



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R77:1978

Allmänventilation med deplacerande strömning

**Utvärdering av energisnålt
ventilationssystem och
generella studier av principen**

Kurt Belin

Byggforskningen

**TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET**

R77:1978

ALLMÄNVENTILATION MED DEPLACERANDE STRÖMNING

Utvärdering av energisnålt ventilations-
system och generella studier av principen

Kurt Belin

Rapporten hänförs till forskningsanslag 760166-1 från
Statens råd för byggnadsforskning till AB Bahco Ventilation
Utvecklingsavdelningen, Enköping.

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

Nyckelord:

ventilation
luftströmning
deplacerande strömning
dimensionering
energibesparing

UDK 697.95

R77:1978

ISBN 91-540-2904-X
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1978 857177

INNEHÅLL

BETECKNINGAR	5
SAMMANFATTNING	7
1	INLEDNING 13
1.1	Bakgrund 13
1.2	Ventilationsprinciper 13
1.2.1	Allmänt 13
1.2.2	Omblandning 14
1.2.3	Deplacering 14
1.3	Modellförsök och fullskaleanläggning 15
2	SYSTEMSTUDIER 17
2.1	Inriktning 17
2.2	Val av undersökningsmetod 17
2.2.1	Några allmänna systemfaktorer 17
2.2.2	Systemfaktorer vid deplacerande ventilation 18
2.2.3	Mätomfattning 18
2.2.4	Mätmetod 18
2.2.5	Kalibreringar och mätnoggrannhet 19
2.3	Mätobjekt 20
2.3.1	Allmänt 20
2.3.2	Anläggningar 21
2.3.3	Donutföranden 21
3	RESULTAT 23
3.1	Allmänt 23
3.2	Anläggning I AB Bahco Ventilation I-verkstaden 23
3.2.1	Ingen tilluft i mätzonen 23
3.2.2	Don typ 1 23
3.2.3	Don typ 2 24
3.2.4	Luftvärmarens placering 24
3.2.5	Don typ 3 24
3.3	Anläggning II Östbergs Skogsmaskiner AB, Alfta Plåt och svetshall 25
3.4	Anläggning III Kils Industri AB, Kil Svetshall B 25
3.5	Anläggning IV Nordströms Linbanor AB, Enköping Nya svetshallen 26
4	DISKUSSION 27
5	REFERENSER 29
BILAGOR:	Principfigurer, objektbeskrivning och resultat. 30

BETECKNINGAR

q_o	luftflöde	m^3/s
c_o	lufthastighet	m/s
d_o	dondiameter	m
x	avstånd	m
\bar{x}	dimensionslöst avstånd	-
F	tvärsnittsarea som tilluftens betjänar	m^2
c_r	återströmningshastighet	m/s
a	tilluftens turbulensgrad	-
k_o	konstant ur diagram	
$\Delta t_{3-2,4}$	temperaturskillnad mellan höjden 3 och 2,4 meter över golv	$^{\circ}C$

ALLMÄNVENTILATION MED DEPLACERANDE STRÖMNING

Sammanfattning

Bakgrund

För hantering av komponenter inom industrin som kräver något högre renlighet än normalt har arbetsbänkar utnyttjats över vilka separat s k LAF ventilation använts (Laminär Air Flow). Med den metoden tillförs luften vanligen genom ett veckat filter med samma tvärsnitt som den luftvolym som ska ventileras.

I lokaler där man arbetar med svetsobjekt som gör punktavsugning svårhanterbar borde LAF strömning genom enbart vistelsezonen ge en nödvändig effektiv allmänventilation av denna. En sänkning av tilluftsmängden i andra sammanhang kan även bli möjlig och därmed minska dagens höga uppvärmnings-, kapital- och driftskostnader för ventilationen.

Avsikt

LAF metoden - den deplacerande ventilationen har redan börjat tillämpas efter lyckade modellförsök och bra resultat på vistelsezonen i en pilotanläggning. Genom bättre kunskaper om systemets funktionssätt och olika faktorerers betydelse kan dock de praktiska besparingsmöjligheterna och/eller förbättringar fastställas. Forskningsprojektet har avsett att i stort klarlägga detta och därmed systemets effektivitet men också störningskänslighet.

Systemet

Låg tilluftshastighet och turbulensfri utströmning som krävs både ur drag- och strömningssynpunkt gör systemet bl a känslig för termiska luftrörelser orsakade av lokala värmekällor. Luftutbredningen kan också hindras av stora arbetsstycken. Ventilationstvårsnittet ökar dessutom med avståndet om luften tillförs genom mantelytan på ett stående cylinderformat don.

Kravet på en laminär utströmning och låg utloppshastighet erfordras för att inte den omgivande orenare luften ska dras in i de primära strömningsfältet. Temperaturen på tilluften måste också vara lika den som den ventilerade lokalvolymen har. Den kan dock vara någon grad lägre än den omgivande luften men stiger direkt uppåt utanför donet om temperaturen är högre.

Resultat

Med i första hand partikelräkning på olika avstånd från tilluftsdonet och höjderna 1,6 och 4 meter har den deplacerande ventilationens effektivitet fastställts. Det har skett genom fältmätningar på några don typer och lokaler med olika utformning och verksamhetsbeläggning.

Bästa resultat har erhållits med ett don vars strömning-
ningsutjämnande mantelyta varit av textiltyp. Inom
donets ventilationsområde blir som figur 1 visar
partikelkoncentrationen i vistelsezonen högst häft-
en av den i zonen ovanför. Partikelnivån i svetslö-
kalen på avstånd av 2-3 meter från donet ligger t o m
under det värde som krävs för enkla s k rena rum.

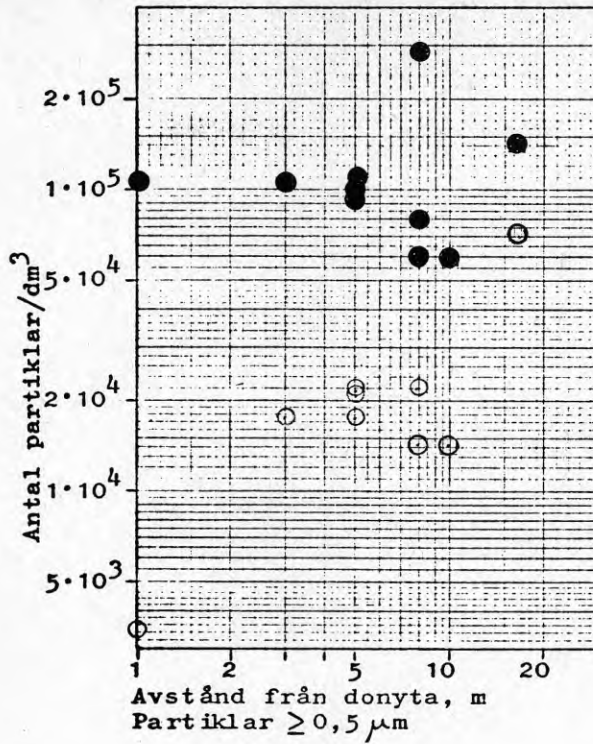
Temperaturprofilen vid donet, figur 2, har också då
varit nära den ideala med ca 2°C höjning strax över
den, liksom donet, 2,5 meter höga vistelsezonen. Som
även framgår är i stort profilen kvar också på 12
meters avstånd från donet. Detta indikerar att in-
blandningen från ovanliggande zon varit låg p g a
den laminära utströmningen från donet.

Med en perforerad plåt som strömning-utjämnare er-
hålls inte samma jämna och turbulensfria utströmning
från donet. Partikelskiktningen blir därför också en-
ligt figur 3 inte lika påtaglig. Räckvidden reduceras
även avsevärt trots att temperaturskillnaden över zon-
gränsen vid donet varit ungefär lika.

Mätningarna har också visat att kallluftsinströmning
genom oskyddade öppna portar och kraftigt uppåtriktad
luftströmning omkring varma arbetsstycken stör skikt-
ningseffekterna. Mindre skärmar och arbetsobjekt med
några meters utbredning stör dock inte skiktningen
eftersom utrymmet bakom dessa fylls ut av den om-
strömmade luften.

Slutsatser

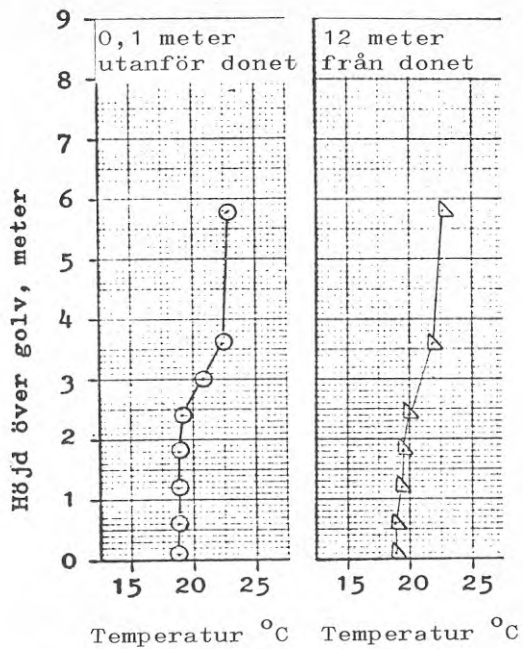
För att fastställa de systempåverkande faktorernas
storleksbetydelse för ventilationseffektiviteten är
redovisade resultat för ofullständiga. De pekar dock
ut de betydelsefullaste och visar med en ytvägd medel-
föroreningsnivå inom donets ventilationsområde att nu-
varande dimensioneringskriterier ska kunna reduceras
till minst hälften. På samma grunder kan givetvis också
luftkvaliten höjas med minst 100 % med oförändrade
dimensioneringsflöden.



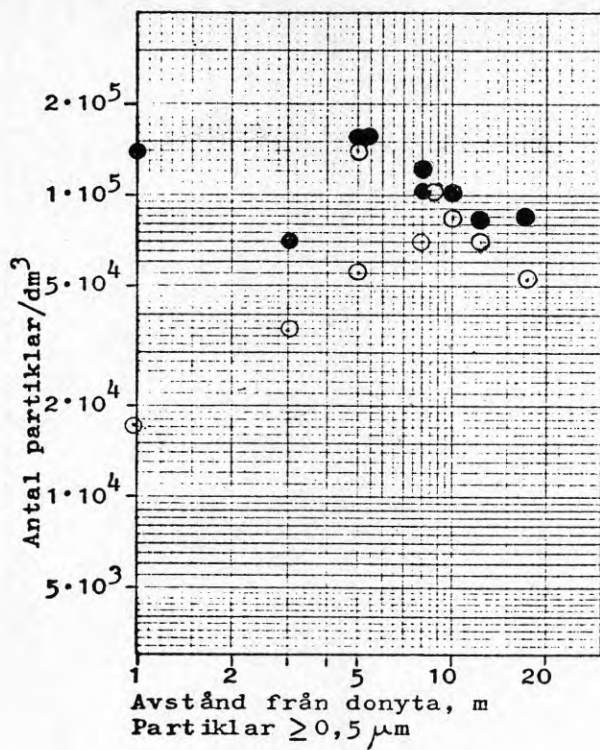
Fylld symbol 4,0 meter över golv

Ofylld "-" 1,6 meter över golv

Figur 1 Partikelkoncentration på olika höjd och avstånd från don med strömningsutjämnare av textilmaterial.



Figur 2 Lufttemperatur på olika höjd och avstånd från don med strömningsutjämnare av textilmaterial.



Figur 3 Partikelkoncentration på olika höjd och avstånd från don med perforerad plåt som strömningsutjämnare.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Uppvärmingskostnadernas dramatiska ökning under 70-talet har medfört att krav ställts på bättre och tätare byggnader samt mindre och effektivare ventilation. Genom inkapsling av föroreningskällor och uppfångning med olika typer av frånluftsdon kan också lokalernas totala ventilationsbehov och därmed uppvärmingskostnaderna sänkas i många fall.

Uppfångning av föroreningar på det sättet är dock inte möjlig i alla sammanhang. Rök alstrad vid svetsning av stora och sammansatta produkter är ett exempel. Ett vitt förgrenat till- och frånluftssystem medför dessutom höga anläggningskostnader. I många fall måste därför enbart en effektiv allmänventilation av den normala vistelsezonen bli lösningen.

Att tillföra enbart vistelsezonen luft och dessutom dragfritt ställer dock höga krav på projekteringen. För att kunna förstå ställd målsättning kan därför en enkel genomgång av principerna för tilluftstekniken vara lämplig.

1.2 Ventilationsprinciper

1.2.1 Allmänt

En effektiv kontinuerlig ersättning av förorenad luft kan ske på i princip endast två sätt. De två tilluft-sätten är

1. Omblandning
2. Deplacering - förträngning

Med omblandning menas att tilluften förs in i lokalen med så hög impuls (hastighet x flöde) att den förmår röra om och därmed späda ut hela den luftvolym som betjänas. System byggda på deplacerande ventilation innebär att tilluften förs från ena sidan av det område som ska ventileras till frånluftsdon i en annan del av lokalen, t ex motstående sida eller vid tak.

Båda systemen kan användas med olika grad av uppdelning på antal tilluftsställen, figur 1.

1.2.2 Omblandning

En kontrollerad effektiv omblandning och utspädning av förorenad lokalluft innebär att en luftrörelse måste åstadkommas som är lika den i figur 2. Den maximalt tillåtna dragfria medelåterströmningshastigheten som erhålls i det visade snittet kan också beräknas med de i Baturin /1/ angivna sambanden och formeln

$$c_{r \max} = k_0 \frac{c_0 \cdot d}{\sqrt{F}}$$

Från diagrammet kan dessutom bestämmas, förutom $k_0 \approx 0,70$ i det kritiska snittet, det dimensionslösa avståndet \bar{x} där maximal återströmningshastighet erhålls. Under givna betingelser beräknas också det faktiska avståndet x för det snitt där luftvirveln slutar.

Det avståndet, som enligt Katz /2/ i fri översättning från tyska, bör kallas inträngningsdjupet och inte kastlängd ¹⁾, är förutom luftstrålens egen turbulensgrad endast beroende av det lokaltvärnsnitt F som betjänas.

$$x = \frac{\bar{x} \cdot \sqrt{F}}{a}$$

De lokalavsnitt som kan betjänas får dock inte ha lokalbredder som överstiger 3-4 takhöjder. Maximal luftmängd på varje don begränsas även av de luftvirvlar som inblandningsförloppet skapar i en stor luftstråle. Stora luftvirvlar rycks nämligen tidvis loss från normal strömningsbana p g a masströgheten och kan då bryta ner i vistelsezonen med åtföljande dragproblem.

Utnyttjas den s k Coandaeffekten kan dock relativt stora luftmängder klaras. Om strålen samtidigt riktas snett uppåt mot ett slätt tak erhåller den också en sådan utbredning och vidhäftning att viss undertemperatur kan klaras. Normalt måste dock ett vitt förgrenat tilluftssystem användas när luft ska tillföras med lägre temperatur än lokalens.

1.2.3 Deplacering

I lokaler med takhöjder över ca 5 meter och hög föroreningsbelastning kan en deplacerande ventilation vara lämplig. Denna typ av lufttillförsel är känd och tillämpad teknik för s k rena rum och bänkarbetsytor, se t ex /3, 4/.

För att en deplacerande strömning ska erhållas som är dragfri, ger lång räckvidd och skapar skiktningseffekter på föroreningar måste tilluften ut ur donet enligt figur 3 ha egenskaperna

1) kan användas för s k fri luftstråle i obegränsat rum

1. Låg hastighet
2. Jämn utloppshastighet
3. Låg turbulens

Om luften dessutom ska deplacera genom t ex enbart den nedre delen av en lokal, figur 4, måste också

4. Tilluftstemperaturen vara samma som i vistelsezonen eller något lägre.

Låg och jämn utloppshastighet ①, se figur 3, krävs för att både undvika dragproblem ② och få en icke omblandande lågturbulent deplacerande ③ strömning genom vistelsezonen med lång räckvidd ④.

Ojämn utloppshastighet ⑤ ger skjuvkrafter mellan strömningsskikten som på visst avstånd från donytan skapar samma omblandande turbulenta sekundärlufts-inblandande luftrörelser som normalt finns från vanliga tilluftsdon ⑥ och vilka förkortar räckvidden på luftstrålen.

Kravet på tilluftstemperaturen ställs för att bibehålla en deplacerande strömning med i stort samma höjd som vid donytan. Det deplacerande skiktet sjunker ihop ⑦ vid för låg temperatur eller stiger uppåt vid högre temperatur än den ovanför vistelsezonen.

Möjligheten att hålla angiven temperaturskillnad gentemot luftskiktet ovanför ⑧ beror på sättet att värma eller kyla ⑨ skiktet ovanför och det luftutbyte som tidigare omtalade turbulenta luftrörelser orsakar mellan zonerna ⑩.

1.3 Modellförsök och fullskaleanläggning

För att klarlägga om ovanstående ventilationsprincip var möjlig företogs modellstudier vid Bahco Ventilation där effektutvecklingen vid arbetsplatserna simulerades med lampor. Små utsläpp av lustgas vid dessa gav också besked om att gasen samlades huvudsakligen i lokalens övre zon. De termiska "stigkrafterna" skiktade gasen och tilluften strömmade i huvudsak genom lokalen på i stort samma nivå som de cirkulära donens höjd.

Med dessa resultat som underlag utfördes enligt principskissen, figur 4, en fullskaleanläggning när Bahco Ventilation byggde den senaste verkstadshallen för i huvudsak tillverkning av produkter för rening av utsläpp från industriprocesser. Den utfördes, figur 5, med fem runda och ett plant don och bygger därför främst på cirkulär utbredning av luften. Ett sådant förfarande ger givetvis en med avståndet från donet minskande utspädning. Alla lokalytor täcks dock av en deplacerande ventilation som annars skulle kräva hela väggytor som till- och frånluftsdon.

Efter en del justeringar av tilluftsdonen kunde genom mätningar konstateras att systemet skiktade även svetsrök. Bästa resultatet erhöles också med några graders lägre temperatur på tilluften än den ovanför vistelsezonen.

Med dessa positiva resultat som underlag lanserades systemet. Fortsatta mätningar i verkstaden på svetsröken med den sk filtermetoden /5/ gav vissa indikationer om att räckvidden inte var acceptabel. Från dessa mätningar fanns dock ingen möjlighet att fastställa orsakerna.

Hypoteser ställdes upp om att den termiska stigkraften på svetsröken varit för låg så att röken följt med den deplacerande luftströmmen i för hög grad. En för turbulent luftutströmning som drar ner smutsig luft från den övre zonen är också tänkbar orsak. Sedimentation av grövre partiklar kan också, se Allander, Faxvall /6/, ha ökat längre ut från donet på grund av att den horisontella lufthastigheten i vistelsezonen minskat kraftigt. Dessa partiklars koncentration blir då högre i vistelsezonen i den lokaldelen.

