgrundsbuller, avstånd från ljudkällan osv är ungefär desamma.

Tidigare undersökningar av orsaken till detta, gjorda vid CTH, har visat att ljudkällans riktningsegenskaper och de näraliggande ytornas reflektionsegenskaper, spelar en viktig roll vid bestämmandet av samtliga positioners rumsakustiska kvalitet:

Platser, där de direkta signalerna kommer med liten utstrålningsvinkel från ljudkällan karaktäriseras alltid av bättre kvalitet än platser där signalerna kommer med större utstrålningsvinkel, trots att avståndet från ljudkällan är detsamma.

Detta projekt har försökt visa att man med hjälp av rätt dimensionerade och placerade reflektorer, och med speciell utformning av taket kan förbättra kvalitet på de platser som tidigare hade sämre kvalitet. Detta kan åstadkommas med hjälp av enstaka tidiga reflexer och man kan därvid få samma goda värden som man tidigare fått på de bättre platserna.

Dessa enstaka reflexer påverkar både den subjektiva och den objektiva uppskattningen av den akustiska kvalitén.

För att bestämma kvalitén har vi i projektet använt oss av redan kända och bl a på CTH:s avd för byggnadsakustik vidareutvecklade objektiva kvalitetsfaktorer. Mätningen av dessa kvalitetsfaktorer har skett med datorbaserade mätmetoder.

Användbarheten av dessa olika faktorer har analyserats med korrelationsberäkningar. Det har därvid visat sig att korrelationen mellan kvalitetsfaktorerna är stor och ligger mellan $R = 0,95$ och $R = 0,99$. Där kan man se att de uppmätta och de beräknade ekvivalenta efterklangstiderna på olika platser väl stämmer överens med de andra kvalitetsfaktorerna.

Det visar sig också att medelvärdet av efterklangstiden i lyssningslokalen är den viktigaste parametern för att bestämma gränsvärdet men endast för den bästa platsens kvalitet.

Med hänsyn till ovanstående anser vi också att den subjektiva, av människan uppskattade efterklangstiden, inte stämmer med det uppmätta medelvärdet, men däremot kan stämma med den ekvivalenta.

En subjektiv bedömning av inspelat material från en annan lyssningslokal, med längre EKT och från flera platser, visar att intrycket av efterklangstid inte stämmer med den uppmätta. Nära källan uppfattar man efterklangstiden som kortare än längre bort från källan - detta gäller också vid sidan av källan även om avståndet är detsamma - och detta sker på ungefär samma sätt som vid den uppmätta ekvivalenta efterklangstiden.

Projektets resultat framgår av tabeller och kurvor, där skillnaden mellan olika positioners kvalitet vid olika akustiska förhållanden, och den förbättring som skett med reflektorer visas. Dessutom skissas några praktiska tillämpningsexempel från lyssningslokaler.

3. INLEDNING

Under de sista decennierna har i olika länder lyssningslokalers akustiska kvalitet undersökts av flera forskare. För uppskattningen av kvalitén har först subjektiva metoder använts och senare även objektiva, fysikaliska metoder.

Det visar sig alltid att det finns flera parametrar och faktorer som påverkar kvalitén i lokaler avsedda för god taluppfattbarhet.

De viktigaste är:

- 1) lokalens efterklangstid (EKT)
- 2) EKT:s frekvensgång
- 3) signalens nivå,
- 4) bakgrundsbullrets nivå,

och beträffande samtliga positioner - i väldigt hög grad -

- 5) avståndet från ljudkällan.

I samma lokal kan alla de fyra första parametrarna betraktas som ungefär lika och då är den femte avgörande.

På platser som ligger på samma avstånd från ljudkällan där signaler kommer med olika utstrålningsvinklar uppstår skillnader i både den subjektivt och den objektivt uppskattade kvalitén.

Objektiv uppskattning av kvalitén i lokaler avsedda för tal bygger på olika mät- och beräkningsprinciper. Av de mest använda är jämförelsen av den energi som kommer till mottagningspunkten under de första 50 ms efter en kortvarig impuls, och den integrerade energin under hela efterklangsförloppet. Kvoten av dessa kallas "Deutlichkeit" och mäts i %. En annan metod bygger på undersökningar av rummets inverkan på talsignalens modulation. Faktorn som beskriver kvalitén kallas ofta "modulationsdämpning".

I en tredje metod, utvecklad vid CTH, beräknas en s k "ekvivalent efterklangstid" som beskriver tidsläget av tyngdpunkten för ett verkligt efterklangsförlopp, motsvarande den ekvivalenta rent exponentiella efterklangskurvan.

Dessa kvalitetsfaktorer visar att det finns skillnader på vissa platser men orsaken till detta har inte förklarats tillräckligt.

Våra undersökningar av flera lyssningslokaler (klassrum) visar att några av orsakerna är ljudkällans (talorganets) utstrålningsegenskaper och reflektionsegenskaperna hos ytor som ligger nära källan. Dessa egenskaper kan studeras genom analys av nivåns momentana värde i det första skedet av efterklangsförloppet.

I den direkta i normal riktning utstrålade signalen finns den äkta talinformationen. I andra riktningar utstrålas signaler med ändrad information. Den ändrade informationen beskrivs i form av nivåskillnader vid olika frekvenser.

När en sådan ändrad, direkt signal reflekteras vid en yta innehåller även den reflekterade signalen en ändrad information.

På platser där signaler kommer med små utstrålningsvinklar är den totala informationen lika med den äkta och ändringen av kvalitén beror mest på avståndet. På platser där utstrålningsvinkeln däremot är stor, är informationen förändrad och kvalitén beror också på utstrålningsvinkeln dvs på ljudkällans egenskaper. Dessa förändringar påverkar både den subjektivt uppskattade taluppfattbarheten och de objektiva kvalitetsfaktorerna.

Målsättningen i den presenterade rapporten är att visa hur man kan genom förbättring av informationen i de tidigt reflekterade signalerna, som i sin tur bidrar till den totala tidiga informationen, också förbättra den rumsakustiska kvalitén.

Detta kan ske genom användning av speciellt dimensionerade och enligt vissa regler placerade reflektorer samt - med tanke på ljudkällans riktningsegenskaper - på ett visst sätt utformade reflektionsytor i lokalen.

Med hänsyn till detta har i rapporten beskrivits val av reflektorer, deras dimensioner och placering samt mätmetoder för objektiv uppskattning av kvalitén och analysprinciper.

I rapporten ingår också en diskussion av reflektorernas konstruktion, använda mätmetoder samt en uppskattning av den väntade

subjektiva kvalitetsfaktorn med hjälp av enkla matematiska samband.

Dessutom finns i rapporten några exempel på en praktisk användning av reflektorer och utformning av reflekterade ytor i lyssningslokaler enligt de nämnda reglerna.

Projektet har omfattat: 1) förundersökningar där utstrålningsegenskaper hos ljudkällan och reflektionsegenskaper hos reflektorer med små dimensioner har analyserats och 2) undersökningar där kvalitetsegenskaper på olika platser i en vald lyssningslokal med varierande akustiska parametrar (EKT) har analyserats med och utan reflektorer.

I projektet har också ingått en vidareutveckling av den ekvivalenta efterklangstiden, som visar stor korrelation med modulationsdämpningen.

Rapporten omfattar alltså sammanfattningsvis:

1. Mätning av utstrålningsegenskaper av ljudkällan och olika typer av reflektorer.
2. Dimensionering av reflektorer, val av reflektorernas placering, ändring av rumsakustiska förhållanden (absorption och efterklangstid).
3. Mätning av parametrar och kvalitetsfaktorer vid olika rumsakustiska förhållanden, utan och med reflektorer.
4. Sammanställning av uppmätta parametrar och faktorer, beräkning av korrelation.
5. Analys av resultat.
6. Diskussion och slutsatser.
7. Några praktiska exempel på förbättringen av rummets kvalitet.

4. PROJEKTBESKRIVNING

Projektet har omfattat undersökningar av rumsakustiska parametrar och kvalitetsfaktorer i en medelstor lyssningslokal med två rumsakustiska förhållanden och med varierande placering av reflektorer avsedda för reflexion av ljudsignaler i förutbestämda riktningar.

Avsikten var att göra en analys av inverkan av en förutbestämd placering av reflektorer på de rumsakustiska parametrarna och kvalitetsfaktorerna som beskriver lokalens och enskilda platsers kvalitet.

Det viktigaste är att reflektorerna är placerade inom en begränsad utstrålningsvinkel från ljudkällan. Detta leder till val av den bästa placeringen av reflektorer och slutligen till val av utformning av olika ytor i lyssningslokaler.

Beroende på storleken av reflektorerna och deras placering och/eller utformningen av lokalens ytor kan ljudenergin få bidrag från de första reflexerna med minsta möjliga ändring i signalspektrum.

På så sätt kan en förbättring uppnås av kvalitén i enskilda positioner. Den kan uppskattas med hjälp av kvalitetsfaktorer.

De datorbaserade mätmetoderna omfattade bl a:

1. Mätning av utstrålningsegenskaper hos en ljudkälla som liknar människans
2. Mätning av reflexionsegenskaper hos tre typer av reflektorer, a) sfärisk formad, b) med plan yta (två sorter).
3. Mätning av spektra och nivåer hos direktljud, tidiga och sena reflexer samt beräkning av totala nivåer och spektra.
4. Mätning av tydlighet i två tidsdelar.
5. Mätning av tyngdpunktstid i tre tidsdelar.
6. Mätning av modulationsdämpning.
7. Mätning av efterklangstid (EKT) samt EKT:s frekvensgång och beräkning av medelvärde för EKT:s frekvensgång.

Ur impulsartade signalers momentanvärden beräknas med hjälp av dator samtliga parametrar och kvalitetsfaktorer, deras korrelation och samvariation.

I varje mätutförande dvs vid en viss placering av reflektorer eller utan reflektorer, samt med eller utan absorberter, placeras ljudkällan en gång i mitten och en gång vid sidan av lokalen.

Mikrofonerna placeras i 3 grupp-positioner: längs mittlinjen, längs sidoväggen och längs fönstren, dvs på positioner där direkta signaler och första reflexer kommer med olika utstrålningsvinklar.

Resultatet sammanställs för de tre grupperna och analyseras som funktion av avstånd för varje mätutförande.

Vid en sammanställning av diverse mätutförande kan ändring av kvalitetsfaktorernas värde analyseras som funktion av EKT (absorptionsförmåga) och reflektorplacering. Vidare kan inverkan av dessa åtgärder på lokalens akustiska kvalitet uppskattas.

Med hjälp av dessa undersökningar kan man även analysera inverkan av de första reflexerna som kommer under de av olika författare förutbestämda tidsperioderna [1,2] på kvalitetsfaktorernas värde dvs på den rumsakustiska kvalitén.

Det visade sig att vanliga manuella metoder är olämpliga vid stora mätserier samt vid behandling av impulsartade signaler där olika parametrar och faktorer mäts resp beräknas. Man valde datorbaserade mätmetoder som utvecklades eller har bearbetats för detta ändamål.

Mätförfarande, sammanställning av resultat, analys och rekommendationer för projekteringen behandlas vidare i rapporten mera i detalj.

OBS! Med hänsyn till den höga korrelationen mellan de objektiva kvalitetsfaktorerna och den subjektiva uppskattningen av taluppfattbarheten samt på grund av den mycket ostabila i tiden - under pågående impulsartade mätningar - faktorn som bakgrundsbuller under dynamiska förhållanden dvs med människor närvarande, har mätning av taluppfattbarheten uteslutits från undersökningarna. Se även [3].

5. FYSIKALISK BAKGRUND FÖR KVALITETSFAKTORERNAS UPPBYGGNAD OCH FÖR MÄTNINGARNAS OMFÄNG

Här beskrivs endast de viktigaste egenskaperna av kvalitetsfaktorerna, deras beräkning vid användning av dator och numeriska metoder. En mer detaljerad beskrivning av kvalitetsfaktorerna finns bl a i arbetet [3].

5.1. Tydlighet "D %" "

Tydligheten ("Deutlichkeit") definieras av Meyer [1] som förhållandet mellan energin som når lyssnaren under de första 50 msec och den totala energin som når lyssnaren under ett akustiskt förlopp från en bredbandig impulssignal av bruskaraktär. Detta anges enligt uttrycket

$$D = 100 \cdot \frac{\int_0^{50} p^2(t) \cdot dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \quad (1)$$

där p = ljudtrycket.

Vid användning av dator och numeriska integration beräknas tydligheten med användning av en korrigerad "Simpson"-metod

$$D = 100 \cdot \frac{\left(\sum_{t=1}^K I_t + (I_{(k+1)} - I_1) \cdot 0.5 \right) \cdot \tau}{\left(\sum_1^N I_t - I_1 \cdot 0.5 \right) \cdot \tau} \quad (2a)$$

där $K = \frac{50}{\tau}$, $N = \frac{t_{\text{slut}}}{\tau}$ och τ = parallellanalysatorns tidskonstant i msec.

$$t = 1, 2, 3, \dots, K \dots N$$

och intensiteten I_t , som motsvarar trycket i kvadrat $p^2(t)$, omräknas från det med tidskonstanten τ uppmätta momentana värdet av ljudtrycksnivån L_t . Slutligen är uttrycket

$$D = 100 \cdot \frac{\sum_{t=1}^K I_t + (I_{(k+1)} - I_1) \cdot 0.5}{\sum_1^N I_t - I_1 \cdot 0.5} \% \quad (2b)$$

5.2. Modulationsdämpning "MD dB"

Modulationsdämpning definieras som kvoten mellan effektivvärdet hos intensiteten i den modulerade signalen och effektivvärdet hos intensiteten i den demodulerade signalen som tas från signalens envelopp. Den räknas i dB och uttrycket för MD är:

$$\begin{aligned} MD &= 10 \log \frac{I_{\text{mod}}}{I_{\text{demod}}} = 10 \log I_{\text{mod}} - 10 \log I_{\text{demod}} = \\ &= L_{\text{mod}} - L_{\text{demod}} \quad \text{dB} \end{aligned} \quad (3)$$

Den utsända modulerade signalen består av bredbandiga upprepade pulser av bruskaraktär där pulstiden är 35 ms och paustid är 105 ms. En sådan modulerad signal simulerar talets modulation [4, 5].

5.3. Tidstyngdpunkt "TTP msek"

Tidstyngdpunkten definieras som kvoten mellan det totala tidsmomentet av ett exponentiellt akustiskt förlopp och den totala energin hos samma förlopp. Uttrycket för en sådan definition är: Se även [3, 6, 7].

$$TTP = \frac{\int_{i=t_0}^{\infty} p^2(t) \cdot t_i \cdot dt}{\int_{i=t_0}^{\infty} p^2(t) \cdot dt} \quad \text{ms} \quad (4)$$

i praktiken

$$TTP = \frac{\int_{t_1}^{t_2} p^2(t) \cdot t \cdot dt}{\int_{t_1}^{t_2} p^2(t) \cdot dt} \quad (5)$$

där t_0 är nollpunkten för den direkta impulssignalen (samma som vid mätning av tydlighet) och

t är reflexernas tidsläge i förhållande till nollpunkten.

Vid den numeriska integrationen är uttrycket för tidstyngdpunkten:

$$TTP = \frac{(\sum_{t=1}^N I_t \cdot t - \sum_{t=1}^N I_t \cdot 1) \cdot \tau}{\sum_{t=1}^N I_t - I_1 \cdot 0.5} \text{ ms} \quad (6)$$

där I_t = intensiteten av varje momentan signal
 $t_1 = 1$ = nollpunkten, N = slutpunkten, $t = 1, 2 \dots N$
 τ = tidskonstant för parallellanalysatorn - ms

För ett rent exponentiellt tidsförlopp fås stor överensstämmelse mellan uttrycken (5) och (6) dvs mellan de båda integralerna.

Vid beräkningar av tidstyngdpunkten är det viktigt att bestämma förloppets slutposition. Enligt tidigare undersökningar bestämdes t_2 eller N som tiden där bakgrundsbullret börjar dominera. Som utveckling av uttrycket och med hänsyn till talets tidsförlopp samt till det tidsgränsvärde som har använts för modulationsdämpning har även här t_2 bestämts som 150 ms. (Tidsperiod för MD är 140 ms - se även 5.2).

Alla ovan beskriva kvalitetsfaktorer påverkas oavsett signalens efterklangsförlopp också av reflexernas tidsläge i tidsförloppet och av bakgrundsbullret.

5.4. Ekvivalent efterklangstid

Efterklangstid kan bestämmas ur den uppmätta tidstyngdpunkten enligt uttrycket

$$T = 13.8 \cdot TTP \text{ ms} \quad (7)$$

I energisynpunkt är denna tid ekvivalent med den som fås från ett rent exponentiellt förlopp.

Eftersom efterklangsförlopp i vanliga lyssningslokaler aldrig är rent exponentiella är det angeläget att beskriva den från TTP omräknade efterklangstiden som ekvivalent med den rena exponentiella.

$$T_{\text{ekv}} = 13.8 \times TTP \text{ ms}$$

5.5. Ljudkällans och reflekterade ytors utstrålningsegenskaper

Som tidigare visades [5], [8] är människoröstens utstrålningsegenskaper vinkelberoende.

De viktigaste egenskaperna är att vid högre frekvenser minskar utstrålningsens rymdvinkel och detta betyder att på platser som ligger vid sidan av en sådan ljudkälla har de utstrålade signalerna en förändrad information jämfört med de som är utstrålade i normalriktningen.

I ett begränsat utrymme, där till varje position runt om en ljudkälla också kommer signaler reflekterade från omgivande ytor, ändrar sig signalens spektra beroende på utstrålningsvinkeln hos den primära utstrålade signalen. Detta betyder att till platser som ligger t ex vid sidan av ljudkällan kommer en förändrad direkt signal och även förändrad reflekterad signal. Med stigande utstrålningsvinklar kommer mer och mer förändrade direktsignaler och första reflexer från t ex taket och väggar.

För reflexer tillkommer också en viktig faktor som beror på storleken av den reflekterande ytan. Vanligen säger man att för en yta är signalens reflektionsvinkel lika med motsvarande infallsvinkel. Detta är begränsat endast till frekvenser där signalens våglängder är minst tre gånger mindre än ytans dimensioner. Sådana egenskaper kan man utnyttja för att utvinna den högfrekventa energin från de reflekterade signalerna.

Vid utformning av lokalens begränsningsytor kan också sådana egenskaper utnyttjas.

Så kan t ex med hjälp av direkta signaler som utstrålas från ljudkällan med liten utstrålningsvinkel och reflekteras i riktning dit andra direkta signaler kommer med stor utstrålningsvinkel, energin höjas vid högre frekvenser i summasignalen.

Om man anser att den viktigaste talinformationen befinner sig i område från ca 1,5 kHz till ca 6 kHz och minskar vid stora utstrålningsvinklar, kan ovan beskrivna reflektionsegenskaper kompensera detta.

Enligt uttrycket

$$\lambda = 3 \cdot \frac{c}{f} \quad (8)$$

där λ = reflektorens dimension, m

c = ljudhastighet, m/s

f = frekvens, Hz

kan reflektorernas dimensioner begränsas till ca 0,8 m.

5.6. Ljudtrycksnivå

Olika delar av signalens energi påverkar på olika sätt lokalens och positionens kvalitet. Den direkta signalen vid de första reflexerna innehåller den huvudsakliga nyttiga informationen, däremot saknas denna i de senare reflexerna och efterklangen. De senare spelar i lyssningsprocesser en annan psykologisk roll. De kan påverka uppfattningen exempelvis om lokalens storlek. Samtidigt kan de ge en betydande maskeringseffekt vid relativt höga nivåer och långa efterklangstider.

Beroende på avståndet från ljudkällan, ytornas reflektions- och absorptionsegenskaper, kommer till olika platser signaler som i det tidiga skedet av rumssvaret skiljer sig väsentligt från varandra, bl a beträffande nivåer.

För att bättre undersöka inverkan av tidiga signaler på positionens akustiska kvalitet har förutom nivåer från långvariga signaler också mätts momentana ljudtrycksnivåer i det tidiga skedet av rumssvaret.

Ljudtrycksnivåer mäts i dB som det momentana värdet i varje ögonblick och omräknas till summavärde för olika tidsintervaller, t ex direkt signal, direkt signal plus en reflex, direkt signal plus reflexer under 50 ms eller under hela tidsförloppet. (L_D , L_{D+1} , L_{50}).

Vid modulerade signaler mäts det effektiva medelvärdet under en långvarig period. (L_{MD}).

6. MÄTNINGAR AV RUMSAKUSTISKA PARAMETRAR OCH KVALITETSAKTORER. EGENSKAPER HOS LJUDKÄLLAN OCH REFLEKTERADE YTOR.

6.1. Lokalbeskrivning, reflektorernas placering

Undersökningarna har utförts i en stor lyssningssal på ca 300 m^3 vid Chalmers tekniska högskola. Dess dimensioner är $11.35 \times 8.35 \times 3.2 \text{ m}^3$.

I taket finns $0,25 \text{ m}$ höga balkar på avståndet 1.25 m från varandra. Mellan balkarna i höjd med balkarnas nedre yta är perforerade absorbenter placerade. Sammanlagt ca 40% av takytan är täckt med absorbenter. På ena sidan av salen, längs sidoväggen finns en lång ventilationskanal, byggd på utsidan av träpanelen. På den andra sidan finns fönster täckts med tjocka gardiner (ca 30 m^2). (Kurvblad 1a).

Lokalen är avsedd för föreläsningar och kan utnyttjas även som rit-sal. Med hänsyn till detta är antalet platser begränsat till 30. Möblerna består av små ritbord och skåp för ritark. I lokalen finns också TV-apparater samt skåp med elektroniskt styrda diaprojektorer.

För att minska efterklangstiden har perforerade absorbenter placerats mellan balkarna vid taket. Ytan hos absorbenterna är ca 32 m^2 .

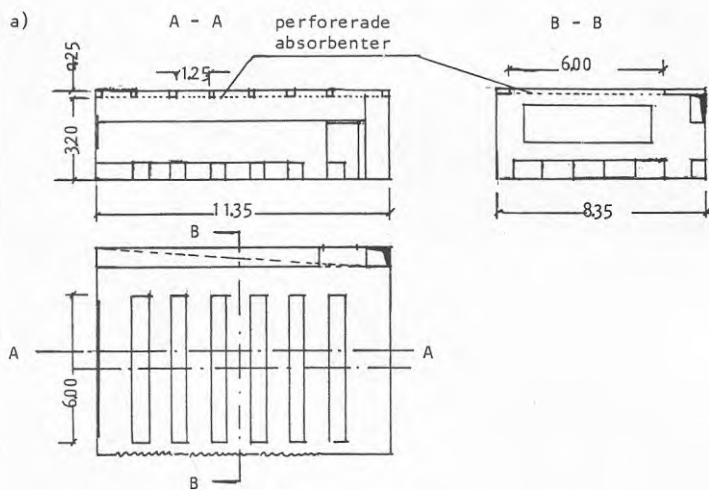
Uppmätt efterklangstid i den tomma lokalen ligger på ca $T_{\text{med}} = 0.55 \text{ s}$.

För att ändra de akustiska förhållandena har absorbenterna vid två av de fem undersökningstillfällena tagits bort. Då blev reflexerna mer utspridda på grund av balkarna och efterklangstiden steg med 12% . (Kurvblad 1b och bild på kurvblad 89 sid 124).

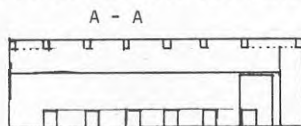
Reflektorer av plan typ, byggda av spånskivor har placerats enligt två metoder. Det ena sättet var att reflektorerna var utspridda över hela taket och riktade så att a) infallsvinkeln från högtalaren var liten, max 20° , och b) att reflexerna var riktade mot sidoplatserna. Det andra sättet var att en del av reflektorerna placerades nära ljudkällan och resterande reflektorer placerades i taket över den första delen. De infallande signalerna reflekterades från de nedre reflektorerna i riktning mot de som placerades över och riktades till sidoplatserna längs nästan hela salen. (Kurvblad 2a samt bilder på kurvblad 90 och 91 - sidorna 125 och 126).

Chalmers Tekniska Högskola Sal V8 23
a) med absorbenter b) utan absorbenter

kurvblad 1



b) utan en del av absorbenter mellan balkarna



CTH. Sal V6 23

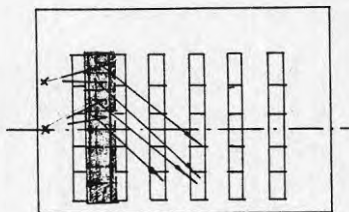
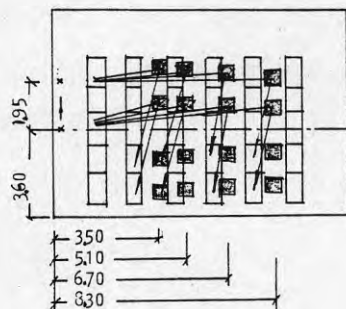
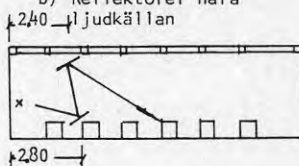
Placering av reflektorer och belysningsarmatur

kurvblad 2

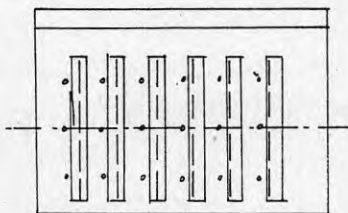
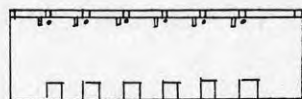
a) Reflektorer i taket



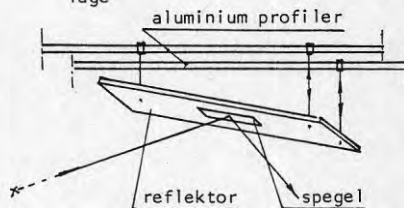
b) Reflektorer nära ljudkällan



c) placering av belysningsarmatur



d) upphängning av reflektorer och justering av reflektorernas läge



Av de tre undersökta reflektortyperna valdes en slät typ med dimensionerna 0,61 x 0,83 m. Reflektorerna hängdes i taket på ett bestämt sätt. För upphängningen utnyttjades speciella aluminiumprofiler. Denna konstruktion underlättade justeringen av reflektorernas läge.

Vid båda tillfällena var placering av reflektorer lite beroende av den befintliga belysningsarmaturen. (Kurvblad 2 b.)

För att justera infalls- och reflektionsvinklar har speciell anordning bestående av speglar och ljuskälla använts. (Kurvblad 2 c.)

Högtalare och mätpositioner med tillhörande mikrofoner, som uppdelades i tre grupper, har placerats enligt nedan i kapitel 6.4 beskrivet sätt.

Antalet reflektorer begränsades vid båda tillfällena till 16 st, avsedda endast för reflexer till bestämda positioner. Se även p. 7.

6.2. Mätmetoder

Vid undersökningarna har valts fem olika akustiska förhållanden där placering av absorbenter och reflektorer har varierats. Vid varje akustiskt tillfälle har 2 högtalarpositioner och 22 mätpositioner använts. (Kurvblad 3 a.)

Till de parametrar och faktorer som mäts med hjälp av dator hör:

- efterklangstid
- momentana nivåer och spektra
- modulationsdämpning
- tydlighet
- tidstyngdpunkt och ekvivalent efterklangstid.

Ljudkällans och reflekterade ytors egenskaper mäts med vanlig elektroakustisk utrustning i ett ekofritt laboratorium.

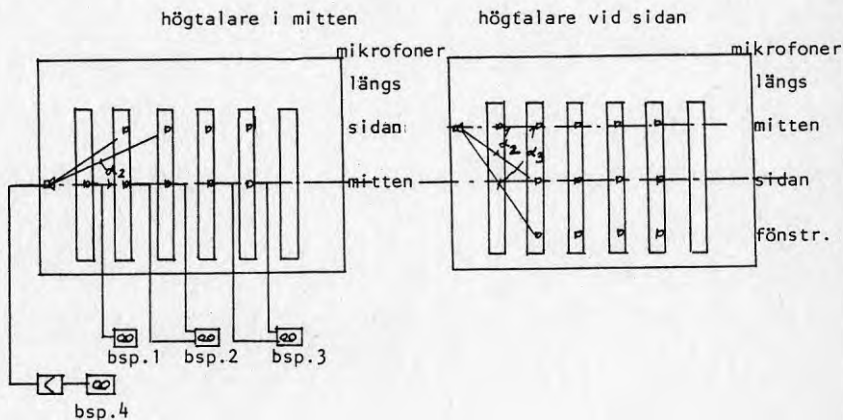
Mät- och analysproceduren sker för parametrar och faktorer halv-automatiskt. En allmän princip av mätningar med datorstyrd process visas i figur b på kurvblad 3.

CTH. Sal V6 23

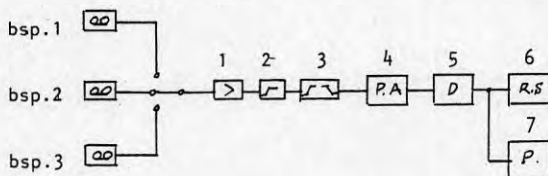
Mätning av parametrar och kvalitetsfaktorer

kurvblad 3

a) placering av högtalare och mikrofoner



b) mätning av rumsakustiska parametrar och kvalitetsfaktorer med datorstyrd process. Allmän princip



- 1.förstärkare 2.dB A filter 3.bandpassfilter 4.parallellanalysator
5.dator 6.radskrivare 7.plotter

6.3. Mät- och testsignaler

För mätning av efterklangstid, tydlighet och tidstyngdpunkt har 20 ms långa pulser använts. Pulserna bestod av frekvensbegränsade vitbrusssignaler. Frekvensområdet var 100 till 8000 Hz. Vid inspelningen av mätsignalerna har en bandhastighet på 0,19 cm/s använts medan vid analysen var hastigheten 0,095 cm/s. Detta gjordes för att minska analysatorns tidskonstant från 20 ms till 10 ms.

Mätning av modulationsdämpning har skett med modulerade signaler bestående av vitbrusssignaler med 35 ms pulser och 105 ms pauser. Bandhastigheten vid inspelning och analys var 0,19 cm/s.

Alla testsignaler dvs pulser och modulerade signaler var inspelade på band med konstanta nivåer och spelades upp genom en högtalare av typ SINUS 1007 som har ungefär samma riktkarakteristik som människorösten.

I fem positioner där en alltid var på kort avstånd från källan inspelades mätsignalerna samtidigt och då hölls alla nivåkontroller i konstanta lägen.

För pulssignaler var den uppspelade nivån ca 93 - 95 dB på 1 m avstånd från högtalaren i normalriktningen och hölls konstant för varje akustiskt förhållande. För modulerade signaler hölls nivån på ca 68 - 70 dBA, också konstant för varje förhållande. Denna nivå motsvarar - under normala förhållanden - talnivån.

6.4. Registrering av mätsignalerna

I varje mätposition har alla mätsignaler inspelats på band. För en serie av utsända testsignaler dvs impulser och modulerade signaler har samtidiga inspelningar av mätsignaler i fem positioner gjorts.

Alla mätpositioner uppdelades i tre rader, parallella till lokalens axel. En längs sidoväggen, en längs mittlinjen och en längs fönstren.

Högtalaren placerades en gång vid väggen i slutet av mittlinjen och en gång i slutet av sidolinjen, se kurvblad 3 a. Dessa två positioner simulerade förflyttningen av ljudkällan som sker under normala förhållanden.

Samma mätserie upprepades för varje rad med fem mätpositioner och motsvarande placering av högtalare.

6.5.Mätning av ljudkällans och reflektorernas egenskaper.

Egenskaper av ljudkällan och reflektorer har undersökts i CTH:s ekofria laboratorium. Där har mätts riktkarakteristik hos högtalaren typ SINUS 1007, och reflektionsegenskaper hos en sfärformad och en plan reflektor byggda av gips med dimensioner 60x60 cm samt en plan reflektor av en spånskiva. Ljudkällans riktkarakteristik har mätts med vitbrussignal med konstant nivå vid alla frekvenser och analyserats med hjälp av tersfilter. (Kurvblad 4a).

Reflektionsegenskaperna har mätts med hjälp av en metod liknande en "tone-burst"-metod.

Utgående från ändringar av ljudtrycket vid olika utstrålningsvinklar där ca 1,5 kHz betraktades som nedre gränsen för informationen har tre typer av reflektorer med dimensioner $0,6 \times 0,6 \text{ m}^2$ och $0,6 \times 0,8 \text{ m}^2$ undersökts.

Den ena typen är en slät gipsplatta, den andra en sfärformad gipsplatta och den tredje en spånskiva.

Avsikten med den undersökningen var att bestämma gränsområdet där reflektorer effektivt reflekterar energin med möjligast oförändrat spektrum.

I ekofritt rumsändes signaler i riktning mot en reflektor och ljudtrycksnivån hos den reflekterade signalen mäts i 7 positioner som ligger 0,25 m från varandra (ca 4°) och på ett avstånd av 3,75 m från ljudkällan. Den direkta nivån mäts vid plattan på ett avstånd av ca 2,25 m från källan. Vid undersökningen har signalen sänts dels en gång med infallsvinkel 0° och dels en gång med ca 24° . (Se kurvblad 4b).

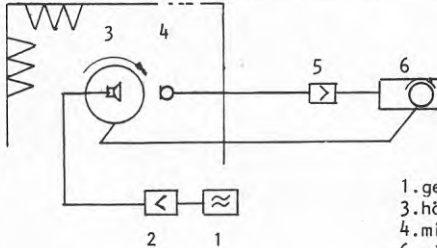
Den utsända signalen är av pulskaraktär (man kan även använda en tonburstgenerator) med 8 ms långa pulser och 30 ms pauser signaler är av sinustyp frekvenser från 0,5 kHz till 10 kHz.

Denna typ av signaler har använts för att separera de signaler som kommer direkt från högtalaren från de reflekterade signalerna. Tidsdifferenserna mellan båda signalerna var mellan 9 och 14 ms. Ljudtrycket resp.spänning hos den reflekterade signalen kan lätt uppskattas på oscilloskopet. (Kurvblad 4b).

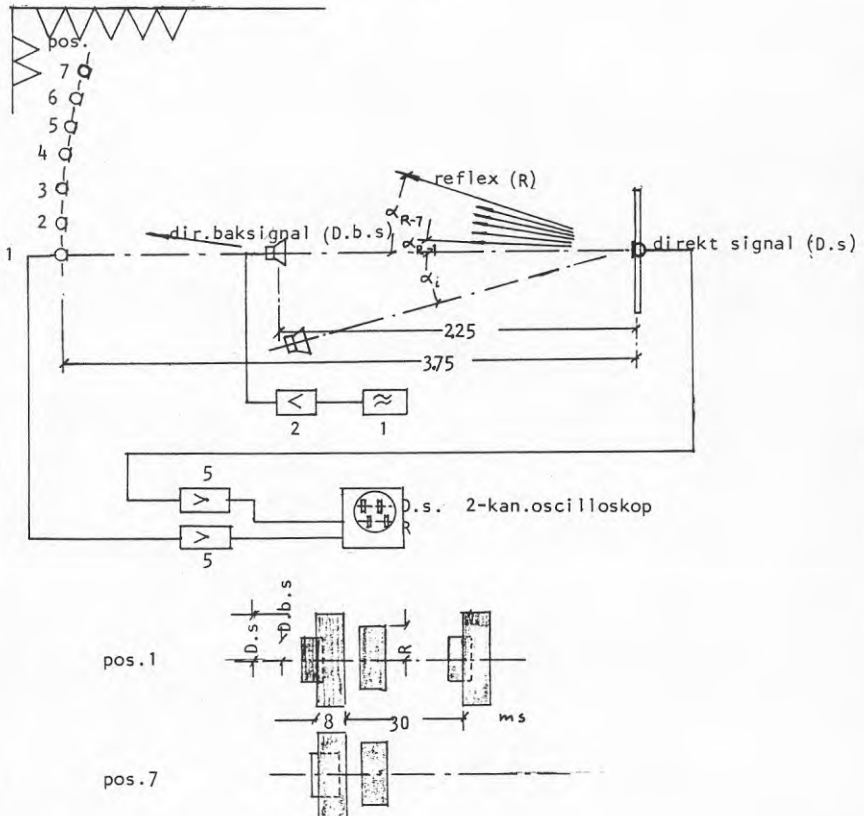
Mätning av ljudkällans och reflektorers rikttecken
rikttecken

kurvblad 4

a) ljudkällans rikttecken



b) reflektorers reflexionsegenskaper



6.6. Mätning av rumsakustiska parametrar

6.6.1. Efterklangstid

Mätning av efterklangstid sker med vårt datorbaserade mätsystem. Vid mätningen utnyttjas en bredbandig brussignal av pulstyp, ca 20 ms.

Efterklangsförloppets momentana värde analyseras av parallellanalysatorn med en tidskonstant på 10 ms och sändes sen till datorn. Där sker en linjär approximation till efterklangskurvan enligt minsta kvadratmetoden.

Beräkningarna startar programmässigt vid $t_0 = \text{ca } 50 \text{ ms}$ efter pulsens starttid och avslutas vid t_n när nivån sjunkit till ca 30 dB från startnivån L_0 eller till den nivå som kan uppfattas som bakgrundsnivån, L_n , se kurvblad 5 där exempel visas på den uppmätta efterklangstiden enligt den av oss utvecklade datorbaserade metoden.

Efterklangstiden beräknas enligt uttrycket

$$T = (t_n - t_0) \cdot K \quad (9)$$

där
$$K = \frac{60}{(L_1 - L_N)}$$

OBS! Mer om metoden se [3] kapitel 6.4.3.

Efterklangstiden mäts i frekvensområdet 0,25 - 6,3 kHz.

6.6.2. Ljudtrycksnivån

Ljudtrycksnivån mäts på två sätt. För det första som medelnivån från den långvariga modulerade signalen som används vid mätningen av modulationsdämpning och för det andra som momentannivån under efterklangsförloppet med 10 ms tidsintervaller.

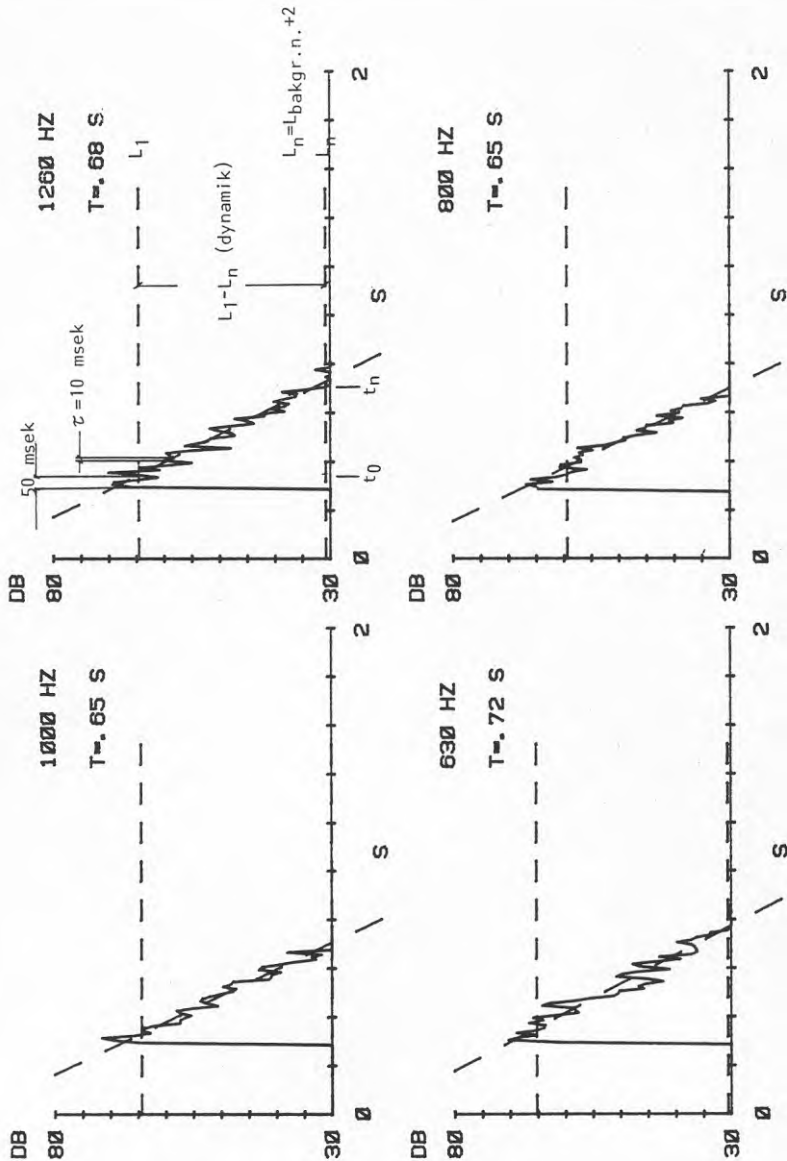
Den första mäts med A-vägningsfilter och den andra med A-vägnings- och tersfilter. Analys av uppmätta nivåer sker med parallellanalysator och dator.