2 SYSTEMSTUDIER

2.1 Inriktning

Det ansågs för att kunna kartlägga orsakerna till ovanstående iakttagelser att en djupare kunskap om systemets funktionssätt var nödvändig. Eftersom systemet avsåg att sänka det totala ventilationsbehovet eller också öka ventilationens kvalitet söktes anslag från Statens råd för byggnadsforskning.

För beviljat anslag på 75000 kronor angavs som särskilda villkor att vid de generellt inriktade studierna av ventilationsprincipen skulle eftersträvas samarbete med högskoleinstitutionerna. Vid kontakter med ett flertal sådana visade även dessa ett stort intresse men av tids- och kostnadsskäl har man vid KTH, CTH och LTH tackat nej.

2.2 Val av undersökningsmetod

Fortsatta modellstudier med luft eller vatten och uppsättning av teoretiska strömningsmodeller skulle givetvis ha gett viktiga grundläggande baskunskaper. Det bör dock noteras att fullskaleförsök normalt ansetts nödvändiga för t ex kontor och vårdrum eftersom alla modellparametrar inte kan skalas samtidigt.

Då ingen kapacitet fanns för den teoretiska delen blev därför valet fältstudier trots den metodens nackdelar. Svårigheten med sådana är främst att hålla påverkande faktorer som strömningshinder och verksamhetsintensitet under kontroll.

Genom kartläggning av verkligheten ges dock möjlighet att fastställa de viktigaste faktorerna och därmed inriktningen på senare grundligare funktionsstudier. Vägvalet ger också snabbt svar på faktiska problem och svårigheter med ett delvis nytt för användarna annorlunda ventilationssystem.

2.2.1 Några allmänna systemfaktorer

För att kunna få någon form av användbart godhetstal bör det givetvis vara så beskaffat att tidigare nämnda system kan inbegripas. Alla de i figur 6 på olika system påverkande faktorerna måste då tas med i bilden. De kan dock givetvis inte kartläggas i en enda undersökning baserad på fältmetoden. En del kan dessutom direkt anses vara av underordnad betydelse.

Olika tänkbara luftkvalitetspåverkande faktorer, figur 6, och i sin tur deras påverkan av systemfaktorer visar vidden av önskvärd kunskap för säkra projektteringar.

2.2.2 Systemfaktorer vid deplacerande ventilation

Tidigare har berörts principen för en deplacerande ventilation. En kort systemkaraktäristik och sammanfattning av de viktigaste faktorerna för ventilationsmetoden har gjorts i figur 7. Faktorernas funktion och sätt att påverka dessa har även tagits med i figuren. Från sammanställningen kan därför noteras att specifikt och viktigt utöver vad som tidigare beskrivits är donets geometri och att en separat temperaturstyrning behövs i princip för den "smutsiga" zonen.

2.2.3 Mätomfattning

Faktorer som bestämmer den specifika miljön har presenterats ovan. Som framgår härav så kräver en fullständig analys ett omfattande mätprogram. Fältmätningar måste därför begränsas vad avser bl a lokaltyper, verksamhet och förorening.

Svetslokaler valdes eftersom antalet anläggningar med det utförandet är störst och närheten till provplats där t ex tilluftens temperatur i förhållande till zonen ovanför kan undersökas. Temperaturförhållandena och dessutom donens turbulensgrad torde nämligen vara de viktigaste faktorerna. Med en koncentration på en typ av verksamhet kan också viss orientering erhållas om verksamhetsomfattningens betydelse och stora arbetsstyckens strömningspåverkan.

För att klarlägga föroreningarnas spridningsbild måste som figur 8 visar mätningar ske i både höjd- och längsled. Dessutom måste mätning utföras i olika riktning - dels radiellt ut från donet över arbetsplatser och dels vid sidan av dessa.

Trots en snäv inriktning, medför dock de svårkontrollerbara verksamhets- och volymbeläggingsfaktorerna, att en undersökning inte är möjlig med en omfattning så att resultaten kan vila på en statistisk grund.

2.2.4 Mätmetod

För koncentrationsmätningar på svetsrök ska den sk filtermetoden användas /5/, om mätningarna avser att kontrollera hygieniska gränsvärden. Är partikelspridningen det primära kan givetvis ett för vikten direktvisande instrument användas eller en partikelräknare.

Filtermätmetoden kräver stoftuppsamlingstider på några timmar. Den får därför tidsmässiga konsekvenser som inte kan accepteras. Möjlighet att analysera och klarlägga samband och orsaker till varierande stoftkoncentrationer när verksamheten varierar blir också starkt begränsad.

Kravet att kunna göra mätningar ungefär samtidigt på olika höjd uteslöt direktvisande instrument. Partikelräkning kompletterad med referensmätning med filter blev därför valda.

Efter partikelmätningsprov som FFV Malmslätt utförde, med det resultat som visas i figur 9, erhöles bekräftelse på att utrustningen var lämplig. För undersökning valdes dock en partikelräknare som endast delade partiklarna i storlekar $>0,5 \mu\text{m}$ och $>5 \mu\text{m}$. Ur ventilationstekniska systemstudiesynpunkter på fältet i verkstadslokaler torde den uppdelningen vara tillräcklig och siffermaterialet begränsas därmed också starkt. Skiktningseffekterna är också som framgår av figuren mycket lika inom de olika partikelstorlekarna.

Ett deplacerande skiktande systems kvalitet är starkt beroende av temperaturförhållandena. Kalibrerade termoelement (koppar/konstantan) måste därför tas fram för temperaturmätningarna och en 0-punktskompenserad 12-punktsskrivare användas för registreringen.

Det tilluftssätt som tillämpas för den deplacerande ventilationen, figur 10, kräver mätning med någon typ av varmtrådssond. Kravet är dock inte att noggranna mätningar ska kunna ske på lägre hastigheter än 0,2 m/s. Som figuren visar underskrids nämligen den hastigheten redan på ca 1 meters avstånd från donets yta. Några dragproblem finns därför inte normalt. Detaljerade kartläggningar av luftströmningsriktning och hastighet är dessutom knappast möjlig att göra utan mycket omfattande mätningar.

2.2.5 Kalibreringar och mätnoggranhet

Tidigare har påpekats att i första hand är relationerna i partikelkoncentration mellan olika höjd av intresse för de planerade systemstudierna. Den noggranhet som en fabriksny partikelräknare av fabrikat Royco har ansågs därför tillräcklig utan ytterligare kontroll. Preliminära mätningar gav även god överensstämmelse med de som redovisats tidigare av FFV Malmslätt.

Någon korrigerings för partikelavsättningar i de använda 2-6 meter långa nylonslangarna har heller inte ansetts motiverad. För 15 meter långa slangar är dessa ca 5 % för partiklar $>0,5 \mu\text{m}$. Dessutom varierar som figur 11 visar mätvärdena kraftigt inom 10-potensområdet. En visuell medelvärdesbildning har därför ansetts tillräcklig. Antalet mätpunkter och mätmiljön har gjort mera omfattande datauppsamling svår genomförbar och resultatanalysen svår dessutom med de många ej styrbara faktorerna.

Genom att använda termoelement från samma rulle bör den viktiga temperaturdifferensen över zongränsen vid

donöverkant bli korrekt. För att få temperaturnivåerna och eventuell avvikelse på registreringsenheten har dock en kalibrering gjorts i oljebad mot normaltermometer.

Den kalibreringen gav de korrektioner som framgår av figur 12a. För temperaturmätningen över zongränser var denna åtgärd betydelsefull. Skiktningseffekten är nämligen enligt tidigare preliminära mätningar inom relativt snäva gränser beroende av "temperatursprånget" på 2,5 meter över golv, figur 12b.

Hastighetsmätningarna har gjorts med en varmtrådssond av fabrikat Fuess. Den är kalibrerad mot hastigheten i ett dysutlopp vars hastighet i sin tur fastställts med flödesmätning över normenliga strypflänsar.

Utloppet för don till deplacerande ventilation möjliggör inte flödesbestämning med någon av de i Byggeforsknings informationsblad B4:1977 angivna s k Rekommenderade metoderna C2, C5 eller C3. Fiberavsättning i strömningsutjämnaren gör att fast mätuttag inte är lämpligt. Varken pås- eller stosmetoden är tillämplig på aktuella don med en cirkulär utströmningsyta på ca 15 m².

Hastighetsmätning med varmtrådsanemometer 25 mm från donytan i tre (3) vertikala snitt och på sex (6) olika höjder ger dock medelvärden och tillräcklig noggrannhet för att ange relationerna mellan de undersökta alternativen. Dessutom ger den mätningen information om "utströmningskvaliten".

Den viktsmässiga bestämningen av föroreningar från i första hand svetsningen har gjorts i stort enligt den s k filtermätmetoden /5/.

2.3 Mätobjekt

2.3.1 Allmänt

Vid planeringen av undersökningen var avsikten att göra en teoretisk studie utifrån kända strömningsteorier kompletterad med generellt inriktade studier av ventilationsprincipens störningskänslighet och effektivitet. Den deplacerande ventilationsprincipen skulle i fullskala också jämföras med faktiska fältanläggningar med andra system.

För den deplacerande ventilationen av t ex rena rum används, för att få laminär utströmning, tilluftsdon bestående av kassetter med veckade filter. Inom ventilationstekniken förekommer även tilluftsdon vars öppning har en perforerad plåt. Dessa två förfaranden ger också tilluften olika utströmningsegenskaper och påverkar därför skiktningseffekten och räckvidd.

2.3.2 Anläggningar

Då tilluftens egenskaper ut från donet kan anses vara primär men donets kapital- och underhållskostnad också viktig har några olika strömningsutjämnande material vid skilda temperaturförhållanden blivit dominerande mätobjekt. Huvuddelen av mätningarna har därför också skett vid tilluftaggregat TA5:s don 2 vid Bahco Ventilations I-verkstad, figur 5.

Mätpunkternas placering och deras beteckningar som hänför till avstånd och riktning framgår av skissen, figur 13. På denna anges också fotoriktning för de följande figurerna 14-17 som visar verksamhetens beläggning och använd mätutrustning. Donutseende och uppvärmningsanordningen för den övre zonen framgår även.

Mätning på en anläggning där avgränsade svetsarbetsplatser ventileras med "fjärdedels" don, figur 18, har gjorts vid Östbergs Skogsmaskiner AB i Alfta. Figur 19 visar avskärmningarna med draperier och de två fixtursvetsarbetsplatserna där även personburen filtermätning gjorts.

Utöver tidigare beskriven mätutrustning visas partikel-mätare som Arbetarskyddsstyrelsen använde vid samma mättillfälle för kompletterande fältstudier i samband med svetsundersökningar vid laboratoriet i Sundbyberg.

Den tredje anläggningen med deplacerande system på vilken mätningar utförts är B-verkstaden vid Kils industri AB, Kil. Mätplatsernas läge har i resultatredovisningen betecknats på samma sätt som vid de två andra anläggningarna. Två foton, figur 23 och 24 får därför utgöra beskrivning av anläggningen.

Tilluft genom golvinblåsning med don ϕ 150 mm och delning 2000 mm, figur 25, är det system som blivit enda jämförelseobjekt. Anläggningen vid Nordströms linbanor, figur 26, har också utnyttjats för att studera skiktningseffekter i en lokal som saknar direkt tilluft men har punktavsugning vid svetsarbetsplatserna.

2.3.3 Donutföranden

De olika donutförandena beskrivs i figur 27a-d. Hastighetsprofilerna redovisas även liksom tilluftsegenskaperna och sättet att värma lokalen. Anläggningarna är projekterade för en ventilation på $20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ och injusterade varför i stort endast det don som betjänar aktuellt mätområde studerats vad avser tilluftsegenskaperna.

3 RESULTAT

3.1 Allmänt

Som påpekats tidigare har en strikt vetenskaplig undersökningsmetod inte använts. Följande redovisning får därför endast ses som ett orienterande underlag för fortsatta metodiska studier. Sådana studier som ska ge kunskap om systemets funktionssätt och det beräkningsmässiga underlaget för dimensionering av ventilationsanläggningar byggda på - en till vistelsezonen begränsad deplacerande ventilation.

Någon mätning, på ett omblandande ventilationssystem, har inte gjorts.

3.2 Bahco Ventilation I-verkstaden

3.2.1 Ingen tilluft i mätzonen

Mätningar med avstängd tilluft har skett vid en temperaturskiktning som orsakats av tidigare genom en öppen port inströmmande kallare uteluft, figur 28a. Viss skiktningseffekt erhålls då också på svetspartiklarna, figur 28b, mellan vistelsezonen 1,6 meter över golv och zonen ovanför 4,0 meter över golv.

3.2.2 Don typ 1

Med en temperaturdifferens på $2,1^{\circ}\text{C}$ mellan det deplacerande skiktets övre del och nivån strax ovanför, figur 29a, erhålls en partikelskiktning, figur 29b. Bilden är dock något otydlig p g a de variationer i partikelnivå som finns enligt 29c. Svetsröken har inte tillräcklig stigkraft utan följer med den radiella utströmningen från donet till filtret vid mätplatsen S5V45.

Den effekten uppstår vid svetsning på låg höjd och kan därför under en period resultera i att stoftmängden blir hög, figur 29d, även i vistelsezonen. Resultatet med den medelvärdesbildande filtermätmetod visar på en dålig skiktningseffekt och hög allmännivå i vistelsezonen. I andningszonen blir också totaldamhalten högre än nuvarande hygieniska gränsvärde 10 mg/m^3 .

Två mätningar vid S8V45 i ett strömningsfält som går över svetsarbetsplatsen, visar ändock på, en skiktning men dessutom att den blir störst när totalnivån är låg 25000:70000 resp 125000:210000 partiklar/ dm^3 . Vid vissa tillfällen blir också som framgår av figur 29d skiktningen "negativ" vid mätplatsen S5V45 där uppsam-

ling även skett med filter.

En "negativ" temperaturdifferens vid zongränsen, figur 30a, ger också helt följdriktigt enligt figur 30b en "negativ" skiktningseffekt på svetsröken.

Figur 31a och b beskriver temperaturförändringen med avståndet från donytan. Med "rätt" tilluftstemperatur i förhållande till zonen ovanför består också en påtaglig skillnad just i zongränsen även långt ut från donet. Stoftskiktningen som är påtaglig erhålls även 12 meter från donytan, figur 31c. Störningar erhålls dock vid vissa tidpunkter beroende på verksamheten i den undersökta lokalen. Mätningar på olika höjder, figur 31d ger klart belägg för att en språngartad höjning av partikelnivån sker mellan 2 och 3 meter över golv. Den tycks även finnas för partiklar $> 5 \mu\text{m}$. Den kraftiga temperaturhöjningen mellan 2 och 3 meter över golv ger tydligen en omvänd inversion som håller partiklarna kvar över vistelsezonen.

3.2.3 Don typ 2

Med en mindre temperaturförändring i zongränsen, figur 32a och b, och en annan konstruktion på donet reduceras skiktningseffekten, figur 32c. Figur 32d visar ändock tydligt att skillnaden är påtaglig.

Ökas temperaturskillnaden, figur 33a, till nästan 2°C blir skiktningseffekten kraftig, figur 33b, även om inte filtermätningar heller nu ger ett sådant utslag, figur 33c.

3.2.4 Luftvärmarens placering

Genom att placera luftvärmaren något mer än 1 meter över donet avsågs att minska störningen i zongränsen. En temperaturdifferens som ligger nära det första försöket med don typ 2, figur 34a, ger en skiktning som i stort även är lika, figur 34b.

3.2.5 Don typ 3

Trots en bra temperaturskillnad mellan tilluften och zonen ovanför, figur 35a, erhålls ingen skiktningseffekt, figur 35b. Partikelnivån blir dock lägst närmast donet. Ojämn hastighet, figur 27c, och kraftigt turbulenta luftrörelser blandar in partikelbemängd luft från den övre zonen.

Med en konstruktionsändring av don typ 3 = typ 4 erhålls trots en något sämre temperaturskillnad, figur 36a, en synbar skiktning, figur 36b.

3.3 Anläggning II
Östbergs Skogsmaskiner AB, Alfta
Plåt- och svetshall

Vid Östbergs Skogsmaskiner, Alfta var tilluftstemperaturen för hög när mätningarna påbörjades p g a att värmväxlaren styrde temperaturen. Mätning av partikelkoncentrationen på olika höjd över golv 5 meter från donet före och efter justering av tilluftstemperaturen, figur 37a, gav den förändring som visas i figur 37b.

Temperaturprofilen, figur 38a, strax utanför donet visar att luft dras ner från den övre zonen. Skiktningseffekten blir låg som framgår av figur 38b. Den finns dock men är heller inte påtaglig för de mindre partikelstorlekarna som figur 38c visar och vilka bestämts med Arbetarskyddsstyrelsens TSI-instrument. Med det instrumentet vars mätprincip bygger på partiklars avböjning i elektriska fält ger också som mätvärdena visar någon 10-potens högre partikelantal än Royco-instrumentet.

Noggrannare undersökning av donet visar att den tätning som gjorts i överkanten på donet riktar en luftstråle med hög hastighet nedåt. En tätningssåtgärd som i stället ger en horisontell luftstråle förbättrar temperaturprofilen på det sätt som figur 39a beskriver.

Partikelskiktningen blir också mera påtaglig men bäst på långt avstånd från donet, figur 39b. Orsaken till det förhållandet torde vara som figur 18 indikerar att tilluften som går mot skiljeväggen mellan svetsarbetsplatserna M1 och M2 styrs av denna ut mot de längre från donet liggande mätplatserna.

Den låga partikelkoncentrationen strax efter (från donet sett) svetsarbetsplatsen beror troligen på den starka värmeutvecklingen vid svetsningen av den grova plåten. Värmen ger så kraftiga termiska luftrörelser rakt uppåt att "ren" luft från den nedre zonen dras med upp vid sidorna.

Partikelmätningar vid platserna som betjänas av don 2 visar på partikelskiktning 12 meter från donet, figur 40. På 15 meters avstånd och i en riktning som kan antas bli mindre bra ventilerad (skuggområde) erhålls ingen skiktning och hög koncentration i vistelsezonen.

3.4 Anläggning III
Kils Industri AB, Kil
Svetshall B

Vid Kils Industri AB, Kil gjordes endast filtermätningar. Tidigare visade mätningar har gett dålig överensstämmelse mellan dessa och partikelmätningarna. Den högre tilluftstemperaturen, figur 41a, innebär dock att tilluften stiger direkt uppåt utanför donet

och späder ut zonen ovanför, figur 41b. På längre avstånd från donet där den uppåtstigande svetsröken, figur 23, spridits blir koncentrationen högre än i vistelsezonen.