Av ljudtrycksnivåns momentanvärde kan inverkan av tidiga reflexer på lokalens kvalitét bedömas.

Exempel på mätning av efterklangstid enligt datorbaserad mätmetod.

SAL VO 23, UTAN ABSORBENTER, UTAN REFL. HOGT. VID SIDAN, MIK. VID FONSTR.
DAT. 20281 LOKAL NR. 23 POS. 1 MATN. 1 VOL. 280

kurvb1.5



6.7. Mätning och beräkning av kvalitetsfaktorer

Enligt den allmänna mätprincipen (kapitel 6.2) mäts alla kvalitetsfaktorer.

Med hjälp av en högtalare utsänds test signaler som består av en långvarig (30 s) modulerad signal resp tio korta (20 ms) impuls signaler.

Vid varje högtalarposition inspelas de direkta signalerna samt rums svaret på bandet i fem mät positioner och sedan upprepas signalerna och åter inspelas i nästa fem positioner.

Med hjälp av datoriserad utrustning sker sedan mätning och beräkning av registrerade signaler. Vid beräkningen används alltid mätning på platsen vid källan som referens.

6.7.1. Modulationsdämpning

Här mäts medelnivån av den utsända modulerade signalen som vägt värde (A-vägningsfilter) och sedan mäts medelnivån av samma men demodulerad signal. Signalen demoduleras med hjälp av en demodulator. Den demodulerade signalen har en frekvens av ca 4 - 7 Hz och utrustningen är anpassad till mätning av signaler från 0,1 Hz och uppåt.

Beräkning sker enligt uttrycket (3) och kurvblad 6a.

6.7.2. Tydlighet

Med hjälp av parallellanalysator och dator utvärderas momentana nivåer. De omräknas sedan till ljudtrycket i kvadrat (resp intensitet) och enligt uttrycket (2) beräknas summaintensiteten dels för de första 50 ms av rumsresponsen, dels för hela tidsförloppet.

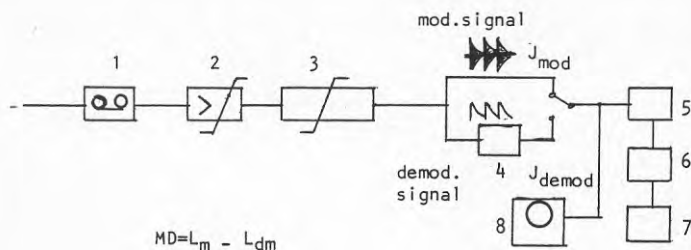
Innan beräkningen börjar bestäms startpunkten, t_0 , och slutpunkten N1 och N2 halvautomatiskt. Slutpunkten N1 ligger 150 ms efter t_0 och N2 före bakgrundsbullrets början.

Metoden är uppbyggd så att den bestämmer endast säkra gränsvärden t_0 och N1 samt N2.

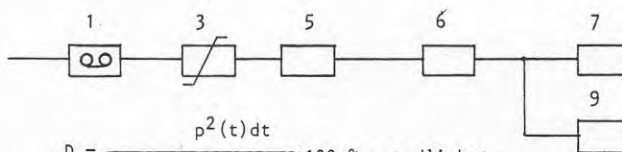
Principiellt schema visas på kurvblad 6b.

Mätning av "Modulationsdämpning" och
"Tydlighet" resp. "Ekvivalent efterklangstid"

kurvblad 6



a) mätning av modulationsdämpning



$$D = \frac{\int p^2(t) dt}{\int p^2(t) dt} \cdot 100 \% - \text{tydlighet}$$

$$TTP = \frac{\int p^2(t) \cdot t \cdot dt}{\int p^2(t) \cdot dt} - \text{tidstygdpunkt msek}$$

$$T_{ekv} = \frac{1}{TTP} \text{ ms} - \text{ekv. efterklangstid}$$

b) mätning av tydlighet och ekv. efterklangstid

1. bandspelare 2. förstärkare och dB A filter 3. bandpassfilter
4. demodulator 5. parallellanalysator 6. dator 7. radskrivare
8. oscilloskop 9. plotter

6.7.3. Tidstyngdpunkt

Ur intensitetens momentana värde omräknat enligt kapitel 6.6.2 beräknas med hjälp av numerisk integration summaintensiteten för hela förloppet - från t_0 till N_1 resp N_2 - och summan av intensitetstidsmomentet. Enligt uttrycket (6) beräknas efteråt kvoten av de båda värdena som bildar tidstyngdpunkten.

Värdet för N_1 som motsvarar 150 ms är valt med hänsyn till ordhastigheten och talets modulationsegenskaper hos perioden för en stavelse. Det är ungefär samma hastighet som har utnyttjats för modulerade signaler. Principiellt schema är samma som vid mätning av tydligheten. (se kurvblad 6^C).

6.7.4. Ekvivalent efterklangstid

Här omräknas tidstyngdpunkten TTT till T_{ekv} enligt uttrycket (7).

Den räknas för de ovan i 6.7.3 nämnda två perioder dvs:

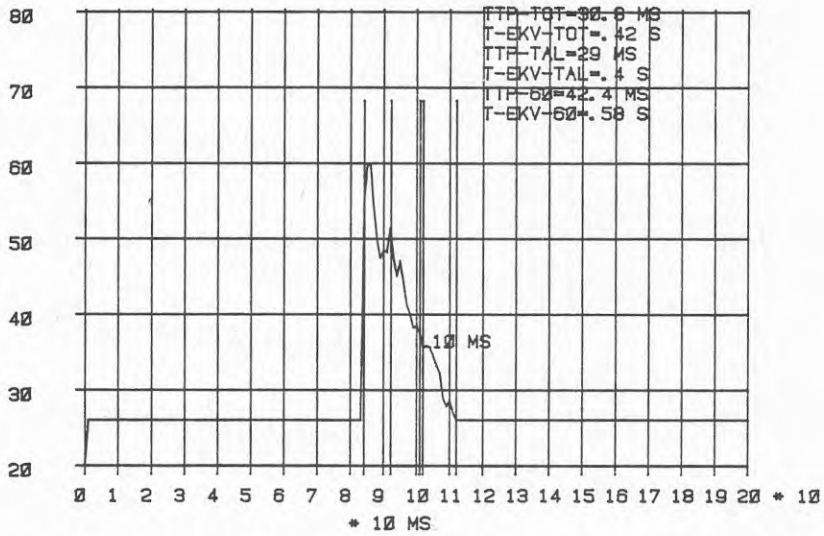
1. mellan t_0 och N_1 som motsvarar talsignalen - vidare kallas $T_{\text{ekv.tal}}$
2. mellan t_0 och N_2 som motsvarar hela förloppet - vidare kallas $T_{\text{ekv.tot}}$

Förutom dessa perioder räknas också ekvivalent efterklangstid för en period mellan 50 ms och N_2 . Den kan sedan jämföras med den uppmätta, enligt 6.6.1, efterklangstiden T_{60} där gränsvärdena är också 50 ms och $t_n = N_2$.

SAL VO 23, REFL. VID TAVLAN, HOGT. VID SIDAN, MIKR. I MITTEN, MAT. 35, MIKR. 4 kurvb1.6^c

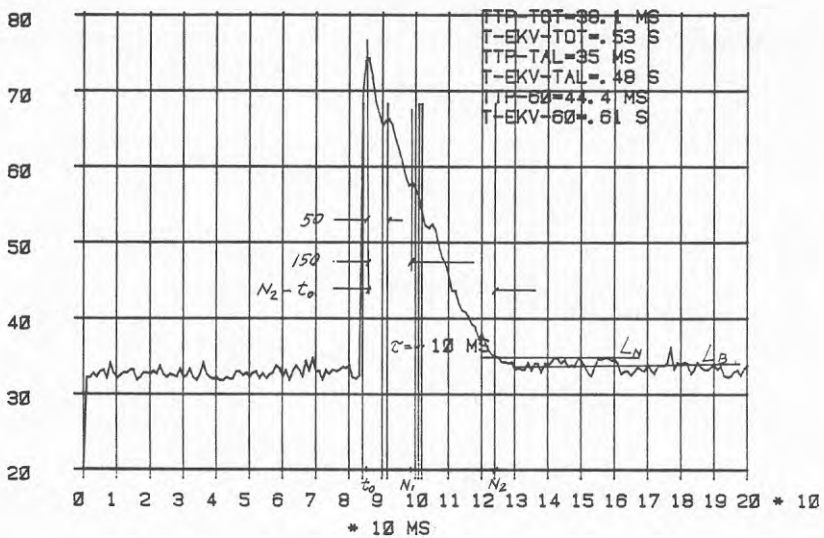
6300 HZ. FORSTA FRE. 500, SISTA FRE. 6300, TIDSKONST. T=10 MS

NIVA



SAL VO 23, REFL. VID TAVLAN, HOGT. VID SIDAN, MIKR. I MITTEN, MAT. 35, MIKR. 4
VAGT VARDE TIDSKONST. T=10 MS

NIVA



7. SAMMANSTÄLLNING AV UPPMÄTTA UTSTRÅLNINGSEGENSKAPER HUS LJUDKÄLLAN OCH OLIKA TYPER AV REFLEKTORER

Som ljudkälla har använts högtalare av typ SINUS 1007, dess rikt-karakteristik liknar människoröstens karakteristik. Den från en ton-generator utsända signalen har en linjär frekvensgång.

Högtalarens riktkarakteristik i horisontal planen framgår av kurvbl.7. För jämförelses skull har motsvarande karakteristik ritats in för mänsklig talare.

Där kan man uppskatta hur stor ändringen av frekvensgången vid större utstrålningsvinklar är dvs ändringen av den direkta signalens ljudtrycksnivå på olika platser och vid olika frekvenser.

Man ser att vid större vinklar uppstår minskning av nivån av ca 3-5 dB och 5-12 dB vid frekvenserna 3 kHz resp 6 kHz jämfört med utstrålningen vid 0° .

Detta betyder att informationen i den direkta signalen har ändrats och detta kan på visst sätt påverka både den subjektivt och objektivt uppskattade rumsakustiska kvalitén i lokalen resp i positionen.

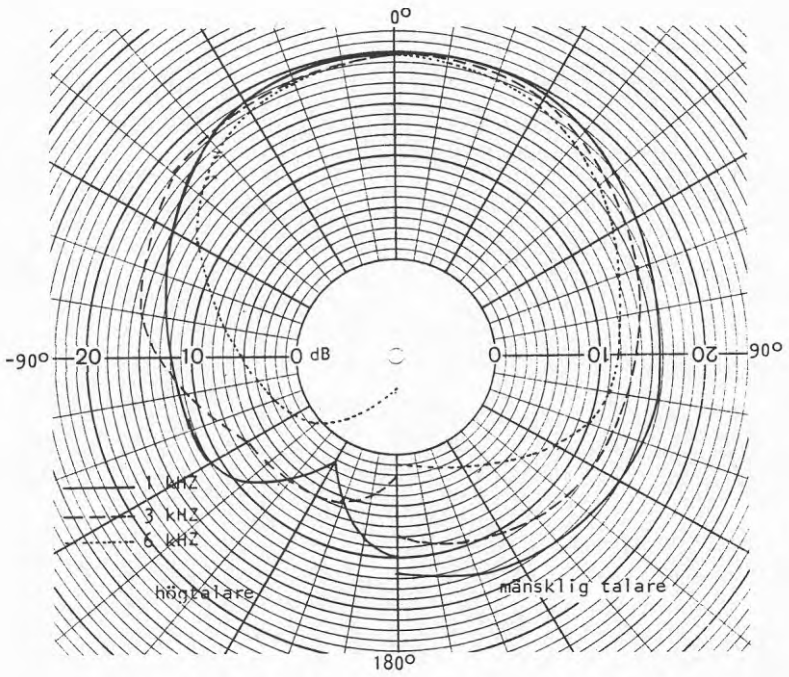
I tabeller 1 till 6 har resultat av undersökningarna av olika typer av reflektorer sammanställts och på kurvbl.8,9,10 visas riktkarakteristik vid olika frekvenser.

I tabeller visas reflektionsegenskaper hos tre typer av reflektorer för två infallsvinklar 0° och ca 24° . Ljudtrycksnivå som har mätts i 7 positioner visas för varje frekvens i form av ändring av nivån i mätpositionen i förhållande till den direkta nivån som mätts vid plattan (kolumn 1).

Av de undersökta reflektorer har i fortsättningen används en typ bestående av plana spånskivor $0,6 \times 0,8 \text{ m}^2$. Den visar tillfredsställande reflektionsegenskaper.

Högtalarens riktningskaraktistik

kurvblad 7



Jämförelse av direktivitet hos den använda högtalaren
och den mänskliga rösten [5,81]

PLAN GIPSSKIYA 0.6 X 0.6 M² REFLEKTIONS-EGENSKAPER AV PLATTOR

TABELL 1

DIREKT SIGNAL
U-REF/L-REF REFLEXER
(L-MAT)-(L-REF)

INF. VINKEL UTSTRALNINGS VINKEL

F-HZ	0	3.9	7.8	11.6	15.5	19.5	23.5
	0	MAT SPANNING I FORHALLANDE TILL REFERENS 20*LOG(U-MAT/U-REF) DB					
500	3.5/0	-23.3	-18.8	-17.3	-18.8	-15.9	-15.9
1000	4/0	-12.4	-14	-14	-14	-20	-18.4
1700	5/0	-4.3	-5.8	-7.6	-13	-19	-17.9
2000	4/0	-3.9	-6.4	-8	-18.4	-15.9	-18.4
2500	3.5/0	-6.8	-8.7	-8.7	-13.7	-17.3	-14.8
3000	2/0	4.7	1	-6.4	-6.4	-9.9	-8
3500	2/0	-4	-6.4	-12.4	-15.9	-17.3	-11.1
4000	2/0	2.1	-4	-8	-9.9	-15.9	-18.4
4600	1.5/0	-1.4	-9.9	-11.5	-9.9	-13.4	-17.9
5000	1.5/0	1.4	-3.9	-7.4	-15.9	-13.4	-19.4
5500	2/0	4.1	-1.9	-5	-17.3	-17.3	-20.4
6000	1.5/0	4.1	-5.5	-7.4	-13.4	-15.9	-15.9
7000	1/0	-5	-9.9	-15.9	-15.9	-15.9	-15.9
8000	1/0	-3.9	-5	-12.4	-15.9	-15.9	-15.9
9000	1.5/0	-1.4	-2.5	-8.6	-15.9	-15.9	-15.9
10000	1.5/0	-1.4	-5.5	-9.9	-15.9	-15.9	-19.4
11000	1.5/0	-1.4	-2.5	-7.4	-13.4	-15.9	-15.9

TABELL 2

PLAN GIPSSKIYA 0.6 X 0.6 M² REFLEKTIONS-EGENSKAPER AV PLATTOR

DIREKT SIGNAL
U-REF/L-REF
REFLEXER
(L-MAT)-(L-REF)

INF. VINKEL
UTSTRALNINGENS VINKEL

F-HZ	-24 MV/DB	0	3.8	7.7	11.5	15	18.8	22
			MAT SPANNING I FORHALLANDE TILL REFERENS 20*LOG(U-MAT/U-REF) DB					
500	3.5/0	-20.8	-20.8	-17.3	-15.9	-20.8	-23.3	-20.8
1000	4/0	-18.4	-17.1	-14.9	-14	-12.4	-12.4	-14
1700	5/0	-17.9	-19	-14.3	-9.1	-6.4	-5.3	-5.8
2000	4.5/0	-13.4	-18.1	-18.1	-9	-5.5	-4.4	-6.7
2500	3.5/0	-20.8	-20.8	-17.3	-12.8	-9.9	-9.9	-7.7
3000	2.5/0	-20.4	-9.9	-7	-7	-3	-3	-2
3500	2/0	-15.9	-15.9	-9.9	-9.9	-3.9	1	-6.4
4000	2/0	-12.4	-15.9	-6.4	-9.9	-5	-4	1.6
4600	1/0	-15.9	-15.9	-12.4	-6.4	-12.4	-5	-8
5000	1.5/0	-19.4	-15.9	-13.4	-8.6	-7.4	2.1	-1.4
5500	2/0	-15.9	-15.9	-15.9	-6.4	-5	-1.9	1.6
6000	2.5/0	-23.9	-20.4	-15.9	-9.9	-15.9	2.6	-3.9
7000	1/0	-15.9	-15.9	-12.4	-12.4	-8	1	-8
8000	1/0	-15.9	-15.9	-15.9	-12.4	-4	-3.9	-3.9
9000	1/0	-15.9	-12.4	-12.4	-9.9	4.1	2.1	1
10000	1.5/0	-15.9	-15.9	-15.9	-5.5	2.1	3.5	1.4
11000	2/0	-18.4	-15.9	-15.9	-12.4	-2.9	1	-1.4

SFARISKT FORMAD GIPSSKIIVA 0.6 X 0.6 M² REFLEKTIONS-EGENSKAPER AV PLATTOR

TABELL 3

DIREKT SIGNAL
U-REF/L-REF REFLEXER
(L-MAT)-(L-REF)

UTSTRALNINGENS VINKEL

F-HZ	2	1.9	5.8	9.6	13.5	17.5	21.5
	MY/DB	MAT SPANNING I FORHALLANDE TILL REFERENS 20*LOG(U-MAT/U-REF) DB					
500	3.5/0	-23.3	-17.3	-15.9	-17.3	-15.9	-18.8
1000	4/0	-12.4	-14	-12.4	-14	-18.4	-20
1700	4/0	-2.9	-3.9	-7	-4.4	-9.9	-15.9
2000	3.5/0	-3.9	-3.3	-8	-5.2	-17.3	-15.9
2500	2.5/0	-3	-1.6	-2.3	-7	-5.8	-13
3000	2/0	6	0.7	6.7	.3	-4.4	-9.9
3500	2/0	1	5.7	1	-8	-12.4	-9.9
4000	2.5/0	5.4	6.0	3.7	-8.3	-11.8	-11.8
4600	1.5/0	-1.4	5.7	.6	-5.5	-13.4	-9.9
5000	2/0	3.2	6	1	-2.9	-8	-15.9
5500	2/0	6	10.3	5.3	-.4	-5	-15.9
6000	1.5/0	3.5	9.5	3.5	1.4	-11.5	-13.4
7000	1/0	-1.9	-1.9	-12.4	-12.4	-15.9	-15.9
8000	1/0	-.4	-.4	-5	-12.4	-15.9	-15.9
9000	1/0	4.9	0.2	4.1	-1.9	-12.4	-15.9
10000	1/0	7.6	12.4	7.6	.3	-12.4	-15.9
11000	1.5/0	5.7	0.5	3.5	-3.9	-19.4	-19.4

SFARISKT FORMAD GIPSSKIVA 0.6 X 0.6 M² REFLEKTIONS-EGENSKAPER AV PLATTOR

TABELL 4

F-HZ	DIREKT SIGNAL U-REF/L-REF	REFLEXER (L-MAT)-(L-REF)		UTSTRALNINGENS VINKEL					
		INF. VINKEL	MAT SPANNING I FORHALLANDE TILL REFERENS 20*LOG(U-MAT/U-REF) DB	9	13	17	21		
		-26.5	-2.5	1.5	5.5	9	13	17	21
	MV/DB								
500	3.5/0	-20.8	-18.8	-18.8	-18.8	-18.8	-18.8	-23.3	-20.8
1000	4/0	-20	-18.4	4.1	-15.9	-15.9	-15.9	-12.4	-13.2
1700	5.5/0	-18.7	-16.7	-15.2	-13.8	-13.8	-7.8	-6.1	-6.1
2000	4/0	-14	-12.4	-14	-14	-14	-6.4	-3.9	-3.9
2500	3.5/0	-23.3	-17.3	-15.9	-18.8	-18.8	-12.8	-8.7	-5.2
3000	2/0	-9.9	-18.4	-5	-6.4	-5	-6.4	2.7	6.7
3500	2/0	-18.4	-15.9	-12.4	-6.4	-6.4	-9.9	-2.9	-1.9
4000	2/0	-12.4	-9.9	-9.9	-8	-8	-2.9	2.7	8.2
4600	1/0	-15.9	-6.4	-6.4	-12.4	-9.9	-9.9	-8	-4
5000	1.5/0	-15.9	-11.5	-11.5	-9.9	-9.9	-6.4	-2.5	5.2
5500	2/0	-11.1	-12.4	-9.9	-6.4	-6.4	-2.9	1	7.3
6000	2/0	-14	-18.4	-12.4	-8	-8	-6.4	-1.9	4.1
7000	1/0	-15.9	-15.9	-12.4	-12.4	-9.9	-9.9	-2.9	-4
8000	1/0	-15.9	-15.9	-15.9	-15.9	-15.9	-12.4	-6.4	-4
9000	1.5/0	-19.4	-19.4	-19.4	-15.9	-15.9	-13.4	-5.5	.6
10000	2/0	-21.9	-21.9	-18.4	-18.4	-18.4	-15.9	-1.9	2.1
11000	2/0	-18.4	-18.4	-15.9	-15.9	-15.9	-11.1	-1.1	4.1

TABELL 5

REFLEKTIONS-EGENSKAPER AV PLATTOR

PLAN SPANSKIYA 0.6 X 0.8 M²DIREKT SIGNAL
U-REF/L-REFREFLEXER
(L-MAT)-(L-REF)

INF. VINKEL

UTSTRALNINGENS VINKEL

F-HZ	2	-2	2	5.8	9.6	13.5	17.5	21.5
	MV/DB		MAT SPANNING I FORHALLANDE TILL REFERENS			20*LOG(U-MAT/U-REF)	DB	
500	4/0	-15.9	-18.4	-18.4	-17.1	-20	-24.4	-24.4
1000	4/0	-9.9	-9.9	-9.9	-10.5	-13.2	-15.9	-20
1700	4/0	-1.1	.3	-1.1	-2.9	-9.4	-9.9	-12.4
2000	3.5/0	-1.7	.4	-8	-3.9	-9.9	-9.9	-12.8
2500	3.5/0	-7.7	-6	-6	-12.8	-14.8	-12.8	-14.8
3000	3/0	-4	.6	-1.4	-8.6	-7.4	-9.9	-17.5
3500	2.5/0	-4.8	.2	-3.9	-9.9	-8.3	-17.9	-17.9
4000	2.5/0	.7	1.2	-4	-7	-7	-9.9	-9.9
4600	1.5/0	-3.9	.6	-1.4	-5.5	-5.5	-11.5	-15.9
5000	2/0	-2.9	1	.3	-2.9	-5	-12.4	-14
5500	2/0	3.2	1.6	2.7	-4	-1.9	-8	-12.4
6000	2/0	-4	.3	1	-11.1	-8	-12.4	-21.9
7000	1/0	-6.4	-15.9	-9.9	-12.4	-15.9	-15.9	-15.9
8000	1/0	-3.9	-9.9	-8	-8	-12.4	-15.9	-15.9
9000	1/0	-1.9	-1.9	1	-1.1	-8	-12.4	-15.9
10000	1/0	-4	-4	1	-3.9	-12.4	-12.4	-15.9
11000	2/0	-5	-5	-5	-6.4	-9.9	-18.4	-21.9

TABELL 6

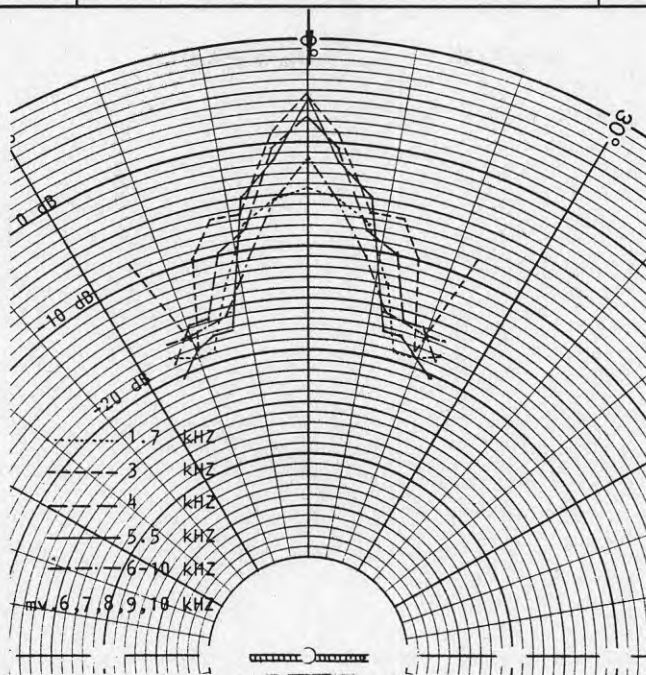
PLAN SPANSKIYA 0.6 X 0.8 M² REFLEKTIONS-EGENSKAPER AV PLATTOR

F-HZ	DIREKT SIGNAL U-REF/L-REF	REFLEXER (L-MAT)-(L-REF)	UTSTRALNINGENS VINKEL		MAT SPANNING I FORHALLANDE TILL REFERENS 20*LOG(U-MAT/U-REF) DB
			INF. VINKEL	REF. VINKEL	
	-26		17.5	21.5	
	MV/DB				
500	3.5/0		-20.8	-20.8	
1000	4.5/0		-23	-13.4	-12.1
1700	5/0		-15.9	-6.4	-3.9
2000	3.5/0		-14.8	-5.2	-2.2
2500	3.5/0		-20.8	-9.9	-7.7
3000	3/0		-13.4	-3.9	-1.9
3500	2.5/0		-20.4	-7	-8.3
4000	2/0		-9.9	1.6	4.1
4500	1.5/0		-19.4	-11.5	-7.4
5000	2/0		-15.9	-8.9	-2.9
5500	2/0		-18.4	1	2.1
6000	2/0		-18.4	-1.9	-1.9
7000	1/0		-15.9	-6.4	-3.9
8000	1/0		-15.9	-8	-8
9000	1/0		-15.9	-3.9	-1.9
10000	1.5/0		-19.4	.6	-1.4
11000	2/0		-21.9	-4	.3

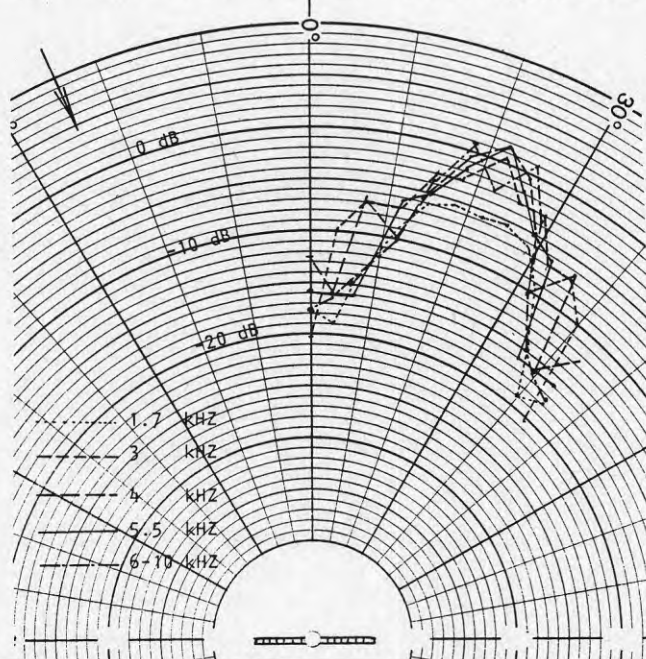
Refleksionsegenskaper av reflektorer
 " plan gipsskiva 0.6x0.6 m² "

kurvblad 8

a) infalls-
vinkel
0°



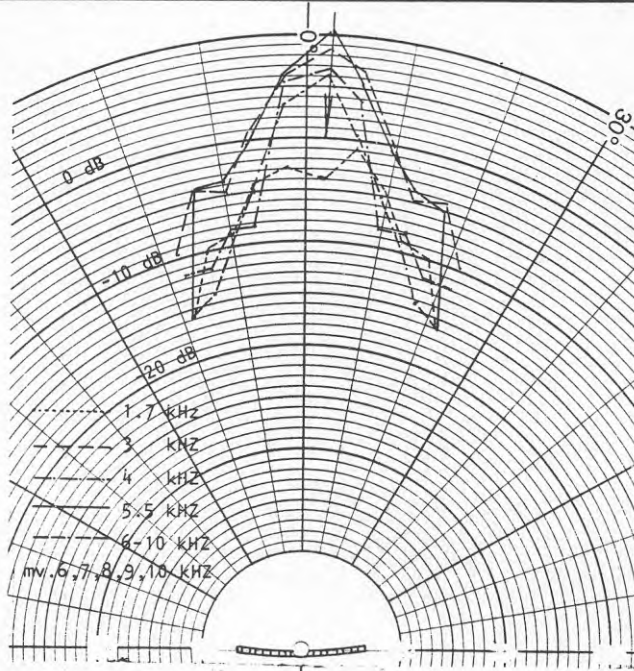
b) infalls-
vinkel
-24°



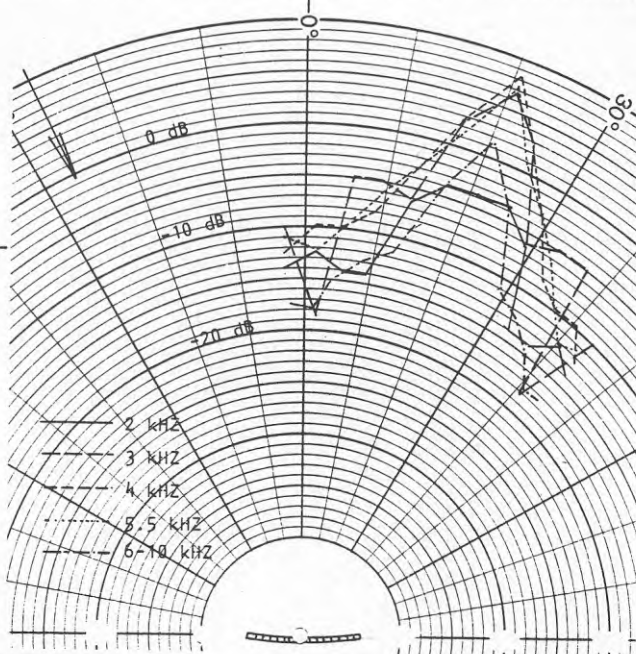
Reflektionsegenskaper av reflektorer
 " sfäriskt gipsskiva 0.6x0.6 m² "

kurvblad 9

a) infalls-
vinkel
2°



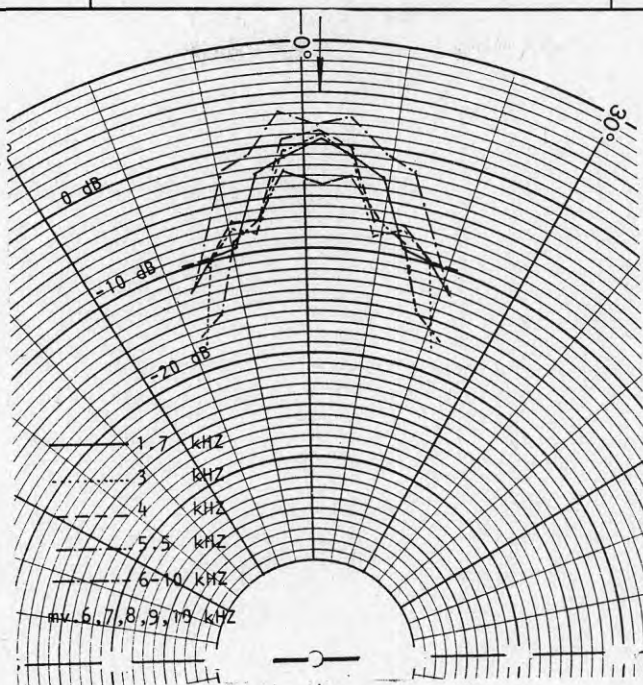
b) infalls-
vinkel
-26.5°



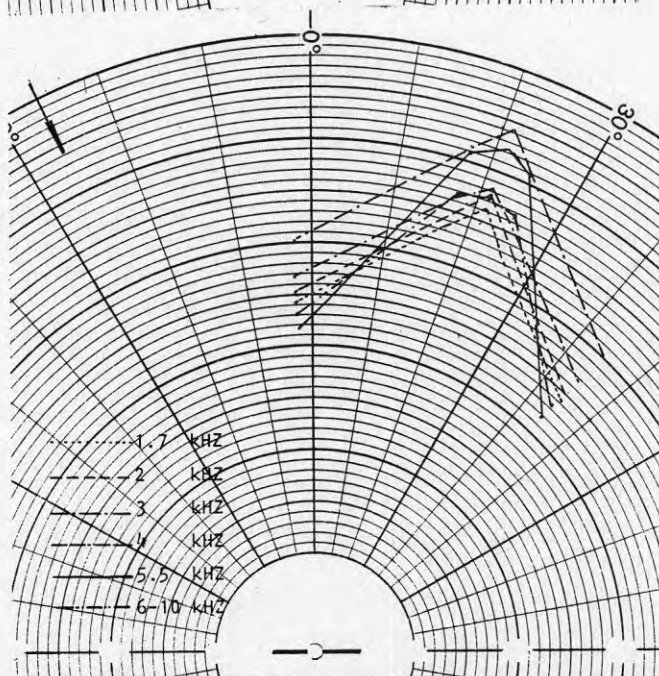
Reflektionsegenskaper av reflektorer
 "plan spånskiva 0.6x0.8 m²"

kurvblad 10

a) infalls-
vinkel
20°



b) infalls-
vinkel
-26°



8. SAMMANSTÄLLNING AV UPPMÄTTA PARAMETRAR OCH KVALITETSFAKTORER UNDER OLIKA RUMSAKUSTISKA FÖRHÅLLANDEN

Mätningarna har uppdelats i 5 grupper av rumsakustiska förhållanden.

Grupp 1

absorbenter i taket
utan reflektorer
högtalare i mitten av salen resp vid sidan (vid framväggen)
3 rader med fyra mikrofoner i varje rad resp 2 rader

Grupp 2

absorbenter i taket
reflektorer i taket - utspridda
högtalare i mitten av salen resp vid sidan (som ovan)
3 rader med fyra mikrofoner i varje rad resp 2 rader

Grupp 3

absorbenter i taket
reflektorer i två delar grupperade nära till ljudkällan.
3 rader med fyra mikrofoner i varje rad resp 2 rader
högtalare i mitten av salen resp vid sidan (som ovan)

Grupp 4

utan absorbenter
reflektorer i taket - utspridda
högtalare och mikrofoner - som ovan

Grupp 5

utan absorbenter
utan reflektorer
högtalare och mikrofoner - som ovan

Nedanstående parametrar och kvalitetsfaktorer har sammanställts i tabeller.

8.1. Efterklangstid

I tabell 7 - a, b, c, d och e visas värden på efterklangstiden som har mätts i tredjedelsoktaver i området 0,25 till 6,3 kHz för varje grupp, som medelvärde från alla platser. Där visas det beräknade medelvärdet för varje frekvens och för hela uppmätta frekvensområdet (0,25 till 6,3 kHz) samt det uppmätta A-vägda värdet.

EFTERKLANGSTID T₆₀ s. MED.VÄRDE FRÅN 22 POS. tabell 7

Med absorbenter	Frekvenser Hz												M.V.	V.V				
	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150			4000	5000	6300	
med reflektorer i taket	.66	.51	.56	.56	.6	.49	.51	.52	.55	.55	.51	.56	.54	.54	.62	.55	.61	a
med reflektorer vid tavlan	.66	.57	.54	.56	.58	.48	.53	.56	.57	.53	.53	.56	.51	.48	.59	.55	.6	b
utan reflektorer	.68	.56	.61	.6	.65	.42	.48	.58	.6	.5	.58	.52	.54	.42	.73	.57	.57	c
Med.värde	.67	.55	.57	.57	.61	.46	.51	.55	.57	.53	.54	.55	.53	.48	.65	.56	.59	
Utan absorbenter																		
med reflektorer i taket	.84	.65	.66	.66	.67	.59	.61	.63	.64	.64	.59	.62	.56	.51	.51	.63	.63	d
utan reflektorer	.87	.65	.59	.63	.67	.59	.61	.64	.68	.65	.63	.64	.59	.53	.52	.63	.66	e
Med.värde	.86	.65	.63	.65	.67	.59	.61	.64	.66	.65	.61	.63	.58	.58	.52	.63	.64	

Varje grupp karakteriseras i fortsättningen med de beräknade medelvärden för hela frekvensområdet.

På kurvblad 11 och 12 visas medelvärden för varje grupp med och utan absorberer som funktion av frekvens.

På kurvblad 13 visas efterklangstidsmedelvärde för alla grupper med och utan absorberer som funktion av frekvens. I tabeller 8 till 12 visas EKT-medelvärde för varje position i varje grupp. På kurvblad 14,15,16,17,18 visas dessa värden som funktion av avstånd för positioner längs mitten, längs sidoväggen och längs fönstren.

8.2. Ljudtrycksnivå

Mätning av ljudtrycksnivån sker enligt beskrivningen i kapitel 5.6, 6.3 och 6.6.2.

För att vidare analysera inverkan av nivån har även de momentana nivåerna omräknats till summanivån för de två första momentana signalerna dvs under 20 ms och för fem signaler dvs för 50 ms.

I tab.8-12 visas nivåer av den direkta signalen, den direkta plus första reflexer under 20 ms och den direkta plus reflexer under 50 ms samt nivåer hos de modulerade signalerna.

Alla värden visas för varje position dvs med uppdelning i rader och vid en viss placering av högtalare. I tabellen beskrivs därmed de akustiska förhållandena samt infallsvinkel och avstånd från ljudkällan.

I tabellerna visas endast de A-vägda värdena.

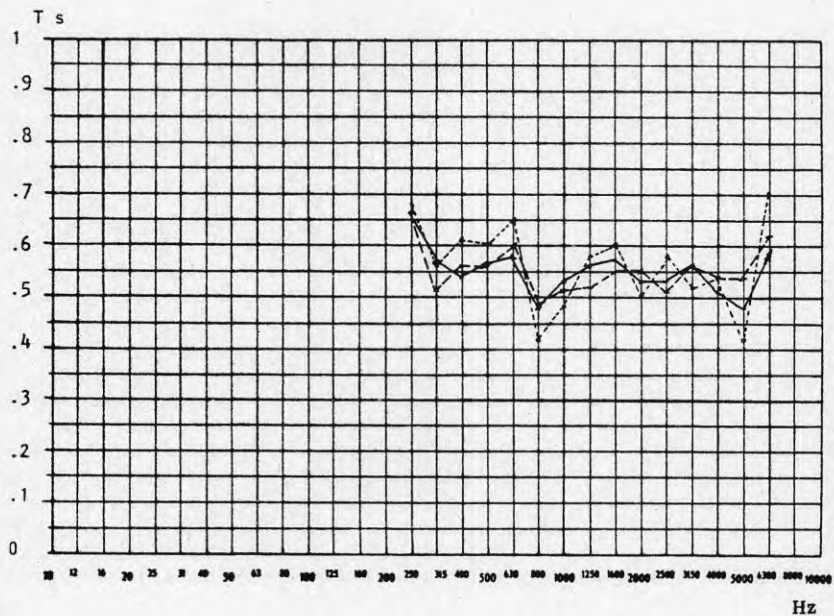
På kurvblad 19, 20, 21, 22, 23 samt 24, 25, 26, 27, 28 och 29, 30, 31, 32, 33 visas värden av ovan beskrivna ljudtrycksnivåer som funktion av avstånd för varje akustisk grupp. Där ses de kurvor som beräknats enligt minsta kvadratmetoden och visar medelvärdets förlopp som funktion av avstånd samt korrelationskoefficient för den funktionen.