Orsaken till att temperaturen i den konstanthållna tilluften blir högre än i vistelsezonen beror på kallluftsinläckning från främst öppna portar som också figur 41a visar.

3.5 Anläggning IV
Nordströms Linbanor AB, Enköping
Nya svetshallen

Tilluften genom golvstosarna vid nya svetsverkstaden, Nordströms linbanor, Enköping ger en jämn temperaturprofil från golv till underkant tak, figur 42a. Totaldammbalton följer även samma mönster enligt figur 42b. Tilluftsstrålen skickar både upp en i början "ren" luft men drar också genom inblandningsförloppet ner "oren" luft från högre nivå!

4 DISKUSSION

Resultatredovisningen utgör i stort bara en beskrivning av några faktiska tillstånd i anläggningar med deplacerande ventilation av vistelsezonen och en anläggning med tilluftsinblåsning genom ett stort antal golvstosar. Vad som dock står helt klart trots att mätningarna på den deplacerande ventilationen i vistelsezonen inte skett under strikt vetenskapliga former är

att en tilluftstemperatur på 2°C ger en bra skiktning av svetsrök

att tilluften för att erhålla denna skiktning måste tillföras laminärt på det sätt som visas i figur 43

att relativt stora hinder nära donet inte stör den deplacerande luftströmningen nämnvärt (figur 29c). Luften "söker sig" nämligen tillbaka efter strömningshinder och fyller ut utrymmet bakom på det sätt som åskådliggörs på figur 44 och 45.

att partikelkoncentrationen radiellt ut från donet på andra sidan av en arbetsplats är beroende av den "termiska stigkraften" hos svetsröken. Riktningen på röken bestäms av den deplacerande luftens hastighet och den som orsakas av den temperatur som arbetsmomentet eller processen ger.

att höga och breda strömningshinder som finns ungefär mitt emellan två tilluftsdon kan styra luften åt sidorna och förbättra ventilationen längre bort.

att den turbulens som skapas när luftstrålar går ut genom perforerade plåtar minskar skiktningseffekten på svetsrök.

att inströmmande kall luft genom öppna portar utan luftridåskydd ger sådana störningar att systemet inte fungerar.

att normal verksamhet inte stör annat än mycket kortvarigt det deplacerande skiktet.

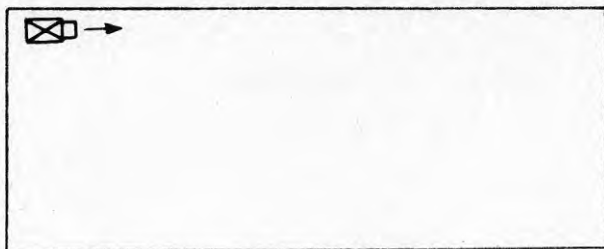
att om starka yttre störkällor, som öppna portar, elimineras, kan också temperaturskillnaden på 2°C mellan zonerna hållas inom mycket snäva gränser.

att "ytvägda" medelpartikelkoncentrationer för betjädnad golvyta pekar på att ventilationen kan reduceras till minst hälften eller bibehållas med mer än en 100 %-ig förbättring av miljön.

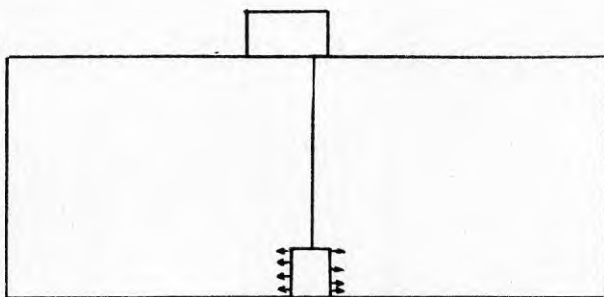
5 REFERENSER

1. Baturin W W Lüftungsanlagen für Industriebauten (VEB Verlag Technik Berlin 1959)
2. Katz Ph Wurfweite, Eindringtiefe und Lauflänge von Zuluftstrahlen in Klimatisierten Raum. Heizung, Lüftung, Haustechnik 25(1974) Nr 3, s 91-95
3. Whitfield I.W. Lindell K.F. Designing For The Laminar Flow Environment, Contamination Control 11 nov 1969, vol VIII, p 10-20
4. Englund S. Renlighet vid materialhantering Teknisk Tidskrift H26 1966 s 661-665
5. Krantz S. Christensson B. Filterprovtagning av fasta aerosoler Kompendium Utbildning 012/74 Arbetskyddsstyrelsen 1974
6. Allander C. Faxvall S. Teoretisk och praktisk undersökning av partikelhalter vid vårdrum med olika typer av ventilation VVS, 9 s 61-76

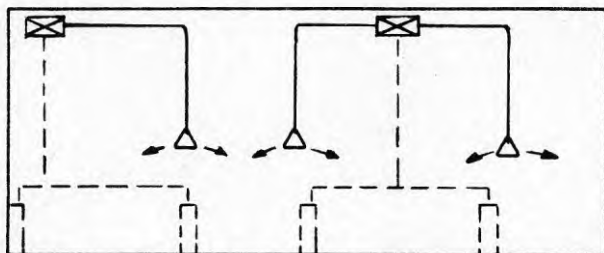
BILAGOR: Principfigurer, objektbeskrivning och
resultat



Omblandande koncentrerat system

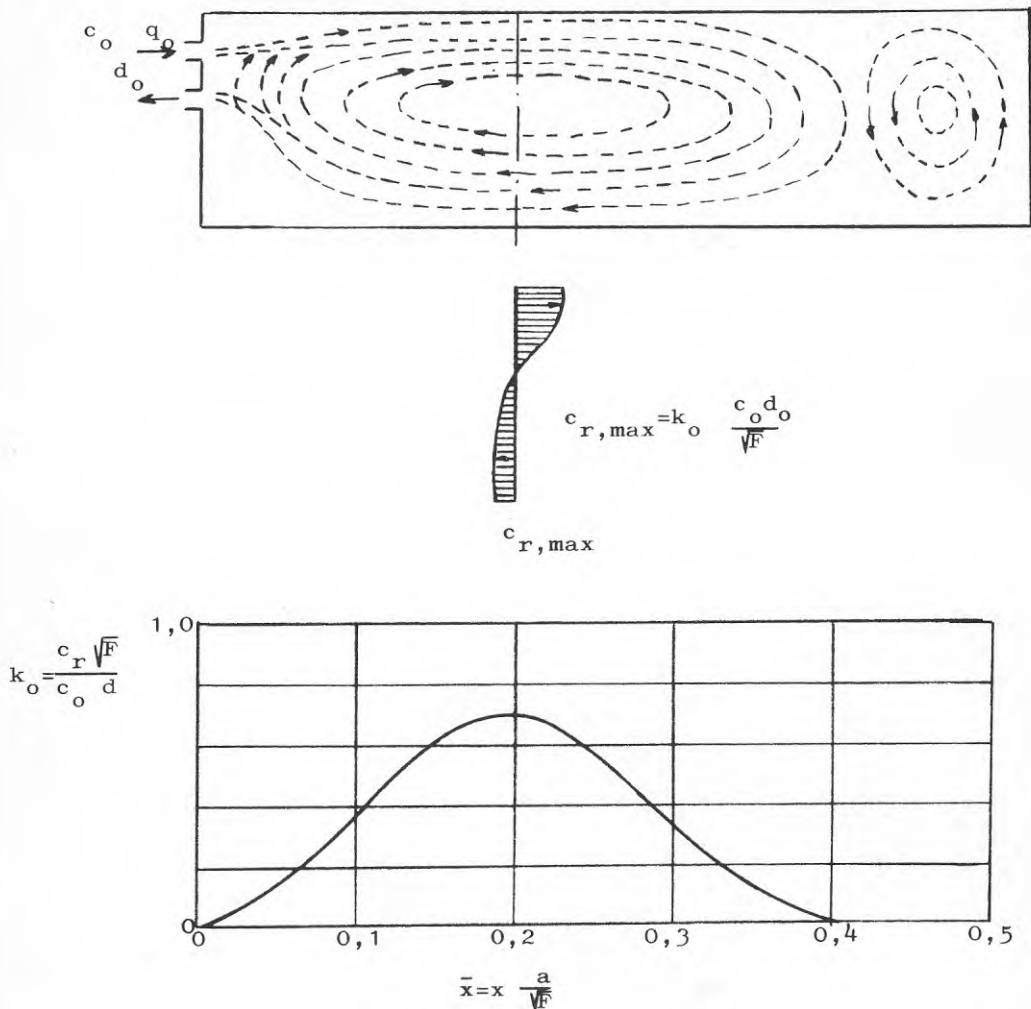


Deplacerande tilluft i vistelsezonen



Förgrenat system

Figur 1 Tilluftsprinciper



BETECKNINGAR

q_o = luftflöde m^3/s

c_o = lufthastighet m/s

d_o = dondiam. m

x = avstånd m

\bar{x} = dimensionslöst avstånd

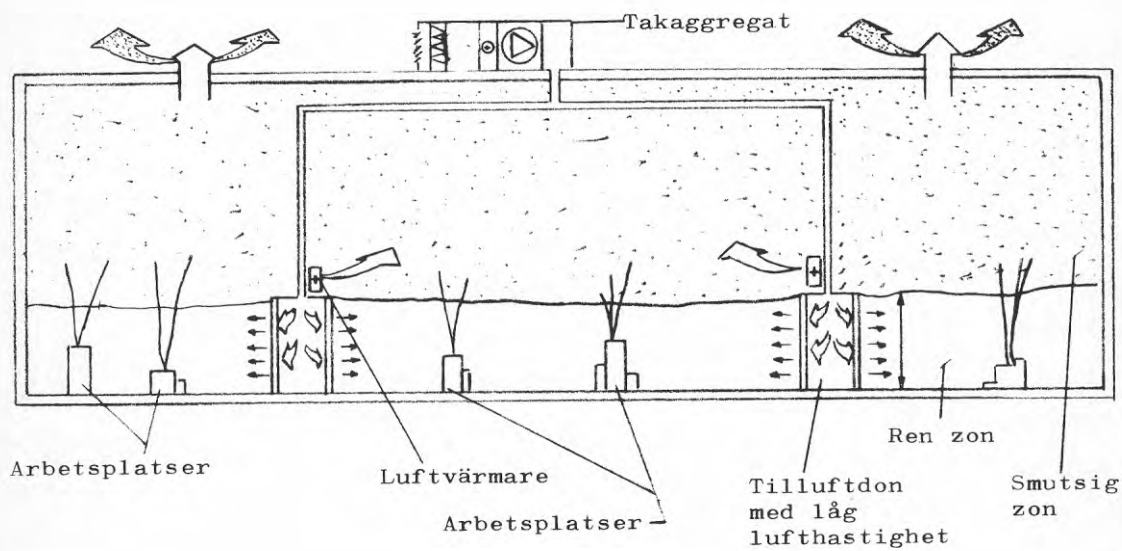
F = tvärsnittsarea som
tilluftens betjänar m^2

c_r = återströmningshast. m/s

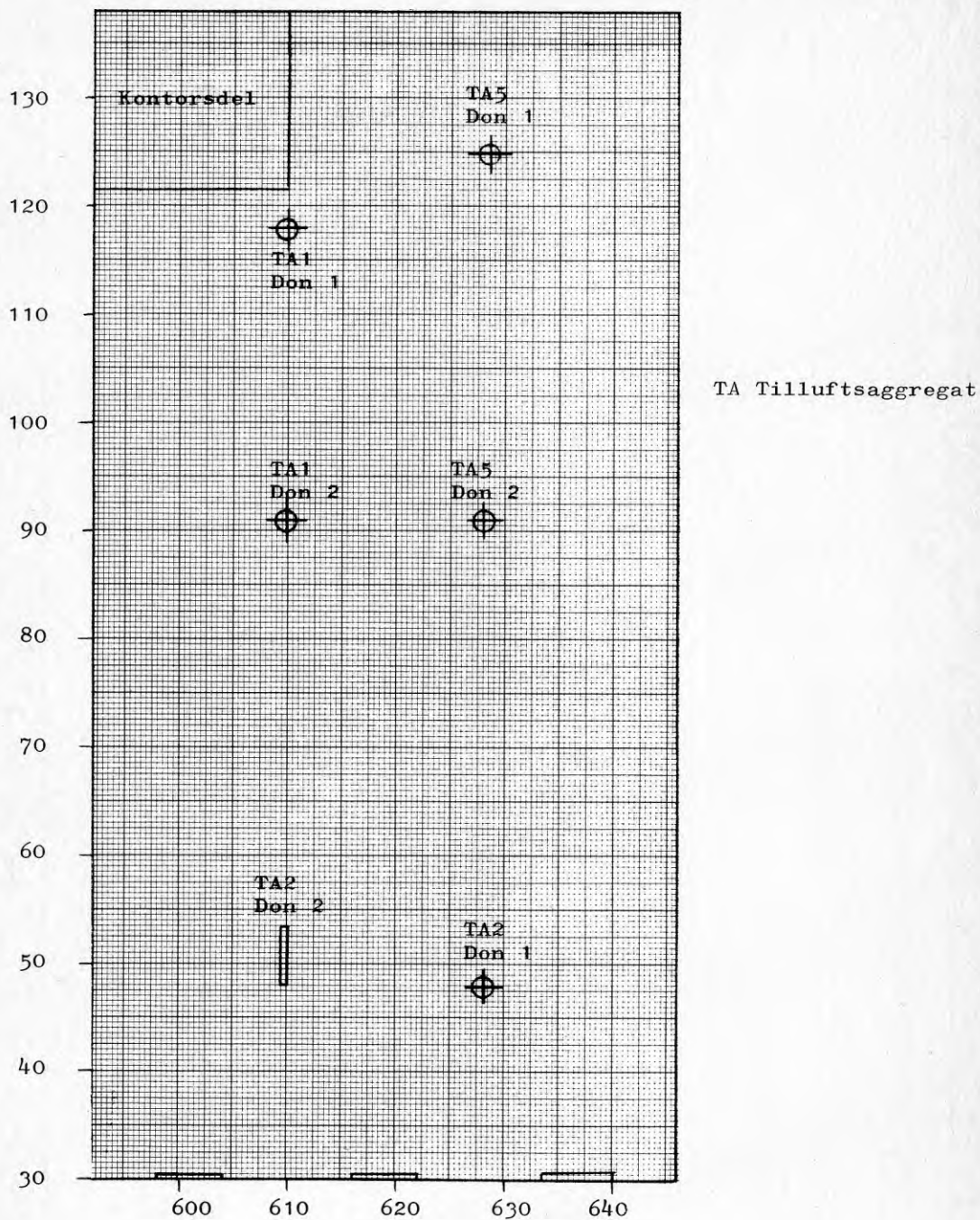
a = tilluftens turbulensgrad -

k_o = konstant ur diagram

Figur 2 Princip för oblandande ventilation.



Figur 4 Principuppbyggnad av ventilationssystem baserat på deplacerande strömning.



Figur 5 Situationsplan över Bahco Ventilations I-verkstad.

SYSTEMFAKTORER

1. Ventilationssystem
 1. Omblandande
 2. Deplacerande
 3. "Tillförande" 1)

Med systemen kan luften tillföras

 - a) Koncentrerat
 - b) Förgrenat
2. Tilluftssätt

från

 1. Tak
 2. Golv
 3. Inner- eller ytterväggar
 4. I rummet
3. Objektet
 1. Lokalutformning
 1. Dimensioner
 2. Golv- och volymbeläggning
 3. Verksamhetsintensitet
 4. Värmebalans
4. Föroreningstyper
 1. Stoff
 2. Gas
 3. Oljedimma
 4. Värmeöverskott
5. Föroreningsmängd

LUFTKVALITETSFAKTORER

1. Temperatur -
 1. Lufttemperatur
 2. Strålningstemperatur
2. Lufthastighet
3. Fuktighet
4. Föroreningar
 1. Stoff
 1. Partikelantal
 2. Partikelstorlek
 3. Mängd
 4. Densitet
 2. Gaser
 1. Densitet
 2. Mängd
 3. Oljedimma
 1. Mängd i partikelform
 2. Mängd i ångfas
 4. Värmeöverskott
 1. Dimension på värmekälla
 2. Yttemperatur
 3. Lufthastighet omkring
 4. Temperatur i luftflödet

1) har medtagits då det förekommer allttjämt trots att det inte ger någon kontrollerad omblandning.

Figur 6 System- och luftkvalitetsfaktorer.

UPFBYGGNAD

I motsats till ett normalt omblandande ventilationssystem tillförs luften i vistelsezonen med så låg turbulensgrad och hastighet att omblandning undviks. Tilluften skall deplacera genom vistelsezonen och ersätta förorenad luft som genom förträngning och termiska krafter förs upp över vistelsezonen.

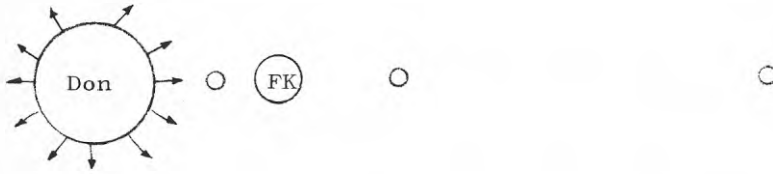
Systemfaktorer

Funktion och sätt

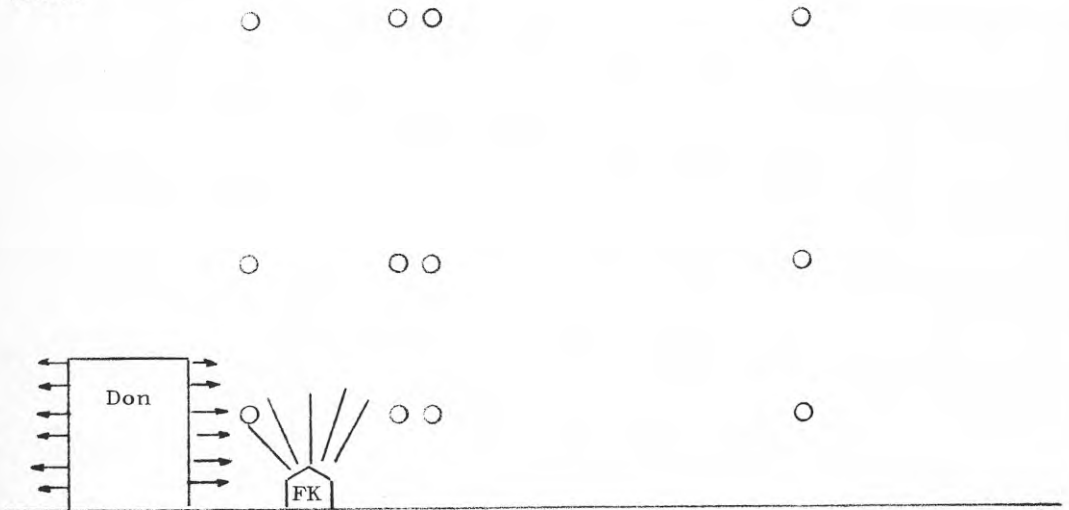
- | | |
|---|--|
| 1. Total donyta och form | Bestäms av tilluftsmängd som erfordras för föroreningsbelastningen och lämplig tilluftshastighet. |
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Diameter } <ul style="list-style-type: none"> 2. Höjd } <ul style="list-style-type: none"> 3. Geometri | Bestämmer antal don och luftomsättning i vistelsezonen. |
| 2. Zongräns och utbyte | Bestämmer deplaceringsbilden i planet - rektangulärt don sprider dåligt i "sidled". |
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Donets turbulensgrad 2. Tilluftstemperatur 3. Temperaturstyrning i "smutsig" zon | Bestämmer medejektering från ovanliggande zon och dessutom räckvidd.
Bestämmer höjden på den "rena" zonen och dess förändring med avståndet från donet.
Påverkar luftrörelserna i den "smutsiga" zonen och därmed inblandningar i "ren" zon. |
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Uppvärmningsprincip 2. Placering 3. Tilluftssätt | Strålvärmare, luftvärmare
Höjd, strålriktning
Förgrenat, koncentrerat |

Figur 7 Karakteristika för deplacerande ventilation av vistelsezonen.

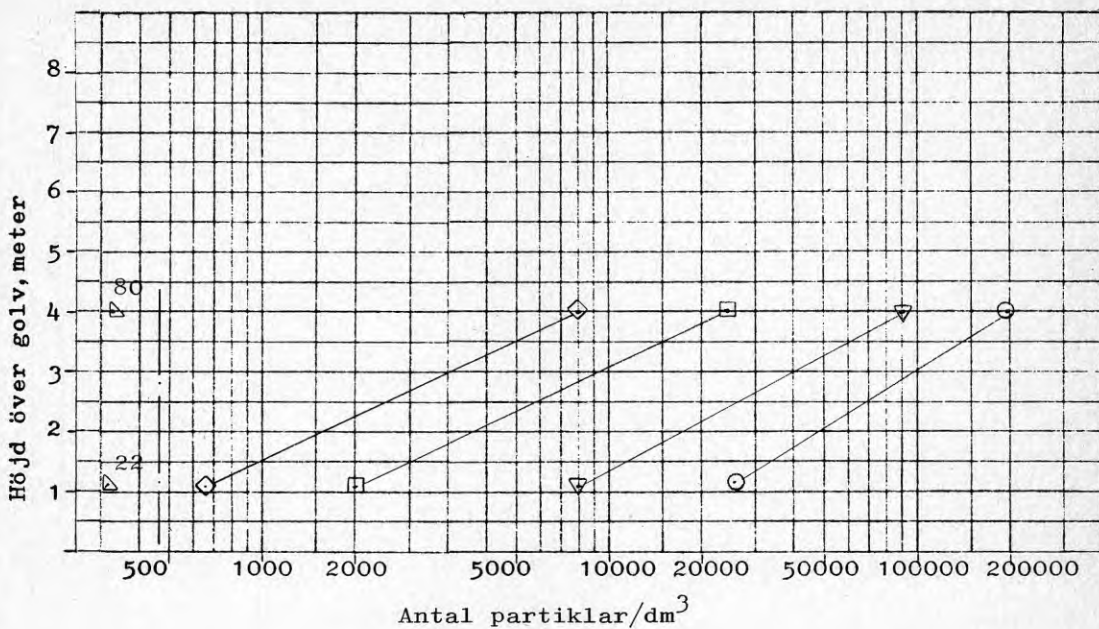
PLAN



SNITT



Figur 8 Funktionsmätning på ventilationssystem



Mätning: Försök BI.TA5D2.000

Symboler: Partiklar

$\Delta t_{3-2,4}$: $\sim 2^{\circ}\text{C}$

○ > 0,3 μm

Tilluft: Don typ 1

▽ > 0,5 μm

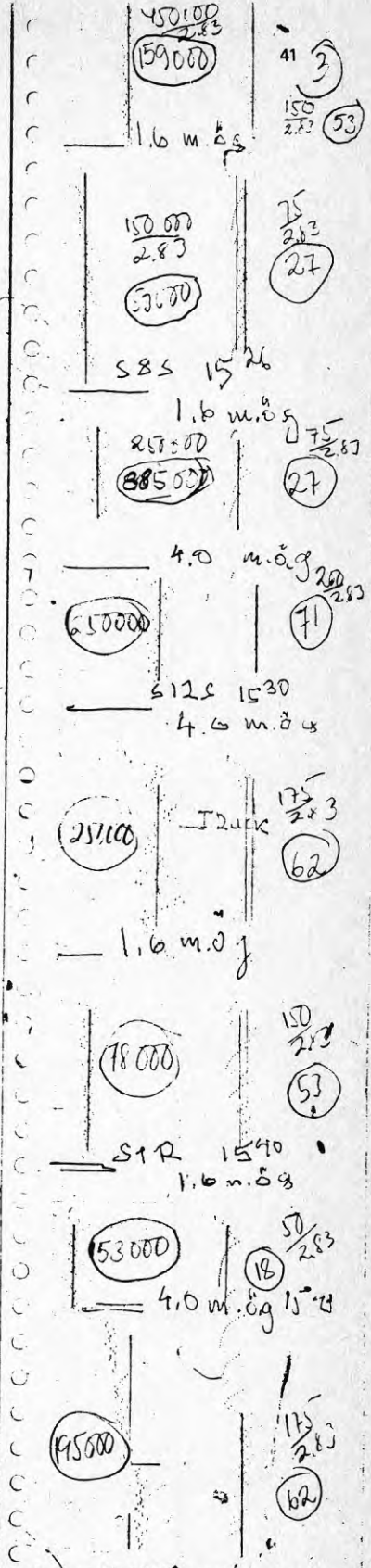
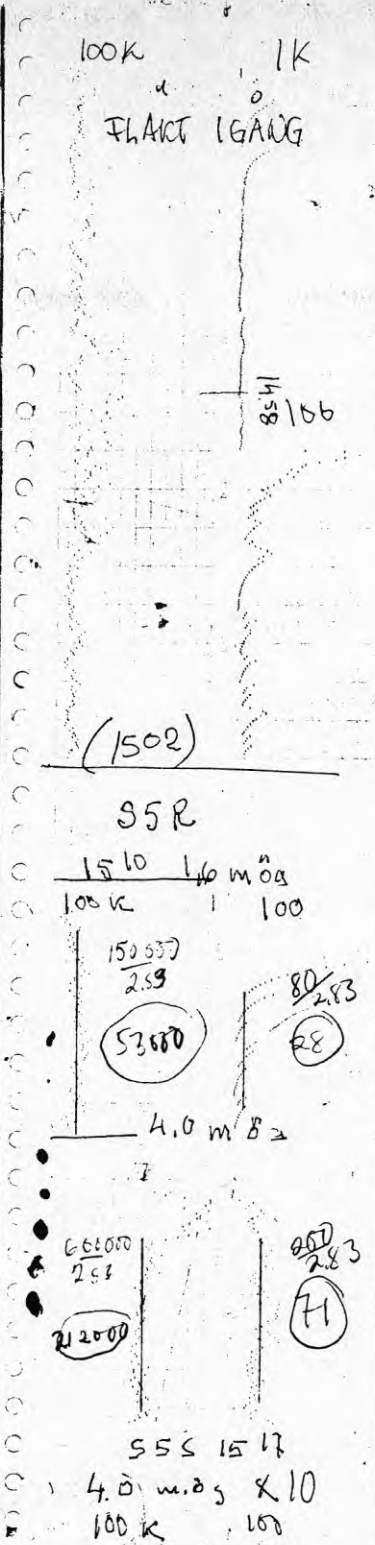
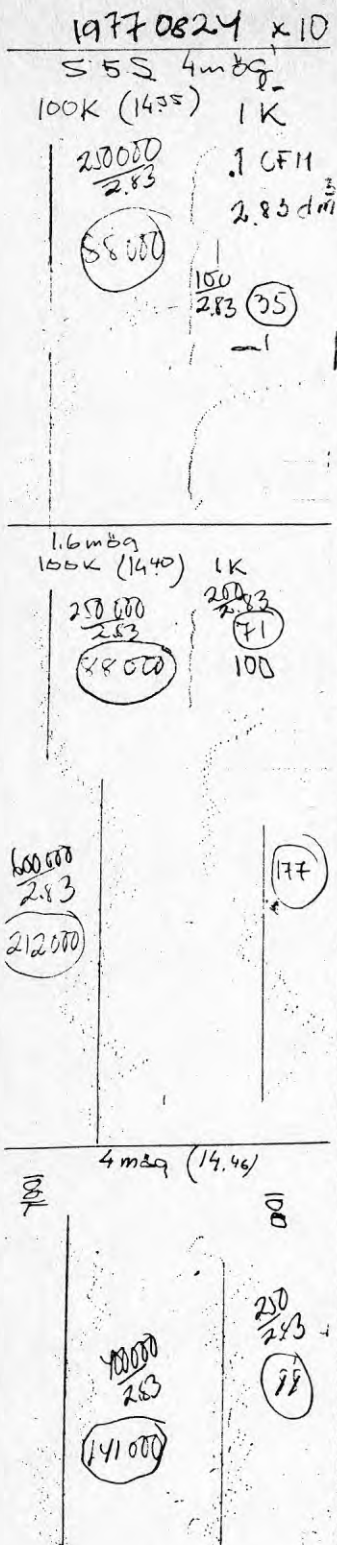
□ > 0,7 μm

Övrigt: Mätning nära S5V45,
se figur 13

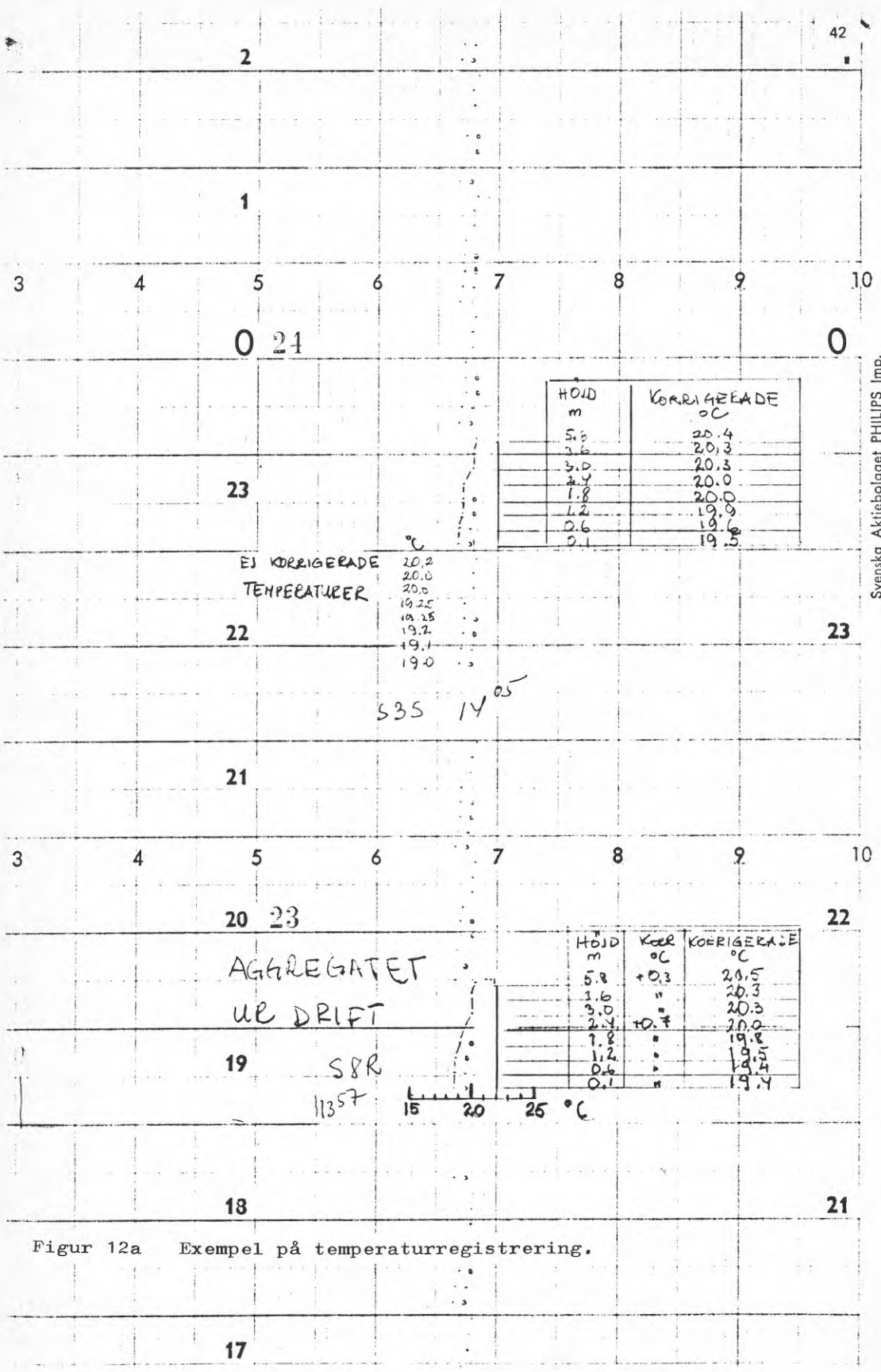
◇ > 1,5 μm

△ > 5,0 μm

Figur 9 Olika partikelstorlekars koncentration för svetsrök på två höjder.



Figur 11 Exempel på partikelregistrering.



HÖJD m	KORRIGERADE °C
5.8	20.4
3.6	20.3
3.0	20.3
2.4	20.0
1.8	20.0
1.2	19.9
0.6	19.6
0.1	19.5

EJ KORRIGERADE
TEMPERATURER

20.2
20.0
20.0
19.25
19.25
19.2
19.1
19.0

535 14⁰⁵

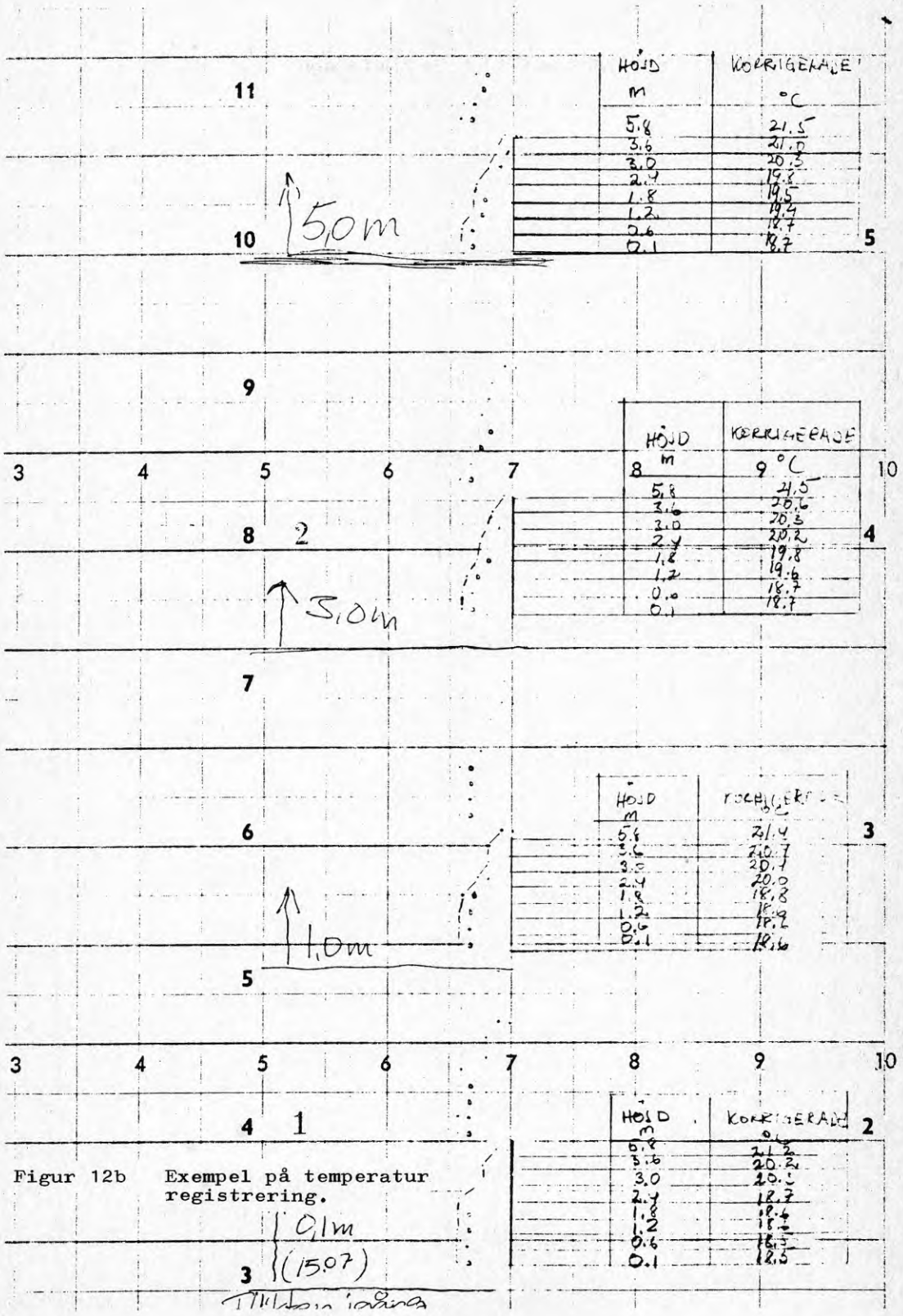
AGGREGATET
UR DRIFT

HÖJD m	Korr °C	KORRIGERADE °C
5.8	+0.3	20.5
3.6	"	20.3
3.0	"	20.3
2.4	+0.7	20.0
1.8	"	19.8
1.2	"	19.5
0.6	"	19.4
0.1	"	19.4