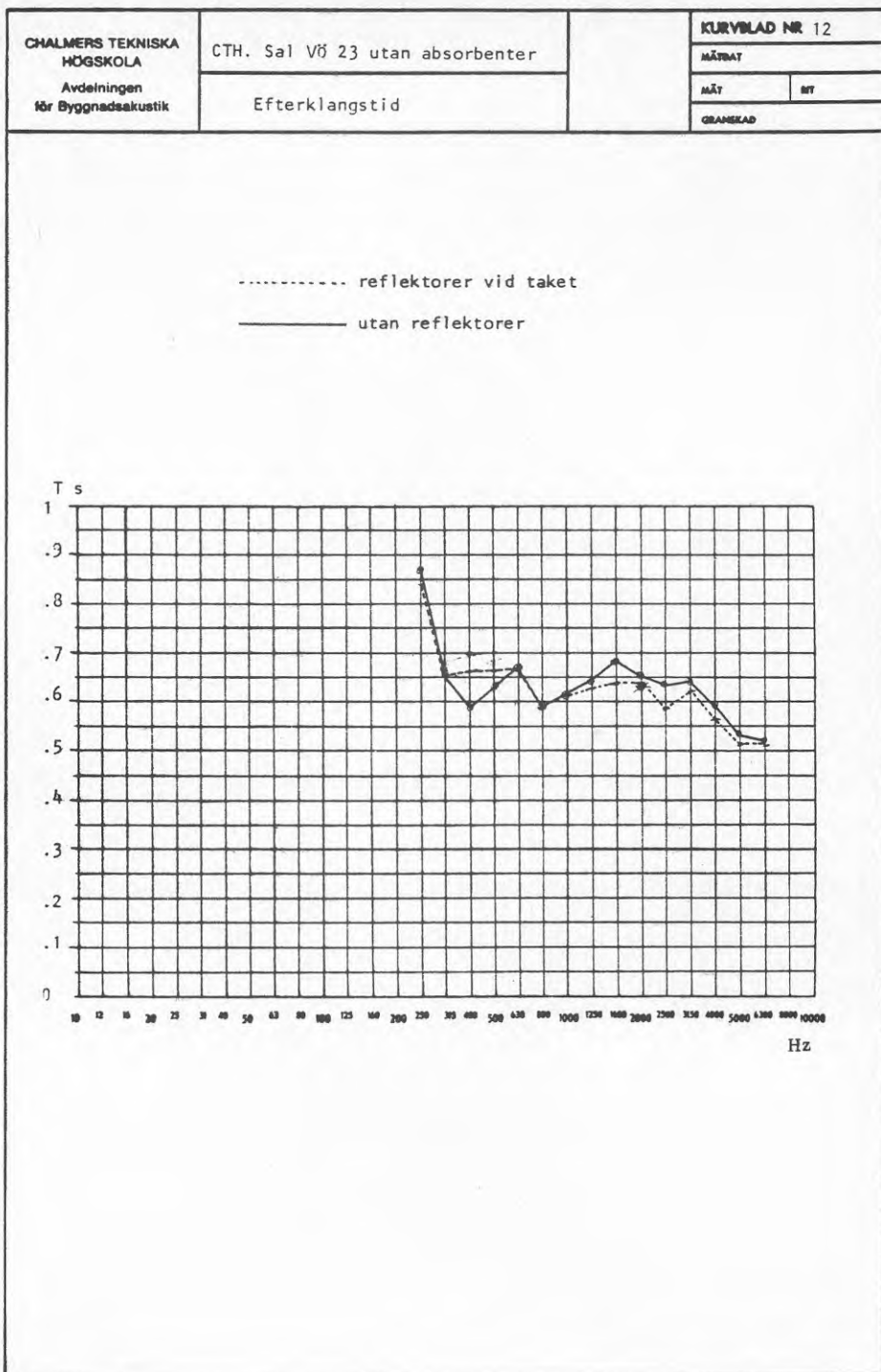
Funktioner har räknats för varje rad dvs för positionerna längs mittlinjen, längs sidoväggen och längs fönstren.

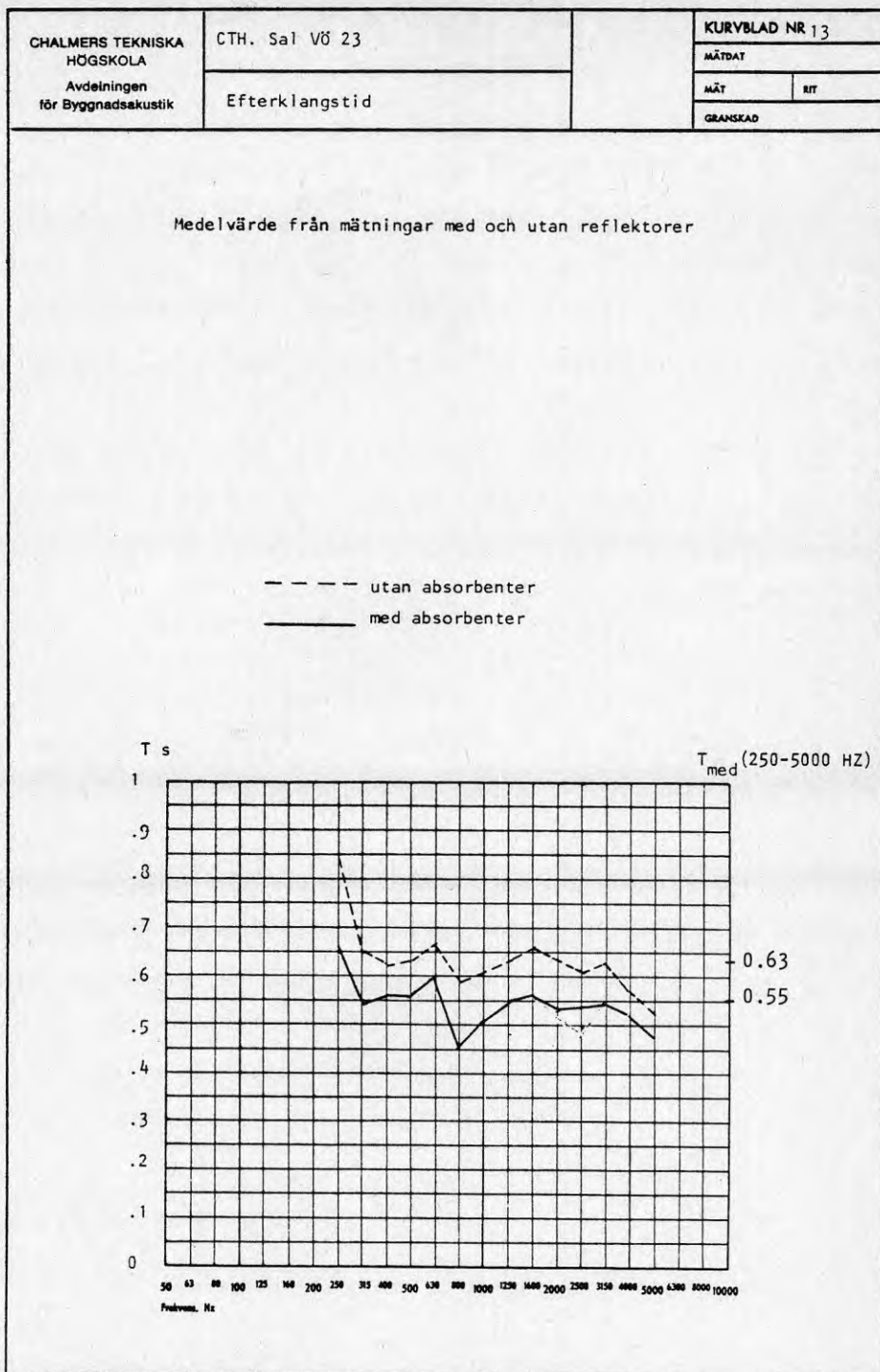
På samma kurvblad finns också sammanställda kurvor för tre rader.

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA Avdelningen för Byggnadsakustik	CTH. Sal Vö 23 med absorbenter	KURVBLAD NR 11	
	Efterklangstid	MÄTBAT	MÅT
		GRÄNSVÄRD	

..... reflektorer vid taket
 ————— reflektorer nära tavlan
 - - - - - utan reflektorer







TABELL 8

PARAMETRAR OCH KYALITETSFAKTORER MED ABSORBERENTER-UTAN REFL.

GRUPP 1

POS./PAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	M	O	S	S	DB	DB	DB	DB	DB
1	1.3	0	.5	.52	2.9	70.4	87.7	89	91.1
2	3.5	0	.52	.54	5.2	64.2	77.4	78.7	83
3	5	0	.53	.53	5.4	63.4	77.7	79.2	82.7
4	8	0	.57	.55	6	63	78	79.3	82
5	9.5	0	.56	.58	6.6	62.1	76.3	79.7	81.1
6	1.3	0	.54	.56	2.5	70.4	87.7	89.4081	91.1
7	3.5	8	.55	.55	5.7	64.6	80.9	82.6	85.5
8	5	6	.6	.6	6.4	62.5	79.1	80.2	83.5
9	8.05	2	.62	.64	6.8	62.1	78.6	80.1	82.6
10	9.6	1	.6	.58	6.5	61.8	75.9	77	83.1
11	4.3	35	.55	.57	5.8	63.1	75	76.1	82.6
12	5.55	26	.59	.62	7	61.2	74.4	75.8	81.6
13	8.4	17	.6	.61	7	60.9	74.8	76.2	80.6
14	9.8	14	.57	.59	6.8	62	75.4	77.4	82
15	3.9	29	.52	.52	6.6	62.4	75.6	76.8	82
16	5.3	21	.57	.57	6.4	60.9	75.5	76.7	81.2
17	8.25	13	.59	.61	6.8	60.2	74	75	78
18	9.7	11	.61	.57	6.2	61.6	75.4	76.9	80.6
19	5.5	51	.54	.56	7.4	60.7	71.9	73.6	80.3
20	6.55	41	.58	.56	7	59.8	73.4	74.6	80
21	9	28	.62	.62	7.8	59.3	73.7	76	79.1
22	10.5	25	.61	.64	6.8	60.3	75	77.2	81.2

TABELL 8

GRUPP 1 PARAMETRAR OCH KVALITETSFAKTORER MED ABSORBERENTER-UTAN REFL.

POS./PAR

10	11	12	13	14	15	16	17	18
D-TOT	D-TAL	D-60	TTP-TOT	TTP-TAL	TTP-60	T-EKV. TOT	T-EKV. TAL	T-EKV. 60
%	%	%	MS	MS	MS	S	S	S
1	93.09	77.66	19.3	18.6	38.7	.27	.26	.53
2	77.4	72.75	34.1	31.9	40.7	.47	.44	.56
3	77.1	74.34	34.8	32.6	37.5	.48	.45	.52
4	77.2	72.5	35.5	33.3	40.6	.489999	.46	.56
5	72.1	72.74	38.4	35.5	43.4	.53	.489999	.6
6	93.14	71.27	18.7	17.9	41.7	.26	.25	.58
7	76.1	74.61	36.2	33.3	41.4	.5	.46	.57
8	73.9	68.92	39.1	35.5	43.6	.54	.489999	.6
9	72.5	64.9	42	38.4	44.9	.58	.53	.62
10	70.7	66.73	41.3	36.2	46.8	.57	.5	.65
11	69.3	69.15	42	38.4	42.4	.58	.53	.58
12	69.5	68.81	44.2	40.6	45.9	.61	.56	.63
13	71.2	67.7	41.3	37.7	45.7	.57	.52	.63
14	70.8	73.72	40.1	37.1	41.5	.55	.509999	.57
15	72.1	73.51	39.1	37	38.2	.54	.509999	.53
16	71.2	72.36	39.1	37	42	.54	.509999	.58
17	72.3	69.8	39.9	36.2	43.5	.55	.5	.6
18	75.6	70.91	37	33.5	43.2	.509999	.46	.6
19	66.5	72.81	47.8	44.9	39.6	.66	.62	.55
20	68.9	68.94	43.5	41.3	43	.6	.57	.59
21	69.3	69.54	43.5	40.6	44.2	.6	.56	.61
22	73	70.03	40.6	37.7	44.1	.56	.52	.61

GRUPP 2 PARAMETRAR OCH KVALITETSFAKTORER MED ABSORBENTER-REFL. I TAKET TABELL 9

POS./PAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	L-M	A	T-VV	T-MV	MD	L-MD	L-D	L-D+1	L-SO
	M	O	S	S	DB	DB	DB	DB	DB
1	1.8	0	6	.5	2.9	69.3	86.2	89.1	90.3001
2	3.5	0	.58	.55	4.9	63.7	77.5	79.6	82.5
3	5	0	.59	.55	5.8	63.7	77.1	79.6	82.6
4	6.5	0	.63	.54	5.4	62.7	75.9	77.7	81.7
5	8	0	.59	.56	5.5	61.9	75.5	78	81.2
6	1.8	0	.65	.55	2.5	68.3	87.1	89.2	90.3001
7	3.55	8	.59	.53	5.5	61.5	72.7	79.6	79.5
8	5.85	6	.62	.56	6	61.7	74.9	77.1	80.1
9	6.6	3.5	.62	.54	6.7	61.7	73.8	75.9	79.7
10	8.85	2	.67	.509999	6.5	62	74	75.8	80
11	4.3	35	.59	.56	5.7	62.7	75.5	77.9	82
12	5.55	26	6	.53	6.9	62.4	76	78.3	81.3
13	7	20	.57	.56	6.7	62.5	74	77.4	81.5
14	8.3	17	.61	.59	6	63.3	76	78.5	81.7
15	4	29	.62	.55	5.8	62.9	76	78.1	81.2
16	5.35	21	.62	.54	6.3	62.5	75.6	78.5	81.2
17	6.8	16	.63	.58	6.5	61.7	74	76.3	80
18	8.25	13	.56	.53	6	61.7	72.8	74.8	79
19	5.55	51	.59	6	5.7	62.7	76.1	78.2	81.5
20	6.6	41	.62	.58	6.7	61.6	73.6	76.4	79.7
21	7.8	34	.62	.54	6.8	61.1	73.1	74.8	79
22	9	28	6	.53	6.5	61.5	76.1	78.3	80.8

GRUPP 2 PARAMETRAR OCH KVALITETSFAKTORER MED ABSORBENTER-REFL. I TAKET TABELL 9

POS./PAR	10		11		12		13		14		15		16		17		18	
	D-TOT	%	D-TAL	%	D-60	%	TTP-TOT	MS	TTP-TAL	MS	TTP-60	MS	T-EKV.TOT	S	T-EKV.TAL	S	T-EKV. 60	S
1	90.7		91.2		77.3		22.2		21.3		39.2		31		29		54	
2	80.7		81.8		72.6		34		31		41		47		43		57	
3	76.2		77.2		73		36.6		34.5		39.8		509999		48		55	
4	76		77.3		75.1		37		33.3		37.3		509999		46		509999	
5	78.6		80		69.7		35.6		31.8		43.9		489999		44		61	
6	93.6		94.1		71.2		18		17.2		40		25		24		55	
7	77.6		79		74.3		37		33.2		39.8		509999		46		55	
8	73.7		75.1		74.5		39.2		36.2		39.5		54		5		55	
9	71.5		72.9		74.9		41.3		30.1		39.8		57		53		55	
10	72.8		74		75.2		40.6		37		39.8		56		509999		55	
11	76.6		78.1		72.6		37		34		38.5		509999		47		53	
12	72		73.5		73.1		39.8		37		38.6		55		509999		53	
13	73		74.5		73.3		39.2		36.2		41		54		5		57	
14	75		76.4		71.7		38.4		35.5		41.6		53		489999		57	
15	77.4		78.7		73.9		36.2		33.3		40.2		5		46		55	
16	75.9		77		67		39.2		35.5		43.6		54		489999		6	
17	73.6		75		72.7		39.8		37		41.6		55		509999		57	
18	74.7		76		71.1		38.4		34.7		42.7		53		48		59	
19	76.8		78.2		71.9		36.9		34.2		39.2		509999		47		54	
20	73.5		75		74.1		39.8		37		39.5		55		509999		55	
21	72.8		76		76		40.6		37.6		39		56		52		54	
22	71.5		72.9		73.1		41.3		38.4		40		57		53		55	

GRUPP 3 PARAMETRAR OCH KVALITETSFAKTORER MED ABSORBERTER-REFL. VID TAYLAN TABELL 10

POS./PAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
										L-M	A	T-VV	T-MV	MD
	M	O	S	S	S	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB	DB
1	1.8	0	.57	.54	2.8	68.5	83.5	86.2	87.3001					
2	3.5	0	.61	.53	5.2	64.5	76.9	79.1	82.7					
3	5	0	.58	.55	5.2	64	77.5	79.2	82.3001					
4	6.5	0	.6	.53	5.6	62.7	74.8	76.9	80.5					
5	8	0	.59	.56	6	62.2	73.8	76.3	79.1					
6	1.8	0	.62	.5	2.8	68.5	82.7	86	87.3001					
7	3.55	8	.57	.5	5.7	64.6	76.1	78	81.5					
8	5.05	6	.58	.53	6.2	63.5	75.9	78	81.5					
9	6.6	3.5	.59	.52	6.6	62.1	74.2	76.4	79.8					
10	8.05	2	.59	.57	6.1	63.2	74.7	77	81.2					
11	4.3	35	.61	.56	6	62.9	76	78.3	80.9					
12	5.55	26	.58	.54	6.9	62.3	73.2	75.9	78.9					
13	7	20	.56	.54	6.8	61.5	71.9	74.1	78.3					
14	8.3	17	.62	.56	5.8	62.1	73.7	76	79.1					
15	4	29	.57	.53	5.9	63	71	78	80.9					
16	5.35	21	.63	.63	6	62.5	74.4	76.8	80.1					
17	6.8	16	.61	.54	6	61.9	73.2	75.9	79.6					
18	8.25	13	.58	.55	6	62.4	73.7	76.6	79.8					
19	5.55	51	.59	.56	6.1	61.5	73.7	76	79.8					
20	6.6	41	.6	.58	6.6	61.7	74.2	76.5	80.2					
21	7.8	34	.6	.56	7	60.5	71.6	73.9	79.1					
22	9	28	.62	.61	6.8	61.6	72.7	76.3	79.8					

GRUPP 4 PARAMETRAR OCH KVALITETSFAKTORER UTAN ABSORBENTER-REFL. I TAKET TABELL 11

POS./PAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M		0	S	S	DB	DB	DB	DB	DB
1	1	0	.57	.56	2.1	70.3	94.5	96.6	97.9001
2	3.5	0	.61	.55	5.7	62.9	87.2	89.7	91.9
3	5	0	.6	.62	6.4	61.1	85	87	89.8
4	8	0	.65	.66	7	60	83.4	85.3	87.9
5	9.5	0	.64	.6	6.6	60.2	81.2	82.6	87
6	1	0	.62	.6	2	70.3	94.8001	97	97.9001
7	3.55	8	.62	.6	5.5	62.4	86.8001	88.9001	91.3
8	5.05	6	.6	.61	6.9	61	84.3	85.8	88.5
9	8.05	2	.64	.63	7.5	59.3	80.9	82.1001	87.8
10	9.6	1	.64	.67	7	59.3	81.7	83	87.8
11	4.3	35	.67	.68	6.9	61.4	84.9	86	89.6001
12	5.55	26	.61	.6	7.3	60.3	83.4	84.3	89
13	8.3	17	.67	.66	8	57.8	80	82.8001	86.2
14	9.8	14	.65	.64	7.6	59.1	81.1	82.3001	86.2
15	4	29	.63	.62	6.6	61	84.4001	85.8	89.7
16	5.35	21	.63	.63	7	60.2	84.4001	86.4	88.9001
17	8.25	13	.62	.64	7.5	58.9	82.2	84.7	87.4
18	9.7	11	.64	.64	6.8	59.2	83	85.4001	87.9
19	5.5	51	.64	.64	8.6	58.9	79.7	81.8	85.4001
20	6.6	41	.65	.64	8.5	58.5	79.2	81	85.4001
21	9	28	.65	.67	8.2	58	80	81.1	84.4001
22	10.5	25	.65	.65	7.3	58.4	81.4	83.9	86.4

GRUPP 4 PARAMETRAR OCH KVALITETSFAKTORER UTAN ABSORBENTER-REFL. I TAKET TABELL 11

POS./PAR	10		11		12		13		14		15		16		17		18	
	D-TOT	%	D-TAL	%	D-60	MS	YTP-TOT	MS	TTP-TAL	MS	TTP-60	MS	Y-EKV.TOT	S	T-EKV.TAL	S	T-EKV.60	S
1	91.9	92.03	73.23	73.23	19.9	19.9	42.2	42.2	19.5	19.5	42.2	42.2	27	27	58	58	58	58
2	77.24	77.60	71.43	71.43	35.7	35.7	44.8	44.8	34.4	34.4	44.8	44.8	489999	47	62	62	62	62
3	74	75.4	66.24	66.24	39.1	39.1	46.5	46.5	37	37	46.5	46.5	54	54	64	64	64	64
4	75.8	76.42	71.72	71.72	40.6	40.6	43.5	43.5	38.4	38.4	43.5	43.5	56	56	6	6	6	6
5	74.63	75.38	62.72	62.72	41.6	41.6	51.2	51.2	39.4	39.4	51.2	51.2	57	57	71	71	71	71
6	92.68	92.82	72.31	72.31	18.8	18.8	44.2	44.2	18.5	18.5	44.2	44.2	26	26	61	61	61	61
7	76.62	77.1	62.15	62.15	36	36	49.7	49.7	34.6	34.6	49.7	49.7	5	5	48	48	48	48
8	72.2	72.8	73.72	73.72	40	40	41.9	41.9	38.7	38.7	41.9	41.9	55	55	58	58	58	58
9	71	71.5	59.43	59.43	42.8	42.8	48.8	48.8	40.6	40.6	48.8	48.8	59	59	67	67	67	67
10	72	72.5	62.7	62.7	40.6	40.6	50.8	50.8	38.4	38.4	50.8	50.8	56	56	7	7	7	7
11	72.87	73.39	71.15	71.15	40.3	40.3	45	45	38.7	38.7	45	45	56	56	53	53	53	53
12	71.5	72	73.92	73.92	42	42	43.3	43.3	39.9	39.9	43.3	43.3	58	58	6	6	6	6
13	67.58	68.26	67.66	67.66	45.7	45.7	46.7	46.7	43.5	43.5	46.7	46.7	63	63	64	64	64	64
14	70.59	71.14	71.04	71.04	43.1	43.1	47.2	47.2	41.4	41.4	47.2	47.2	59	59	57	57	57	57
15	72.22	72.75	66.65	66.65	41.2	41.2	45.7	45.7	39.6	39.6	45.7	45.7	57	57	55	55	55	55
16	73.93	74.37	65.04	65.04	39.3	39.3	47.6	47.6	37.9	37.9	47.6	47.6	54	54	66	66	66	66
17	71	71.5	68.2	68.2	41.3	41.3	45.9	45.9	39.1	39.1	45.9	45.9	57	57	63	63	63	63
18	73.03	73.51	64.59	64.59	39.1	39.1	47.8	47.8	37.7	37.7	47.8	47.8	54	54	52	52	52	52
19	63.98	64.7	69.38	69.38	49	49	44.9	44.9	46.7	46.7	44.9	44.9	68	68	64	64	64	64
20	62.41	62.91	69.2	69.2	49.7	49.7	45.9	45.9	48	48	45.9	45.9	69	69	63	63	63	63
21	64.29	64.91	67.05	67.05	48.7	48.7	46.2	46.2	46.6	46.6	46.2	46.2	67	67	64	64	64	64
22	69.13	69.66	66.69	66.69	41.3	41.3	46.8	46.8	39.9	39.9	46.8	46.8	57	57	55	55	55	55

GRUPP 5 PARAMETRAR OCH KVALITETSFAKTORER UTAN ABSORBERENTER-UTAN REFL. TABELL 12

POS./PAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	L-M	A	T-VV	T-MV	MD	L-MD	L-D	L-D+I	L-50
	M	O	S	S	DB	DB	DB	DB	DB
1	1	0	.66	.6	2	70.2	94.1	96.8	97.4
2	3.5	0	.64	.58	5.7	62.2	86.5	88.7001	90.8
3	5	0	.63	.62	6.5	61	85.4001	86.2	89.4001
4	8	0	.65	.64	7.3	59.5	83.4	85.2	88.1
5	9.5	0	.67	.66	6.5	59.8	83.4	85.8	88.3
6	1	0	.7	.64	1.8	70.2	93.7	94.7	97.4
7	3.55	8	.62	.67	5.7	62.4	87	88	91.3
8	5.05	6	.61	.63	7.1	60.9	84	85.6	89
9	8.05	2	.66	.63	7.6	59	81.9	83.9	87.7
10	9.6	1	.7	.64	7.2	59.5	82.4	84.3	87.6
11	4.3	35	.65	.66	8	60.1	81.9	83.2	87.6
12	5.55	26	.64	.6	7.6	59.8	82	83.5	87.7
13	8.3	17	.65	.64	8.2	58.3	80.3	83.1	86.4
14	9.8	14	.64	.65	7.7	58.8	80.4	82.3001	87
15	4	29	.64	.62	7.2	61	85.1	86.9	89.7
16	5.35	21	.66	.6	7.2	60.1	84.6	86	89.1
17	8.25	13	.68	.65	7.9	58.9	82.4	83.6	87.5
18	9.7	11	.7	.65	6.7	59.7	84	86.4	88.5
19	5.55	51	.67	.63	8.9	58.3	80.2	82.7	85.7
20	6.6	41	.65	.65	9.2	57.8	78.2	79.2	84.6
21	9	28	.7	.69	8.5	58.1	78.4	79.5	85.1
22	10.5	25	.67	.63	7.4	58.6	80.6	83.5	85.9001

GRUPP 5 PARAMETRAR OCH KVALITETSFAKTORER UTAN ABSORBERENTER-UTAN REFL. TABELL 12

POS./PAR	10	11	12	13	14	15	16	17	18
D-TOT	D-TAL	D-60	TTP-TOT	TTP-TAL	TTP-60	T-EKY.TOT	T-EKY.TAL	T-EKY.60	T-EKY.60
%	%	%	MS	MS	MS	S	S	S	S
1	91.81	91.96	71.09	19	18.6	42.2	.26	.26	.58
2	76.46	77.04	66.33	36.2	34.6	48.7	.5	.48	.67
3	73.8	74.6	69.22	38.4	37	44.9	.53	.509999	.62
4	74.56	75.17	63.72	39.4	37.6	50.3	.54	.52	.69
5	73.74	74.26	70.06	38.6	37	45.5	.53	.509999	.63
6	92.87	93.06	56.83	21.7	21.2	55.1	.3	.29	.76
7	77.96	78.38	66.95	33.5	32.3	45	.46	.45	.62
8	72.8	73.29	69.11	40.2	38.7	45.2	.56	.53	.62
9	68.53	69.17	68.75	45.4	43.4	48.9	.63	.6	.68
10	71.54	72.19	66.61	41.7	39.6	48.7	.57	.55	.67
11	67	67.3	69.17	47.8	45.7	46	.66	.63	.63
12	67.9	68.57	59.81	44.9	42.8	51.2	.62	.59	.71
13	65.8	66.5	63.11	48.6	46.4	50.9	.67	.64	.7
14	66.98	67.59	69.2	46.4	44.4	48.3	.64	.61	.67
15	71.5	72.11	67.52	40.7	38.8	47.1	.56	.53	.65
16	73.43	73.99	68.65	39.5	37.8	46.9	.55	.52	.65
17	69.62	70.23	70.42	44	42	45.8	.61	.58	.63
18	76.32	76.9	66.33	36.9	35.2	49.4	.509999	.489999	.68
19	59.5	60.8	68.88	52.2	50	45.5	.72	.69	.63
20	56.07	56.87	69.77	56.2	53.4	47.8	.78	.74	.66
21	61.42	62.21	71.05	52.4	49.8	47	.72	.69	.65
22	71.18	71.69	67.57	41	39.5	46	.57	.55	.63

8.3. Kvalitetsfaktorer

På samma sätt som ljudtrycksnivån har alla tre kvalitetsfaktorerna sammanställts. Faktorernas värde visas i samma tabeller som ljudtrycksnivån och efterklangstid T_{60} .

Även kvalitetsfaktorerna har sammanställts som funktion av avstånd och korrelationen har beräknats.

På kurvbl.34-38 ses värden för modulationsdämpning som funktion av avstånd, på kurvbl.39-48 värden för tydlighet och på kurvbl.49-58 värden för ekvivalent efterklangstid. Den ekvivalenta efterklangstiden och tydligheten visas för tidsförlopp under 150 ms, och under hela tidsförloppet dvs tills signalens nivå avtar till bakgrundsbullrets nivå. De kallas D_{tal} och D_{tot} resp T_{tal} och T_{tot} .

På kurvbl.59-63 ses också den från kurvans förlopp beräknade ekvivalenta efterklangstiden T_{ekv-60} för samma tidsgränsvärde som för vanlig efterklangstid T_{60} (den endast som ett vägt värde för jämförelses skull).

Som exempel på mätning av ljudtrycksnivå och rumsakustiska parametrar visas i bilagan utskrift av mätresultat i en position.

8.4. Sammanställning av parametrar och faktorer

Nedan beskrivna förhållanden för parametrar och faktorer som funktion av avståndet har räknats med hjälp av minsta kvadratmetoden för:

$$L_{MD} = f(\ell), L_{D+1} = f(\ell), L_{50} = f(\ell)$$

$$M_D = f(\ell), D_{TAL} = f(\ell), D_{TOT} = f(\ell), T_{ekv TAL} = f(\ell)$$

$$T_{ekv TOT} = f(\ell).$$

där (ℓ) markerar avståndet.

På kurvblad 19 till 58 finns sammanställda värden för alla dessa funktioner.

Alla förhållanden har beskrivits för fem olika akustiska grupper.

Samvariation mellan de nedan beskrivna faktorerna har uppskattats genom beräkning av korrelation.

$$MD = f(D_{TAL}), MD = f(D_{TOT}), MD = f(T_{ekv TAL})$$

$$MD = f(T_{ekv TOT}), D_{TAL} = f(T_{ekv TAL}), D_{TOT} = f(T_{ekv TOT})$$

$$MD = f(L_{MD})$$

På kurvblad 64 till 73 visas alla dessa värden samt korrelationen.

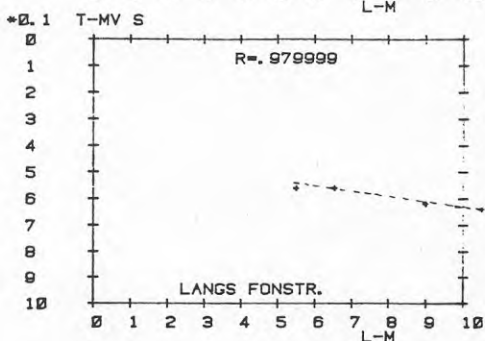
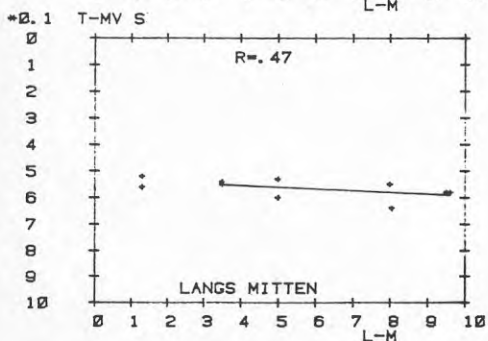
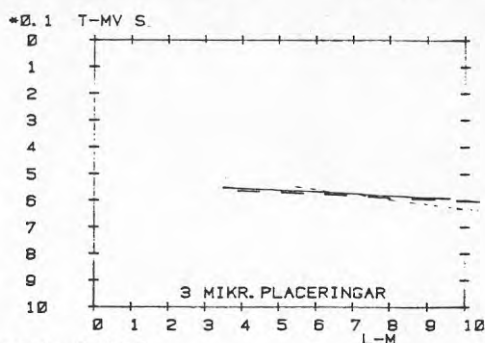
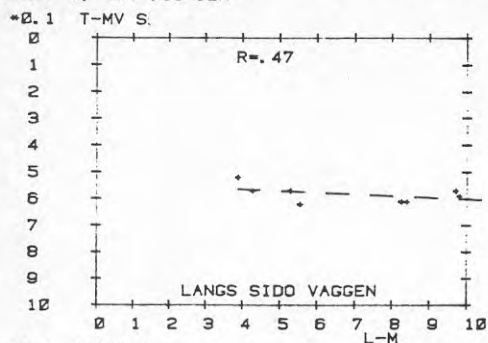
På kurvblad 14 till 18 och 59 till 63 kan ses ändringar av efterklangstidens medelvärde T_{60-med} och T_{ekv-60} som funktion av avståndet.

Samvariation mellan samtliga kvalitetsfaktorer och ljudtrycksnivån har också uppskattats genom beräkning av korrelation.

Alla dessa funktioner samt korrelation sammanställda för alla positionsgrupper dvs längs mitten, längs sidoväggen och längs fönstren med och utan absorbenter visas på kurvblad 74 till 78.

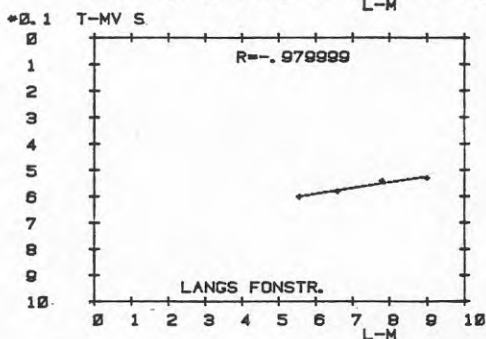
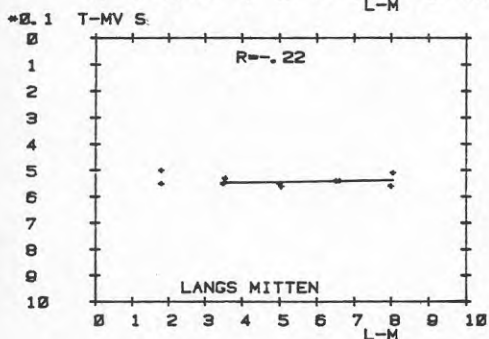
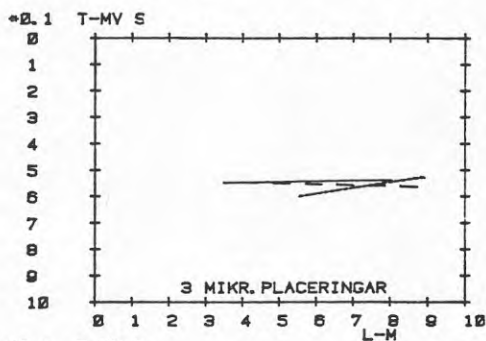
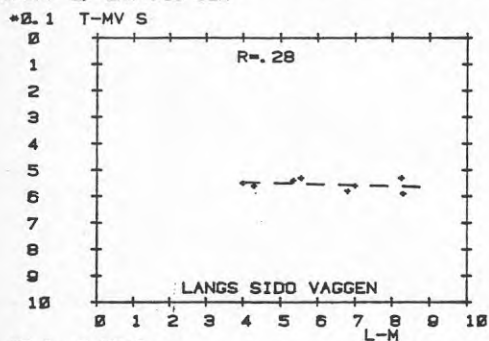
SAL VO 23, MED ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. (G. 12)
GRUPP 1, EKT=, 56 SEK

KURVBL. 14



SAL VO 23, MED ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 2, EKT=, 56 SEK

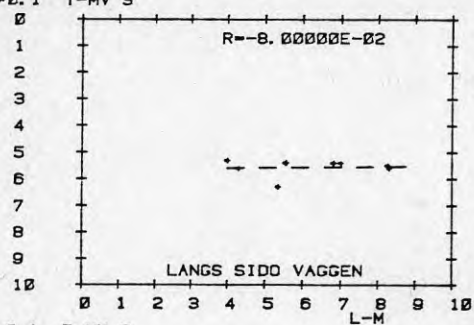
KURVBL. 15



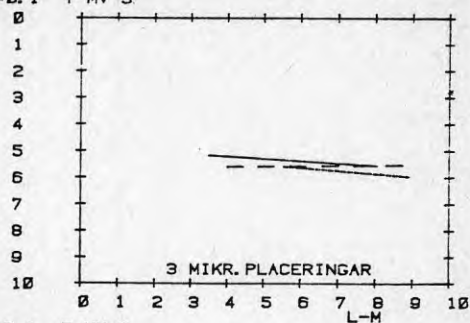
SAL VO 23, MED ABSORB. REFL. VID TAVLAN, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION
GRUPP 3, EKT=, 55 SEK

KURVEL 16

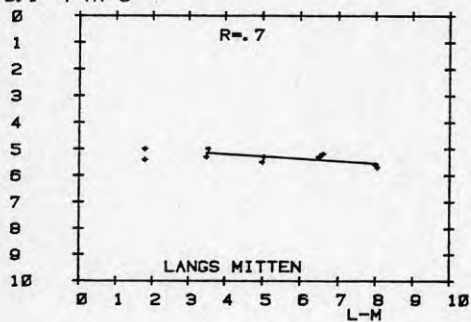
*0.1 T-MV S



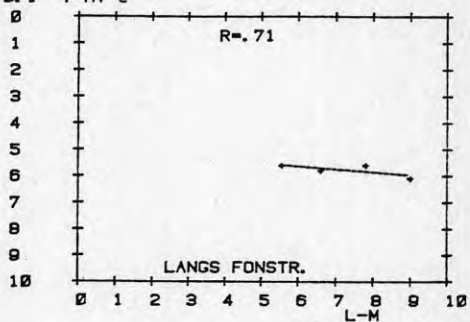
*0.1 T-MV S



*0.1 T-MV S

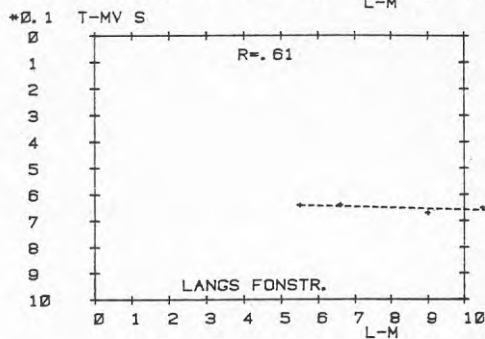
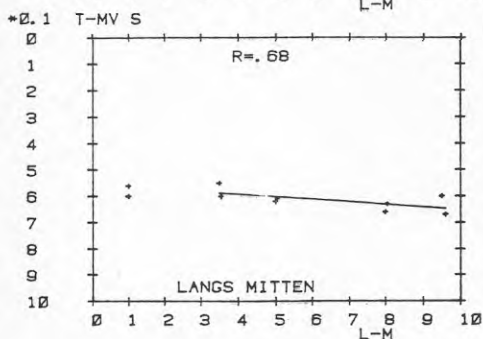
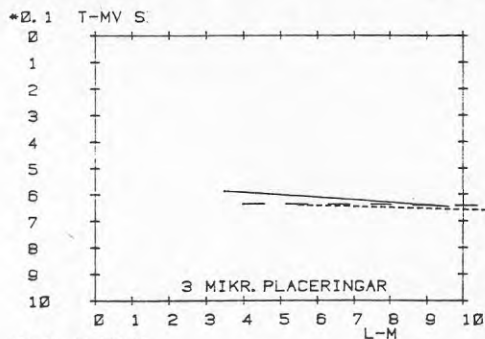
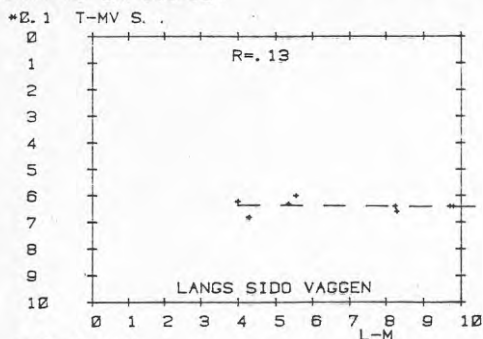


*0.1 T-MV S



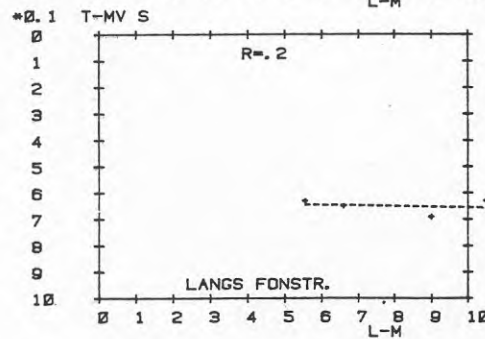
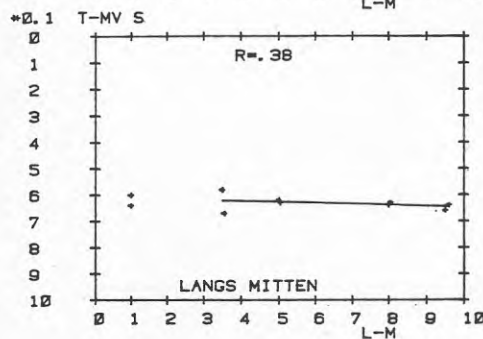
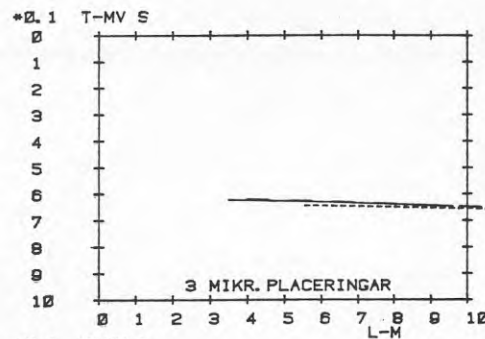
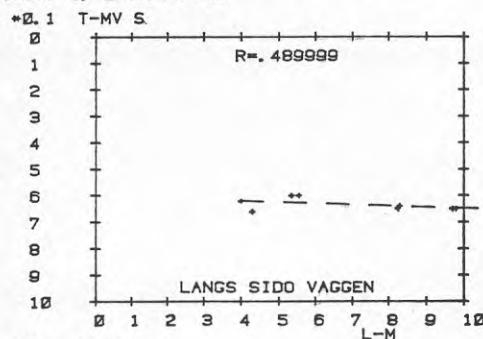
SAL VD 23, UTAN ABSORB. REFL, VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 4, EKT=, 63 SEK

KURVBL. 17



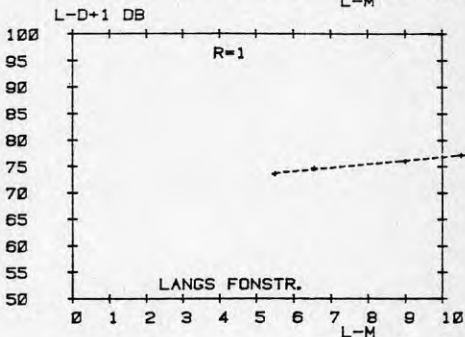
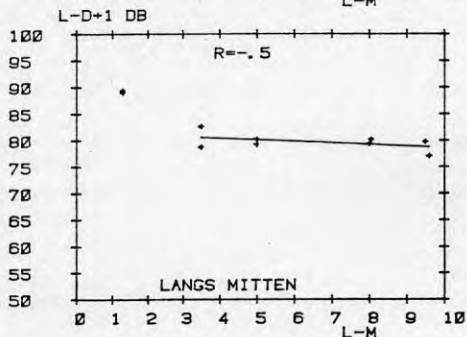
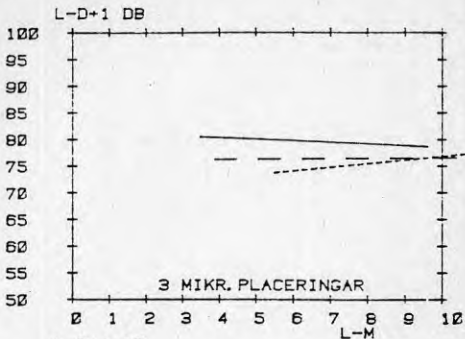
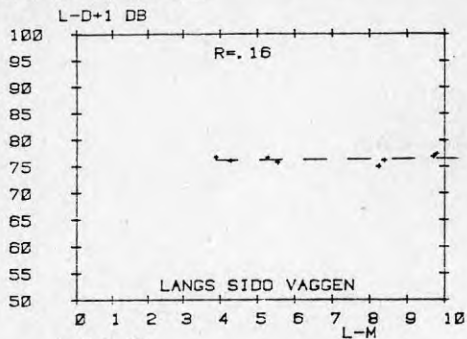
SAL VD 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL, PARAM FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 5, EKT=, 63 SEK

KURVBL. 18



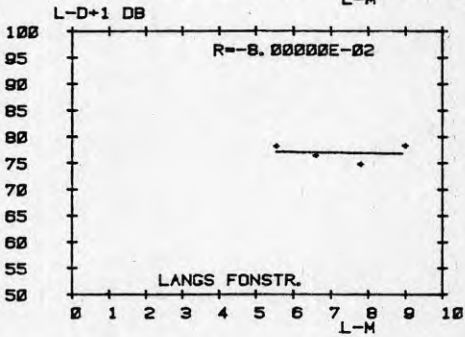
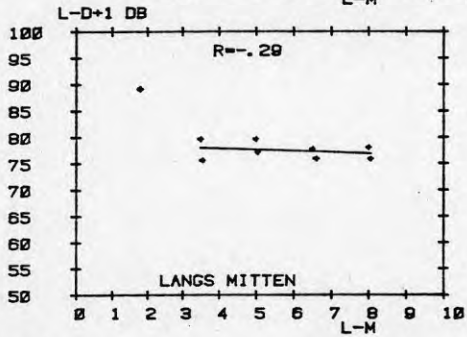
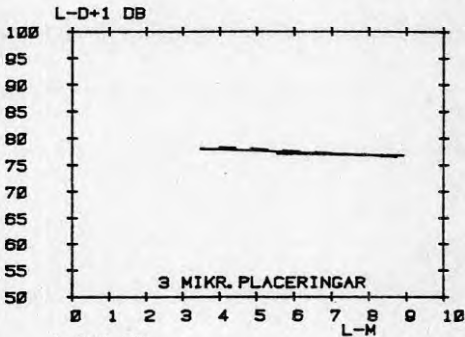
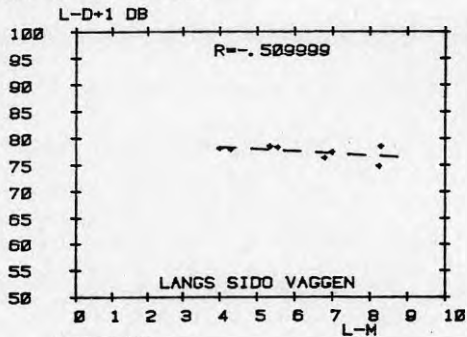
SAL VO 23, MED ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 1. EKT=.56 SEK

KURV. 1



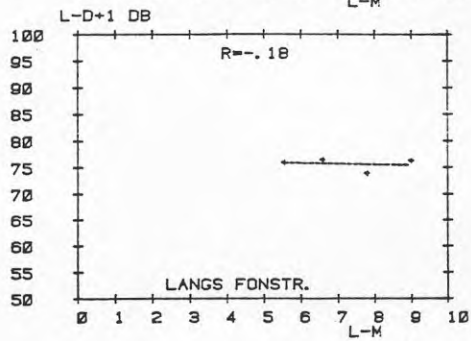
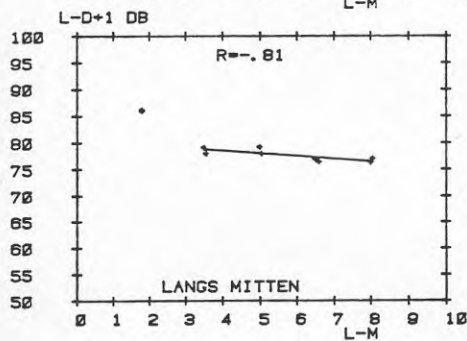
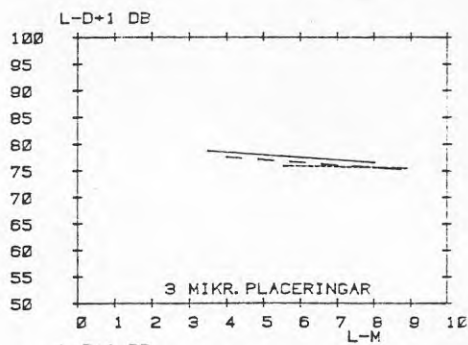
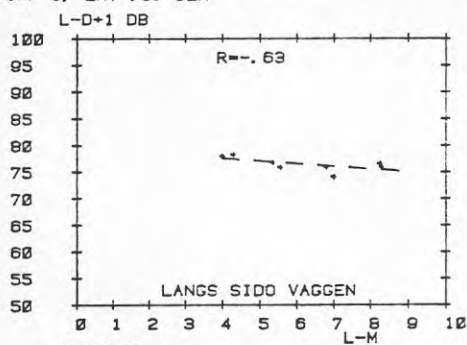
SAL VO 23, MED ABSORB. RFL. VID TAKET, PARAM. FORHALLANDE OCH KORRELATION.
GRUPP 2. EKT=.56 SEK

KURVBL. 20



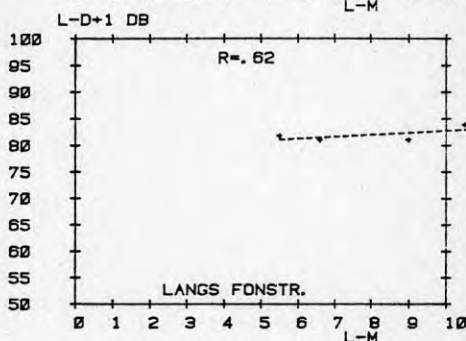
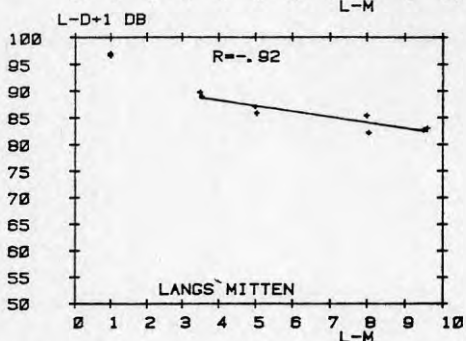
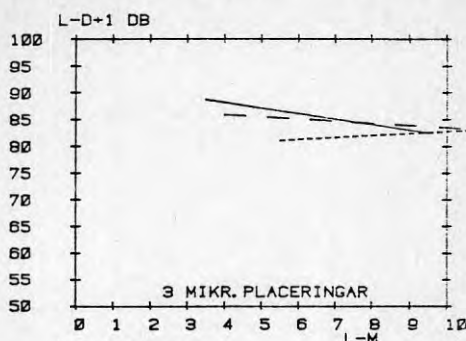
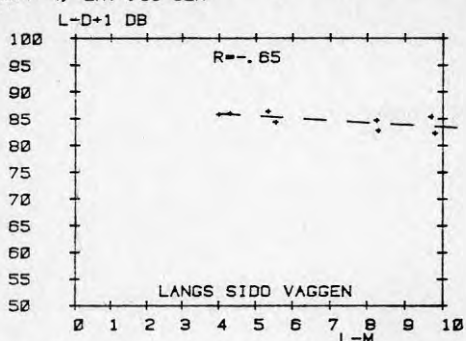
SAL VD 23, MED ABSORB. REFL. VID TAVLAN, PARAM. FORHÅLL. OCH KORRELATION
GRUPP 3, EKT=, 55 SEK

KURVEL 11



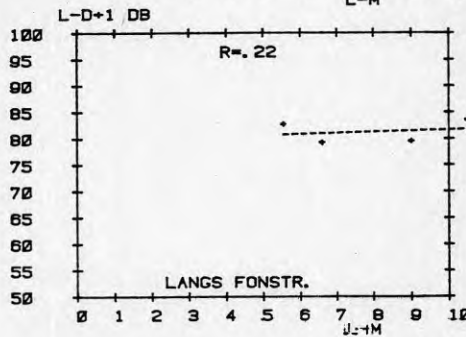
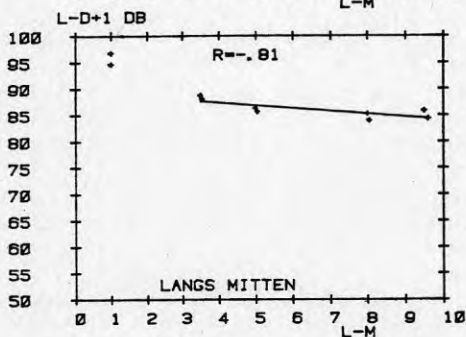
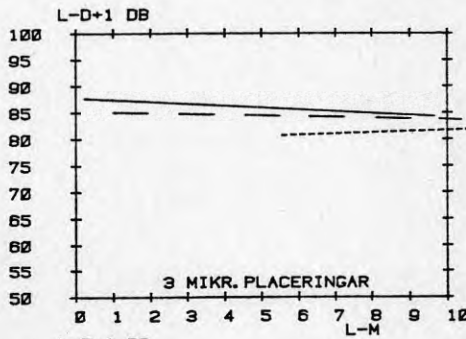
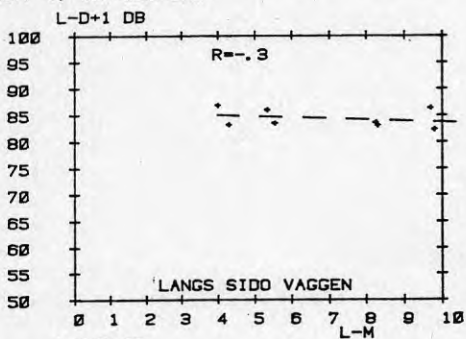
SAL VD 23, UTAN ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION, S. 11
GRUPP 4, EKT=. 63 SEK

KURVBL. 22



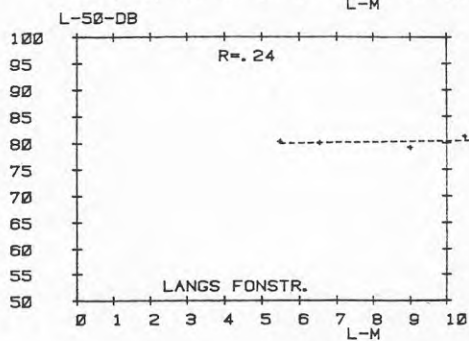
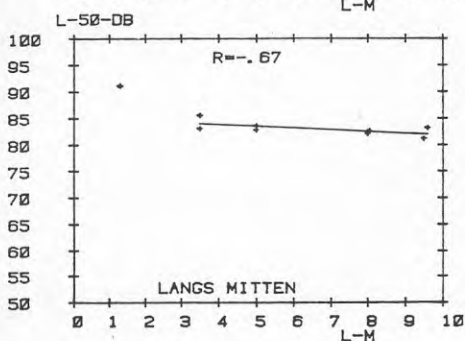
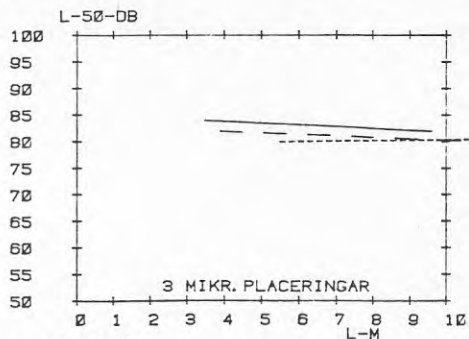
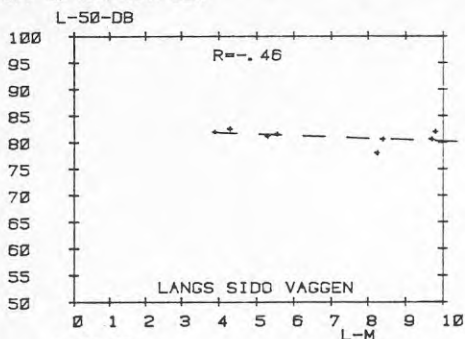
SAL VD 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL. PARAM FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 5, EKT=. 63 SEK

KURVBL. 23



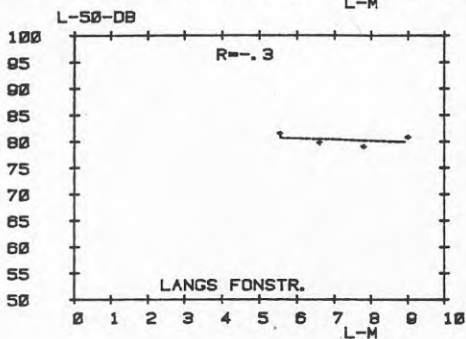
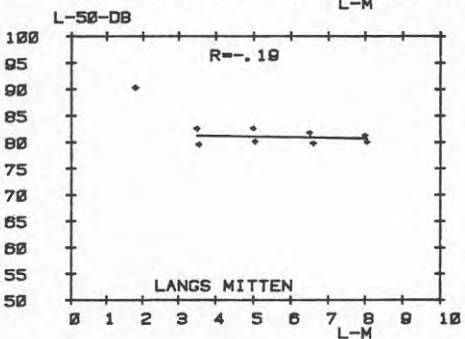
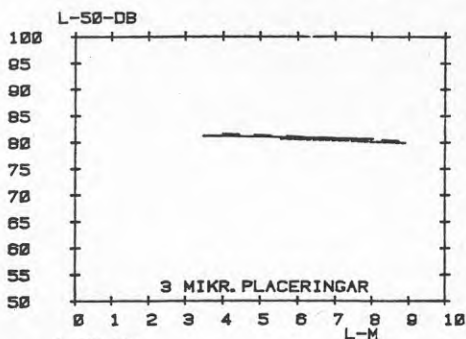
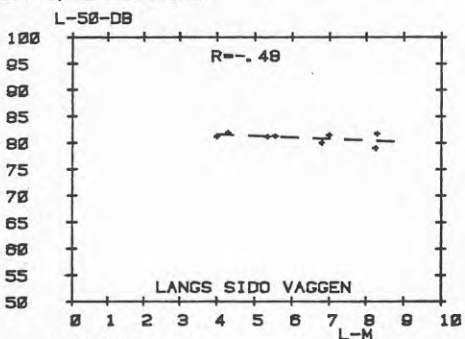
SAL VD 23, MED ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 1, EKT=.56 SEK

KURVBL. 24



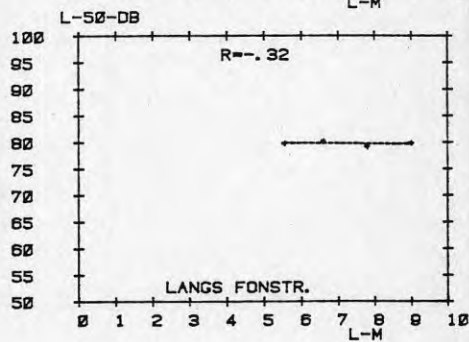
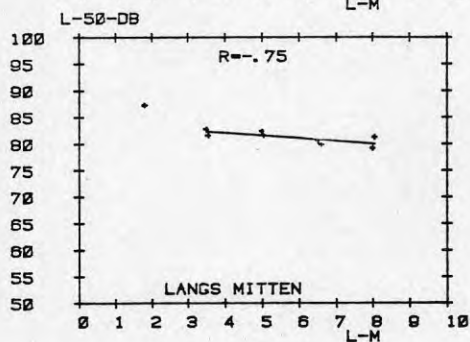
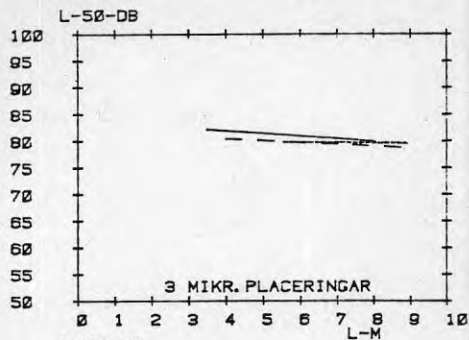
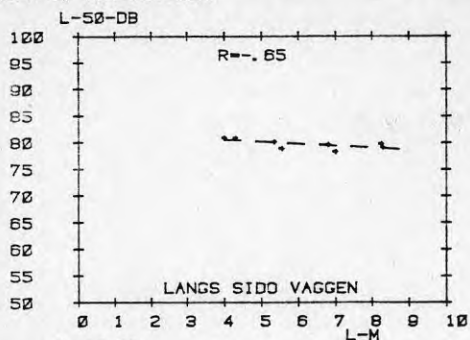
SAL VD 23, MED ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 2, EKT=.56 SEK

KURVBL. 25



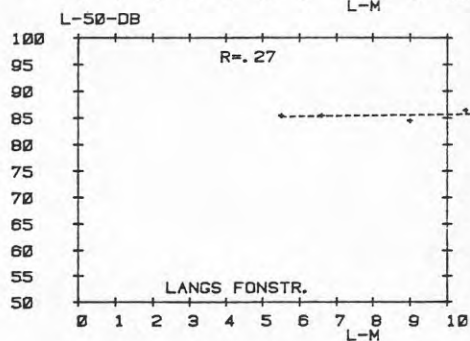
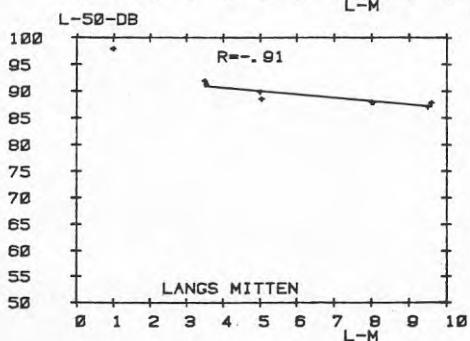
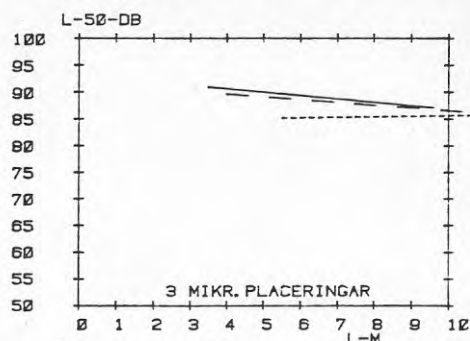
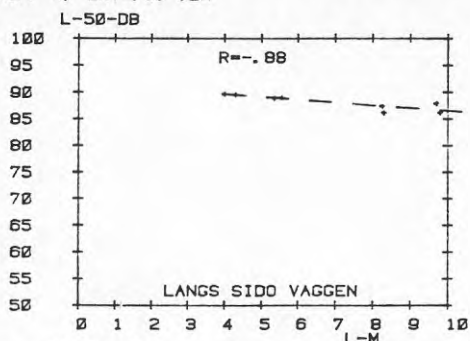
SAL VO 23, MED ABSORB. REFL. VID TAVLAN, PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION
GRUPP 3, EKT=, 55 SEK

KURVEL, 25



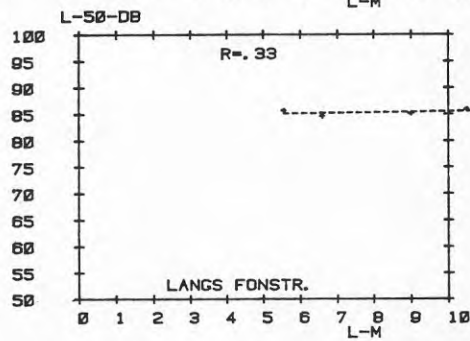
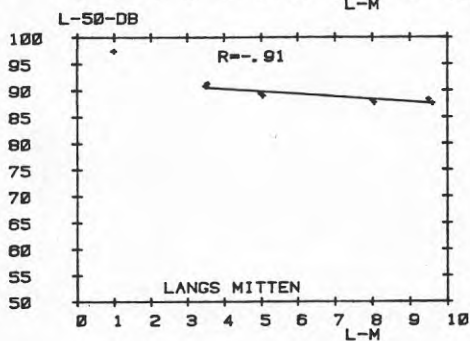
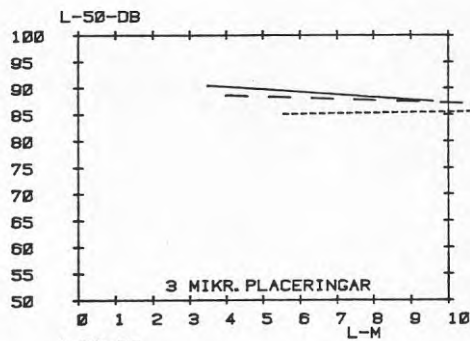
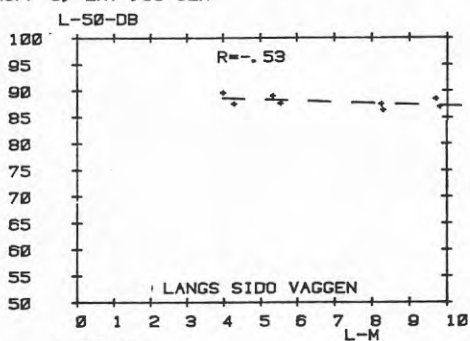
SAL VD 23, UTAN ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION. 3. 11
GRUPP 4. EKT= .63 SEK

KURVBL. 27



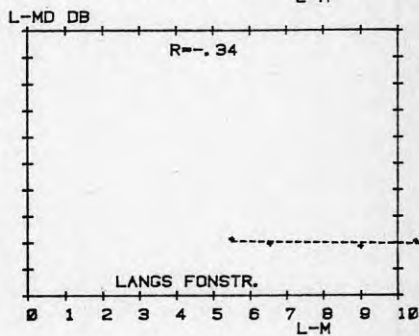
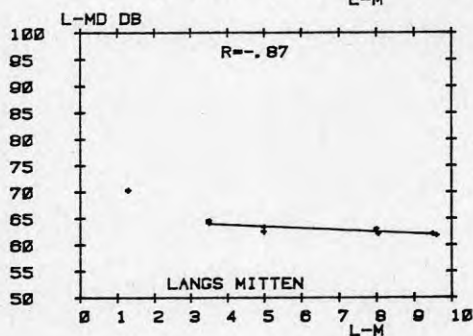
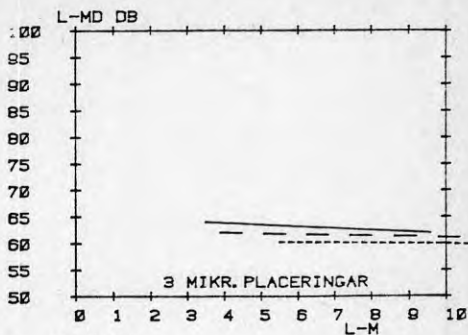
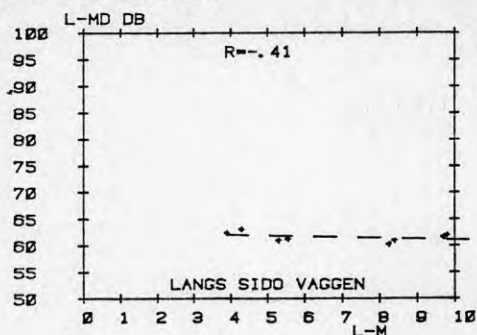
SAL VD 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL. PARAM FÖRHÅLL. OCH KORRELATION.
GRUPP 5. EKT= .63 SEK

KURVBL. 28



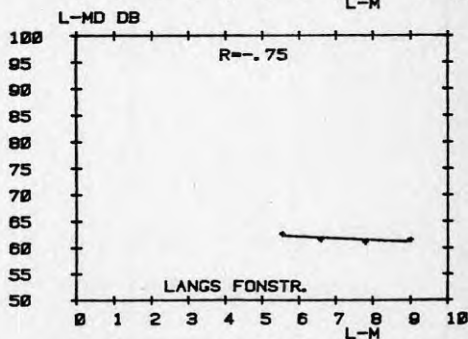
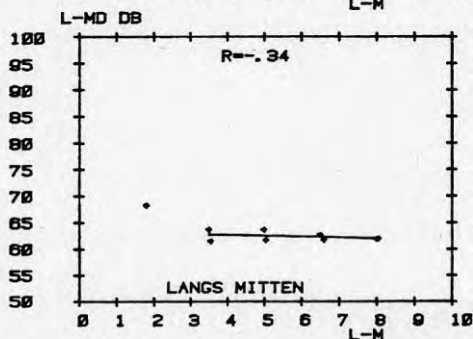
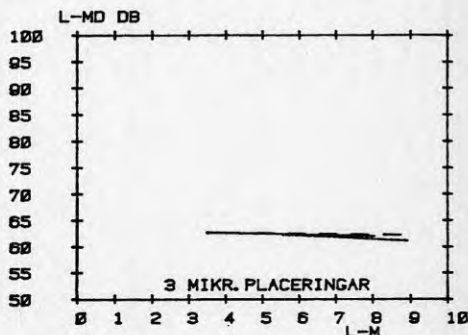
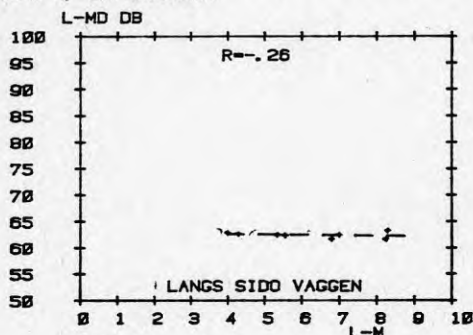
SAL VO 23, MED ABSORB. UTAN REFL. -PARAM. FORHALLANDE OCH KORRELATION
GRUPP 1, EKT=,56 SEK

KURVBL. 29



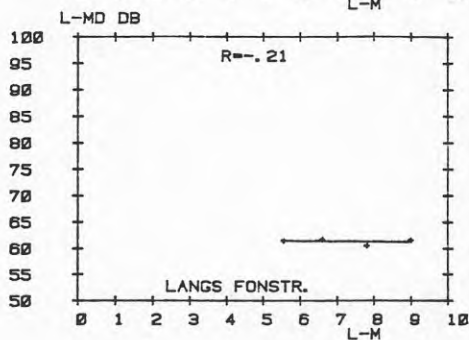
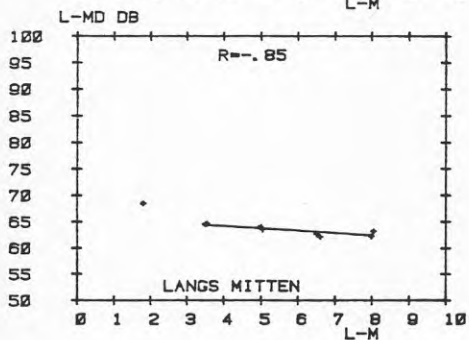
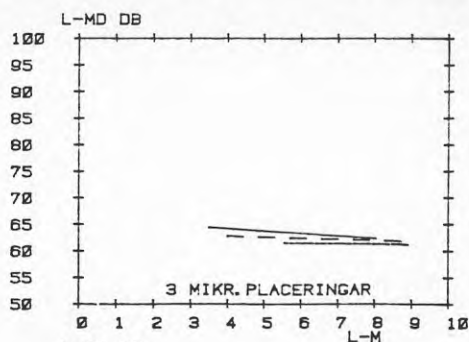
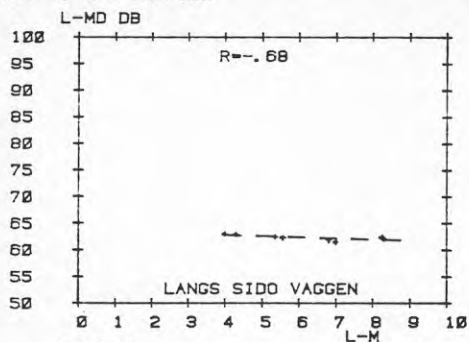
SAL VO 23, MED ABSORB. RFL. VID TAKET, PARAM. FORHALLANDE OCH KORRELATION
GRUPP 2, EKT=,56 SEK

KURVBL. 30



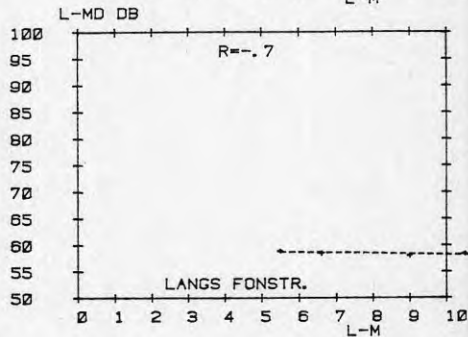
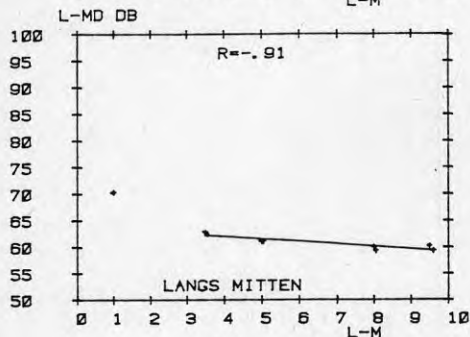
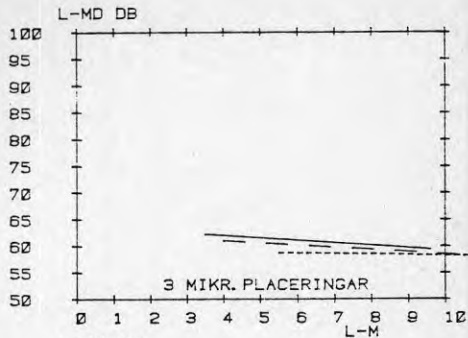
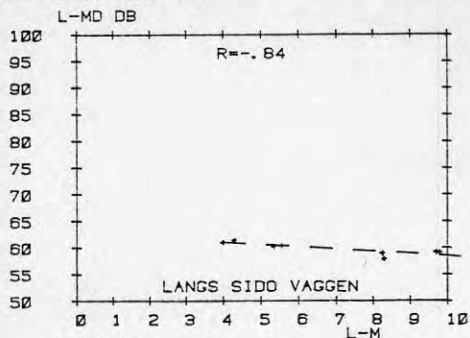
SAL VO 23, MED ABSDRB. REFL. VID TAVLAN, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION
GRUPP 3, EKT=, 55 SEK

KURVBL. 31



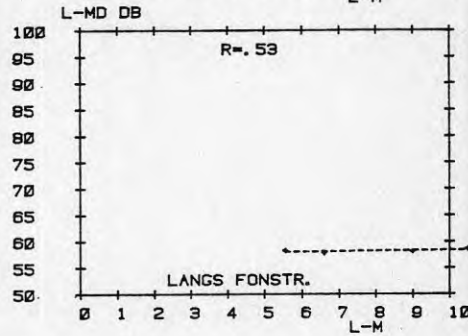
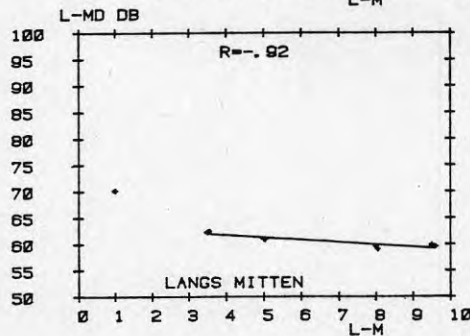
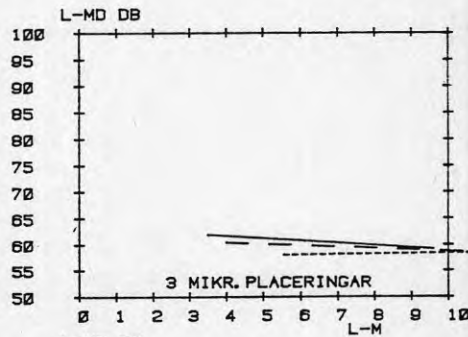
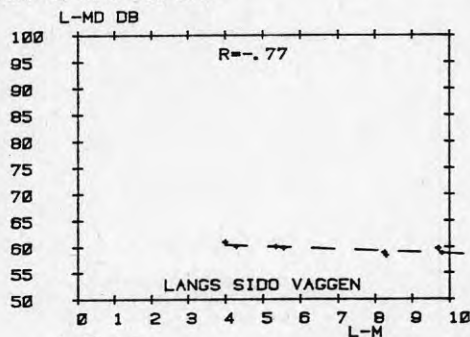
SAL VO 23, UTAN ABSORB. REFL, VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 4, EKT=, 63 SEK

KURVEL. 32

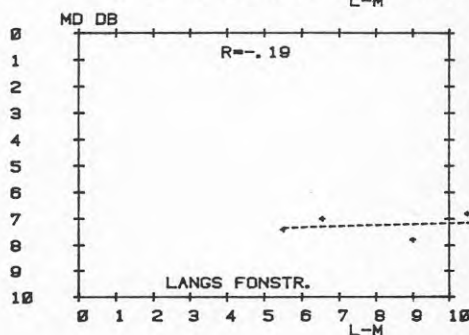
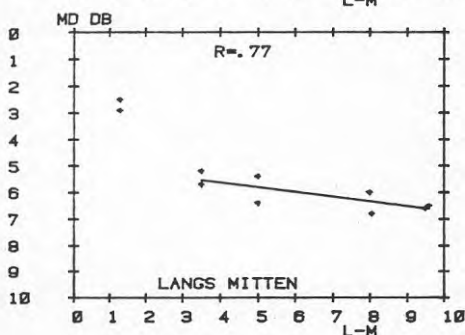
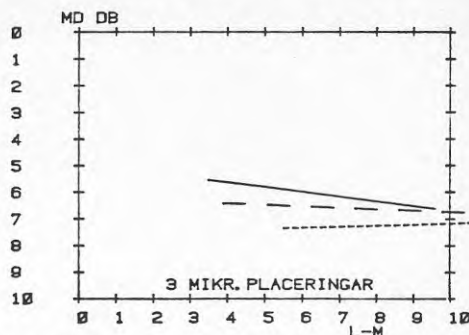
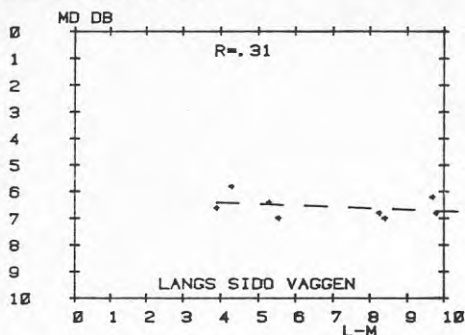


SAL VO 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL, PARAM FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 5, EKT=, 63 SEK

KURVBL. 33

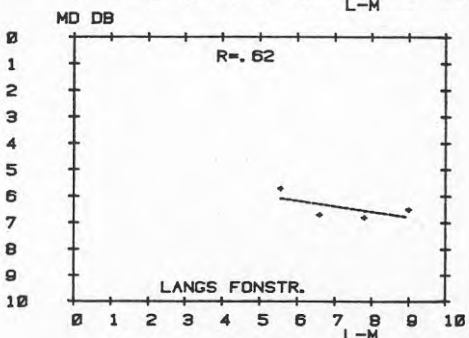
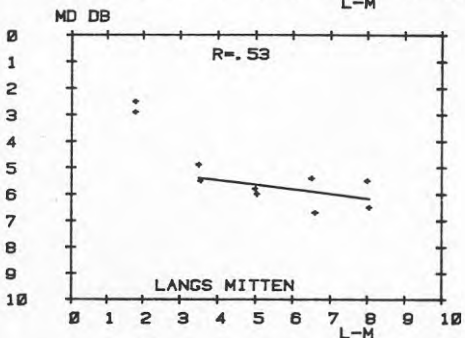
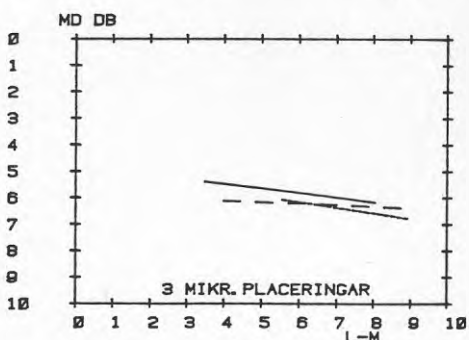
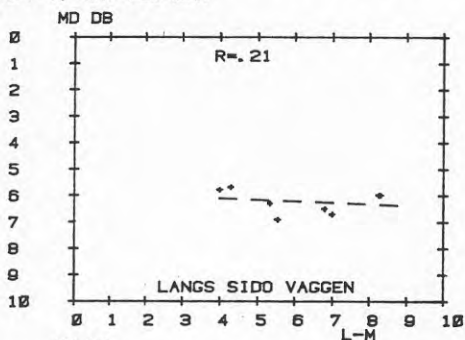


SAL VO 23, MED ABSORB. UTAN REFL., PARAMETRARNAS FORHALLANDE OCH KORRELATION KURVBL. 34
GRUPP 1, EKT=,56 SEK

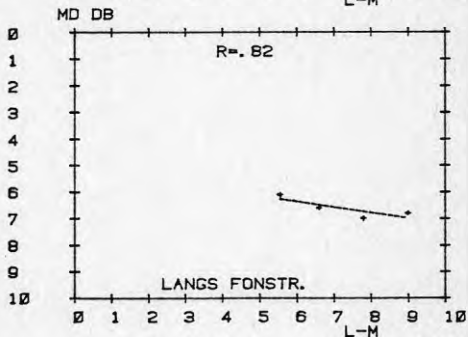
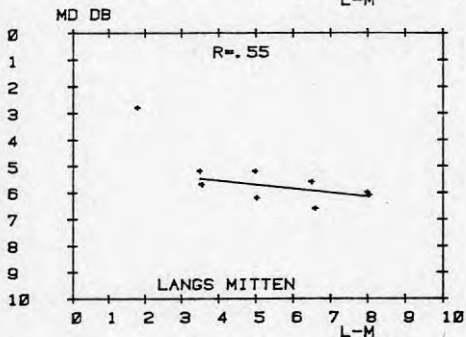
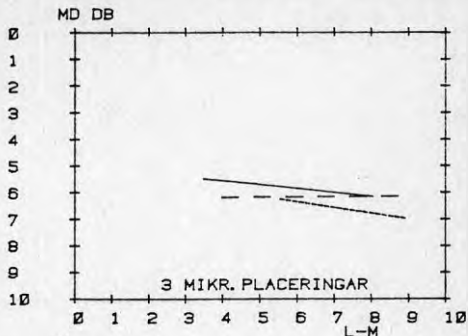
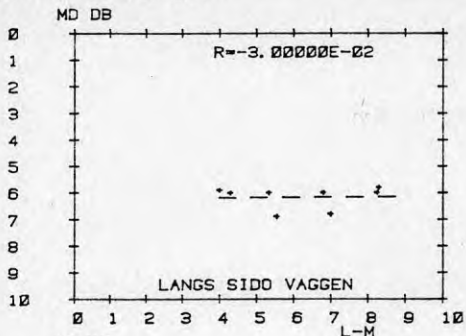