19 58R
11357

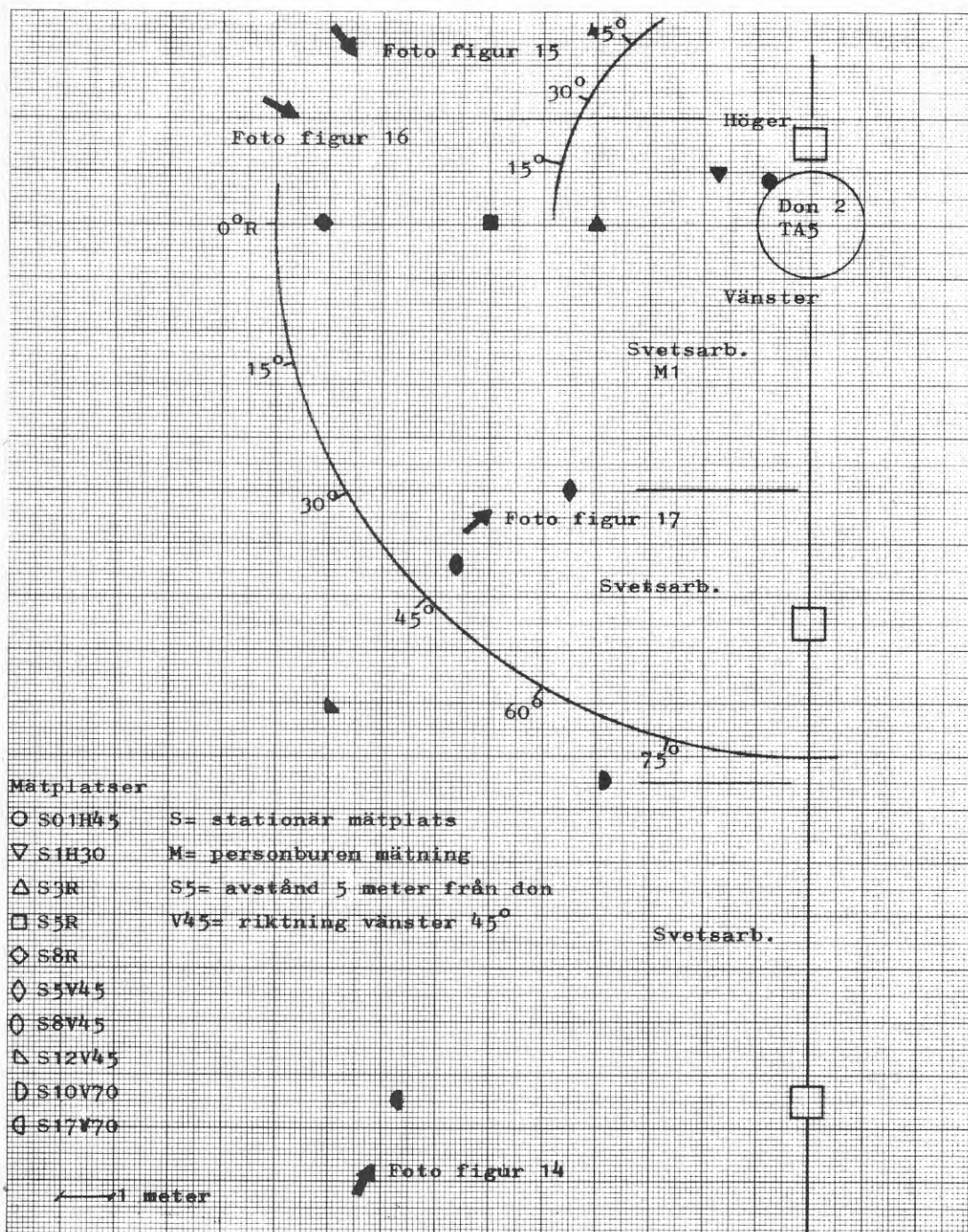
15 20 25 °C

Figur 12a Exempel på temperaturregistrering.

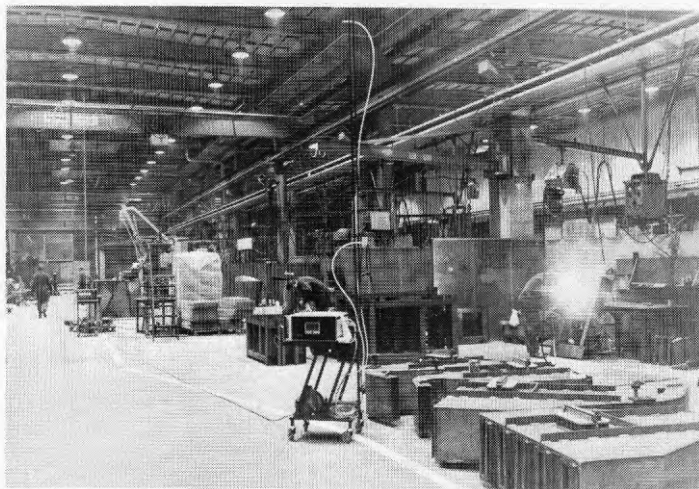


Figur 12b Exempel på temperatur registrering.

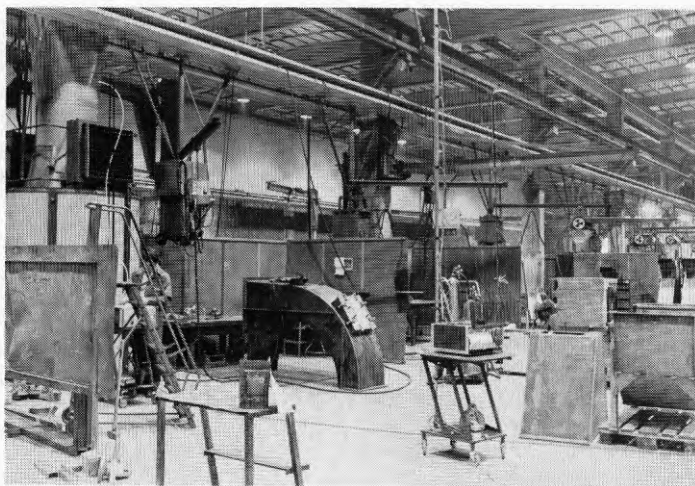
0,1m
3 ((1507)
Tilstanden i årna



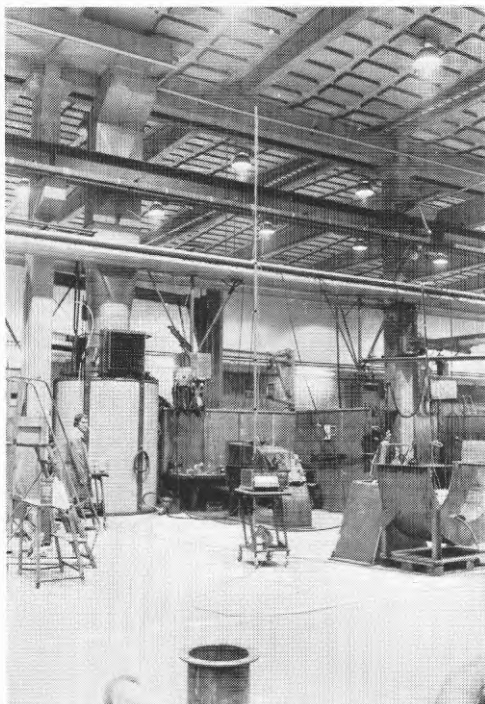
Figur 13 Planskiss över aktuellt mätområde AB Bahco Ventilation I-verkstaden.



Figur 14 Fotoriktning enligt figur 13
 Vy över mätområdet
 AB Bahco Ventilation
 I-Verkstaden



Figur 15 Fotoriktning enligt figur 13
 AB Bahco Ventilation
 I-verkstaden



Figur 16

Fotoriktning enligt figur 13.

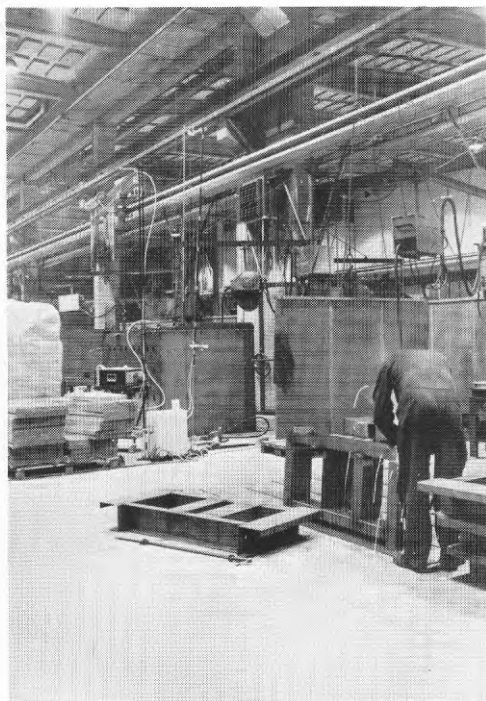
Svetsning av mindre produkter.

Don med tygfilter.

Luftvärmaren placerad på donet.

Mätvagn med 12-punktsskrivare och stativ för temperaturmätning med termoelement på olika höjd.

AB Bahco Ventilation
I-verkstaden



Figur 17

Fotoriktning enligt figur 13.

Svetsning av JSB.

Vagn med partikelräknare och slangar för partikelräkning på olika höjd och stationär dammätning med filter.

Luftvärmaren placerad ca 1,3 meter över donet.

AB Bahco Ventilation
I-verkstaden

Don Mätpunkt

TA4D1 ○ S1H60

▽ S2H60

□ S5H60

◇ S8H50

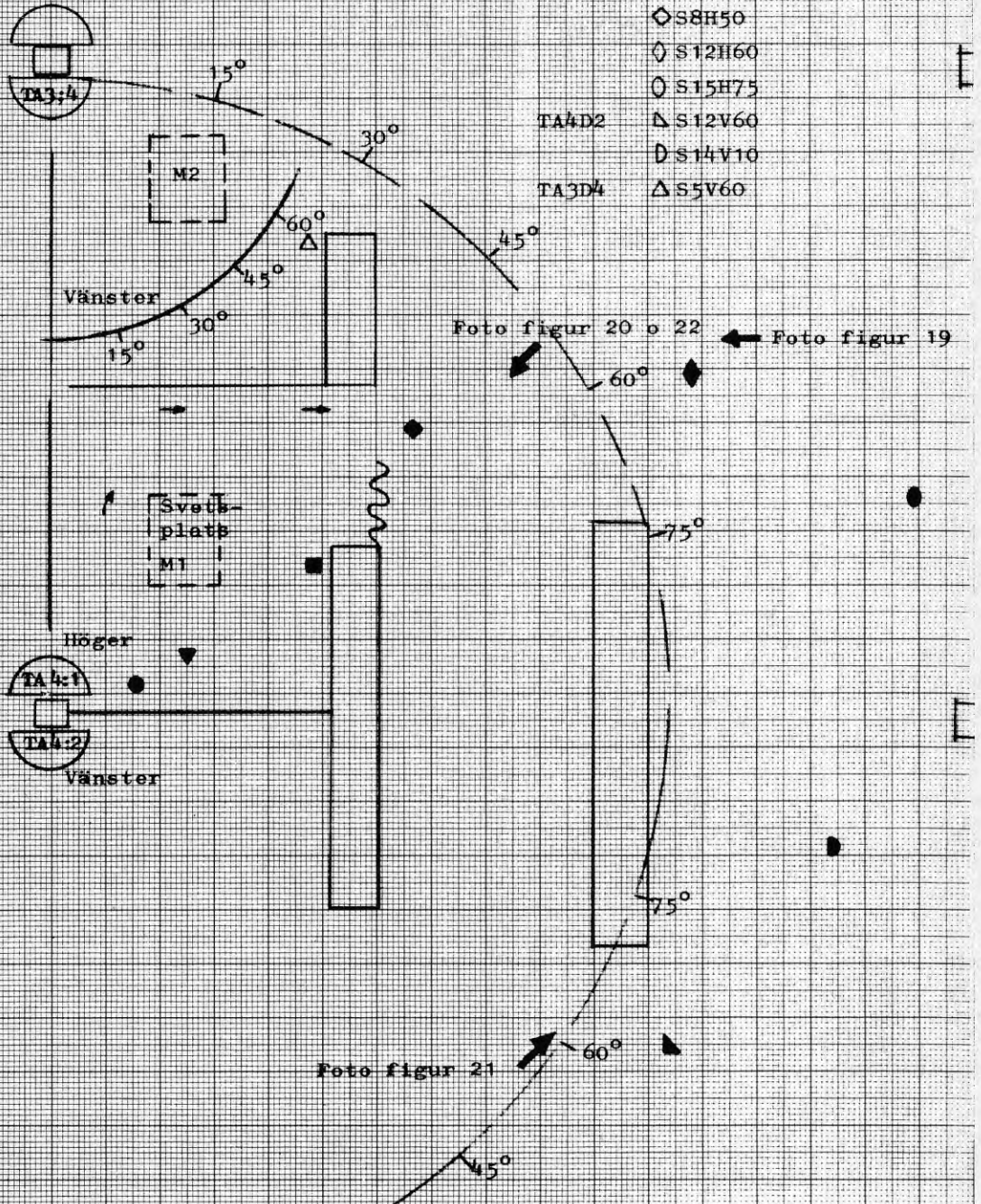
◇ S12H60

○ S15H75

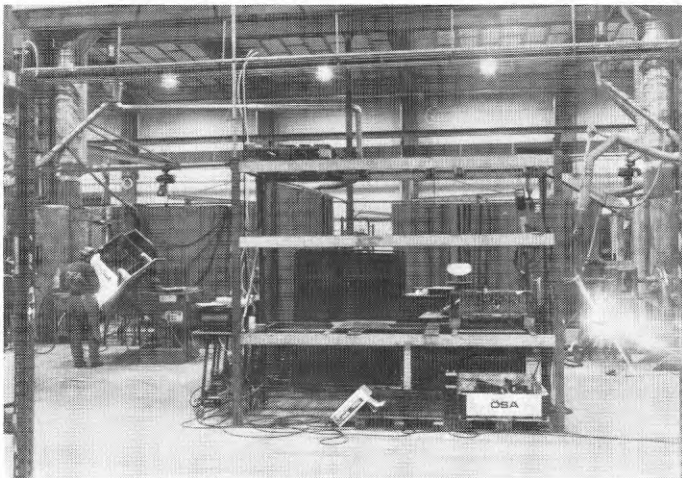
TA4D2 △ S12V60

D S14V10

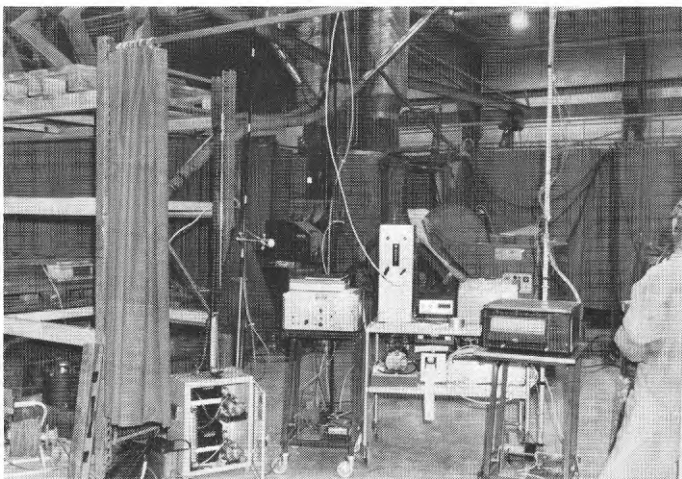
TA3D4 △ S5V60



Figur 18 Mätområde vid Östbergs Skogsmaskiner Alfta (ÖSA)
Plåt- och svetshall



Figur 19 Fotoriktning enligt figur 18.
Arbetsplatser med fixtursvetsning.
Östbergs Skogsmaskiner Alfta.
Plåt- och svetshall



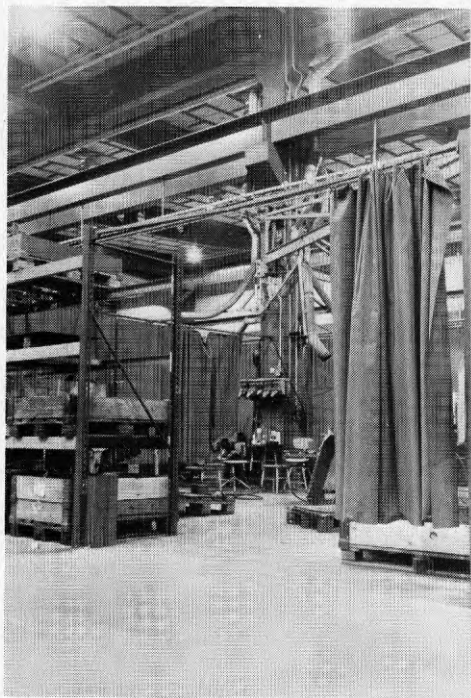
Figur 20 Fotoriktning enligt figur 18.
Filtermätutrustning, partikelräknare Royco
och TSI för partiklar $0,01-1 \mu\text{m}$ samt tempera-
turskrivare med mätstav.
Östbergs Skogsmaskiner, Alfta.
Plåt- och svetshall

Figur 21

Fotoriktning enligt figur 18.

Mätplatser för TA4D2.

Östbergs Skogsmaskiner AB, Alfta
Plåt- och svetshall

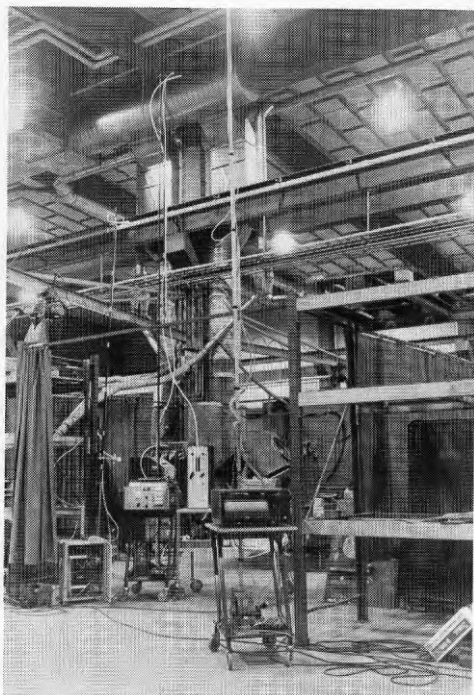


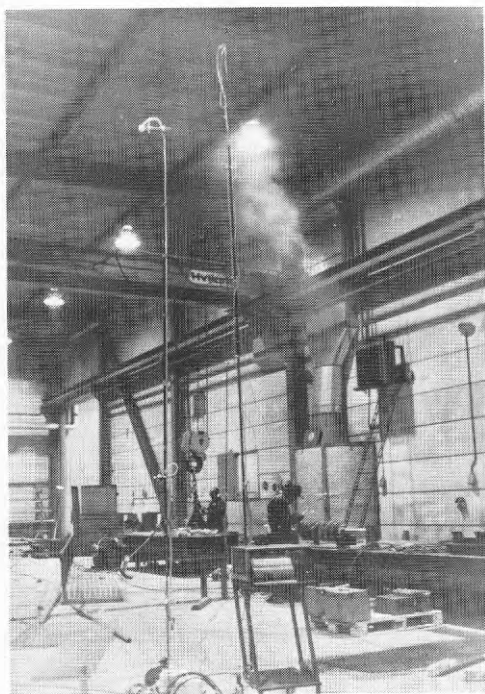
Figur 22

Fotoriktning enligt figur 18.