SAL VO 23, MED ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 2, EKT=,56 SEK

KURVBL. 35

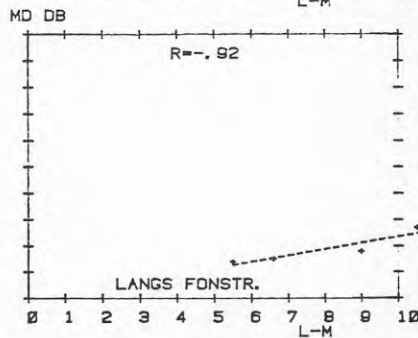
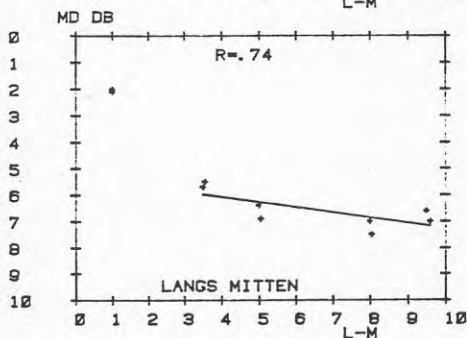
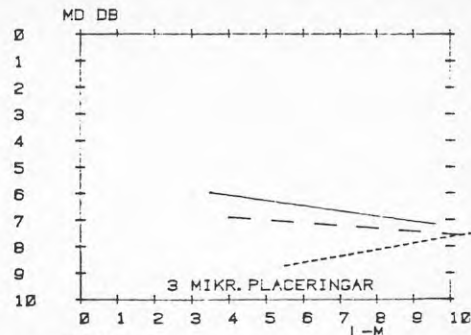
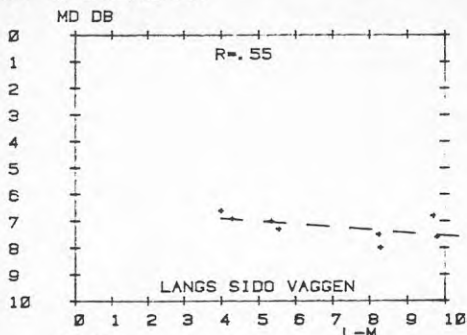


SAL VD 23, MED ABSORB. REFL. VID TAVLAN. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. (21. 12) KIRVEL. 36
 GRUPP 3, EKT=.55 SEK



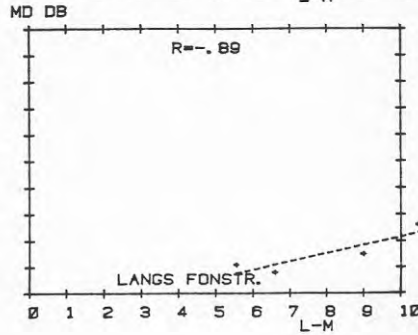
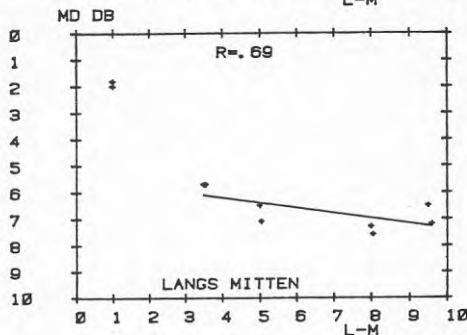
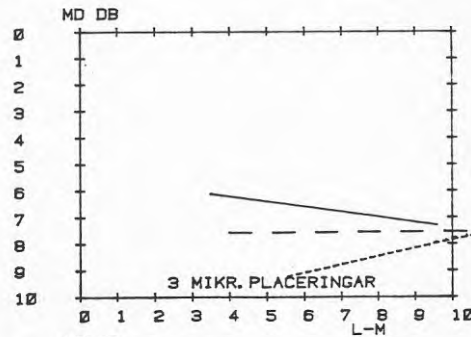
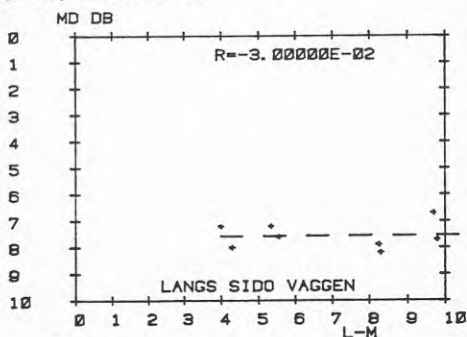
SAL VD 23, UTAN ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION.
GRUPP 4, EKT=.63 SEK

KURVBL. 37



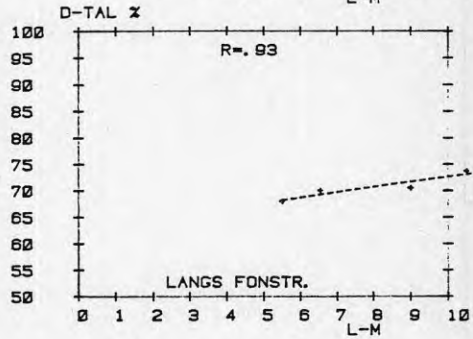
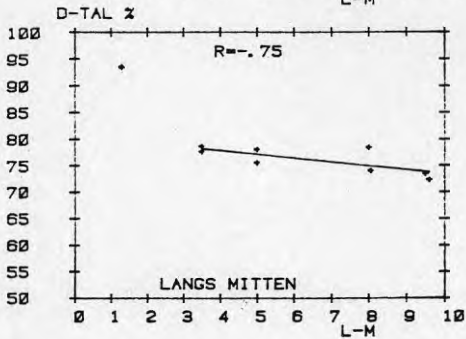
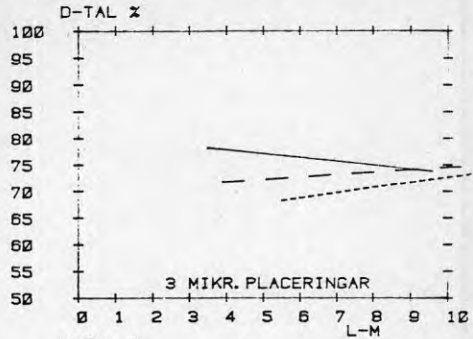
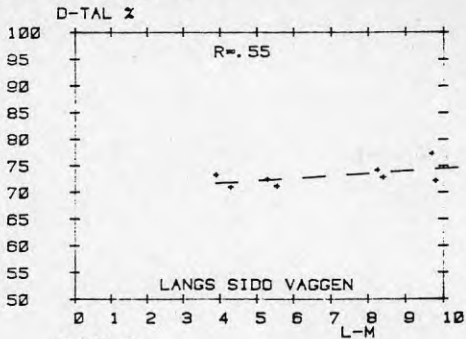
SAL VD 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION.
GRUPP 5, EKT=.63 SEK

KURVBL. 38



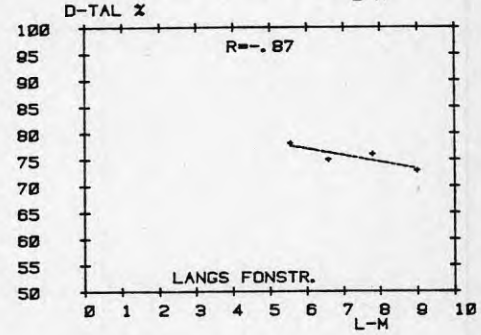
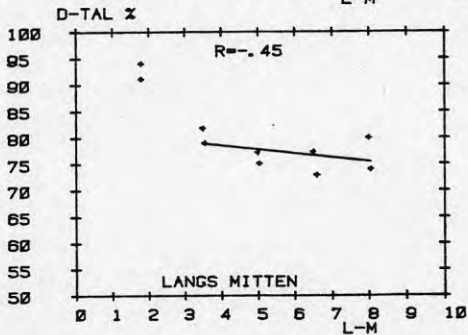
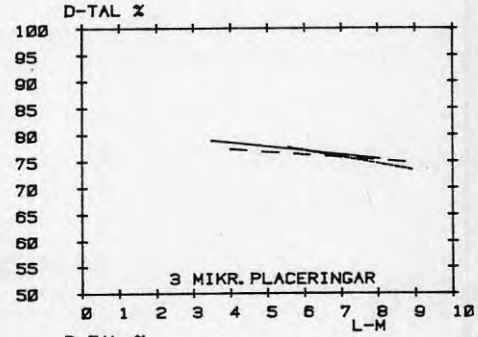
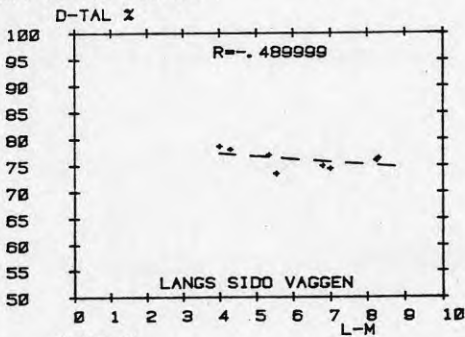
SAL VD 23, MED ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION. (10. 12)
GRUPP 1, EKT=. 56 SEK

KURVBL. 39

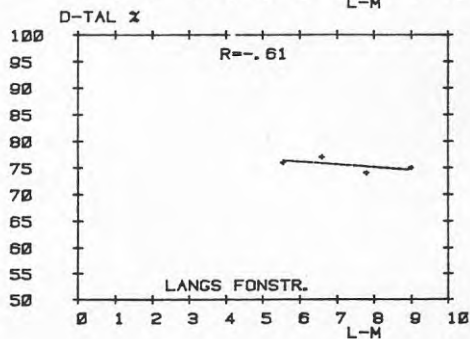
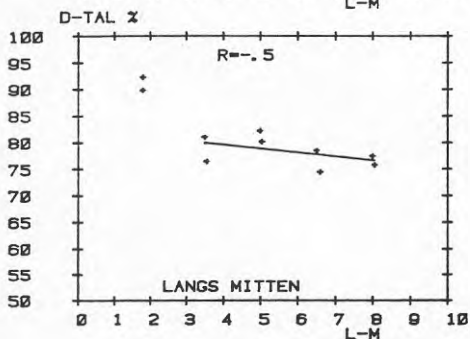
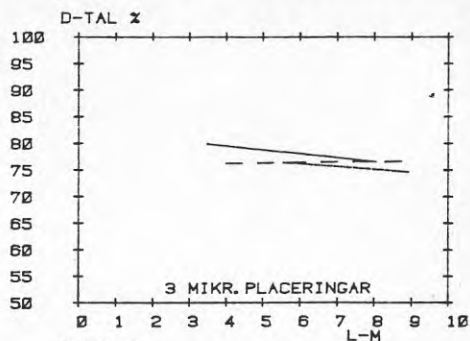
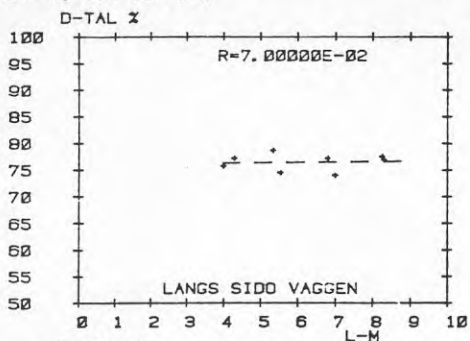


SAL VD 23, MED ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION.
GRUPP 2, EKT=. 56 SEK

KURVBL. 40

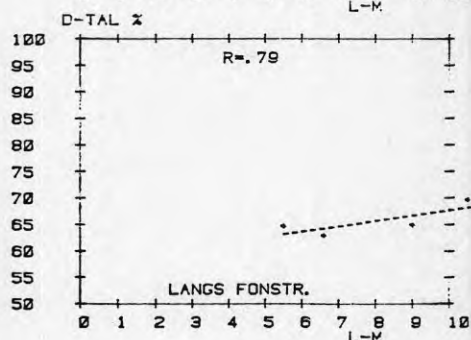
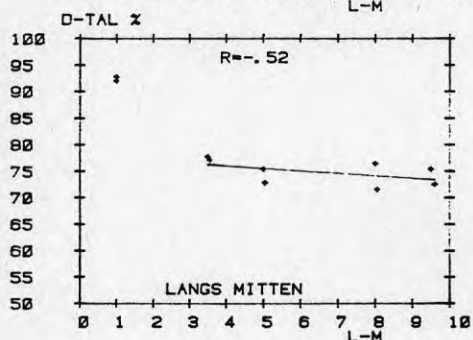
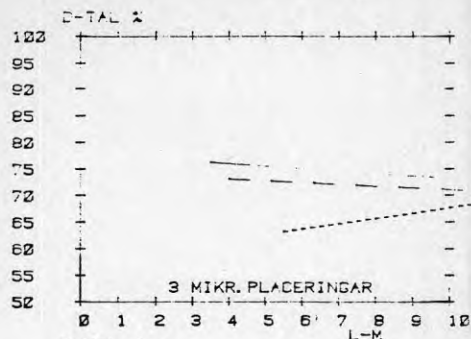
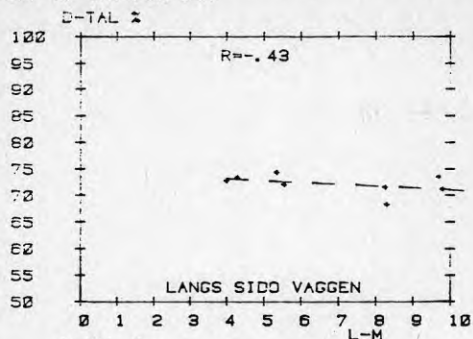


SAL VD 23, MED ABSORB. REFL. VID TAVLAN, PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION. (21.12) KURVBL. 41
 GRUPP 3, EKT=.55 SEK



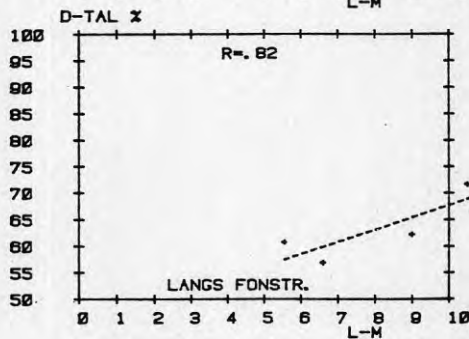
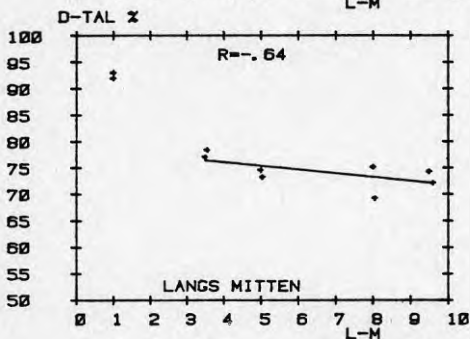
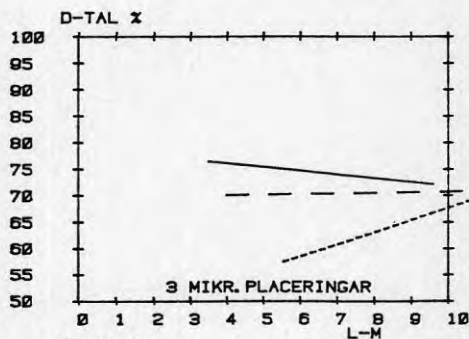
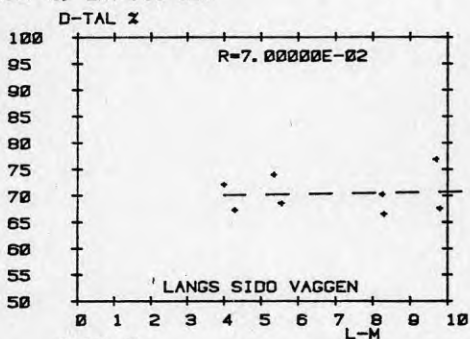
SAL VO 23, UTAN ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION.
GRUPP 4. EKT=, 63 SEK

KURVBL. 42



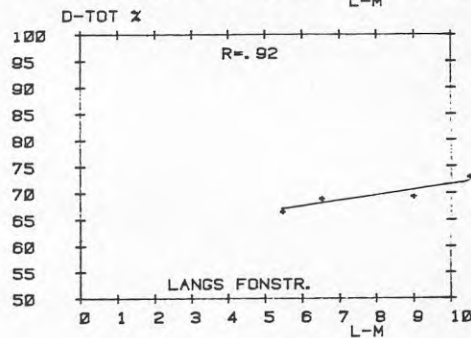
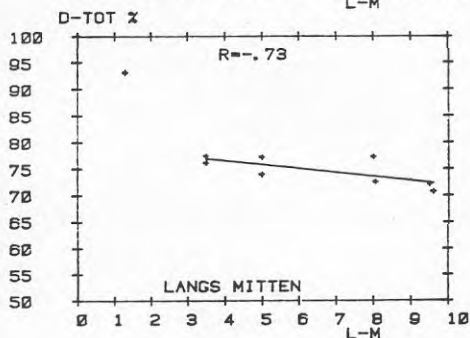
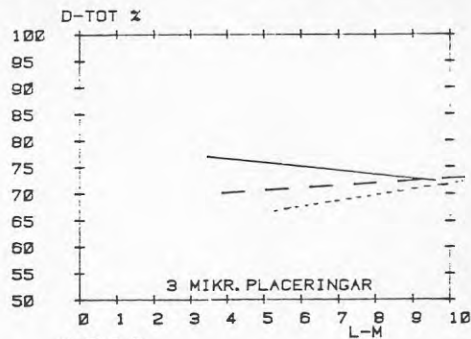
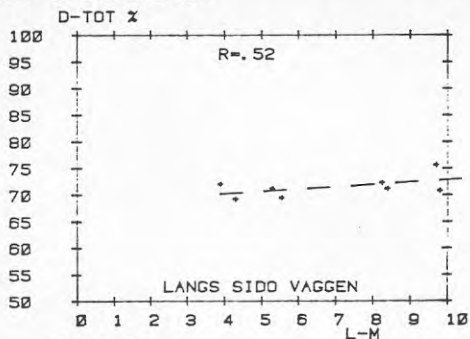
SAL VO 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION. 3. 11
GRUPP 5. EKT=, 63 SEK

KURVBL. 43



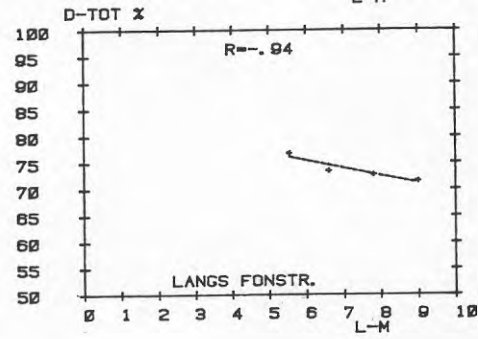
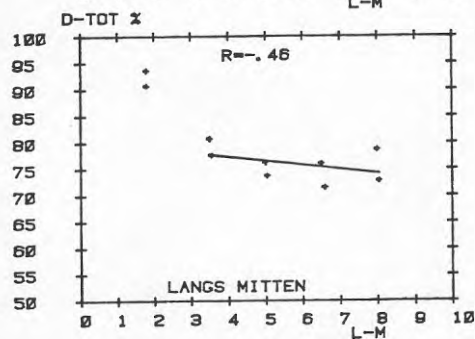
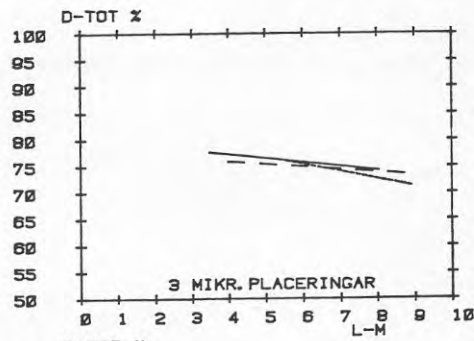
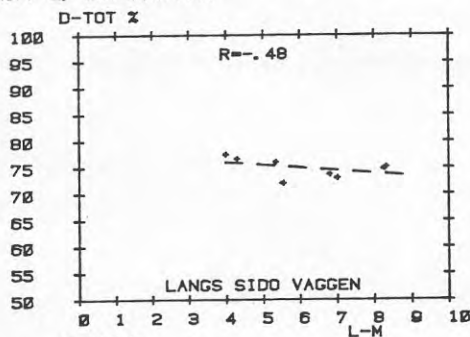
SAL VO 23, MED ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. (9. 12)
GRUPP 1. EKT=,56 SEK

KURVBL. 44

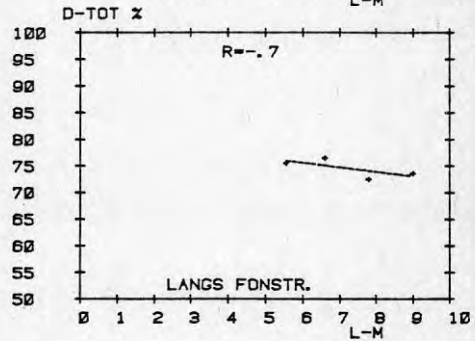
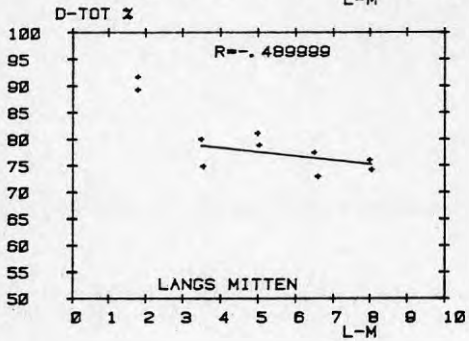
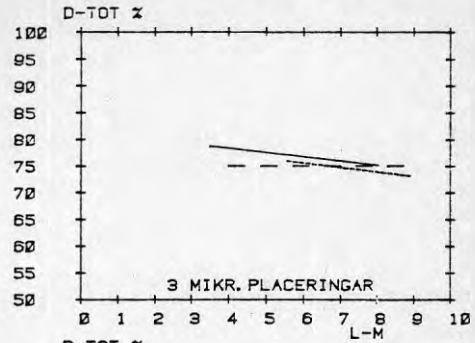
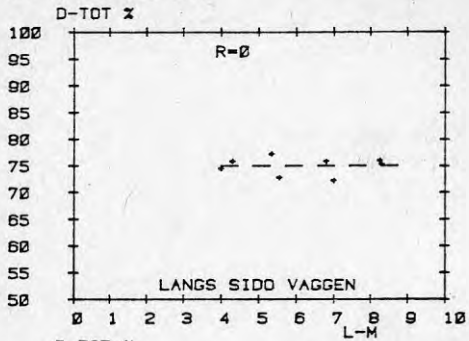


SAL VO 23, MED ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 2. EKT=,56 SEK

KURVBL. 45

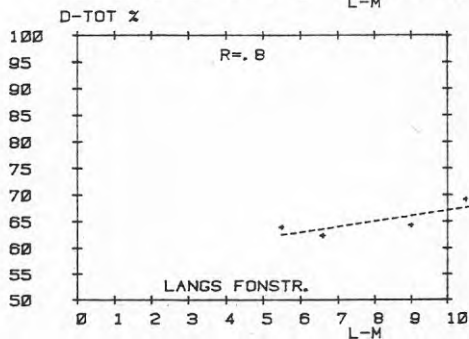
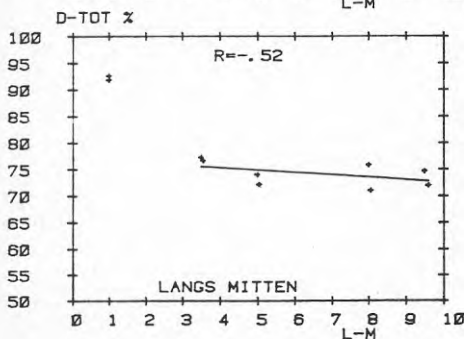
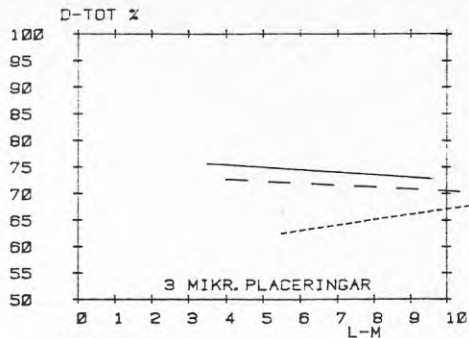
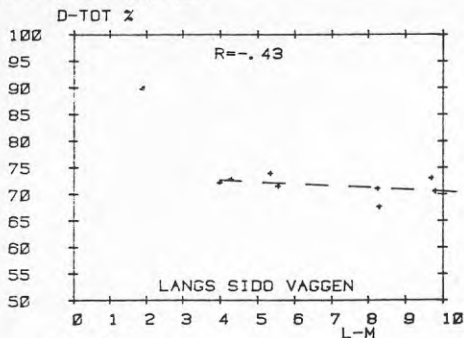


SAL VD 23, MED ABSORB. REFL. VID TAVLAN, PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION. (21. 12) KURVEL. 46
 GRUPP 3, EKT=, 55 SEK



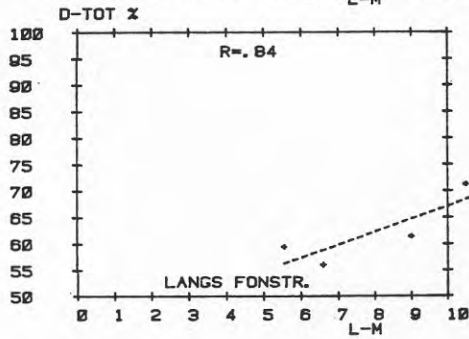
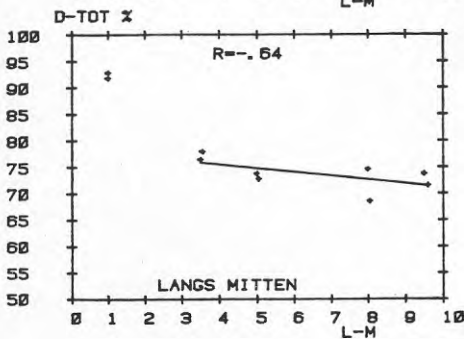
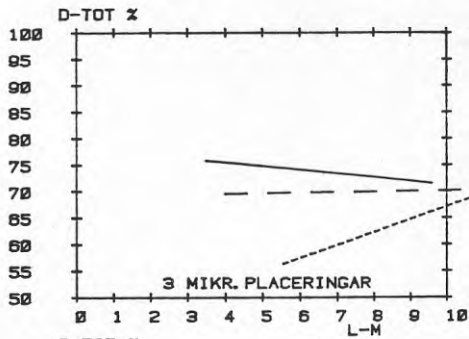
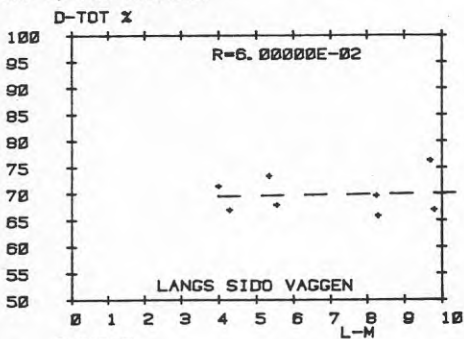
SAL VD 23, UTAN ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 4, EKT=, 63 SEK

KURVBL. 47



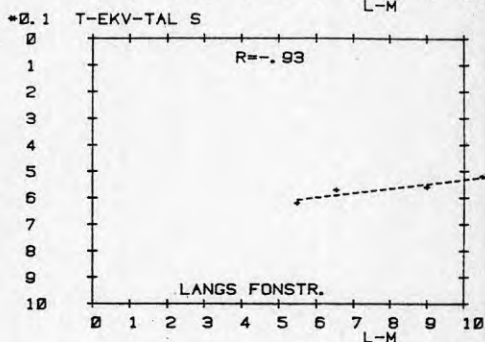
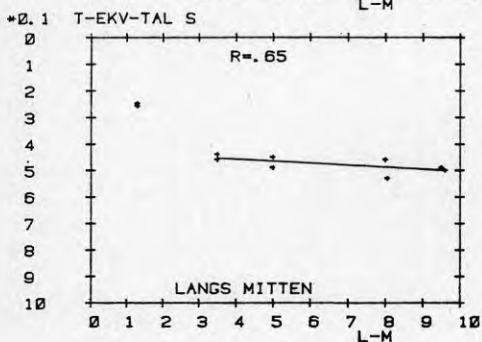
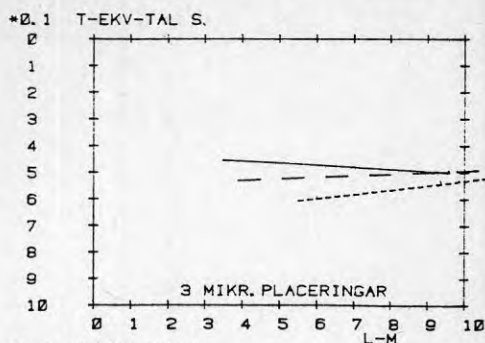
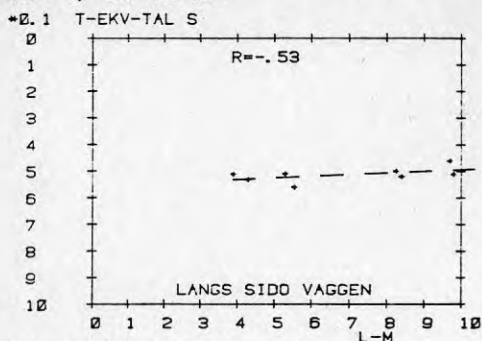
SAL VD 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. 3. 11
GRUPP 5, EKT=, 63 SEK

KURVBL. 48



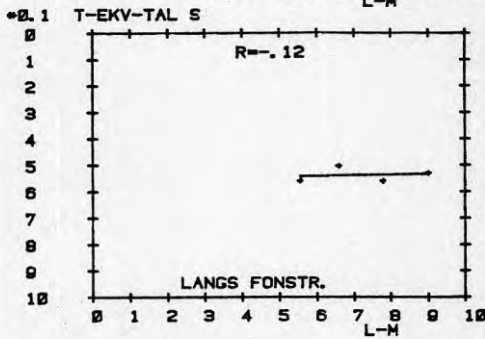
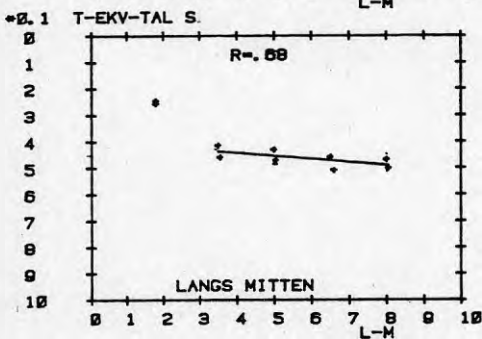
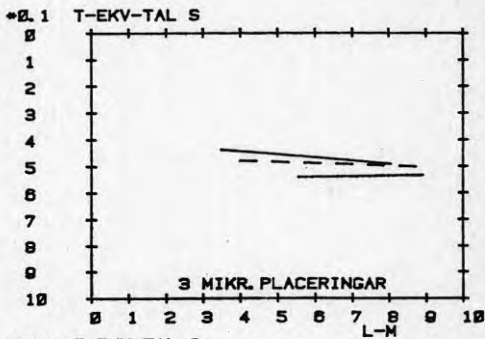
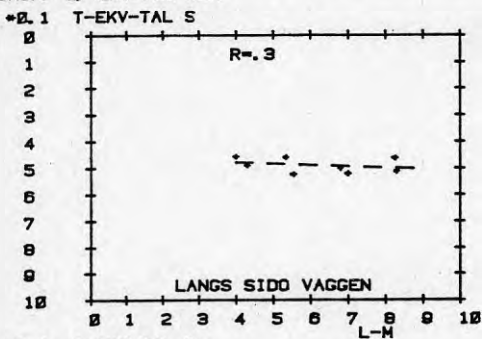
SAL VD 23, MED ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION (16, 12-2)
GRUPP 1, EKT=, 56 SEK

KURVBL. 49

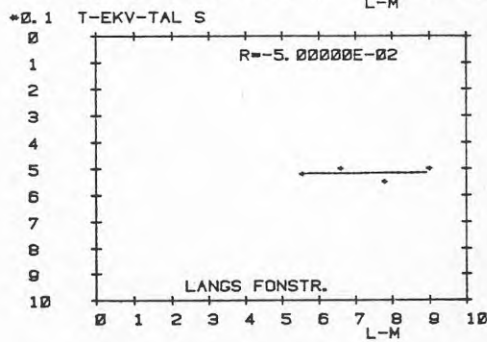
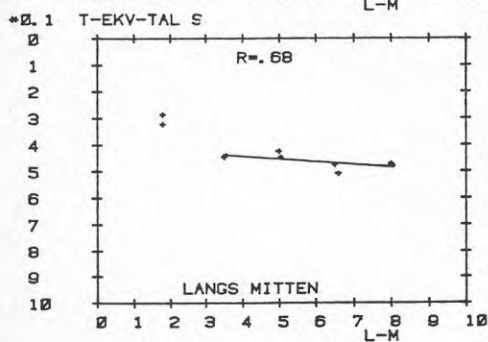
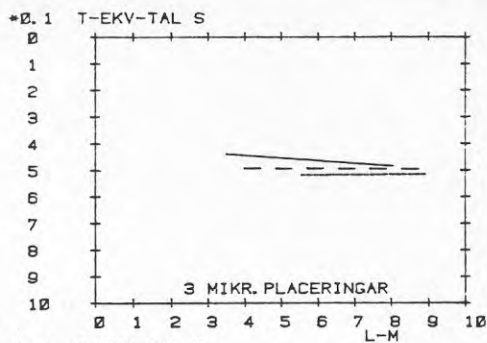
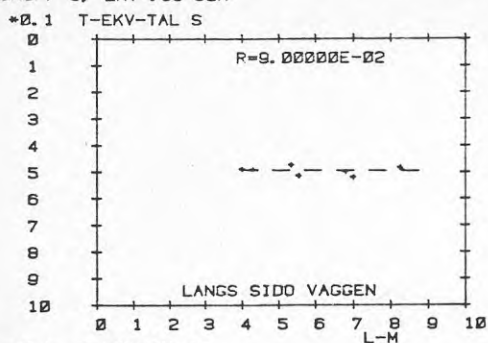


SAL VD 23, MED ABSORB. RFL. VID TAKET, PARAM. FÖRHÅLLANDE OCH KORRELATION.
GRUPP 2, EKT=, 58 SEK

KURVBL. 50



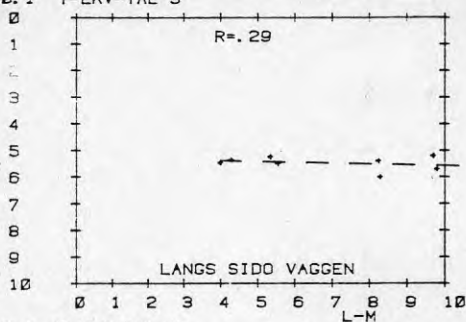
SAL VO 23, MED ABSORB. REFL. VID TAVLAN, PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION. (21.12) KUPVPL. 5i
 GRUPP 3, EKT=, 55 SEK



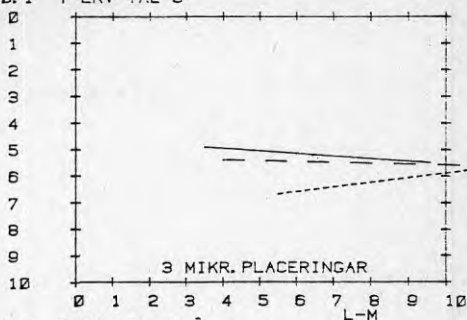
SAL VD 23, UTAN ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 4, EKT= .63 SEK

KURVBL. 52

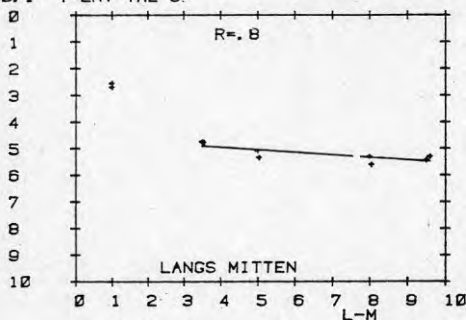
*0.1 T-EKV-TAL S



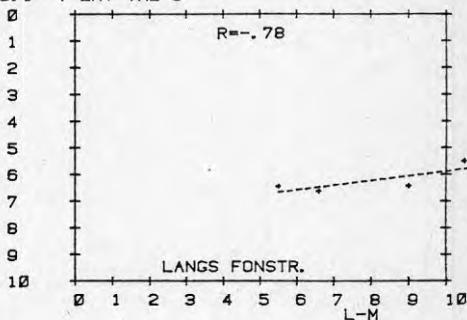
*0.1 T-EKV-TAL S



*0.1 T-EKV-TAL S



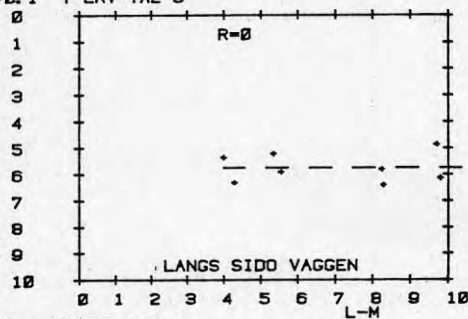
*0.1 T-EKV-TAL S



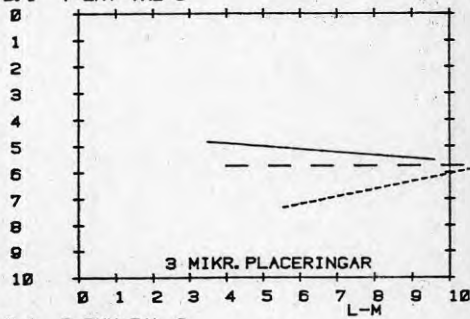
SAL VD 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. 3. 11
GRUPP 5, EKT= .63 SEK

KURVBL. 53

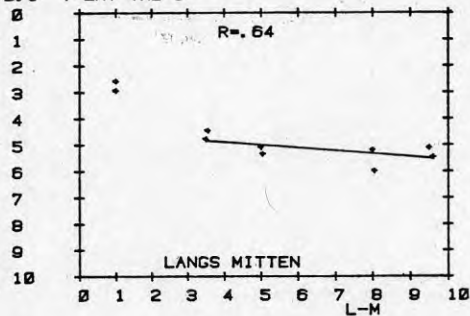
*0.1 T-EKV-TAL S



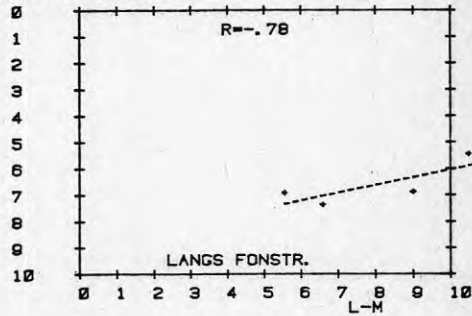
*0.1 T-EKV-TAL S



*0.1 T-EKV-TAL S



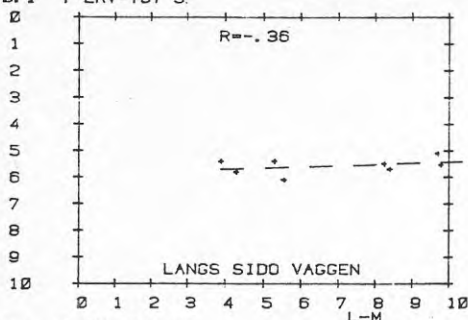
*0.1 T-EKV-TAL S



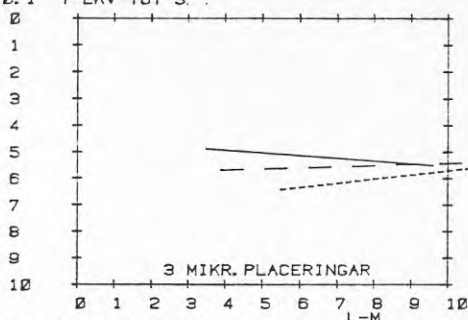
SAL VO 23, MED ABSORB. UTAN RFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. (21.12)
GRUPP 1. EKT=.56 SEK

KURVBL. 54

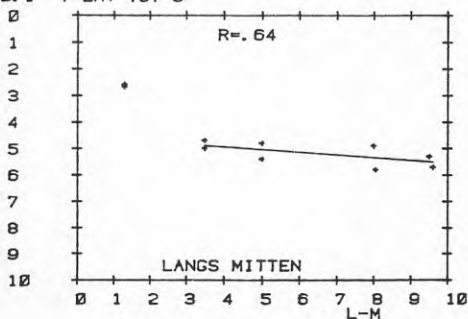
*0.1 T-EKV-TOT S.



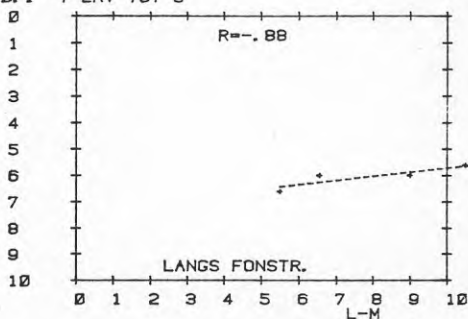
*0.1 T-EKV-TOT S.



*0.1 T-EKV-TOT S.



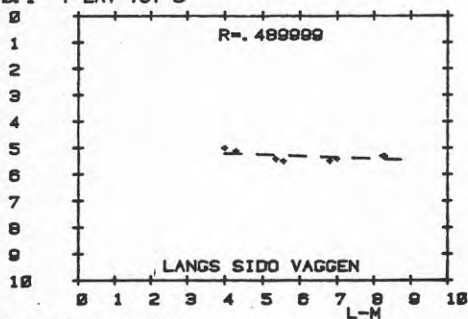
*0.1 T-EKV-TOT S.



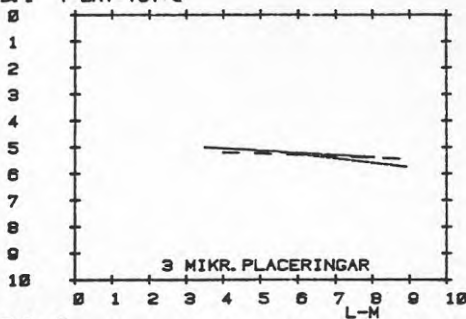
SAL VO 23, MED ABSORB. RFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 2. EKT=.56 SEK

KURVBL. 55

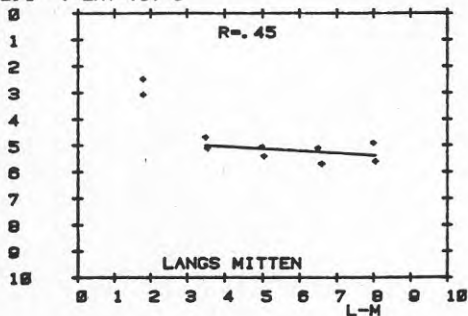
*0.1 T-EKV-TOT S.



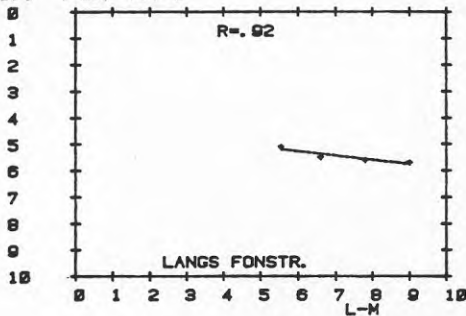
*0.1 T-EKV-TOT S.



*0.1 T-EKV-TOT S.

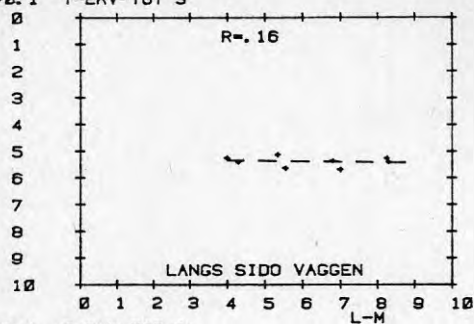


*0.1 T-EKV-TOT S.

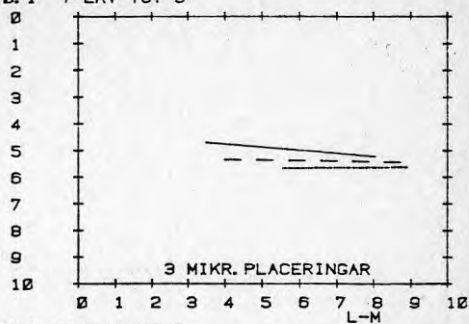


SAL VD 23, MED ABSORB. REFL. VID TAVLAN, PARAM. FORHÅLL. OCH KORRELATION. (21, 12) KURVEL. 56
 GRUPP 3, EKT= 55 SEK

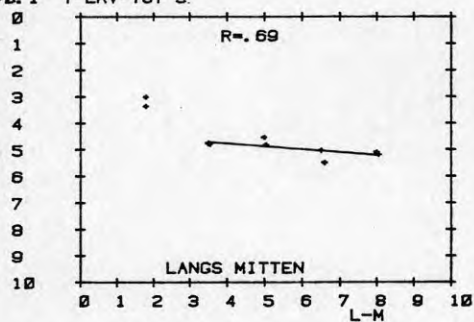
•Ø. 1 T-EKV-TOT S



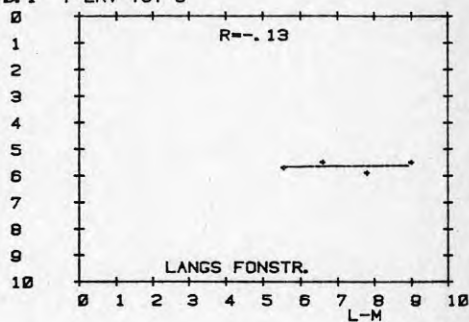
•Ø. 1 T-EKV-TOT S



•Ø. 1 T-EKV-TOT S



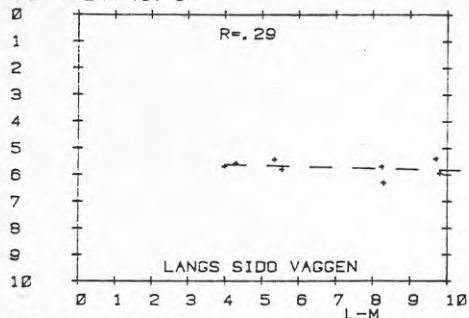
•Ø. 1 T-EKV-TOT S



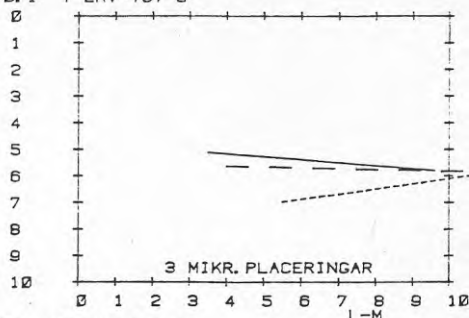
SAL VO 23, UTAN ABSORB. REFL, VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 4, EKT=.63 SEK

KURVBL. 57

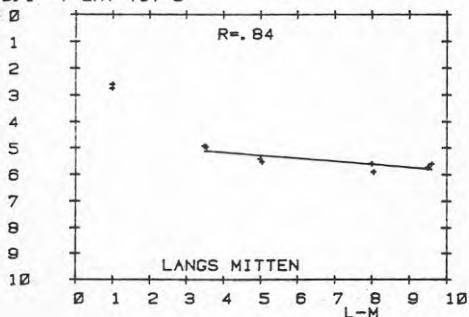
+0.1 T-EKV-TOT S



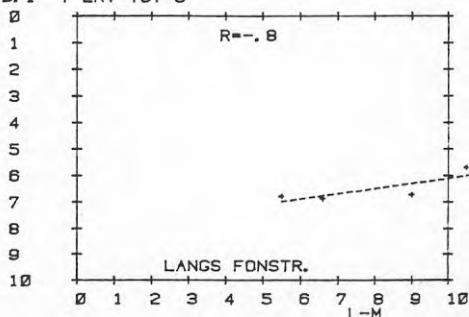
+0.1 T-EKV-TOT S



+0.1 T-EKV-TOT S



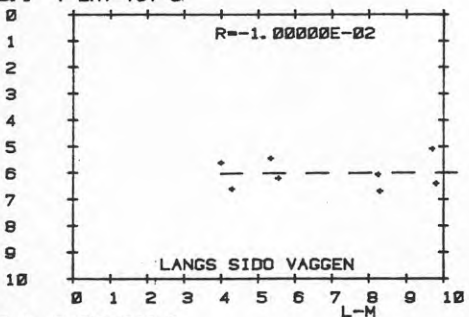
+0.1 T-EKV-TOT S



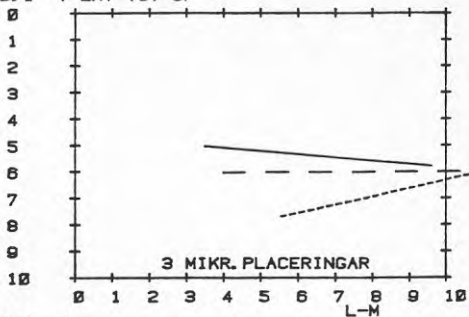
SAL VO 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. 3. 11
GRUPP 5, EKT=.63 SEK

KURVBL. 58

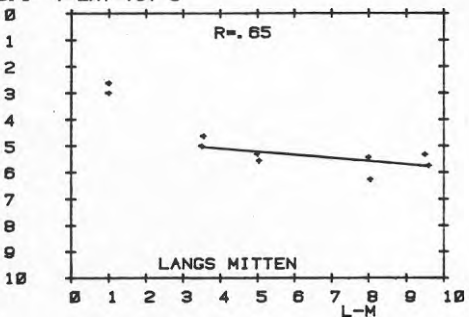
+0.1 T-EKV-TOT S



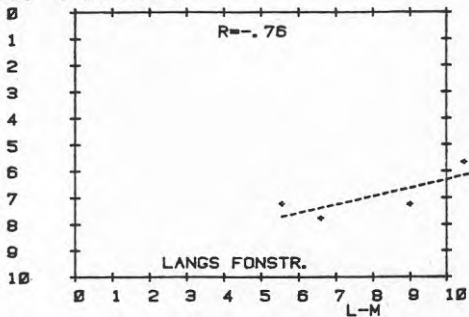
+0.1 T-EKV-TOT S



+0.1 T-EKV-TOT S

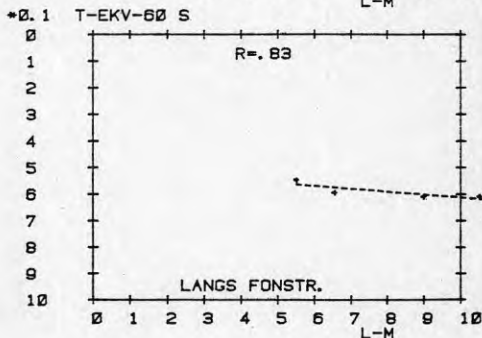
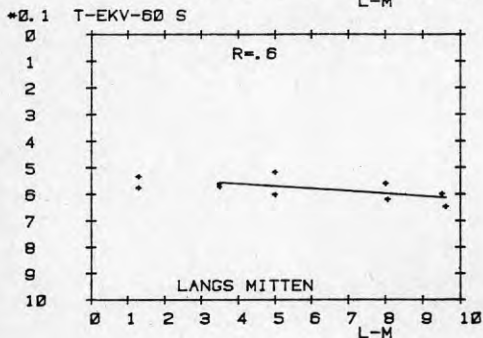
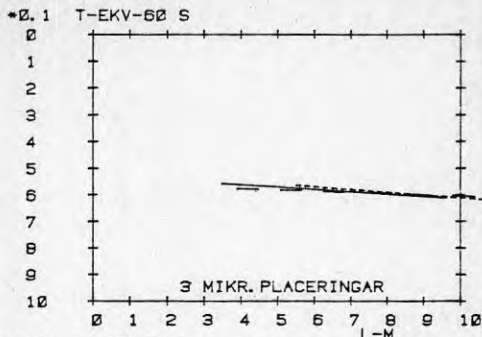
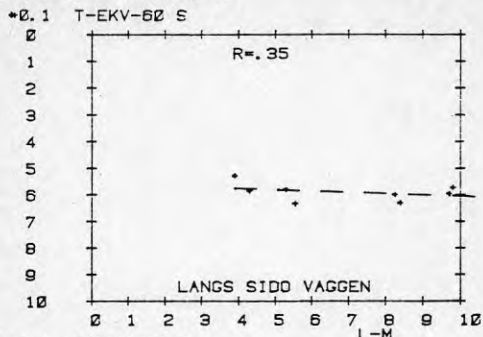


+0.1 T-EKV-TOT S



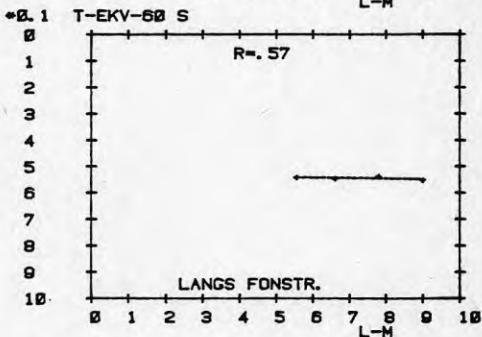
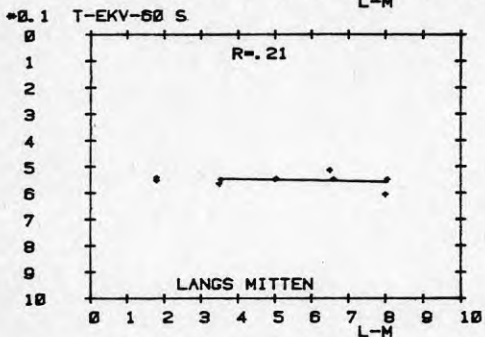
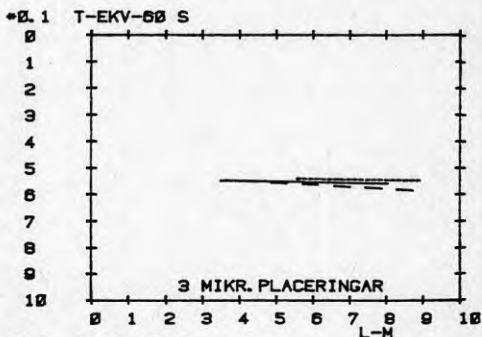
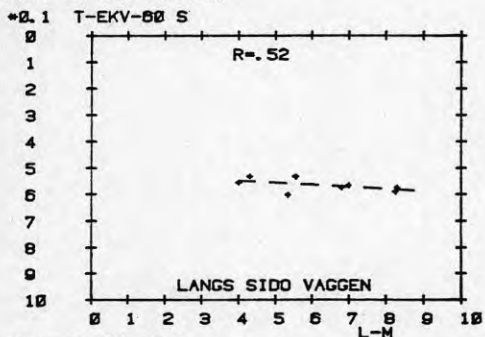
SAL VD 23, MED ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 1, EKT=,56 SEK

KURVE 1, 50



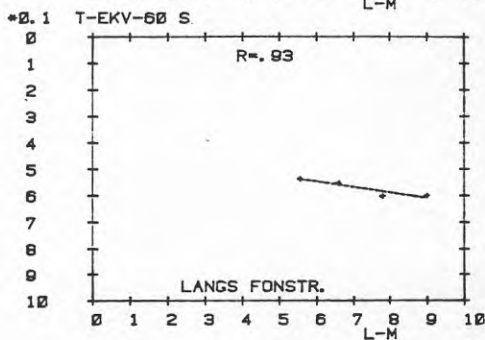
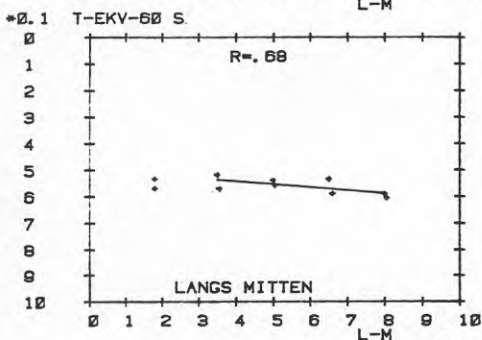
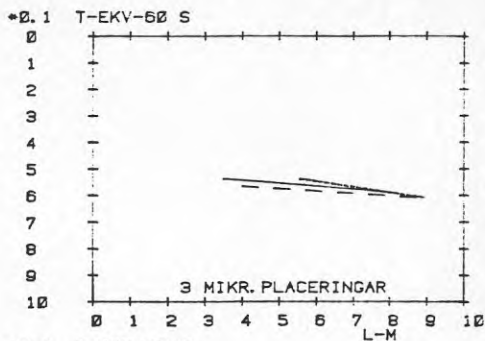
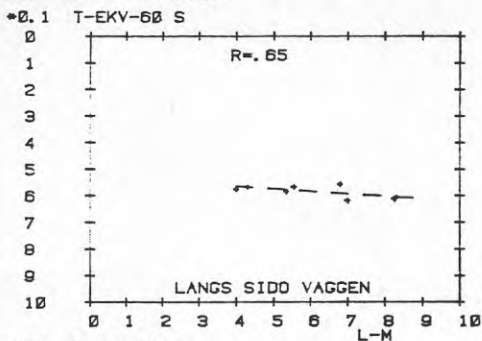
SAL VD 23, MED ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 2, EKT=,56 SEK

KURVBL. 60



SAL VD 23, MED ABSORB. REFL. VID TAVLAN, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION
GRUPP 3, EKT=, 55 SEK

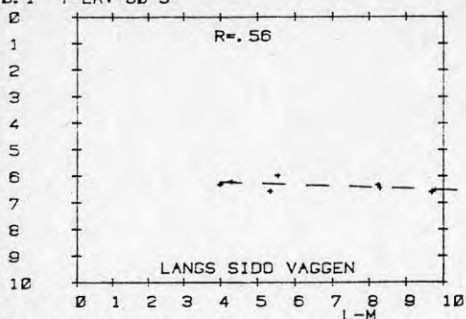
KURVBL. 62



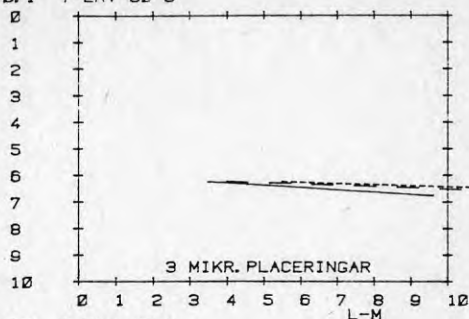
SAL VO 23, UTAN ABSORB. REFL, VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 4, EKT=.63 SEK

KURVBL. 60

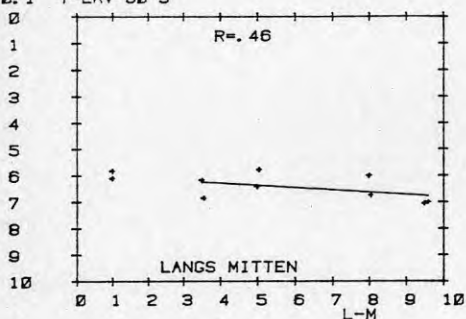
*0.1 T-EKV-60 S



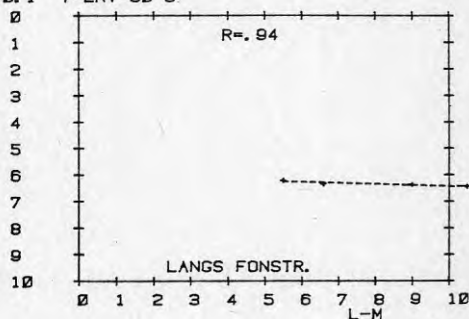
*0.1 T-EKV-60 S



*0.1 T-EKV-60 S



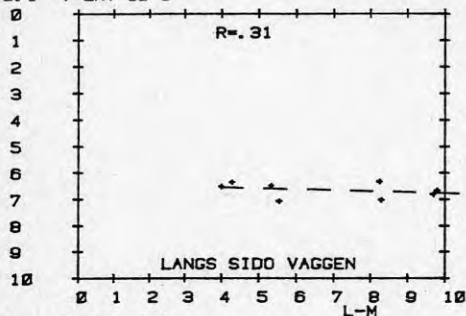
*0.1 T-EKV-60 S



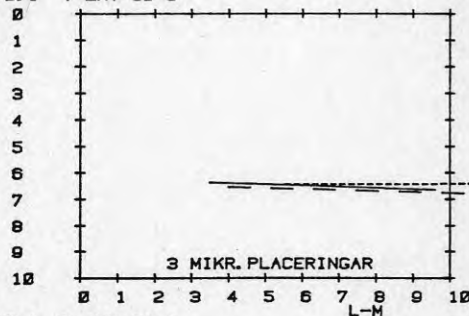
SAL VO 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL. PARAM FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 5, EKT=.63 SEK

KURVBL. 63

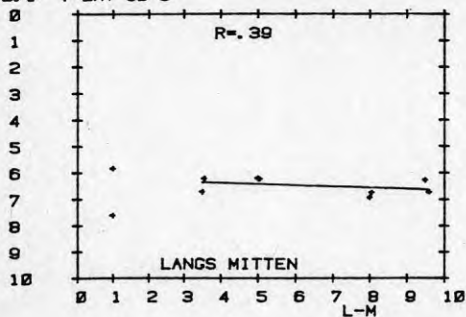
*0.1 T-EKV-60 S



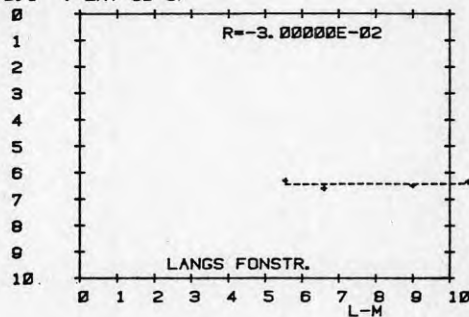
*0.1 T-EKV-60 S



*0.1 T-EKV-60 S

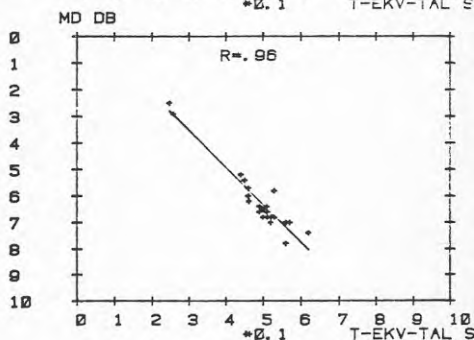
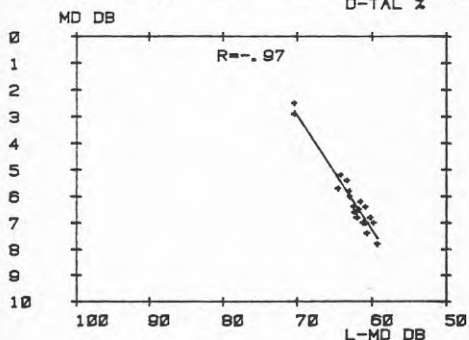
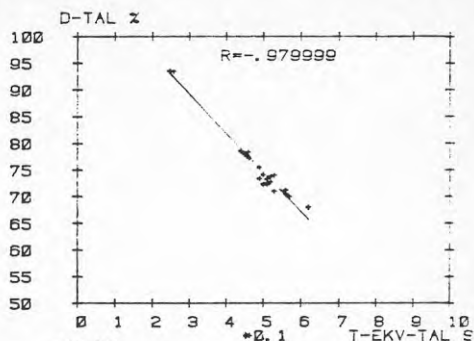
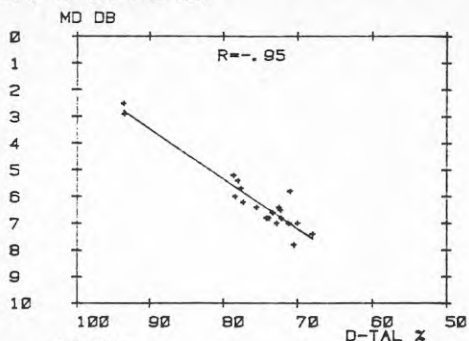


*0.1 T-EKV-60 S



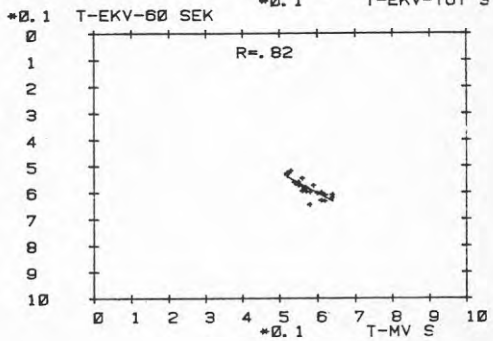
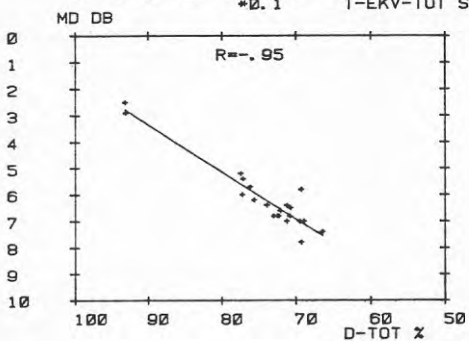
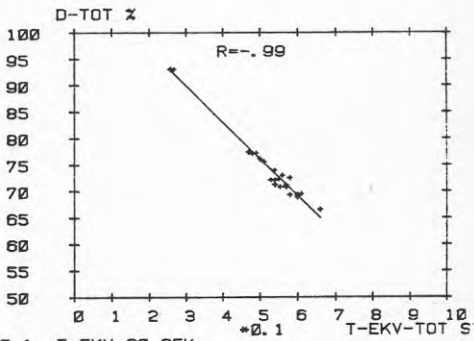
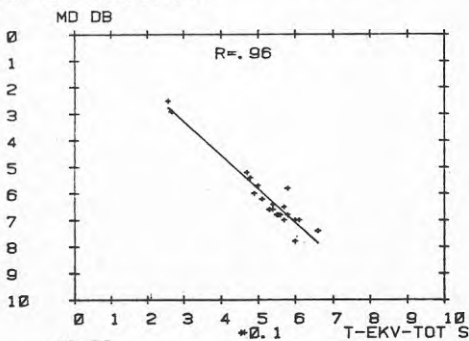
SAL VO 23, MED ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. (10, 12)
GRUPP 1, EKT=, 56 SEK

KURVBL. 64



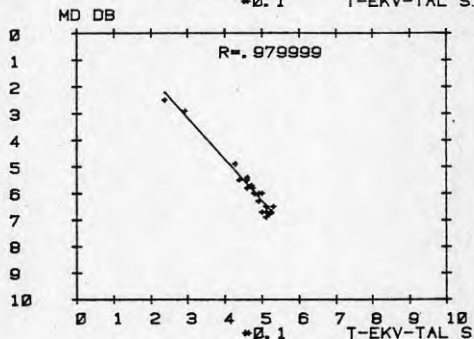
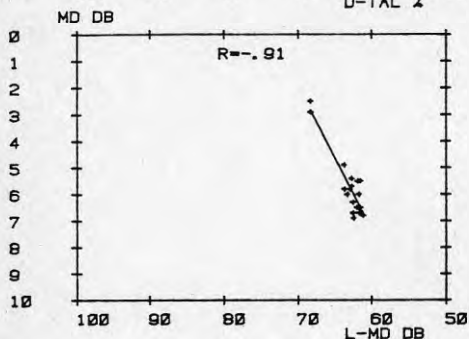
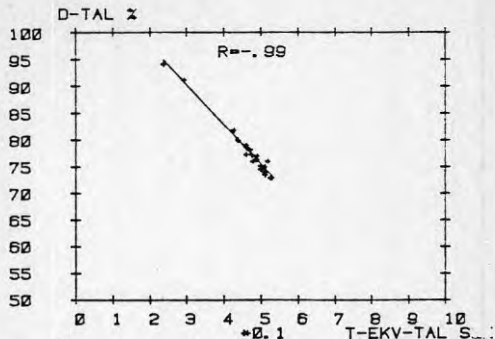
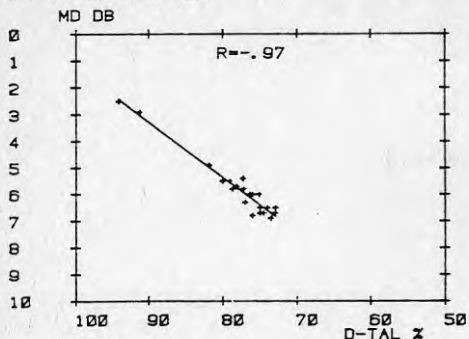
SAL VO 23, MED ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. (10, 12)
GRUPP 1, EKT=, 56 SEK

KURVBL. 65



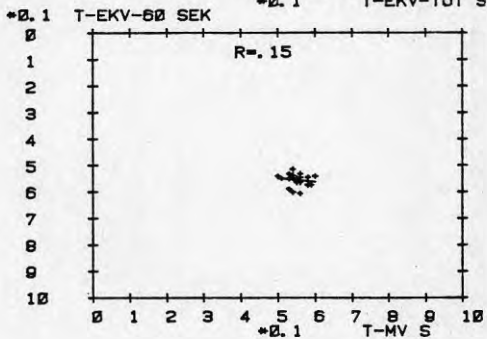
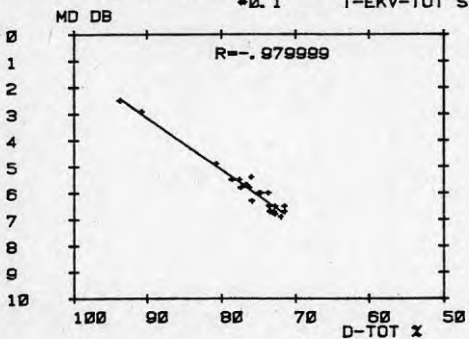
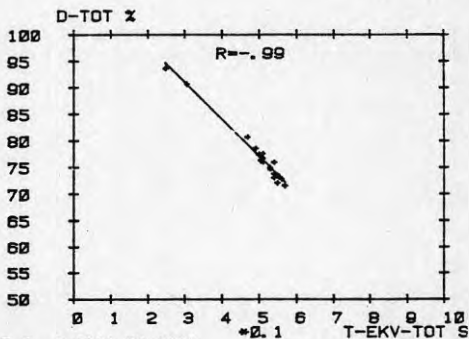
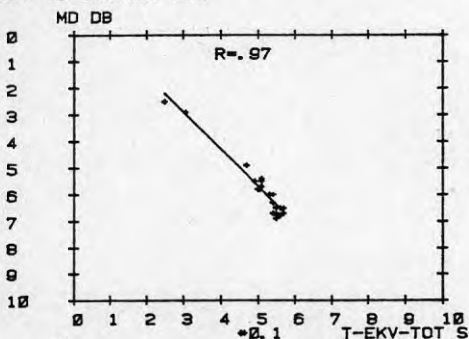
SAL VO 23, MED ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION.
GRUPP 2, EKT=.56 SEK

KURVBL. 66



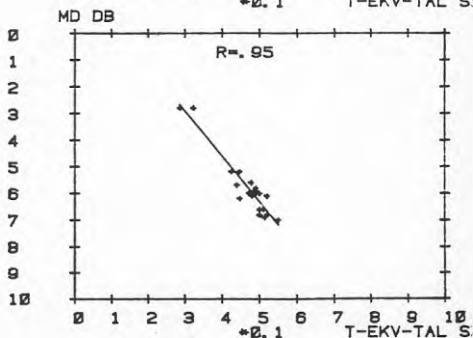
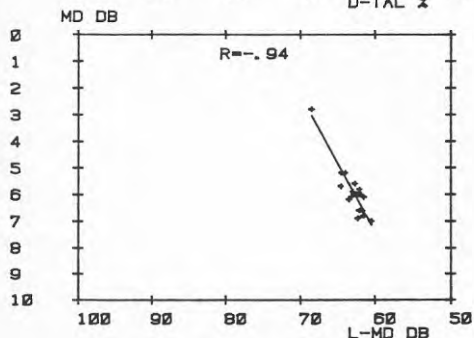
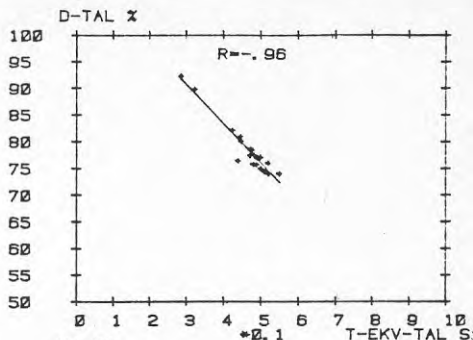
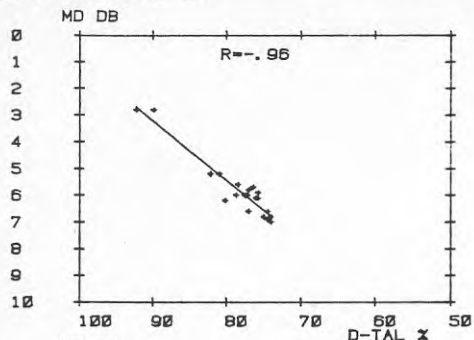
SAL VO 23, MED ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION
GRUPP 2, EKT=.56 SEK

KURVBL. 67



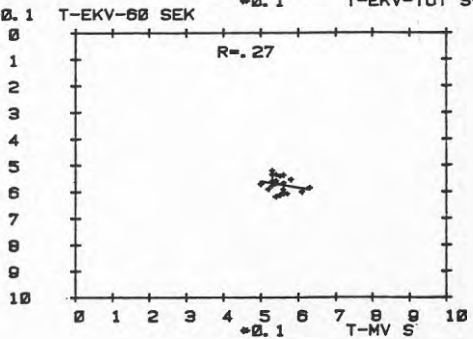
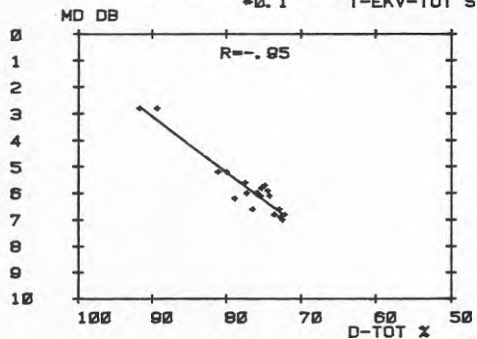
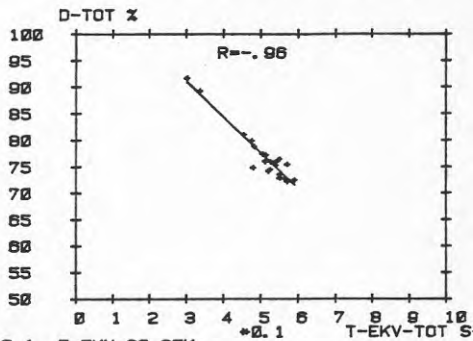
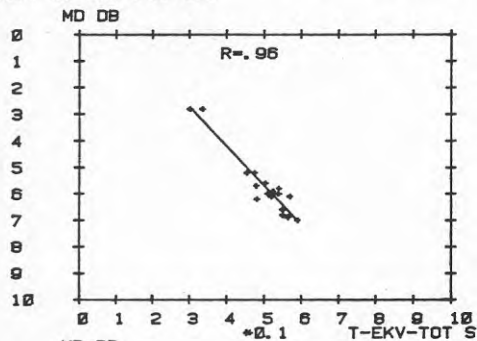
SAL VO 23, MED ABSORB. REFL. VID TAVLAN, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. (21. 12) KURVBL. 68

GRUPP 3, EKT=, 55 SEK



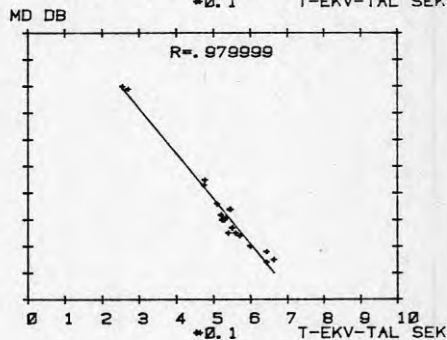
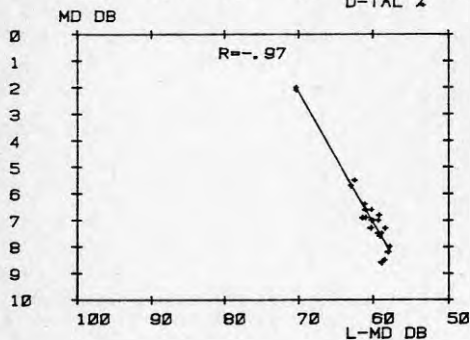
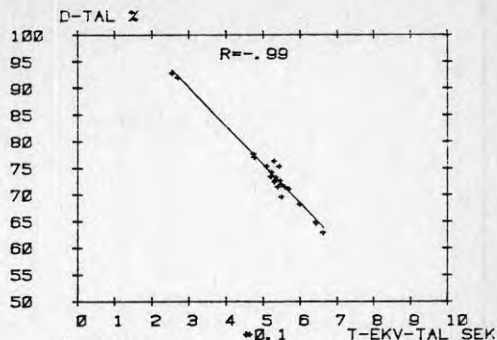
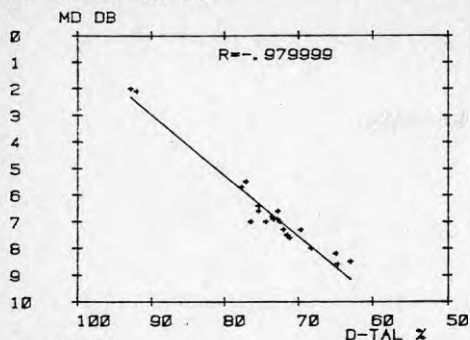
SAL VO 23, MED ABSORB. REFL. VID TAVLAN, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. (21. 12) KURVBL. 69

GRUPP 3, EKT=, 55 SEK



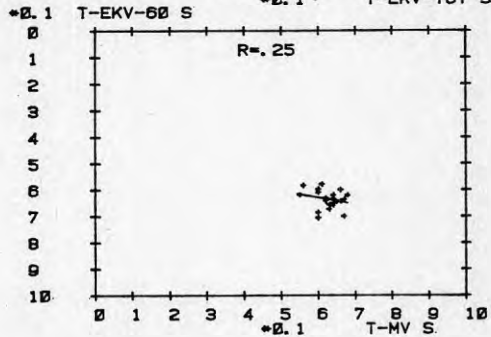
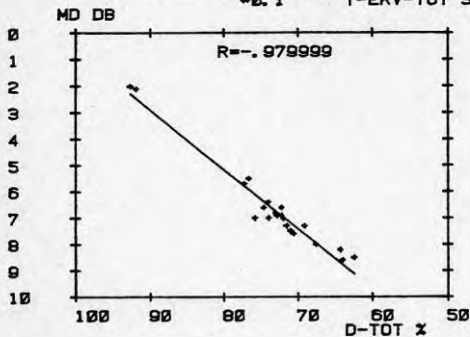
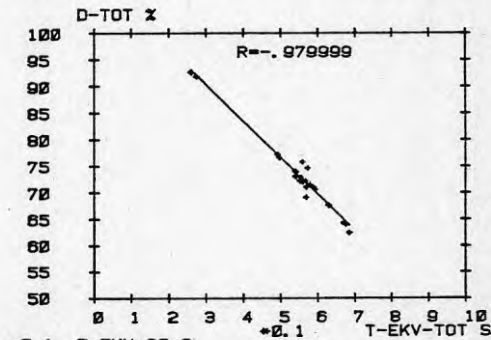
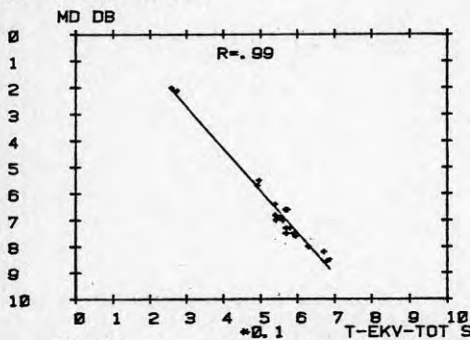
SAL VD 23, UTAN ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHÅLL. OCH KORRELATION.
GRUPP 4, EKT=, 63 SEK