Mätning med partikelräknare
på 5,8 meter över golv.

Östbergs Skogsmaskiner AB, Alfta
Plåt- och svetshall





Figur 23

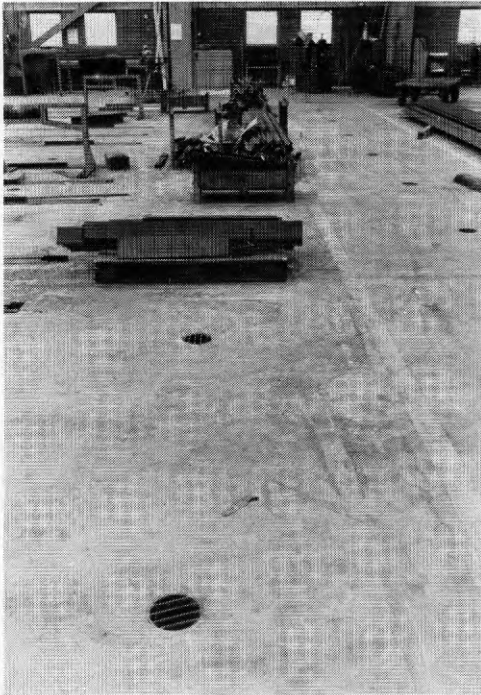
Mätplats framför don TA2
och rökutveckling från
svetsning av transport-
skruv.

Kils Industri AB, Kil
Svetshall B



Figur 24 Till figur 23 motsatta fotoriktning visande den port som
öppnades under mätperioden.

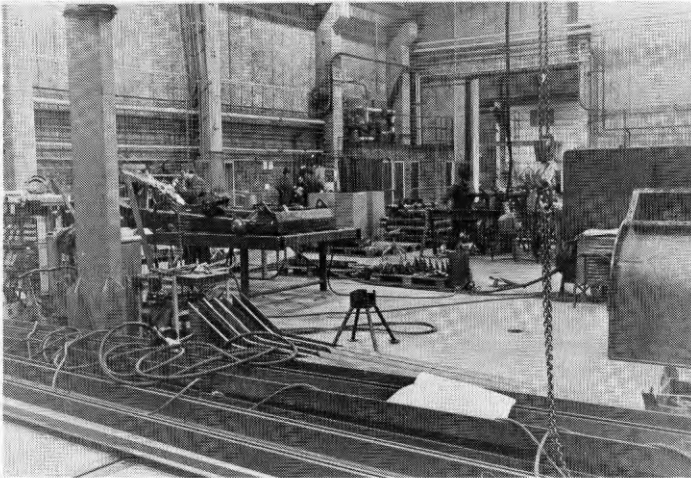
Kils Industri AB, Kil
Svetshall B



Figur 25

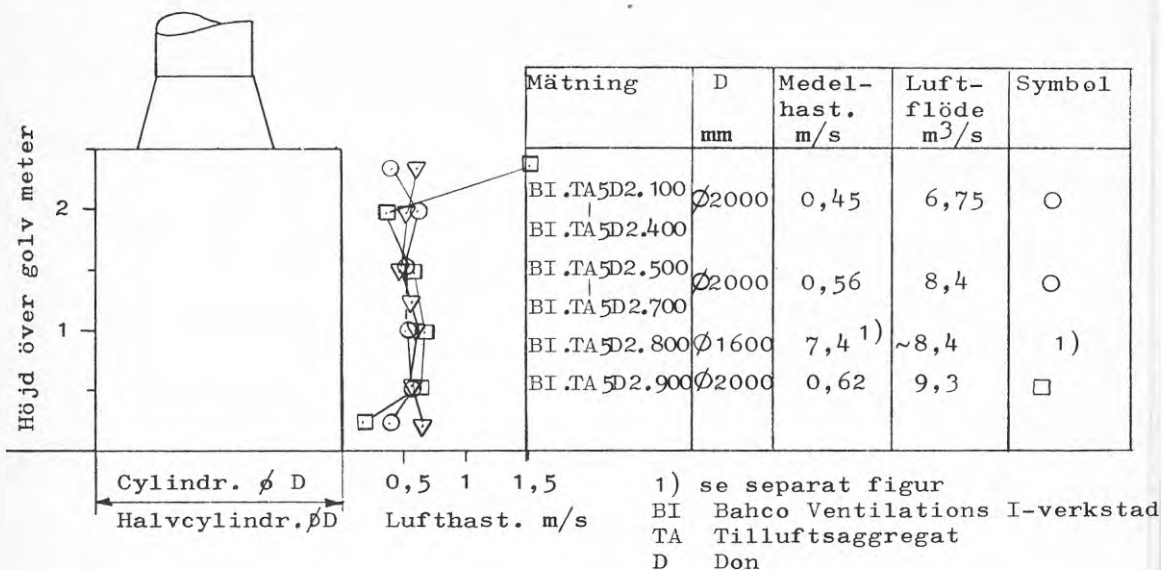
Anläggning med tilluft genom don i golv.

Nordströms Linbanor
Enköping
Nya svetshallen



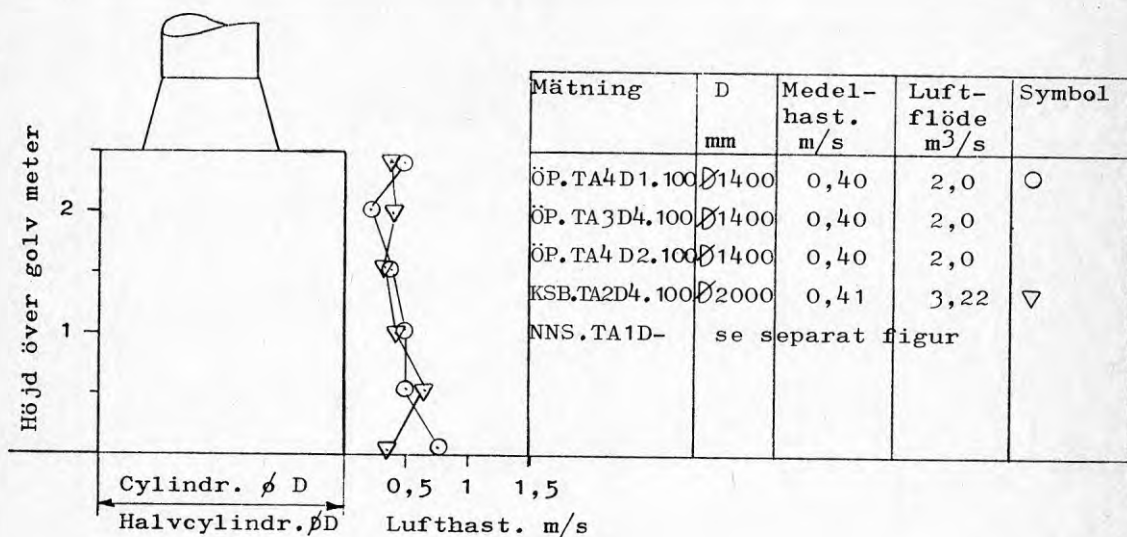
Figur 26 Vy från lokal mitt över mätplats S2 och M2.

Nordströms Linbanor
Enköping
Nya svetshallen



Mätning	Donutförande	Tilluftsegenskaper	Uppvärmning
BI.TA5D2.100	Typ 1	Låg turbulens Något ojämn hast. profil	Luftvärmare plac. på donet - ej i drift
BI.TA5D2.400	Typ 1		
BI.TA5D2.500	Typ 2	Nära laminär	Luftvärmaren i drift placerad på donet
BI.TA5D2.600	Typ 2		
BI.TA5D2.700	Typ 2	Nära laminär	Luftvärmaren 1,3 m över donet
BI.TA5D2.800	Typ 3	Kraftig turbulens	Luftvärmaren 1,3 m över donet
BI.TA5D2.900	Typ 4	Turbulent	Luftvärmaren 1,3 m över donet

Figur 27a Tillluftsförande.



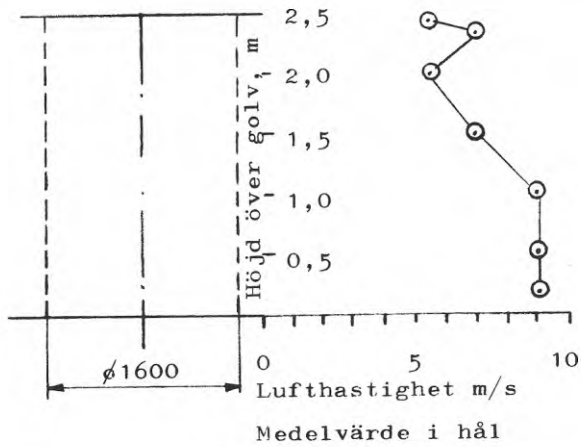
Mätning	Donutförande	Tilluftsegenskaper	Uppvärmning
ÖP.TA4D1.100 ÖP.TA3D4.100 ÖP.TA4D2.100	Typ 1	Låg turbulensgrad otätheter i donets över- och underkant Tryckfall över matta ca 48 mm vp.	Saknas
KSB.TA2D4.100	Typ 1	Låg turbulensgrad inga påtagliga otätheter	Luftvärmare plac. vid sidan av donet på ca 4 meter över golv
NNS.TA1D-.100	Hål $\phi 150$ i golv c/c 2000 ca 400 st	Turbulent luftstråle	Med tilluften

ÖP Östbergs Skogsmaskiner AB Alfta, Plåt och svetshall

KSB Kils Industri AB, Kil B-svetshall

NNS Nordströms Linbanor Enköping, Nya svetshallen

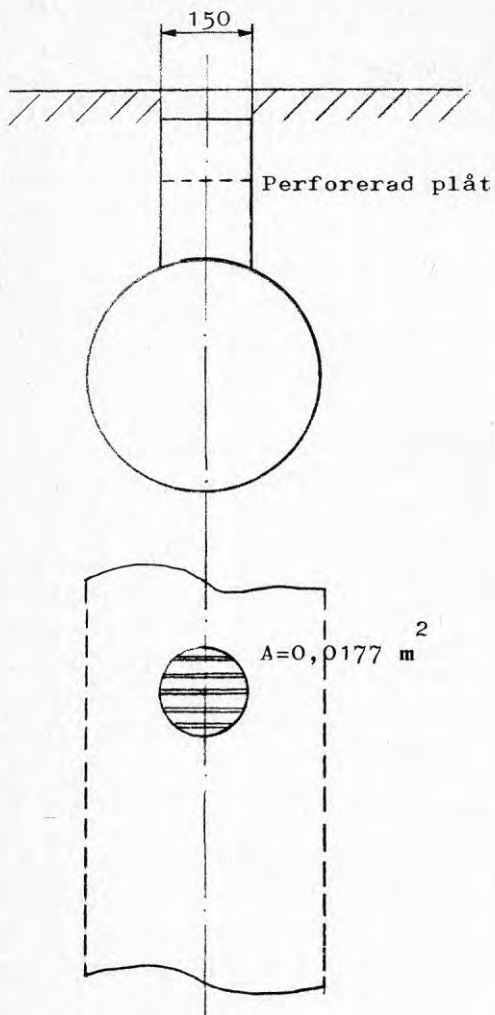
Figur 27b Tillluftsförande.



Avstånd från plåt mm	Hastighet m/s		
	Medel	max	min
25	-	3,3 ¹⁾	1,0
100	1,45	1,6	1,30
200	0,90	1,3	0,65
500	0,42	0,52	0,34
1000	0,15	0,30	0,1

1) Mitt för håll

Figur 27c Lufthastighet från don typ 3.



1. TILLUFTSHASTIGHET
 $\sim 2,5 \text{ m/s}$ med perf.plåt
 $\sim 2,3-6 \text{ m/s}^1$ utan perf.plåt
 1) variation längs kanal-
 riktning.

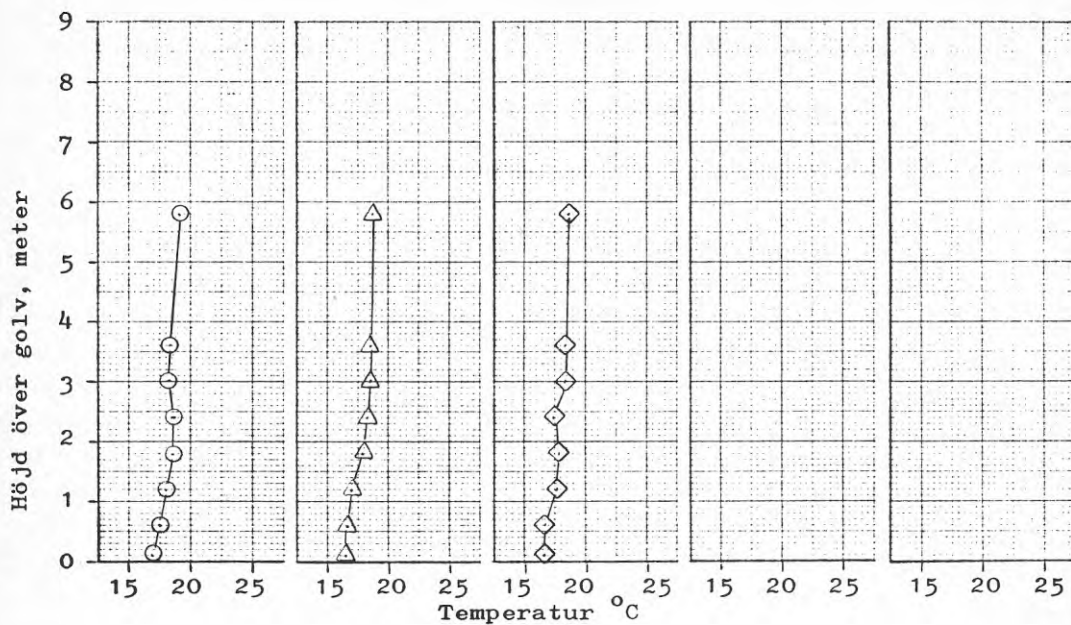
2. TOTALFLÖDE
 $\approx 51000 \text{ m}^3/\text{h}$

3. ANTAL DON ca 400 st

4. MEDELHASTIGHET I DON

$$\frac{51000}{3600 \cdot 400 \cdot 0,0177} \approx 2,0 \text{ m/s}$$

Figur 27d Inblåsningsdon Nordströms linbanor.



Mätning: BI.TA5D2.101

$\Delta t_{3-2,4}$: (-0,3°C)

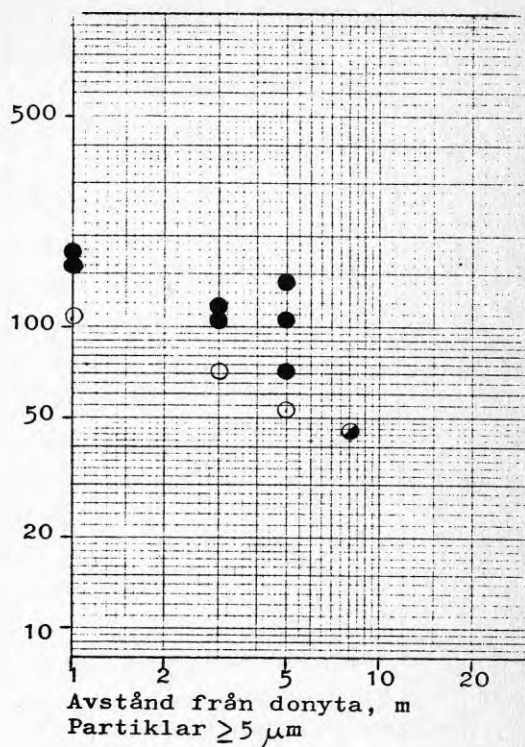
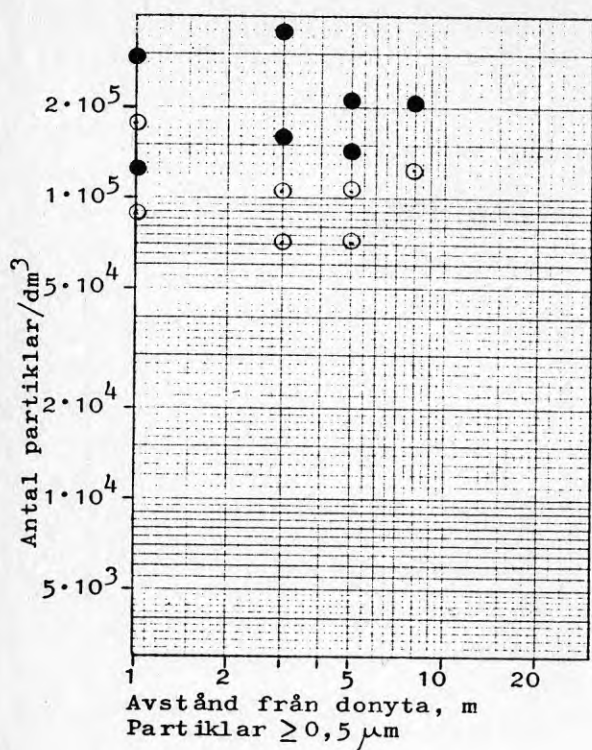
Tilluft: Avstängd

Symboler: ○ S01H45

△ S3R

◇ S8R

Figur 28a Lufttemperatur på olika höjd över golv och avstånd från dor vid avstängd tilluft.



Mätning: BL.TA5D2:101

$\Delta t_{3-2,4}$: (-0,3°C)

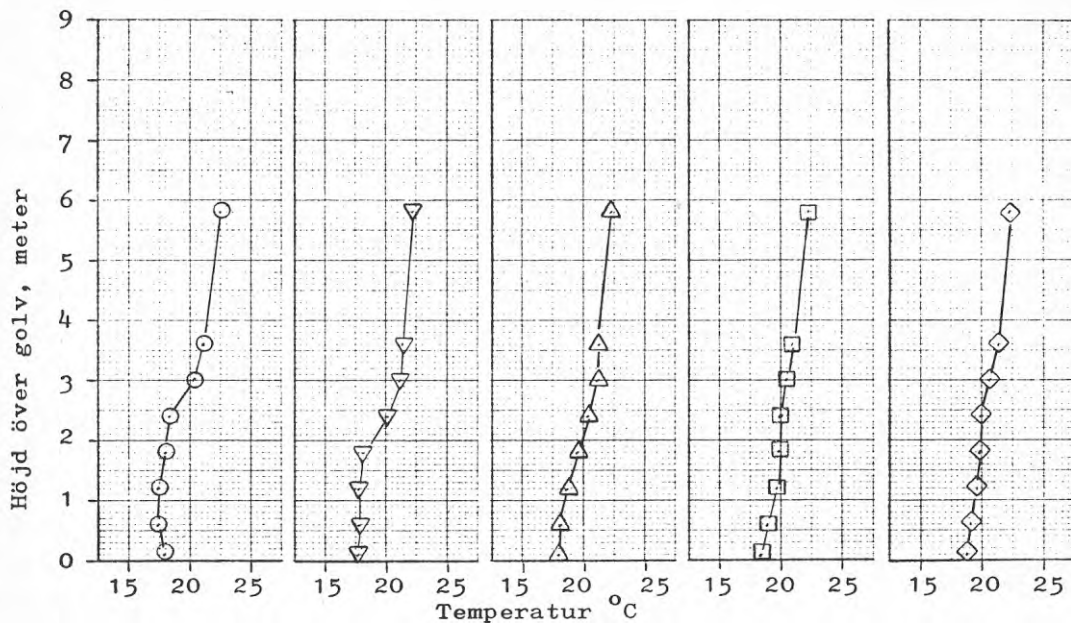
Tilluft: Avstängd

Symboler: ○ Rakt ut från don

Fylld symbol 4,0 m ö g

○-fylld "-" 1,6 m ö g

Figur 28b Luftburna partiklar på olika höjd över golvet och avstånd från donytan med avstängd tilluft.