KURVBL. 70



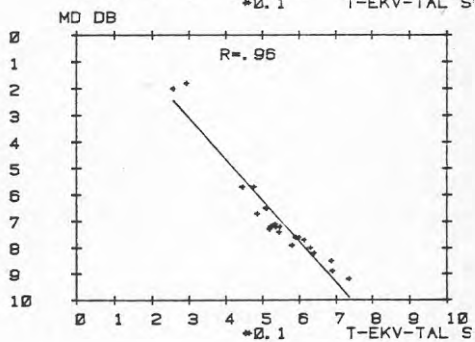
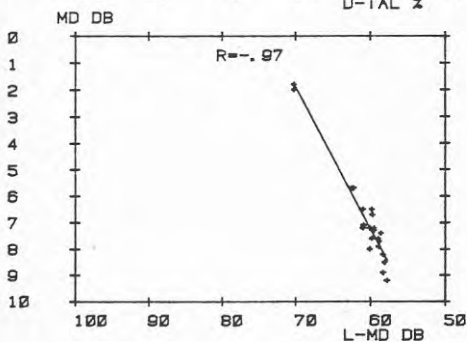
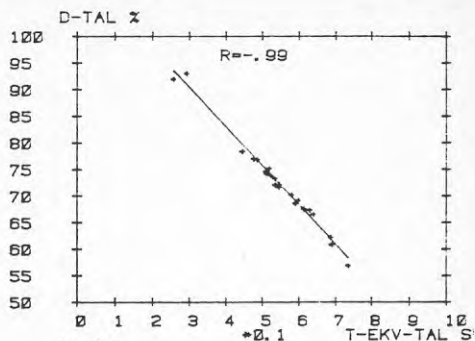
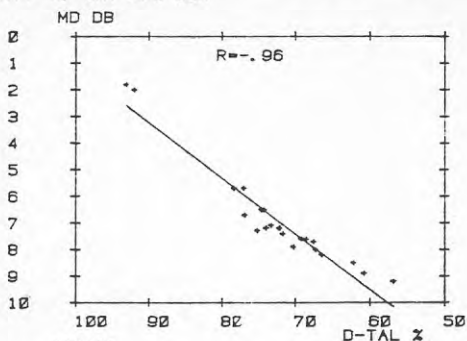
SAL VD 23, UTAN ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHÅLL. OCH KORRELATION. 3. 11.
GRUPP 4, EKT=, 63 SEK

KURVBL. 71



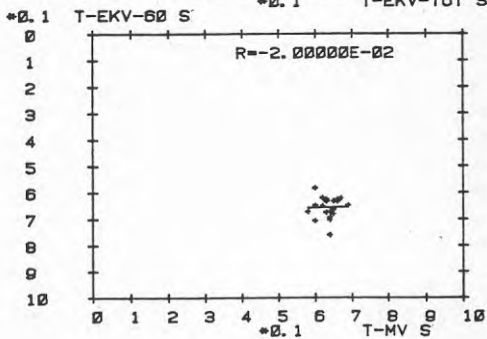
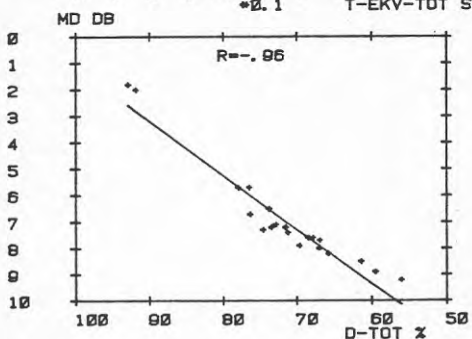
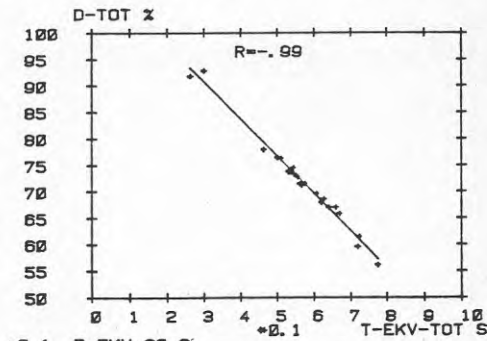
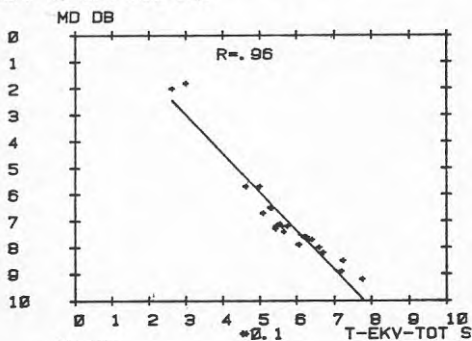
SAL VO 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. 3. 11.
GRUPP 5, EKT=63 SEK

KURVBL. 72



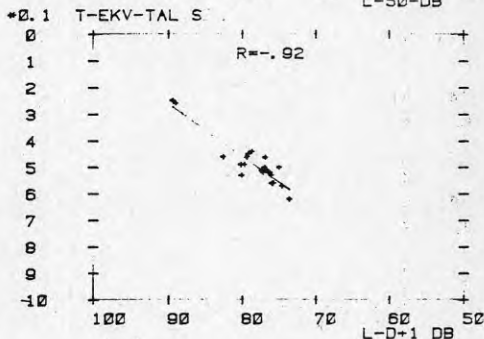
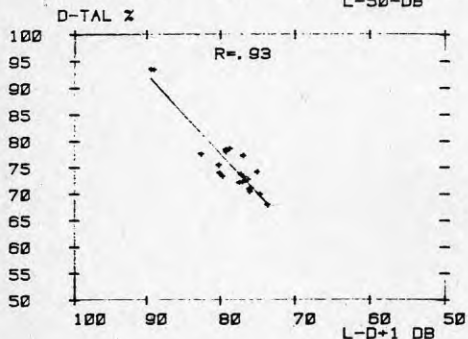
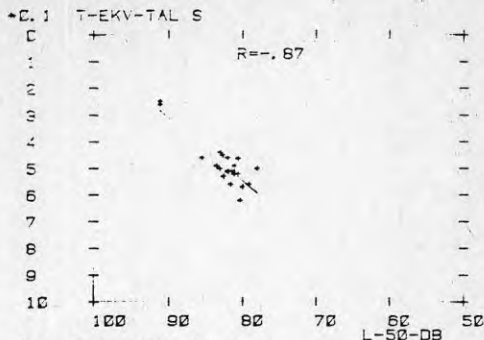
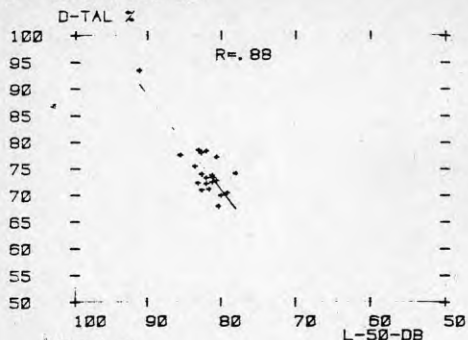
SAL VO 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. 3. 11.
GRUPP 5, EKT=63 SEK

KURVBL. 73



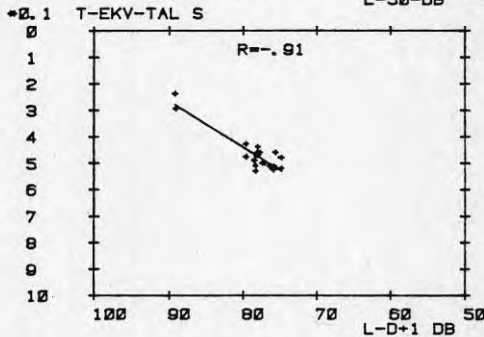
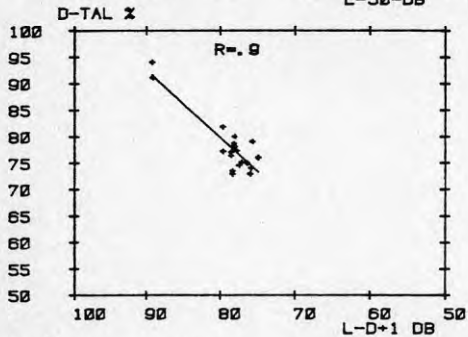
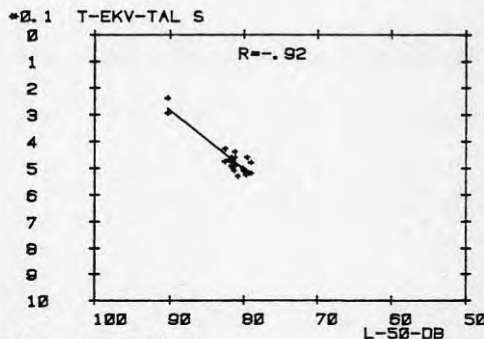
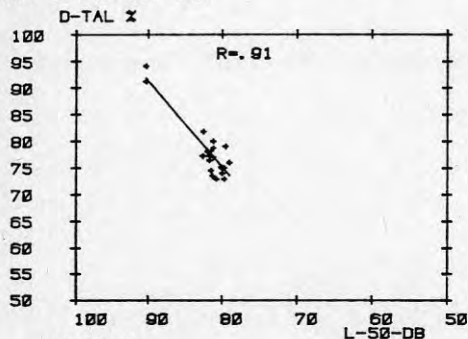
SAL VO 23, MED ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. (10. 12)
 GRUPP 1, EKT=, 56 SEK

KURVBL. 74



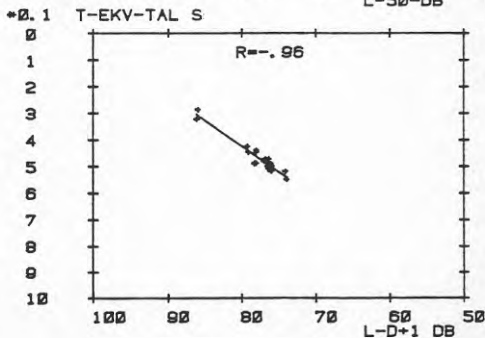
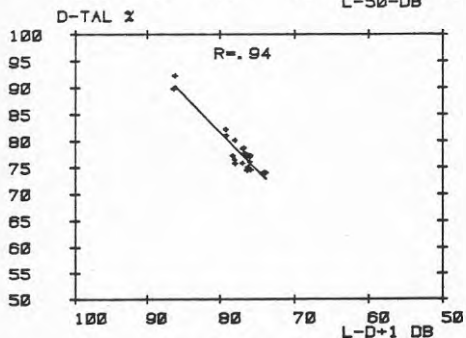
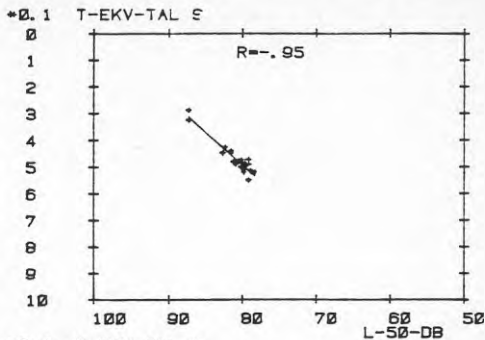
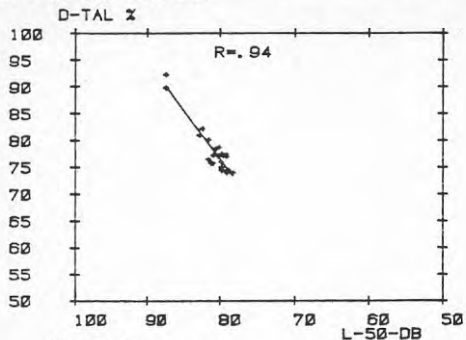
SAL VO 23, MED ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION
 GRUPP 2, EKT=, 56 SEK

KURVBL. 75



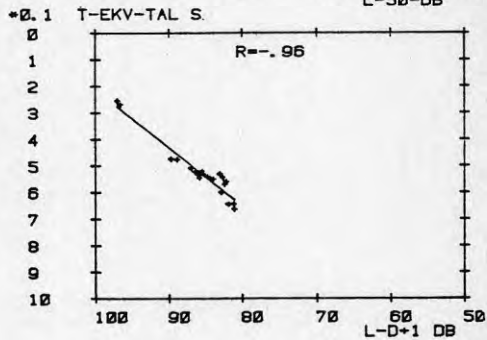
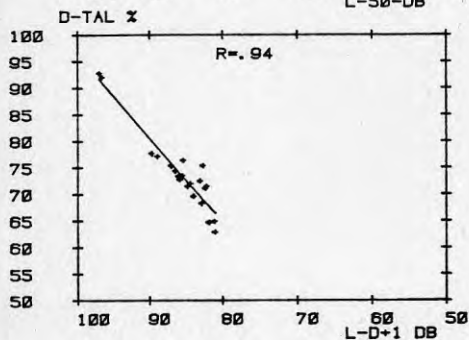
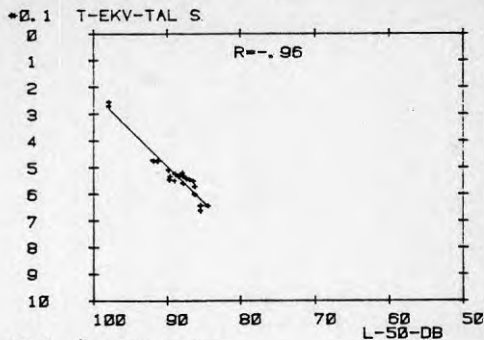
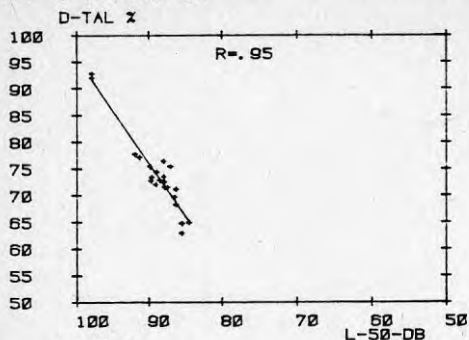
SAL VD 23, MED ABSORB. REFL. VID TAVLAN, PARAM. FÖRHÅLL. OCH KORRELATION. (21. 12) KURVBL. 76

GRUPP 3, EKT=.55 SEK



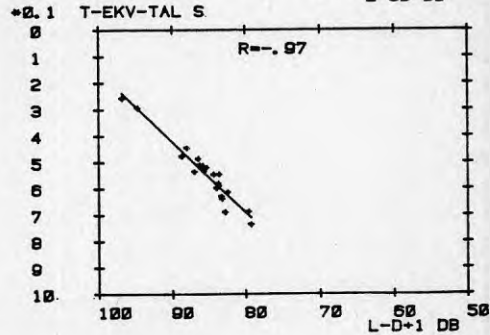
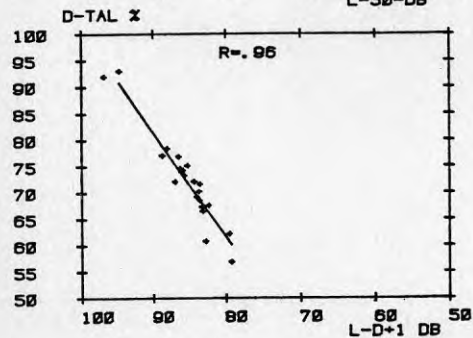
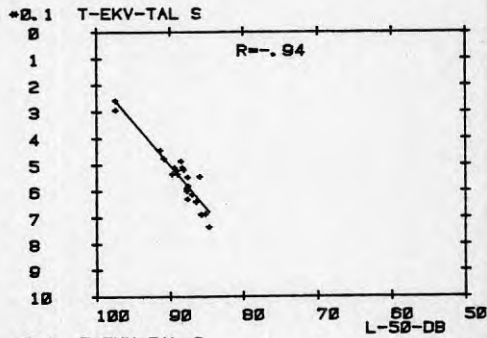
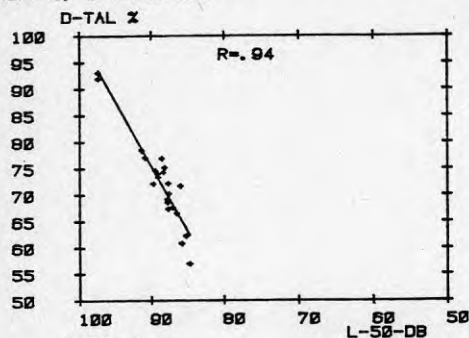
SAL VO 23, UTAN ABSORB. REFL. VID TAKET, PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. 3. 11
GRUPP 4, EKT=, 63 SEK

KURVBL. 77



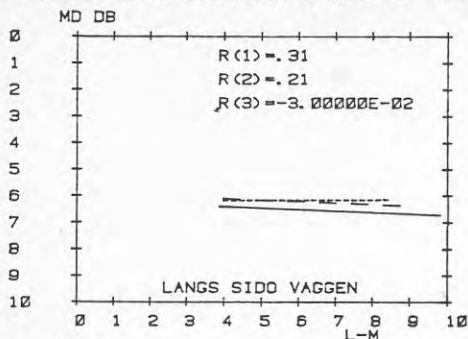
SAL VO 23, UTAN ABSORB. UTAN REFL. PARAM. FORHALL. OCH KORRELATION. 3. 11
GRUPP 5, EKT=, 63 SEK

KURVBL. 78

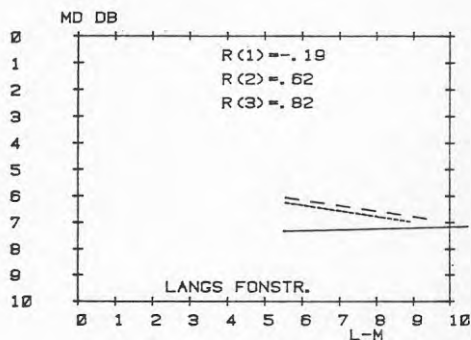
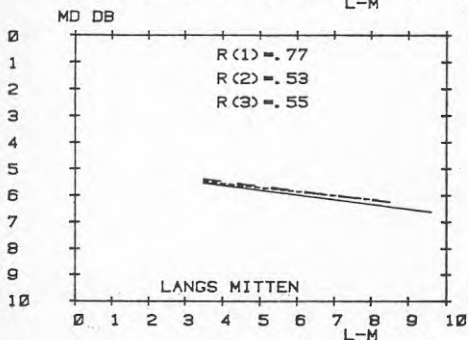


SAL VO 23, MED ABSORBENTER, UTAN OCH MED REFLEKTORER
 PARAM. FÖRHÅLL. OCH JÄMFÖR. AV 3 GRUPPER, T(1) = .56, T(2) = .55, T(3) = .55,

KURVBL. 79

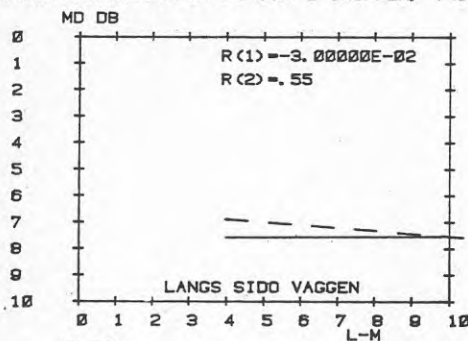


— (1) UTAN REFL.
 - - - (2) REFL. VID TAKET
 ····· (3) REFL. VID TAVLAN

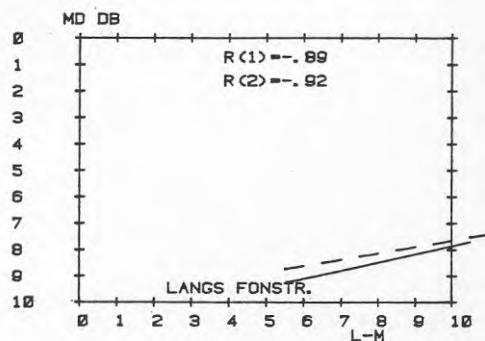
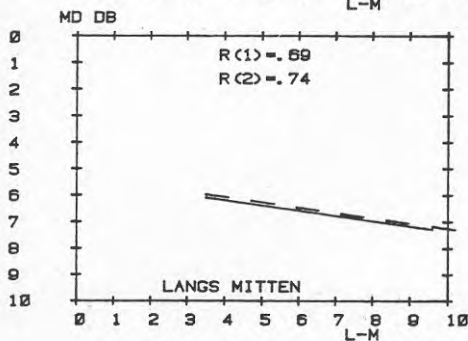


SAL VO 23, UTAN ABSORBENTER, UTAN OCH MED REFLEKTORER.
 PARAM. FÖRHÅLL. OCH JÄMFÖR. AV 2 GRUPPER, T(1) = .63 S, T(2) = .63 S,

KURVBL. 84



— (1) UTAN REFL.
 - - - (2) REFL. VID TAKET

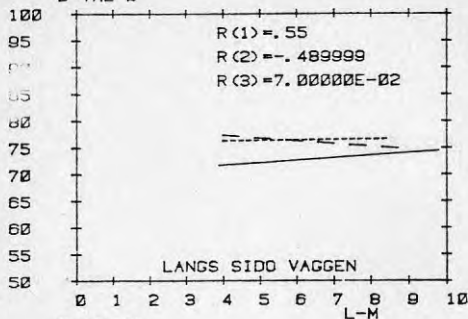


SAL VO 23, MED ABSORBENTER, UTAN OCH MED REFLEKTORER

PARAM. FÖRHÅLL. OCH JÄMFÖR. AV 3 GRUPPER, T(1) = .56, T(2) = .55, T(3) = .55.

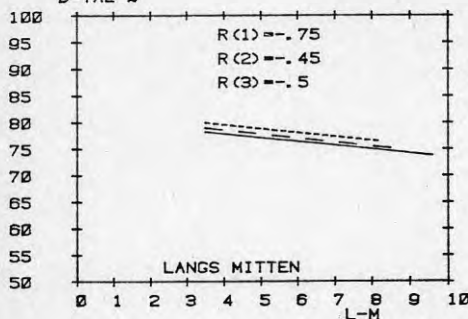
KURVBL. 80

D-TAL %

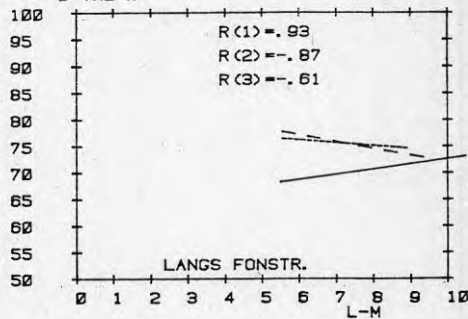


— (1) UTAN REFL.
 - - - (2) REFL. VID TAKET
 ····· (3) REFL. VID TAVLAN

D-TAL %



D-TAL %

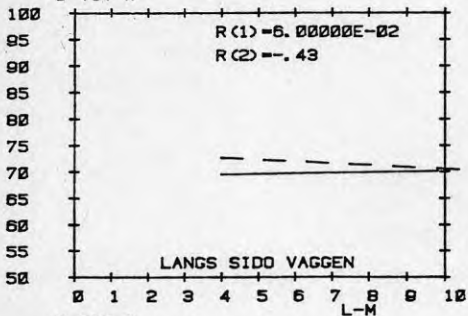


SAL VO 23, UTAN ABSORBENTER, UTAN OCH MED REFLEKTORER.

PARAM. FÖRHÅLL. OCH JÄMFÖR. AV 2 GRUPPER, T(1) = .63 S, T(2) = .63 S.

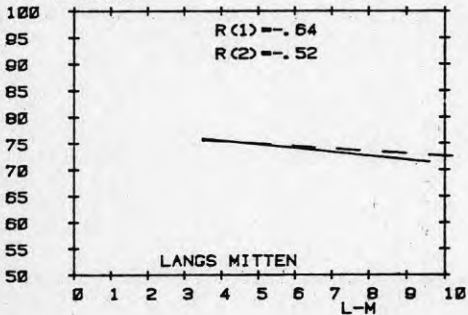
KURVBL. 85

D-TOT %

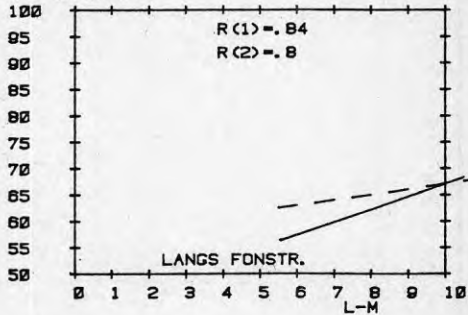


— (1) UTAN REFL.
 - - - (2) REFL. VID TAKET

D-TOT %

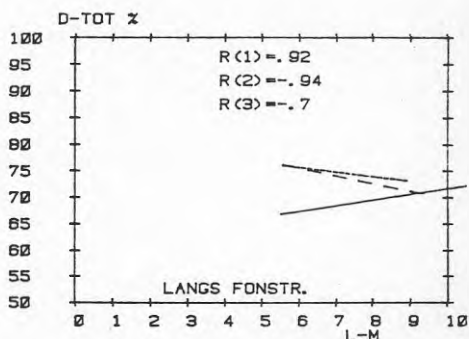
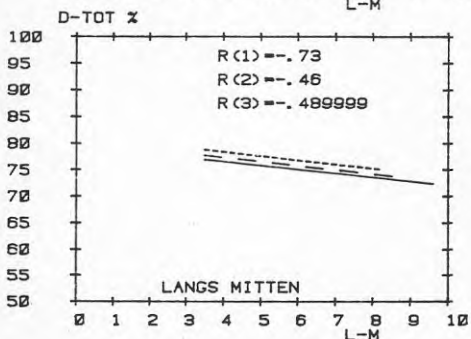
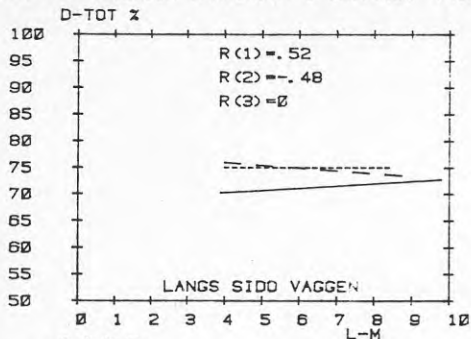


D-TOT %



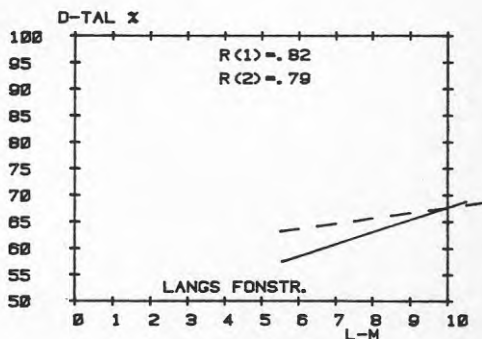
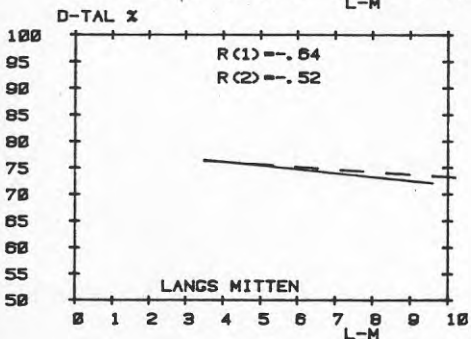
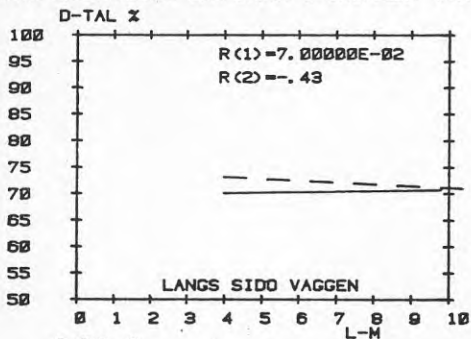
SAL VD 23, MED ABSORBENTER, UTAN OCH MED REFLEKTORER
 PARAM. FÖRHÅLL. OCH JÄMFÖR. AV 3 GRUPPER, T(1) = .56, T(2) = .55, T(3) = .55,

KURVBL. 81



SAL VD 23, UTAN ABSORBENTER, UTAN OCH MED REFLEKTORER.
 PARAM. FÖRHÅLL. OCH JÄMFÖR. AV 2 GRUPPER, T(1) = .63 S, T(2) = .63 S,

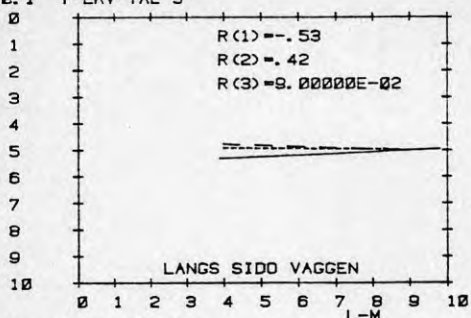
KURVBL. 86



SL VO 23, MED ABSORBENTER, UTAN OCH MED RFLEKTORER.
 PARAM. FORHALL. OCH JAMFOR. AV 3 GRUPPER. T(1) = .56 S, T(2) = .55 S, T(3) = .55 S.

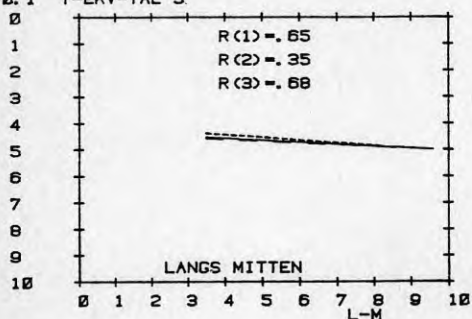
KURVEL. 82

+0.1 T-EKV-TAL S

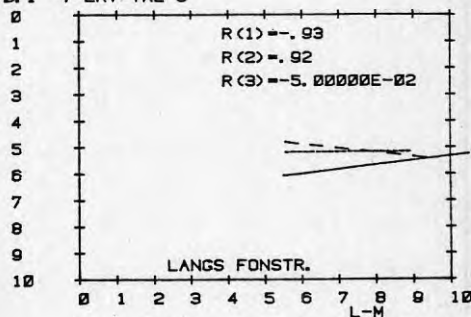


— (1) UTAN REFL.
 - - - (2) REFL. VID TAKET
 ····· (3) REFL. VID TAVLAN

+0.1 T-EKV-TAL S



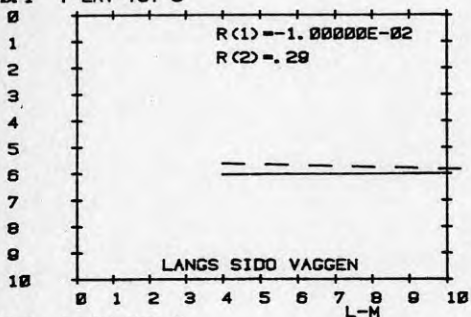
+0.1 T-EKV-TAL S



SAL VO 23, UTAN ABSORBENTER, UTAN OCH MED RFLEKTORER.
 PARAM. FORHALL. OCH JAMFOR. AV 2 GRUPPER. T(1) = .63 S, T(2) = .63 S.

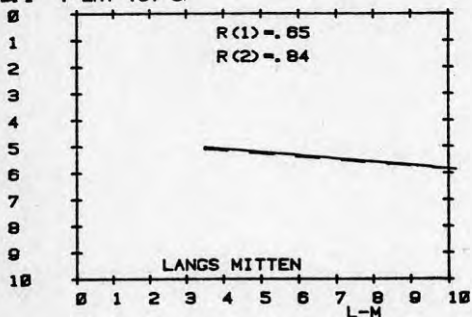
KURVEL. 87

+0.1 T-EKV-TOT S

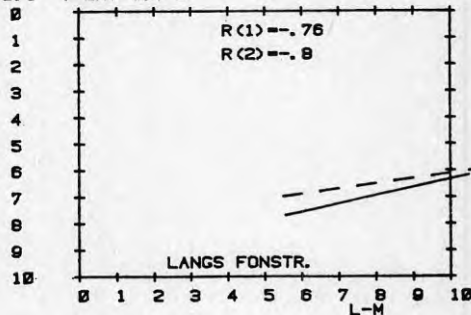


— (1) UTAN REFL.
 - - - (2) REFL. VID TAKET

+0.1 T-EKV-TOT S



+0.1 T-EKV-TOT S

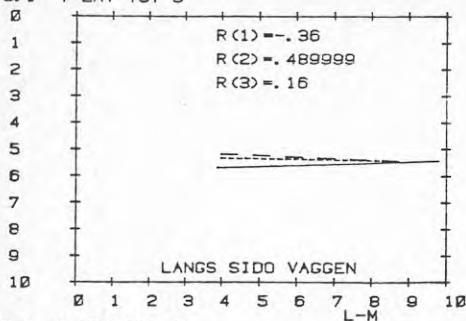


SL VD 23, MED ABSORBENTER, UTAN OCH MED RFLEKTORER.

KURVBL. 83

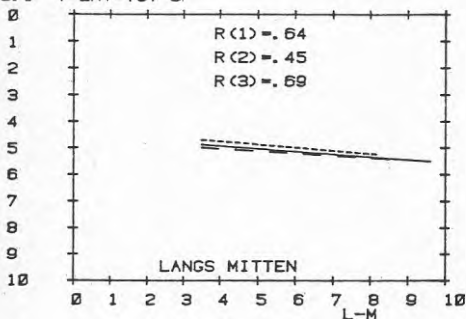
PARAM. FÖRHÅLL. OCH JÄMFÖR. AV 3 GRUPPER, T(1) = .56 S, T(2) = .55 S, T(3) = .55 S.

*0.1 T-EKV-TOT S

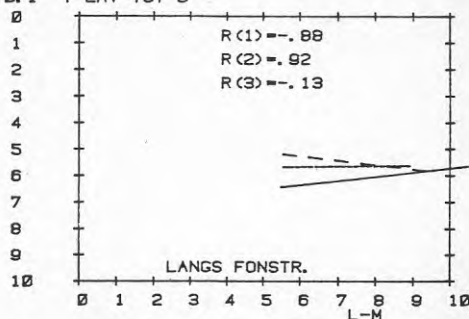


— (1) UTAN REFL.
 - - - (2) REFL. VID TAKET
 ····· (3) REFL. VID TAVLAN

*0.1 T-EKV-TOT S



*0.1 T-EKV-TOT S

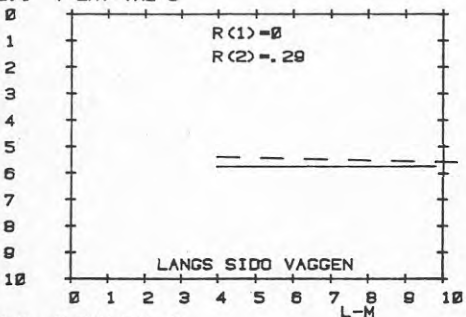


SAL VD 23, UTAN ABSORBENTER, UTAN OCH MED RFLEKTORER.

KURVBL. 88

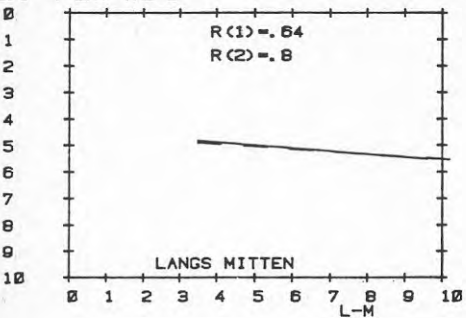
PARAM. FÖRHÅLL. OCH JÄMFÖR. AV 2 GRUPPER, T(1) = .63 S, T(2) = .63 S.

*0.1 T-EKV-TAL S

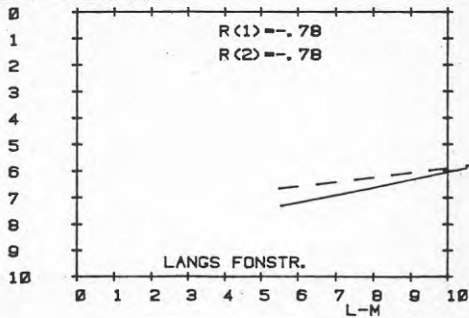


— (1) UTAN REFL.
 - - - (2) REFL. VID TAKET

*0.1 T-EKV-TAL S



*0.1 T-EKV-TAL S



9. ANALYS AV UPPMÄTTA PARAMETRAR OCH FAKTORER, DERAS FÖRHÅLLANDE OCH SAMVARIATION

Utgångspunkten för analysen är de beräknade parametrarnas och faktorernas beroende av avstånd.

Detta har gjorts med avseende på mätpositionens läge i förhållande till utstrålningsvinkeln från högtalaren dvs för positioner som ligger längs högtalarens axel, vid sidan av högtalaren och längs fönstren. I fortsättningen i rapporten kallas detta: längs mitten, längs sidoväggen och längs fönstren. Allt detta för högtalaren som har ställts i mitten av lokalen eller vid sidan, trots att vissa skillnader i resultaten mellan båda uppställningarna har förekommit.

Förutom detta har även samvariation mellan olika kvalitetsfaktorer och korrelation analyserats.

Den enda parametern som bör bli oberoende av avståndet är efterklangstid. Den beror på volymen av en lokal, på den totala absorptionen och på diffusiteten. Den sista kan i viss mån påverka noggrannheten av det uppmätta värdet.

9.1. Allmän uppskattning av rumsakustiska förhållanden i den undersökta lokalen

Den primära uppskattningen görs med hjälp av de sammanställda efterklangstiderna.

Efterklangstid (EKT) i lokalen med absorbenter visas på kurvblad 14, 15, 16. Där ses att EKT är konstant på alla platser och lika med 0,55 s. Slumpmässiga ändringar är på ca 5 % från medelvärdet. Standardavvikelsen är 0,03 s.

EKT-medelvärdet i rummet utan och med reflektorer är 0,55 s.

För fallet utan absorbenter och utan reflektorer visas EKT på kurvblad 17, 18. Där ses att EKT är lika med 0,63 s.

EKT-medelvärdet i rummet utan och med reflektorer är också 0,63 s.

Ändringen i den totala absorptionen vid volymen $V = 300 \text{ m}^3$ är

$$A_{\text{med}} = 0.164 \cdot V \left(\frac{1}{0.55} - \frac{1}{0.63} \right) = 11.35 \text{ m}^2$$

Medelvärde för absorptionskoefficienten vid absorptionsytan på ca 32 m^2 är

$$\alpha_{\text{med}} = \frac{11.35}{32} - \alpha_{\text{bet}} = 0.32$$

Ur efterklangstidssynpunkt är en sådan ändring på absorptionen liten, trots att inverkan på faktorernas värde som ses vidare är jämförelsevis stor. Detta kan naturligtvis också bero på ändringar i utformningen av taket och ska i fortsättningen analyseras.

Efterklangstidens frekvensgång är mellan 0,315 och 3,15 kHz linjär med liten minskning vid 0,8 - 1 kHz med absorbenterna i taket. Utan absorbenter stiger den ca 12% vid alla frekvenser.

Anmärkning. Efterklangstider som har mätts från impulssignaler med ett A-vägningsfilter enligt samma mätprocedur som ovan och sedan som ekvivalenta värdet är nästan lika. Skillnader i medelvärdet är lägre än 5 %. Detta ses i tabeller 8 till 12.

Denna jämförelse har gjorts endast för att prova metodens användbarhet vid mätning av efterklangstiden utgående från energin och effekten utan att analysera själva efterklangsförloppet.

Som kan ses på kurvblad 11 och 12 har reflektorerna nästan ingen inverkan på EKT-värde och på EKT-frekvensgång. Detta beror på det faktum att reflektorerna påverkar framförallt de första reflexerna medan i efterklangsprocessen ingår senare reflexer.

9.2. Ljudtrycksnivån som funktion av avståndet.

9.2.1. Med absorbenter, utan reflektorer

På kurvblad 19,24 och 29 ses att ljudtrycksnivåerna av modulerade signaler (under en lång tid) och momentana nivåer av pulssignaler är

- a) beroende på avståndet från ljudkällan längs mitten där utstrålningsvinkeln $\alpha_1 = 0^\circ$ - i närfältet -. På längre avstånd minskar beroendet.
- b) - nästan oberoende av avstånd längs sidoväggen där utstrålningsvinkeln $\alpha_2 > 0^\circ$.

- c) oberoende av avstånd längs fönstren där de största utstrålningsvinklar $\alpha_3 > \alpha_2$. Samtidigt är nivån på det kortaste avståndet, dvs med den största utstrålningsvinkeln, mindre än på längre avstånd men lägre utstrålningsvinkel.

Detta är tydligast hos den direkta signalen och den direkta plus de första reflexerna ($L_D + 1$) där skillnaden ligger på 2 - 5 dB. Hos signaler som kommer till mätpositionen under 50 ms eller hos de långvariga signalerna märks också det fenomenet men skillnaderna är lägre, 2 - 3 dB (L_{50} och L_{MD}).

9.2.2. Med absorbenter, med reflektorer (kurvblad 20, 21, 25, 26,30,31).

Här ses att:

- a) längs mitten där utstrålningsvinkeln $\alpha_1 = 0^\circ$ - ändrar sig nivån på samma sätt som utan reflektorer.
- b) längs sidoväggen och längs fönstren har nivån uppnått samma värde som längs mitten på samma avstånd från ljudkällan och skillnaderna på samma avstånd är ca lika med 0 dB.

Detta visar att användning av riktade reflektorer har höjt den sammanlagda nivån på platser där de direkta signalerna kommer med stora utstrålningsvinklar på grund av tilläggsreflexer.

9.2.3. Utan absorbenter, utan reflektorer

På kurvblad 23, 28 och 33 ses att:

- a) ljudtrycksnivåer av modulerade signaler är, längs mitten i närfältet, direkt beroende på avståndet från ljudkällan. På längre avstånd i efterklangsfältet minskar beroendet.
- b) längs sidoväggen och längs fönstren, vid $\alpha > 0^\circ$ är beroendet otydligt och samtidigt minskar nivåerna - tydligast längs fönstren. På samma avstånd från ljudkällan når skillnaderna följande värden: - för direkta signaler plus första reflexer - 5 dB, för signaler under 50 ms - 4 - 5 dB och för modulerade signaler - ca 3 dB.

Skillnaderna är störst vid stora utstrålningsvinklar och avtar med stigande avstånd samtidigt som utstrålningsvinkeln minskar.

9.2.4. Utan absorbenter, reflektorer i taket

På kurvblad 22, 27 och 32 ses direkt att samma fenomen uppstår när reflektorerna är hängda i taket samtidigt som skillnaderna mellan nivåerna från signaler med utstrålningsvinkeln $\alpha = 0$ och $\alpha > 0$ är lite mindre än i lokalen utan reflektorer.

Även här visar minskningen av skillnaderna att riktade reflektorer höjer den sammanlagda nivån, särskilt på platser där direkta signaler kommer med stor utstrålningsvinkel.

Att dessa skillnader inte är så stora som i samma lokal med absorbenter i taket beror sannolikt på en stor slumpmässig spridning av reflexer från takbalkarnas kanter som på varje plats höjer den sammanlagda nivån något.

9.2.5. Jämförelse av grupper med och utan absorbenter

På de ovan angivna kurvbladen ses att ljudtrycksnivåns beroende av avstånd är liknande för båda grupperna. Vid fönstren är skillnaderna störst. De tydligaste skillnaderna är för de direkta signalerna plus eventuellt första reflexerna. Skillnaderna mellan positionerna avtar när uppmätta eller beräknade nivåer kommer från signaler som innehåller ett stort antal reflexer på grund av t ex av spridning från balkarna.

9.3. Modulationsdämpning som funktion av avståndet

9.3.1. Med absorbenter, utan reflektorer

På kurvblad 34 visas MD = f (α) i lokalen utan reflektorer.

I närfältet är modulationsdämpningen låg och stiger (försämras) snabbt med stigande avstånd. I efterklingsfältet vid $\alpha = 0^\circ$ fortsätter modulationsdämpningen att stiga men långsammare.

Vid $\alpha > 0$ längs sidoväggen försämras MD på det kortaste avståndet dvs vid större utstrålningsvinklar och längs fönstren vid $\alpha \gg 0$ försämras MD vidare. Skillnader i MD mellan positionerna vid $\alpha = 0^\circ$ och vid $\alpha \gg 0^\circ$ - på samma avstånd når ett medelvärde på ca 1,7 dB.

9.3.2. Med absorbenter, med reflektorer i taket och vid tavlan

På kurvblad 35 och 36 har funktionen sammanställts för lokalen med reflektorer.

Längs mitten vid $\alpha = 0^\circ$ är MD lite lägre (bättre) men ändrar sig med stigande avstånd på samma sätt som i lokalen utan absorbenter.

Längs sidoväggen vid $\alpha > 0$ och längs fönstren vid $\alpha \gg 0$ är MD lägre än utan reflektorer dvs att MD förbättras och detta sker ungefär på liknande sätt som nivån.

9.3.3. Utan absorbenter, utan reflektorer

I gruppen ses på kurvblad 38 att skillnader i MD mellan 3 mätgrupper, dvs längs mitten, längs sidan och längs fönstren, är störst för detta fall och når för $\alpha \gg 0$ ca 2,8 dB.

Här är också MD i närfältet lägst. Ändringen i MD är här mycket större än ändringen i den direkta nivån.

9.3.4. Utan absorbenter, reflektorer i taket

På kurvblad 37 visas att MD längs mitten är ungefär samma som utan reflektorer samt att vid $\alpha > 0^\circ$ och $\alpha \gg 0^\circ$ förbättras MD med ca 0,6 dB på samma kortaste avstånd (skillnaderna i MD är ca 2,2 dB).

9.3.5. Jämförelse av MD i grupper med och utan absorbenter

Av ovan beskrivna kurvblad följer att större skillnader i medelvärdet av MD har uppstått i grupper utan absorbenter jämfört med grupper med absorbenter. I gruppen med absorbenter är samtidigt förbättringen av MD vid användning av reflektorer mer märkbar dvs med reflektorer och större absorption uppnår MD samma värde vid $\alpha \gg 0^\circ$ som vid $\alpha = 0^\circ$.

I gruppen utan absorbenter är förbättringen av MD i lokalen med reflektorer så stor som med absorbenter men vid $\alpha \gg 0^\circ$ är MD alltid sämre än vid $\alpha = 0^\circ$.

Detta betyder att:

- 1) i en lokal med absorbenter är medelvärdet av MD i hela lokalen bättre än MD i samma lokal utan absorbenter.
- 2) med reflektorer kan vidare MD förbättras på platser där $\alpha \gg 0^\circ$ och uppnå värdet lika som på platser som är på samma avstånd men vid $\alpha = 0^\circ$.
- 3) i en lokal utan absorbenter är förbättringen på platser där $\alpha \gg 0^\circ$ lika stor som i lokalen med absorbenter men den uppnår inte det optimala värdet som fås vid $\alpha = 0^\circ$.
- 4) om man tittar på efterklangstiden i lokalen med absorbenter och utan absorbenter, ses att absorptionen har ändrats lite (ca 12 % från den allmänna absorptionen). Med hänsyn till detta är de stora skillnaderna i medelvärdena av MD med och utan absorbenter (ca 60 %) förmodligen beroende på utformningen av taket.

Vid en plan takyta fås i alla tidiga tidsögonblick riktade stora reflexer, medan i vårt exempel utan absorbenter finns i taket höga balkar som påverkar spridningen av reflexer som i annat fall kan bidra till de direkta signalerna.

9.4. Tydlighet som funktion av avståndet

Här har sammanställts $D = f(l)$ för den totala signalen (kallas vidare D_{TOT}) och för signalen under 150 ms (kallas vidare D_{TAL}).

Sammanställningar har gjorts - på samma sätt som för MD - med absorbenter, utan och med reflektorer - som visas på kurvblad 39, 40, 41 och 44, 45, 46 och utan absorbenter, utan och med reflektorer - som visas på kurvblad 42, 43 och 47, 48.

Ändring av alla faktorer som funktion av avstånd sker likadant som för $MD = f(l)$. Här måste påpekas att mätning av MD sker med långvariga modulerade signaler med en viss frekvensgång och mätning av D_{TOT} eller D_{TAL} sker med impulssignaler men med samma frekvensgång.

Även här ses att förbättring av D i lokalen med absorbenter vid användande av reflektorer är mer fördelaktig än i lokalen utan absorbenter.

Vid båda tillfällena sker förbättring av D men med absorbenter när D det optimala värdet för det aktuella akustiska förhållandet.

Orsaken till de skillnader som uppstår med och utan absorbenter kan förklaras på samma sätt som vid analysen av MD (se kapitel 9.3.5).

I fallet utan absorbenter kommer reflexerna vid balkarna i det tidiga skedet av förloppet, att karakteriseras av mycket låga nivåer. De höjer då inte den tidiga energin tillräckligt på vissa platser. Detta är mest tydligt på platser där utstrålningsvinkeln $\alpha \gg 0^\circ$ och den högfrekventa andelen av den reflekterade energin är liten.

Skillnader mellan D_{TOT} och D_{TAL} är små både med och utan reflektorer. Som framgår av uttrycket för D i kvoten (1 eller 2) är energin under 50 msek konstant. Den totala energin beror på den förutbestämda integrationstiden, och under 150 ms är energin lägre än under hela förloppstiden. D_{TAL} är därför alltid större än D_{TOT} .

9.5. Tidstyngdpunkt och ekvivalent efterklangstid som funktion av avståndet

Utgående från uttrycket (7) ska vi i fortsättningen endast analysera den ekvivalenta efterklangstiden.

På kurvblad 49 - 58 visas inverkan av avstånd på den ekvivalenta EKT, både den under 150 ms (T_{TAL}) och under hela tidsförloppet (T_{TOT}).

Resultaten för lokalen med och utan absorbenter samt utan och med reflektorer visar att på alla platser uppstår ändringar liknande de som har setts för tydligheten.

Ekvivalent EKT når också bättre (lägre) värde i lokalen med absorbenter i taket jämfört med lokalen utan absorbenter.

Vid användande av reflektorer förbättras även ekvivalent EKT på platser där utstrålningsvinkeln $\alpha \gg 0^\circ$.

Förklaringen till ändringarna av ekvivalent EKT i lokalen med absorbenter och utan absorbenter är densamma som för tydlighet.

9.6. Samvariation mellan kvalitetsfaktorer

Vid undersökningen av samtliga kvalitetsfaktorer presenterade i rapporten har olika mätsignaler, mätprinciper och beräkningsmetoder använts. På grund av faktorernas egenskaper har de på olika sätt påverkats av rumsakustiska parametrar och akustiska förhållanden.

Analys av samvariation mellan samtliga faktorer kan i viss mån förklara inverkan av olika parametrar på lokalens resp positionens kvalitet.

Samvariation har uppskattats med hjälp av beräkning av korrelationen mellan samtliga faktorer.

Sammanställning av korrelationen sker för lokalen med och utan absorberer samt med och utan reflektorer. Korrelationen behandlas för grupper längs mitten, längs sidoväggen och längs fönstren samt för hela lokalen.

Korrelationen mellan olika faktorer har sammanställts i tabeller nedan och framgår också av kurvblad 64 - 73.

Samvariation mellan faktorer

tabell 13

korrelationskoefficient

Absorberer	Reflektorer	$MD = f(D_{TOT})$	$MD = f(D_{TAL})$	$MD = f(T_{ek.TOT})$	$MD = f(T_{ek.TAL})$	$D_{TOT} = f(T_{ek.TOT})$	$D_{TAL} = f(T_{ek.TAL})$
Med	utan	0.95	0.95	0.96	0.96	0.99	0.98
	i taket	0.98	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99
	vid tavlan	0.95	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96
utan	utan	0.96	0.96	0.96	0.96	0.99	0.99
	i taket	0.98	0.98	0.99	0.98	0.98	0.99

Samvariation mellan faktorer och parametrar (kurvblad 74 - 78)

korrelationskoefficient tabell 14

Absor- benter	Reflek- torer	$MD =$ $f(L_{MD})$	$D_{TAL} =$ $f(L_{D+1})$	$T_{ek.TAL} =$ $f(L_{D+1})$	$D_{TAL} =$ $f(L_{50})$	$T_{ek.TAL} =$ $f(L_{50})$
Med	utan	0.97	0.93	0.92	0.88	0.87
	i taket	0.91	0.9	0.91	0.91	0.92
	vid tavlan	0.94	0.94	0.96	0.94	0.95
utan	utan	0.97	0.96	0.97	0.94	0.94
	i taket	0.97	0.94	0.96	0.95	0.96

Vid beräkningen har värdet för alla befintliga positioner för varje akustiskt förhållande sammanställts. Som framgår av tabellerna är korrelationen mellan faktorerna hög och koefficienterna ligger mellan 0.95 och 0.99. Mellan faktorer och parametrar är den lite sämre men även här hög. Koefficienterna är mellan 0.9 och 0.97 (vid två tillfällen 0.88). Korrelationen mellan D och T_{ekv} är högst och når värdet 0.99.

Kurvor som framställer samvariationen mellan samtliga faktorer har liknande funktioner och sammanfaller när man betraktar motsvarande kurvblad för olika akustiska förhållanden dvs med och utan absor- benter samt med och utan reflektorer.

Detta, samt föregående analys av faktorernas beteende som funktion av avståndet längs mitten, längs sidoväggen och längs fönstren dvs vid olika ustrålningsvinklar visar att alla faktorer är ungeför lik- värdiga beträffande uppskattningen av lokalens kvalité.

10. DISKUSSION ÖVER REFLEKTORERNAS INVERKAN PÅ LOKALENS AKUSTISKA KVALITÉ VID OLIKA RUMSAKUSTISKA FÖRHÅLLANDEN

Syftet med undersökningarna var att genom användning av speciellt formade och enligt vissa regler placerade reflektorer uppnå en förbättring av den akustiska kvalitén på vissa förut bestämda platser i lyssningslokaler.

Den akustiska kvalitén har undersökts med hjälp av kvalitetsfaktorer som mätts med hjälp av datorbaserade mät- och beräkningsmetoder.

Ändring av kvalitén analyserades på enskilda platser genom jämförelse av faktorer som mätts i lokaler med reflektorer och utan reflektorer.

Uppskattning har skett också för samma lokal utan och med tilläggsabsorption.

Genom jämförelse av olika kvalitetsfaktorer och analys av mät- och beräkningstid samt erforderlig instrumentation för samtliga mätmetoder kan den säkraste och billigaste metoden väljas.

10.1. Inverkan av lokalens absorptionsförmåga, reflektorernas placering och utformning av taket på samtliga parametrar och faktorer.

Av de analyserade och i tabeller och på kurvblad sammanställda parametrarna samt faktorerna ses att:

1. I en lyssningslokal är EKT och EKT-frekvensgång i väldigt liten utsträckning beroende av reflektorers placering (reflektorer med små absorptionskoefficienter). (kurvbl.11, 12, 13)
2. I lokaler där stora spridningsföremål som t ex stolar, bord, skåp o s v placeras kan diffusiteten under efterklangsförloppet uppskattas som stor och därmed kan EKT på alla platser förbli konstant. (kurvbl.14 - 18)
- 3.a) Tidiga delar av lokalens impulssvar är oberoende av efterklangstiden. Den direkta energin och den tidigt reflekterade energin beror då endast på ljudkällans egenskaper och på reflektionsegenskaper hos reflekterade ytor som bestrålas av direkta signaler.

På samtliga platser i lokalen beror denna energi endast på avståndet och på utstrålningsvinkeln eller m a o på positionens läge i förhållande till ljudkällan - i våra undersökningar längs mitten, längs sidoväggen eller längs fönstren. Då måste naturligtvis bakgrundsbullret vara lågt och dynamiken tillräckligt stor.

Som ses av tabeller och kurvblad, om man anser att längs mitten beror energin resp. uppmätta nivån på avståndet, beror den också på signalens utstrålningsvinkel längs sidoväggen och längs fönstren. På samma avstånd från ljudkällan minskar där nivån jämfört med platser längs mitten. (kurvbl. 19 och 23)

- 3.b) Senare delar av lokalens impulssvar beror på absorptionsförmågan och absorberternas placering samt på bakgrundsbullret och därmed är den energin mest beroende av EKT. Den delen av energin är oberoende av positionens läge i förhållande till ljudkällan och är också mindre beroende av ljudkällans riktningsegenskaper. (kurvbl. 24 och 28)
- 3.c) Den totala energin bestående av ovan beskrivna delar beror naturligtvis både på avståndet och efterklangstiden. (kurvbl. 29 och 33)
- 3.d) Med hänsyn till att den totala energin beror bl a på tidiga reflexer har varje reflex i lokaler med korta EKT (d v s med den låga efterklangsenergin) stor betydelse för den totala energin och skillnader i nivån med och utan reflektorer är stora. (kurvbl. 19, 20, 21 samt 24, 25, 26 och 29, 30, 31)
Däremot i lokaler med större EKT samt med taket så utformat att det sprider energin i alla riktningar (d v s med stor efterklangsenergi) är skillnader i nivån med och utan reflektorer på motsvarande positioner mindre. (kurvbl. 22, 23 samt 27, 28 och 32, 33)

Man kan anta att ur ljudenergisympunkt är användning av reflektorer mer märkbar i lokaler med kortare EKT.

- 3.e) Ändring av den integrerade energin resp. nivån vid samtliga akustiska förhållanden överensstämmer inte tillräckligt med ändringen av kvalitetsfaktorer. Detta visar att endast nivån eller även tillsammans med EKT inte kan tillämpas för uppskattning av lokalens kvalitet.

4. Inverkan av reflektorer på kvalitetsfaktorernas värde är tydlig. Utan reflektorer uppstår stora skillnader mellan positionerna där utstrålningsvinkeln $\alpha = 0^\circ$ och positionerna där $\alpha > 0^\circ$ eller $\alpha \gg 0^\circ$, däremot med rätt placerade reflektorer minskar skillnaderna och kvalitetsfaktorernas värde närmar sig till värdet som fås vid $\alpha = 0^\circ$. (t ex kurvbl.34,35,36)

Även här är inverkan av EKT och utformning av taket stor. Vid längre EKT, utan reflektorer är skillnader mellan positionerna med $\alpha = 0^\circ$ och $\alpha > 0^\circ$ större än när EKT är kortare. Med reflektorer minskar skillnaderna samtidigt som själva värdet på kvalitén vid kortare EKT är bättre än vid längre EKT.

Alla undersökta kvalitetsfaktorer visar ungefär liknande egenskaper. Deras ändring som funktion av avståndet har liknande förlopp - som ses på samtliga kurvblad - trots att faktorernas bildningsprinciper är olika och samtliga mätsignaler skiljer sig från varandra. (kurvbl.79 till 88)

5. I föregående del har korrelationen mellan samtliga faktorer uppskattats. Med hänsyn till deras likvärdighet beträffande mätresultaten kan några anmärkningar göras:
- 5.a) Den bästa korrelationen där korrelationskoefficienten når värdet 0.99 är mellan tidstyngdpunkten och den ekvivalenta efterklangstiden för alla rumsakustiska förhållanden. Se även [3] och kurvbl.64 till 78 samt tabell 13 och 14.
- 5.b) Litet sämre men också höga är korrelationskoefficienterna mellan MD och D samt MD och T_{ekv} . (kurvbl.64 till 73 och tabell 13)
Här $R = 0.95$ till 0.99 .

Utgående från detta och med hänsyn till den stora korrelationen mellan modulationsdämpningen och taluppfattbarheten, se [3], kan mätning av MD i framtiden rekommenderas istället för D eller T_{ekv} . Man kan också konstatera, att mätningar av MD i vanliga enstaka tillfällen kan utföras med normalt i akustiska sammanhang utnyttjad instrumentering plus några speciellt byggda tillsatser som en generator för modulerade signaler och en demodulator. Tydlighet eller ekvivalent efterklangstid kräver en mer komplicerad utrustning eller datorer.

6. Taluppfattbarhet (TU) i lokalen kan längs mittlinjen beräknas enligt det empiriska uttrycket [3]

$$TU = 102.4 - K_T \cdot MD \% \quad (10)$$

där MD är det uppmätta modulationsdämpningsvärdet

K_T är ca 1.6 för EKT = 0.6 s.

K_T stiger till ca 1.63 för EKT = 0.55 s och minskar till ca 1.57 för EKT = 0.63 s.

På platser där infallsvinkeln $\alpha \gg 0^\circ$ försämras både MD och TU jämfört med platser som ligger på samma avstånd från ljudkällan men där infallsvinkeln $\alpha = 0^\circ$.

Vid $\alpha \gg 0^\circ$ stiger k_T till ca 2.5 och avtar till 1.6 - 1.7 med minskad infallsvinkel.

Man kan även anta att vid användning av speciellt riktade reflektorer kommer k_T att minska till samma värde som för $\alpha = 0^\circ$.

I tabellen nedan visas den uppskattade taluppfattbarheten i lokalen enligt uttrycket (10), (se även kurvblad 34 - 38).

Absorbenter	Reflektorer	Avstånd från ljudkällan m	TU %		
			längs mitten $\alpha = 0^\circ$	$\alpha > 0^\circ$	$\alpha \gg 0^\circ$
med	utan	1.8	98	-	-
		3.5	93.8	89.6	84
		10	92	91.2	90.5
med	utan	1.8	98	-	-
		3.5	93.8	92.8	92.8
		10	92	92.6	91.2
utan	utan	1.8	97.5	-	-
		3.5	92.8	87.2	80.0
		10	92	91	89
utan	med	1.8	97.5	-	-
		3.5	92.8	91.2	88.6
		10	92	90.2	90.3

7. Taluppfattbarheten (TU) som korrelerar bra med MD, kan uppskattas också av MD, se [3], och då kan den på samma sätt som MD visa en stor korrelation med de andra kvalitetsfaktorerna "D" resp "T_{ekv}".

Följande fråga kan då ställas: Vad är det som påverkar den subjektiva faktorn och de objektiva faktorerna på samma sätt?

- 7a. Om man anser att de första starka reflexerna innehåller en viss "information" då är det klart att den integrerade tidiga energin som påverkar bildningen av faktorer t ex tydligheten, också påverkar den subjektiva uppskattningen av kvalitén.

En försämrad "information" försämrar taluppfattbarheten och samtidigt försämras den objektiva faktorn där den integrerade tidiga energin minskar.

Undersökningar visar att en förbättrad "information" i den första stora reflexen förbättrar i verkligheten också den objektiva faktorn MD samt andra faktorer - D och T_{ekv} (se kurvblad 79 - 88) som samtidigt korrelerar med varandra (kurvblad 64 - 73).

Den förbättrade "informationen" måste också förbättra taluppfattbarheten.

- 7b. Man kan även diskutera frågan om den i "tydligheten" använda tiden 50 ms. Under den tiden kommer både den direkta signalen - där "informationen" beror på utstrålningsvinkeln från ljudkällan - och de reflekterade signalerna - där varje reflex karaktäriseras av en annan "information" beroende på den ursprungliga tillhörande direkta signalens riktning.

Detta är viktigt på grund av att de första reflexerna innehåller en stor del av energin som påverkar hörselns minnesegenskaper.

Man kan anta att under de första 50 ms kommer till åhöraren både nyttiga signaler med oändrad information och andra med ändrad information som på grund av storleken visar maskerade tendenser.

De signaler som verkligen kan påverka kvalitén måste komma under en kortare period än 50 ms. En begränsning av den tidiga perioden till t ex 20 - 30 ms kan påverka bildningen av en faktor som bättre korrelerar med taluppfattbarheten. Detta påstående måste naturligtvis undersökas vidare i fortsättningen.

8. Beträktelse av hörselns fysiologiska egenskaper visar att känsligheten för ljudtrycket är av logaritmisk karaktär samt att det hos människan finns en viss tidskonstant för hörselminnet. Den sista begränsar t ex uppfattning av för snabbt löpande signaler eller signaler som löper med stora nivååddifferenser d v s att det momentana värdet av signaler med lägre nivåer kan maskeras av större momentana nivåer. Sådana egenskaper hos hörseln kan också påverka den subjektiva uppskattningen av efterklangstiden, när de första stora momentana nivåerna i tidsförloppet maskerar de svagare som kommer senare.

Man kan påstå att den ekvivalenta efterklangstiden som beräknas med inverkan av enstaka reflexers (momentana nivåer) tidsläge kan överensstämma bättre med den subjektivt uppskattade efterklangstiden där ovan beskrivna maskering kan uppstå.

9. Efterklangstid är enligt gällande normer den viktigaste parametern som uppskattar kvalitén av lyssningslokaler. Värdet på den samt frekvensgång är de enda kriterierna som ställs vid projektering (ev. även lokalens volym och dimensionerna -proportion - samt bakgrundsbuller).

Man kan tänka sig att analys av det tidiga skedet av efterklangsförloppet med tidiga reflexernas riktningsföljd bör ingå för krav vid projekteringen av lokaler.

10.2 Konstruktion och placering av reflektorer

Reflektorernas dimensioner framgår av talsignalens egenskaper beträffande frekvensgången och ljudkällans utstrålningsegenskaper.

Den viktigaste delen av talinformationen ligger i frekvensområden ovanför ca 1,5 kHz. Riktkaraktär av människans talorgan är vid högre frekvenser smalare d v s vid sidan av ljudkällan minskar både utstrålningen av högre frekvenser och reflexer från nära till källan liggande ytor.

Dimensionerna hos reflektorerna bör enligt tidigare beräkningar väljas mellan 0,65 och 0,8 m. För att få bredare bestrålningsyta bör reflektorerna konstrueras som släta plattor möjligen med stora reflektionskoefficienter. Man kan för detta ändamål använda träplattor, spånskivor, gipsplattor o s v. Vid vissa tillfällen kan även sfärformade reflektorer användas. Sådana kan förbättra kvalitén på vissa platser där tillgång för direkta signaler saknas.

Placering av reflektorer bör alltid framgå av en tredimensionell akustisk planering.

Nedan beskrivs de grundläggande principer som måste betraktas vid planeringen.

Som framgår av rapporten är en av de mest avgörande faktorerna som påverkar taluppfattbarheten - förutom efterklangstiden, signalens nivå och dennas dynamik dvs även bakgrundsbullret - storleken av frekvensändringar i den infallande signalen dvs ändring av "information".

Här måste urskiljas den allmänna energin som består av direkta signaler och alla reflexer dvs även de som kommer i det tidiga skedet av förloppet, från energin av de signalerna som når åhöraren i början av uppbyggnad av ljudfältet med oändrad eller nästan oändrad frekvensgång dvs med oändrad "information".

Av detta följer att inte endast en stor del av energin är viktig för taluppfattbarheten utan också energins kvalitet och tiden då energin når åhöraren.

I detta sammanhang är den del av de första reflexerna som kommer under den tiden med oändrad "information" mer viktig än hela energin som kommer under t ex 50 ms.

En sådan del består av:

- direkta signaler som strålas ut från ljudkällan med en liten rymdvinkel i förhållande till den normala riktningen
- första reflexer från taket och även från andra ytor som befinner sig i rymdvinkelns område
- andra reflexer från näst följande ytor av samma energityp osv.

Man kan här nämna exempelvis den relativt bättre taluppfattbarheten även på avlägsna platser i lyssningslokalen jämfört med taluppfattbarheten på platser som ligger nära ljudkällan. Detta kan förklaras med ett större antal av reflexer från bakväggen där den direkta energin kommer från källan med låg utstrålningsvinkel.

Samma fenomen har märkts i alla tidigare gjorda undersökningar vid CTH [3], [4].

Vid projekteringen av lyssningslokaler bör med hänsyn till detta finnas en analys av utformning av ytor som reflekterar energin med oändrad information till platser där direkta signaler kommer med ändrad information. Detta gäller några första reflexer som kommer under 50 ms.

Detta kan uppnås på olika sätt beroende på den allmänna utformningen av lokalen, dennas dimensioner, geometriska proportioner samt användning. (Se exempelvis kurvblad 89 och 90).

Vid planeringen kan tre alternativ analyseras:

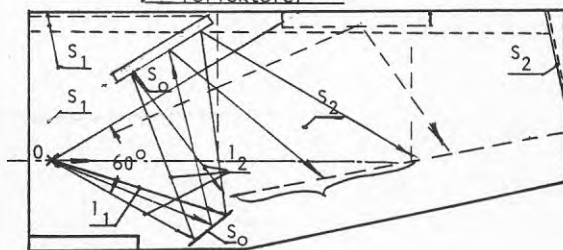
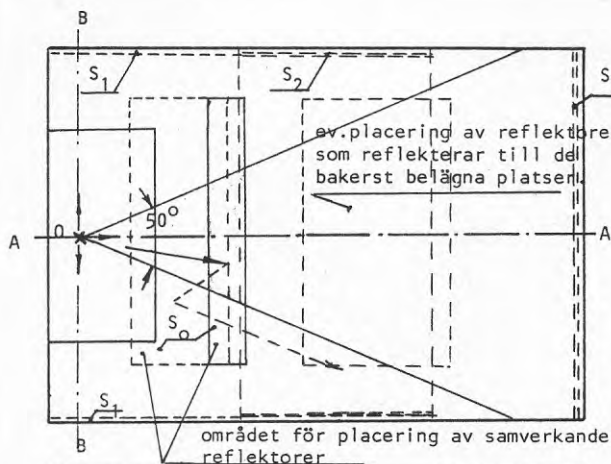
- 1) - med två rader av reflektorer där en rad är placerad vid golvet i närheten till källan och en i övre delen av lokalen - i eller under taket - också nära till ljudkällan.
- 2) alla reflektorer är placerade i övre delen av lokalen i eller under taket
- 3) en blandning av både 1 och 2 alternativen.

Lutning av reflektorerna bestäms enligt en analys av ett tidigt skede i bildningen av ett akustiskt ljudfält på platser längs mitten och längs sidoväggen. Här måste också hänsyn tas till ljudkällans placering och dess utstrålningssegenskaper.

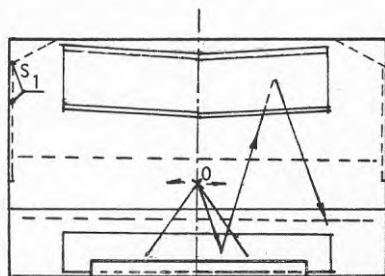
I befintliga lokaler bör alltid undersökningar av kvalitetsfaktorer göras innan placering av reflektorer skall analyseras.

Placering av reflektorer bör alltid samordnas med arkitekten, belysnings- och ventilationskonsulter.

REFLEKTORERNAS OCH ABSORBENTERNAS PLACERING Parallelepipedisk sal med relativ stor höjd. Alternativ 1	kurvbl.89
	exempel 1



A - A



B - B

-ANMÄRKNINGAR -

- 1.- $dt = \frac{2 \cdot l_1}{340}$ 0.05 sek
- 2.- Vinkel 50° resp. 60° begränsar området där utstrålad energi innehåller den rätta "informationen".
- 3.- S_0 -ytor avsedda för reflektorer
 S_1 - ytor med absorberter.
 S_2 - ytor där reflektorer avsedda för andra reflexer kan placeras.
- 4.- reflektorernas dimensioner 65 - 85 cm.

↑
X → förflyttning av ljud-
källan
↓

Alternativ 1 kan även användas för trapetsoida lokaler.

I 50° vinkelområde placeras reflektorer som reflekterar energin till sidoplatser. Lutning av reflektorer skall framgå av en geometrisk analys. Utformning av ytor med reflektorer och absorberter skall samordnas med arkitekten, belysnings- och ventilations- konsulter.

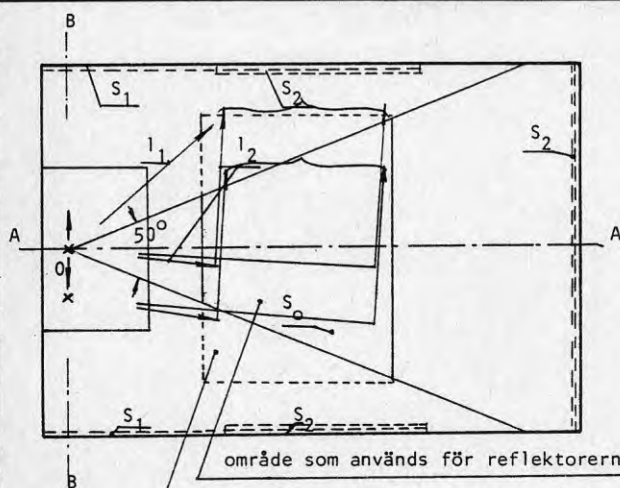
REFLEKTORERNAS OCH ABSORBENTERNAS PLACERING.

Parallelepipedisk sal med relativ låg höjd.

Alternativ 2

kurvbl. 90

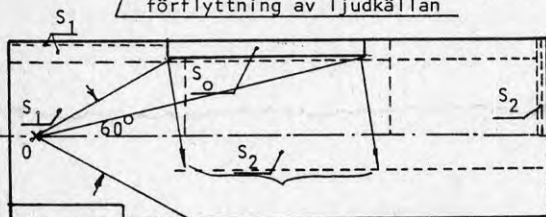
exempel 2



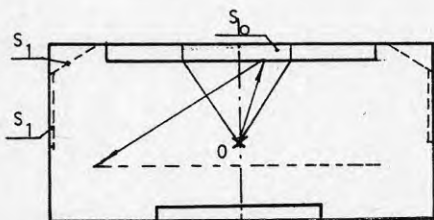
OBS. Anmärkningar från
kurvbl. 89 gäller även
för kurvbl. 90

område som används för reflektorernas placering

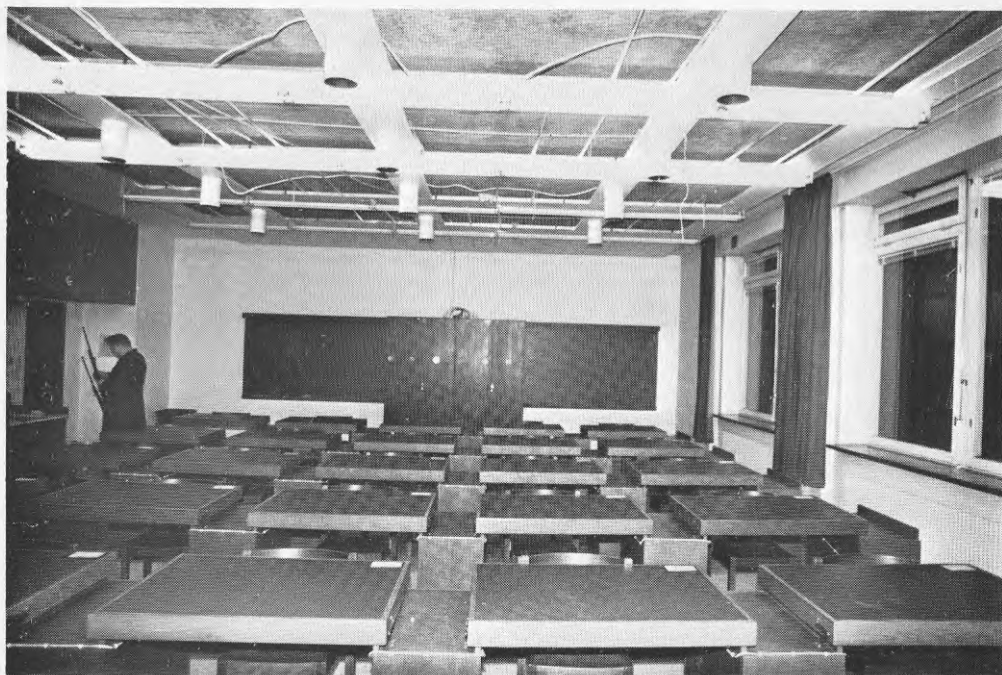
område som utnyttjas för placering av reflektorer vid
förflyttning av ljudkällan



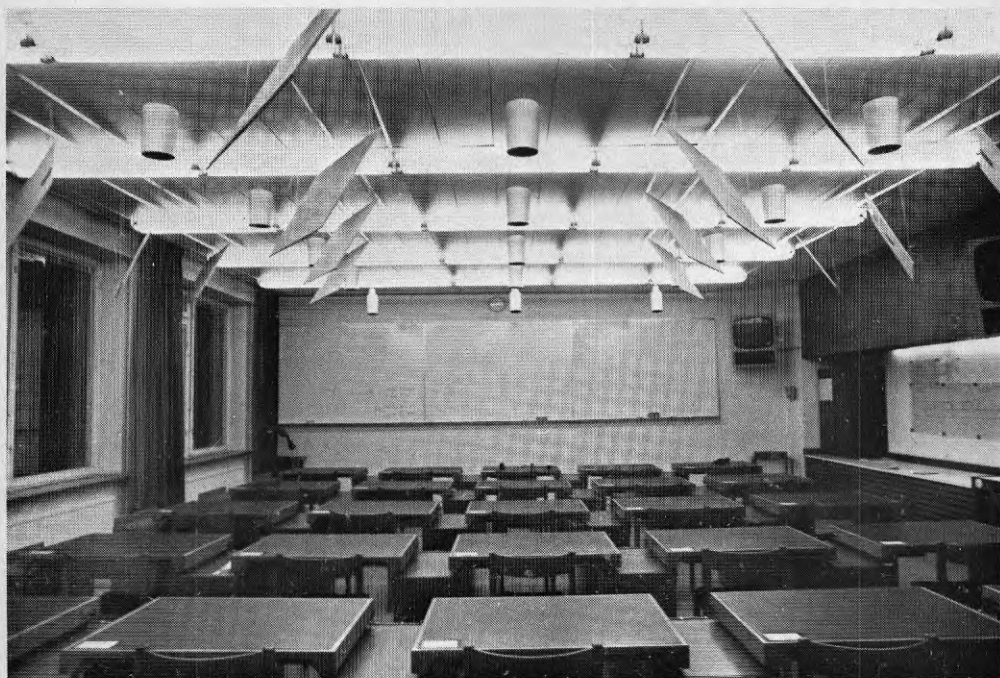
A - A



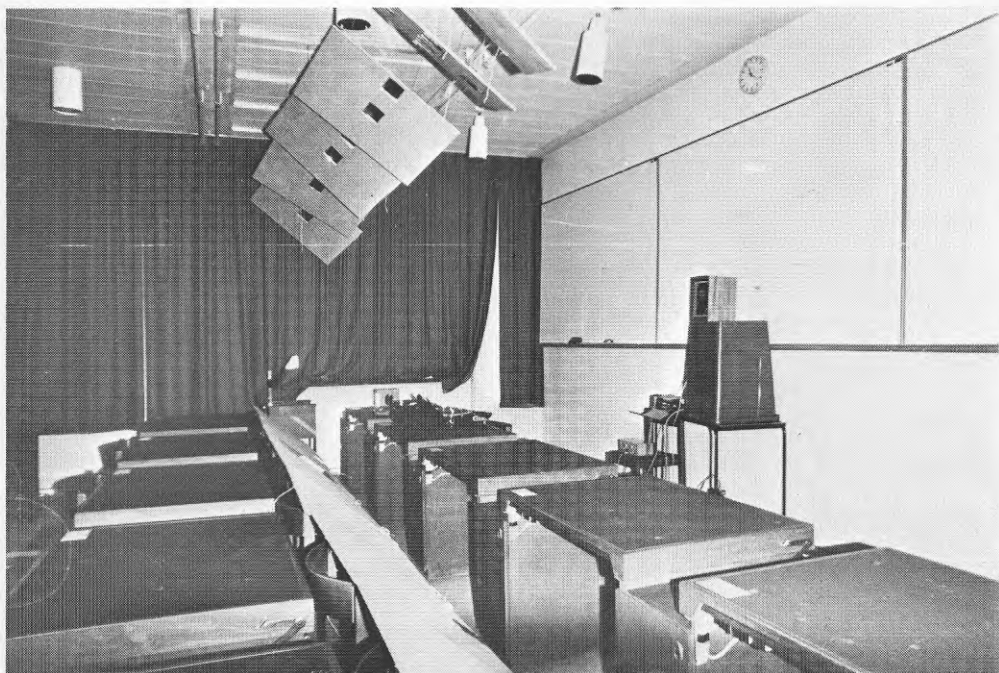
B - B



Sal V023 - utan absorbenter mellan balkarna.



Sal V023 - med absorbenter, reflektorer placerade i taket.



Sal V023 - med absorbenter, reflektorer nära ljudkällan.

LITTERATUR

- [1] Meyer, E., Definition and diffusion in rooms. JASA, vol 26, nr 5, 1954.
- [2] Lochner, J.P.A. & Burger, J.F., The intelligibility of speech under reverberant conditions. Acustica, 11 (4), 1961.
- [3] Kirszenstein, J., Rumsakustik i lyssningslokaler, särskilt i skolor. BFR-rapport R23, 1981.
- [4] Kihlman, T. & Kirszenstein, J. & Kleiner, M., Rumsakustiska problem. Taluppfattbarhet och modulationsdämpning. BFR-rapport R39, 1978.
- [5] Kihlman, T. & Nordlund, L., Taluppfattbarhet i hörsalar. BFR-rapport R61, 1973.
- [6] Kürer, R., Untersuchungen zur Auswertung von Impulsmessungen in der Raumakustik. Avhandling T.U. Berlin, 1971.
- [7] Cremer, L. & Müller, A., Die Wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik, Band 1. Hirzel Verlag 1978.
- [8] Knudsen, V. & Harris, C., Acoustical design in architecture. John Wiley & Sons, Inc, 1950.

**Denna rapport hänför sig till forskningsprojekt
790506-0 från Statens råd för byggnadsforskning
till Avdelningen för Byggnadsakustik,
Chalmers tekniska högskola, Göteborg.**

R66: 1982

ISBN 91-540-3720-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700566

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 35 kr exkl moms