Mätning: BL.TA5D1.201

Symboler: ○ S01H45

$\Delta t_{3-2,4}$: 2,1°C

▽ S1H30

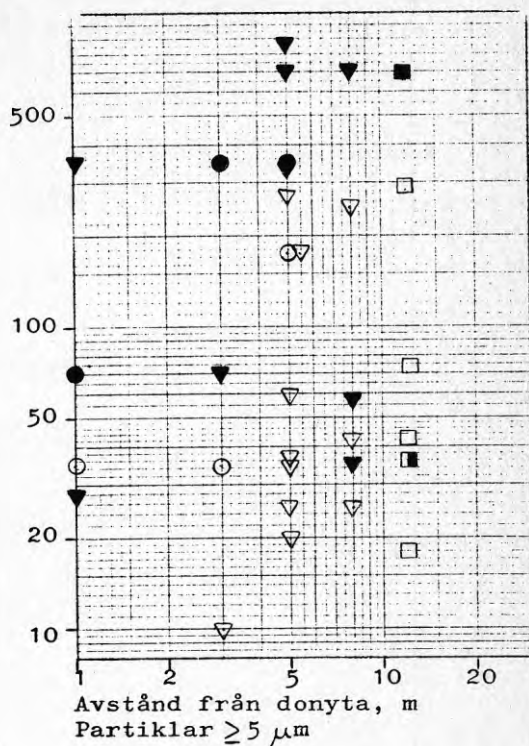
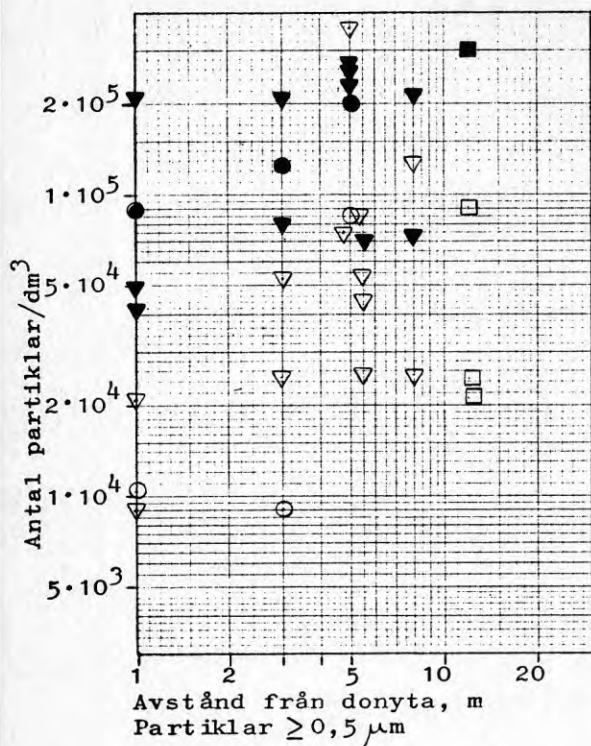
Tilluft: Don typ 1

△ S3R

□ S5R

◇ S8R

Figur 29a Lufttemperatur på olika höjd och avstånd från don vid "rätt" tilluftstemperatur.



Mätning: BI.TA5D2.201

$\Delta t_{3-2,4}$: $2,1^\circ\text{C}$

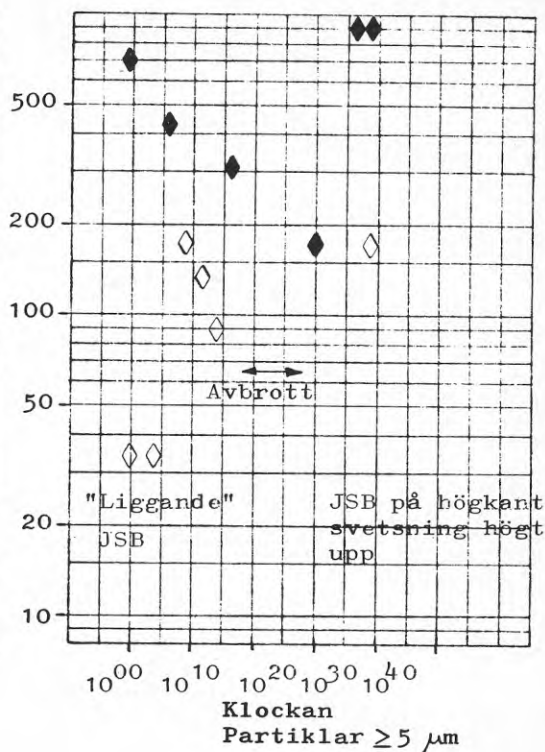
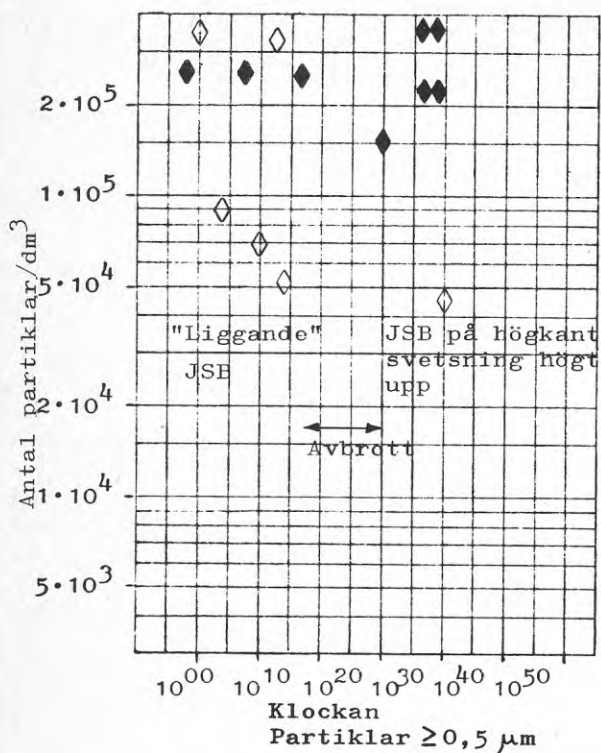
Tilluft: Don typ 1

Symboler: ○ Rakt ut från don (0°)

▽ $\sim 45^\circ$ v

□ $\sim 70^\circ$ v

Figur 29b Luftburna partiklar på olika höjd över golv och avstånd från donytan vid "rätt" temperaturskillnad över zongränsen men varierande svetsverksamhet.



Mätning: BI.TA5D2.201

$\Delta t_{3-2,4}$: 2,1°C

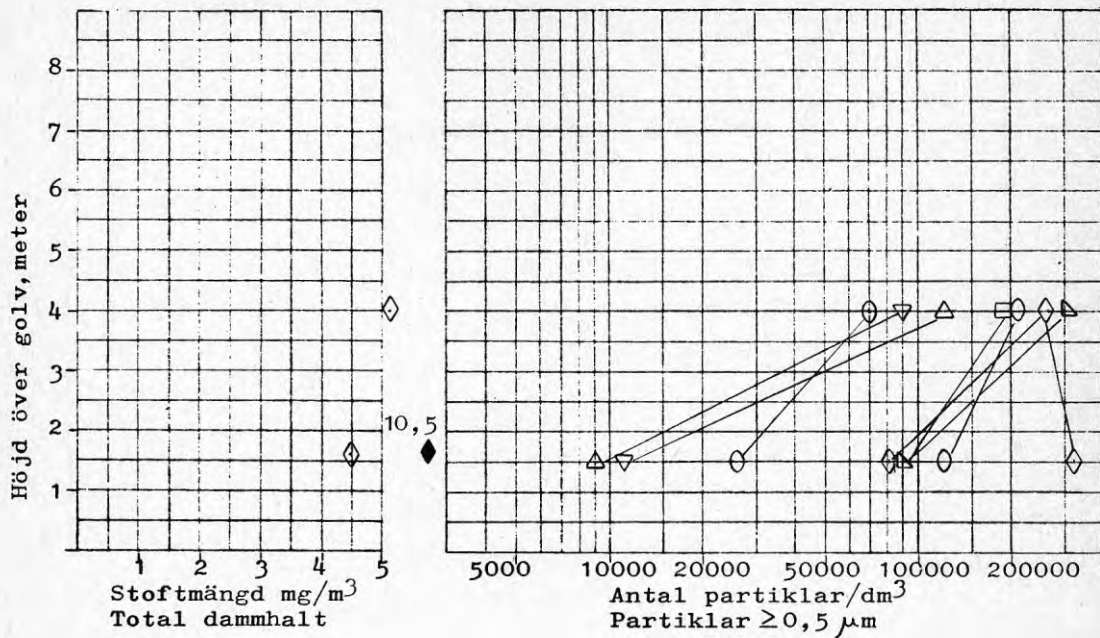
Tilluft: Don typ 1

Symboler: \diamond S5V45

Fylld symbol 4,0 m ö g

O-fylld "-" 1,6 m ö g

Figur 29c Partikelkoncentrationens variation med tiden p g a svetsverksamhetens intensitet och läge.



Mätning: BI.TA5D2.201

$\Delta t_{3-2,4}$: 2,1°C

Tilluft: Don typ 1

Symboler: ▽ S1H30

△ S3R

□ S5R

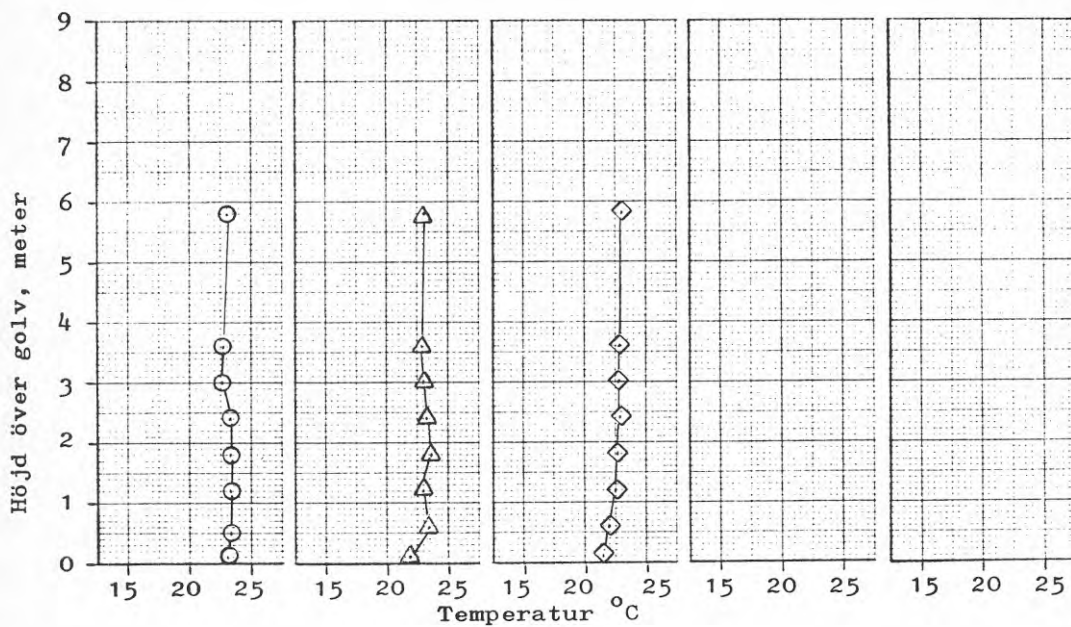
○ S8V45

△ S12V45

◇ S5V45

◆ Personburet

Figur 29d Stoftkoncentration på olika höjd över golv mätt med filtermetoden.



Mätning: BL.TA5D2.303

Symboler: ○ S01H45

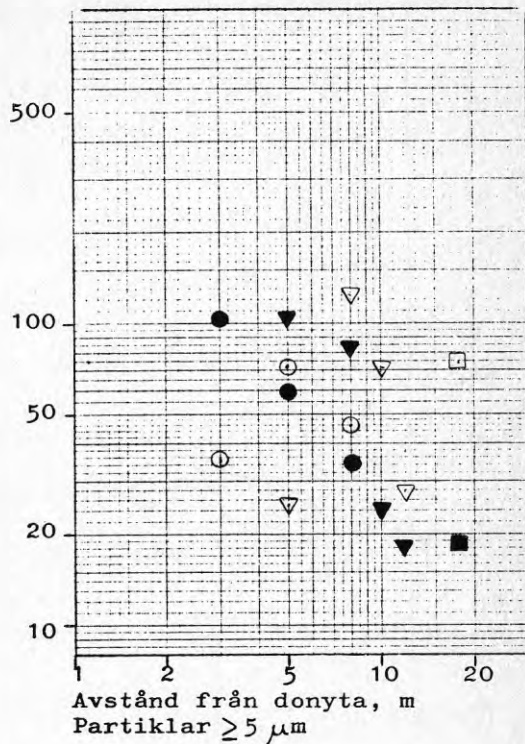
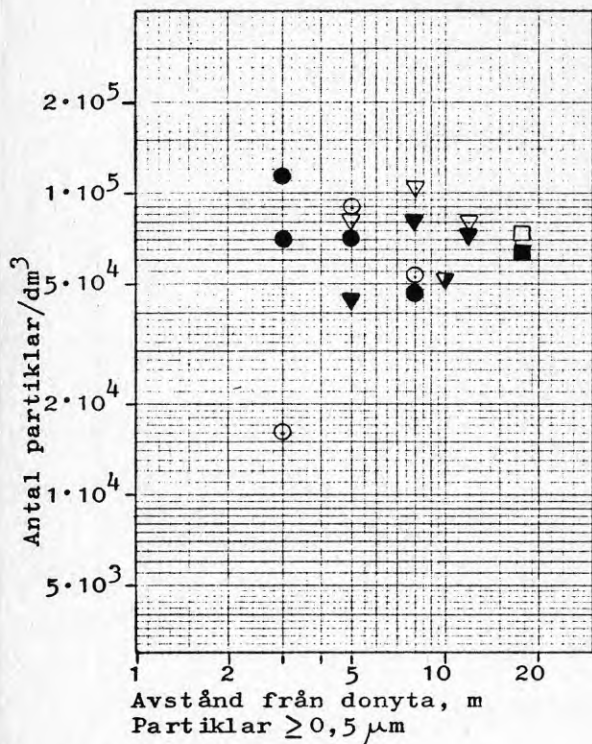
$\Delta t_{3-2,4}$: $-0,7^{\circ}\text{C}$

△ S3R

Tilluft: Don typ 1

◇ S8R

Figur 30a Lufttemperatur på olika höjd och avstånd från donytan vid för hög utetemperatur.



Mätning: BI.TA5D2.303

$\Delta t_{3-2,4}$: $-0,7^\circ\text{C}$

Tilluft: Don typ 1

Symboler: ○ Rakt ut från don

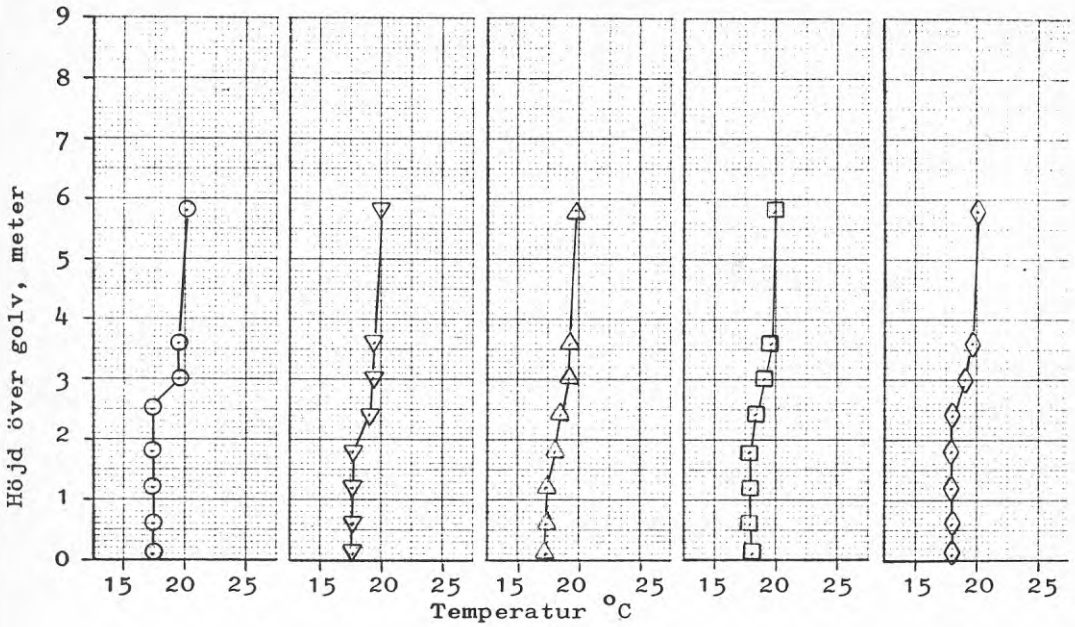
▽ $\sim 45^\circ$ V

□ $\sim 70^\circ$ V

Fylld symbol 4,0 m ö g

○-fylld "-" 1,6 m ö g

Figur 30b Luftburna partiklar på olika höjd över golv och avstånd från donytan vid "negativ" temperaturskillnad över zongränsen.



Mätning: BI.TA5D2.401

Symboler: ○ S01H45

$\Delta t_{3-2,4}$: 2,1°C

▽ S1H30

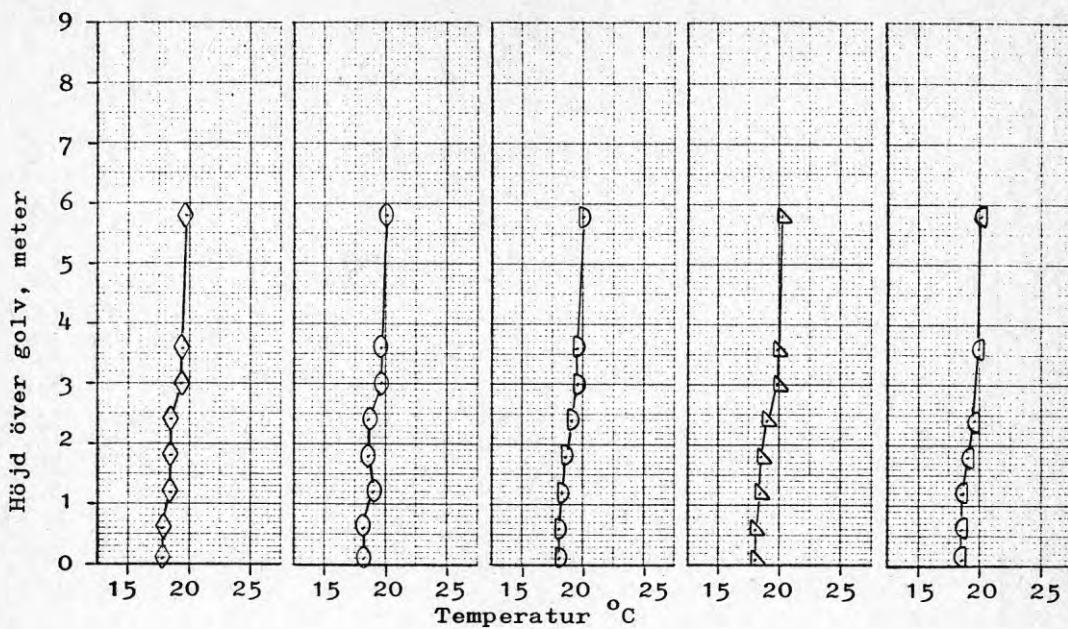
Tilluft: Don typ 1

△ S3R

□ S5R

◇ S8R

Figur 31a Temperatur på olika höjd och avstånd från don med "rätt" tilluftstemperatur.



Mätning: BI.TA5D2.401

Symboler: ◇ S5V45

$\Delta t_{3-2,4}$: 2,1°C

○ S8V45

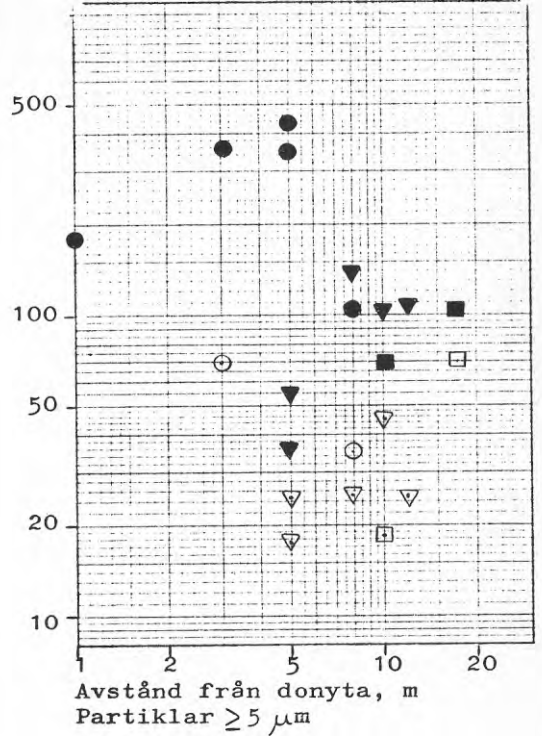
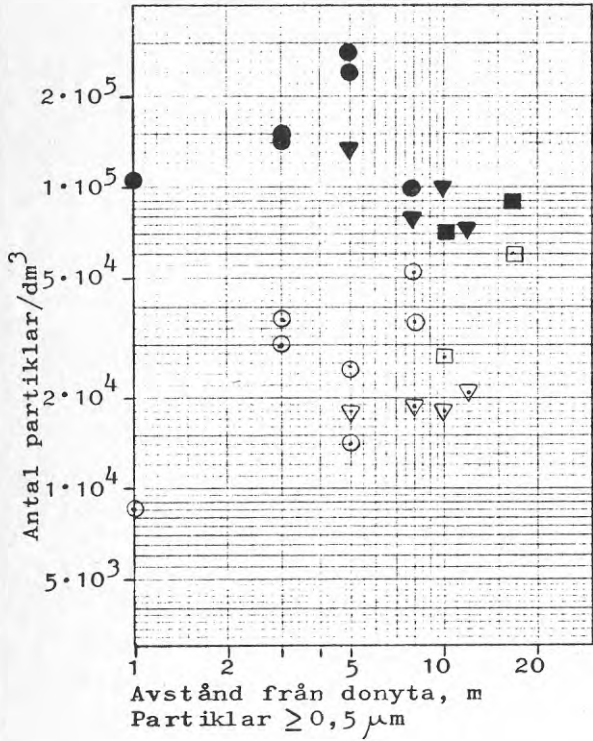
Tilluft: Don typ 1

D S10V70

△ S12V45

◻ S17V70

Figur 31b Temperatur på olika höjd och avstånd från don med "rätt" tilluftstemperatur.



Mätning: BI.TA5D2.401

$\Delta t_{3-2,4}$: $2,1^\circ\text{C}$

Tilluft: Don typ 1

Symboler: ○ Rakt ut från don

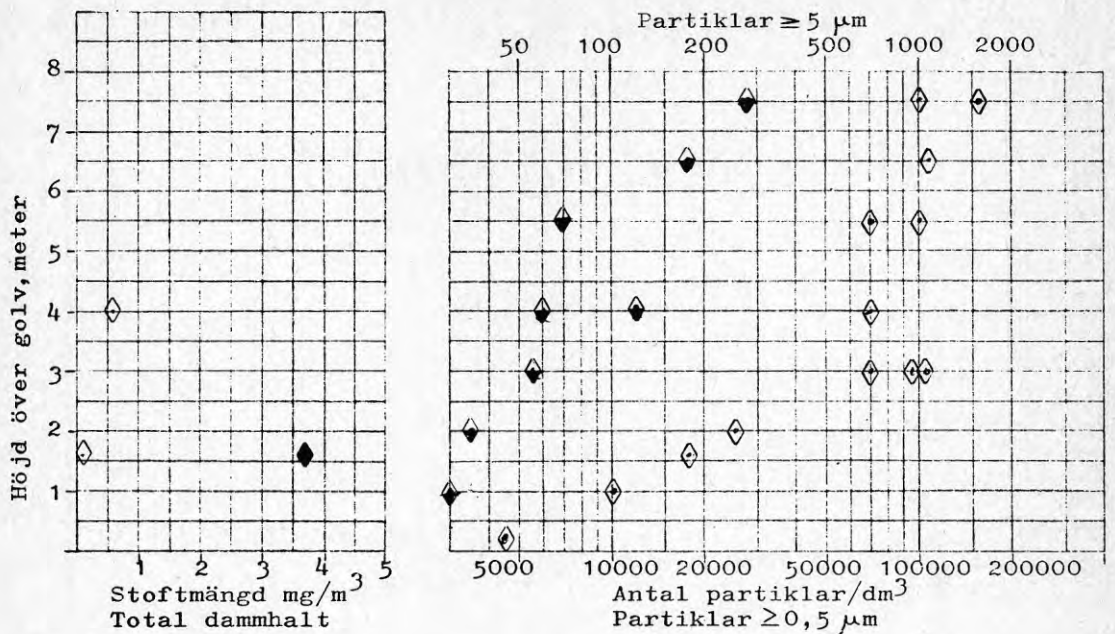
▽ $\sim 45^\circ$ v

□ $\sim 70^\circ$ v

Fylld symbol 4,0 m ö g

Ofylld -"- 1,6 m ö g

Figur 31c Luftburna partiklar på olika höjd och avstånd från donytan vid "rätt" tilluftstemperatur men låg svetsverksamhet.



Mätning: BI.TA5D2.401

$\Delta t_{3-2,4}$: 2,1°C

Tilluft: Don typ 1

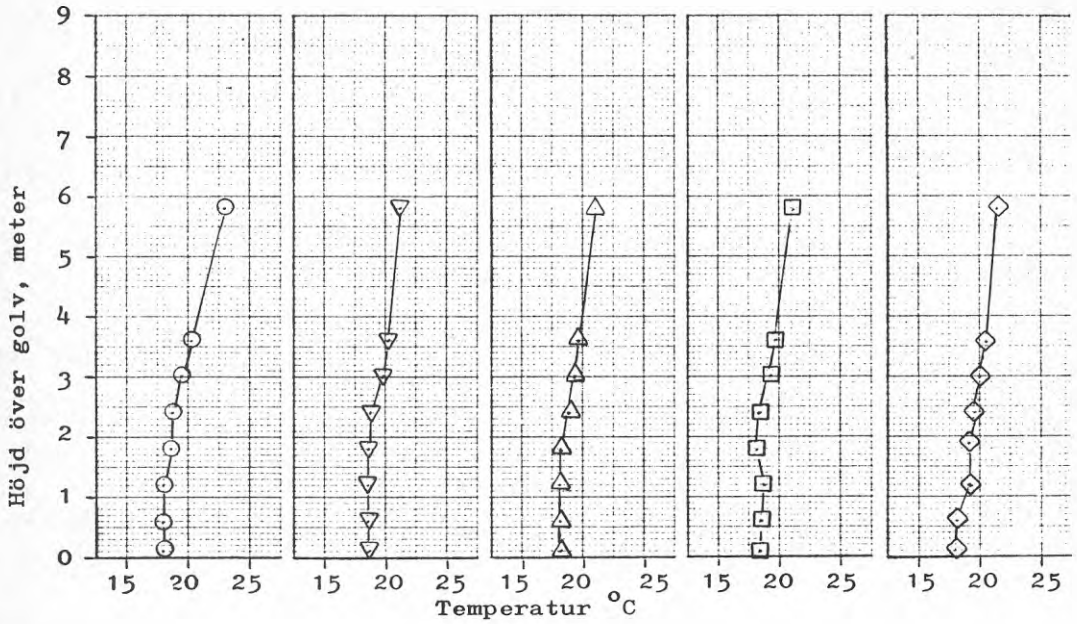
Symboler: ◇ S5V45

◆ Personburet

◊ S5V45 Partiklar > 5 μm

Övrigt: Partikelökning under
mätperioden på höjder
över 3 meter

Figur 31d Luftburna partiklar på olika höjd över golv vid "rätt" temperaturskillnad över zongränsen men låg svetsverksamhet.



Mätning: BI.TA5D2,601

$\Delta t_{3-2,4}$: $0,7^{\circ}\text{C}$

Tilluft: Don typ 2

Symboler: ○ S01H45

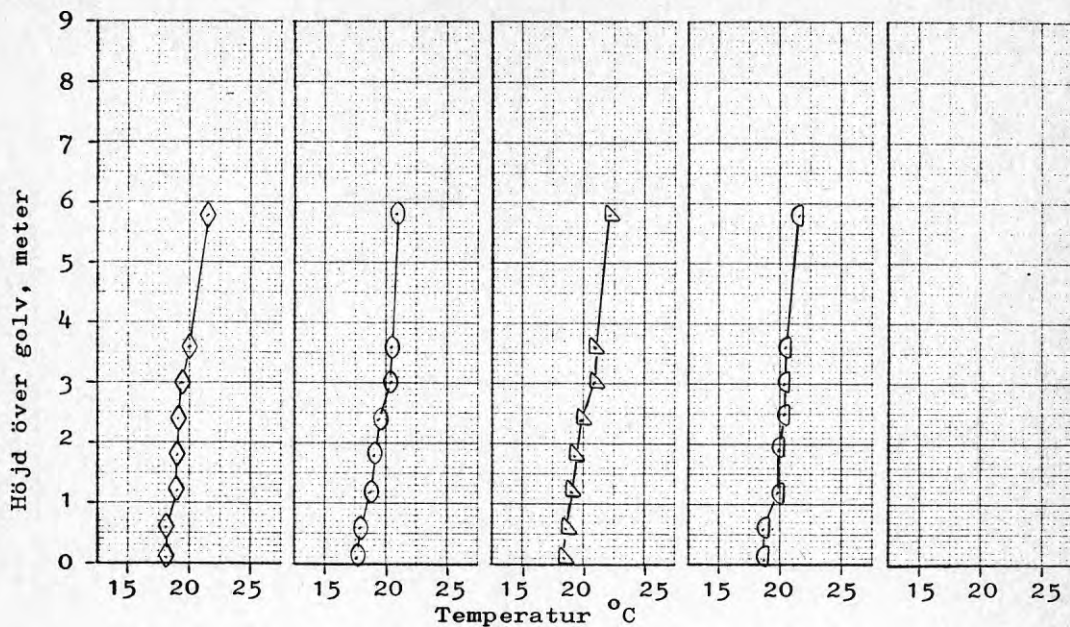
▽ S1H30

△ S3R

□ S5R

◇ S8R

Figur 32a Lufttemperatur på olika höjd och avstånd från don med acceptabel temperaturskillnad över zongränsen.



Mätning: BI.TA5D2.601

Symboler: ◇ S5V45

$\Delta t_{3-2,4}$: $0,7^{\circ}\text{C}$

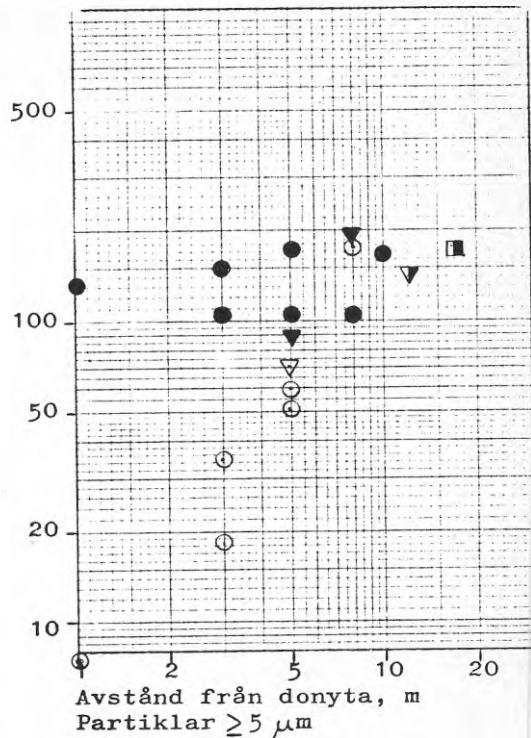
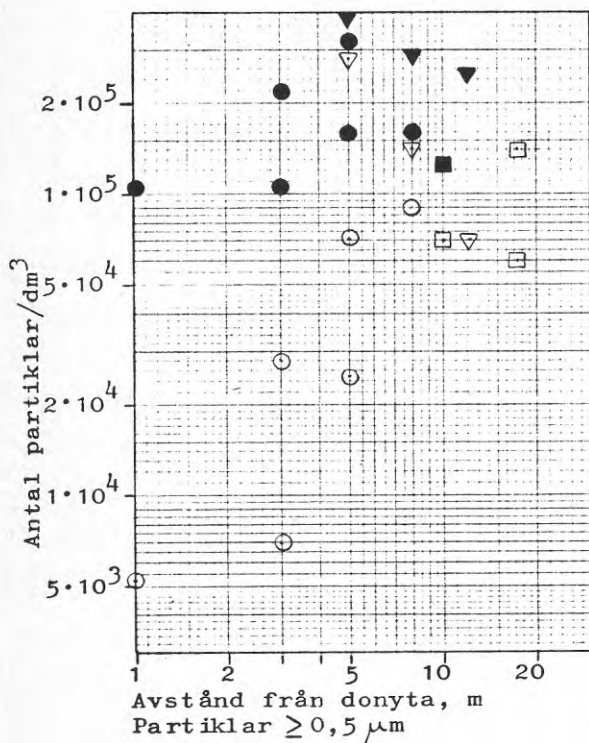
○ S8V45

Tilluft: Don typ 2

△ S12V45

◻ S17V70

Figur 32b Lufttemperatur på olika höjd och avstånd från don med acceptabel temperaturskillnad.



Mätning: BI.TA5D2.601

$\Delta t_{3-2,4}$: 0,7°C

Tilluft: Don typ 2

Symboler: ○ Rakt ut från don

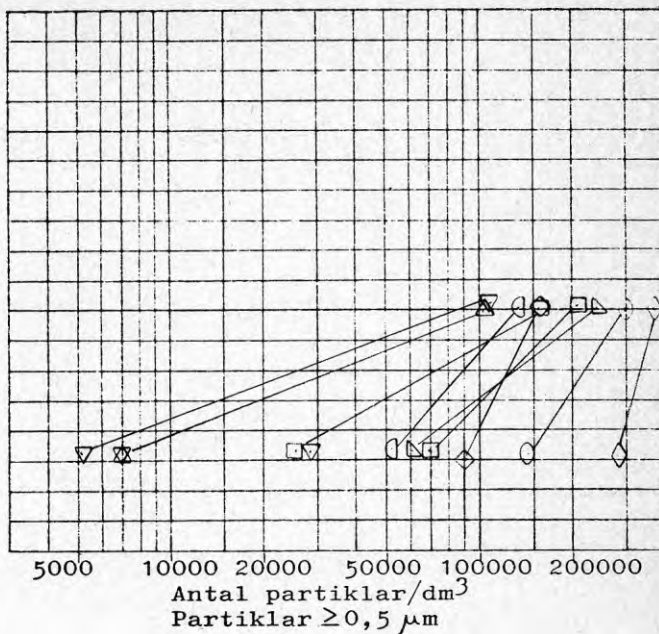
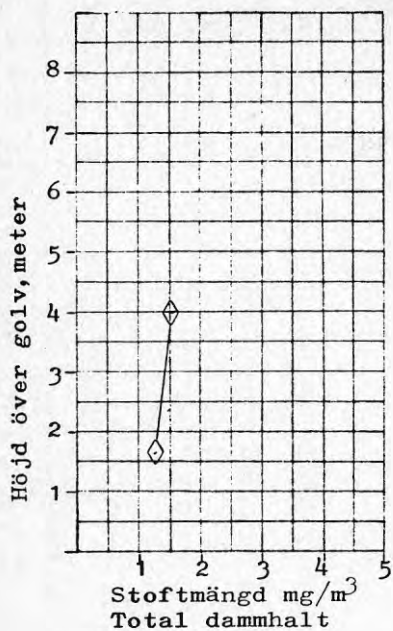
▽ ~45° v

□ ~70° v

Fylld symbol 4,0 m ö g

C-fylld "-" 1,6 m ö g

Figur 32c Stoffkoncentration på olika höjd och avstånd från don med acceptabel temperaturskillnad över zongräns.



Mätning: BI.TA5D2.601

$\Delta t_{3-2,4}$: 0,7°C

Tilluft: Don typ 2

Symboler: ▽ S1H30

△ S3R

□ S5R

◇ S8R

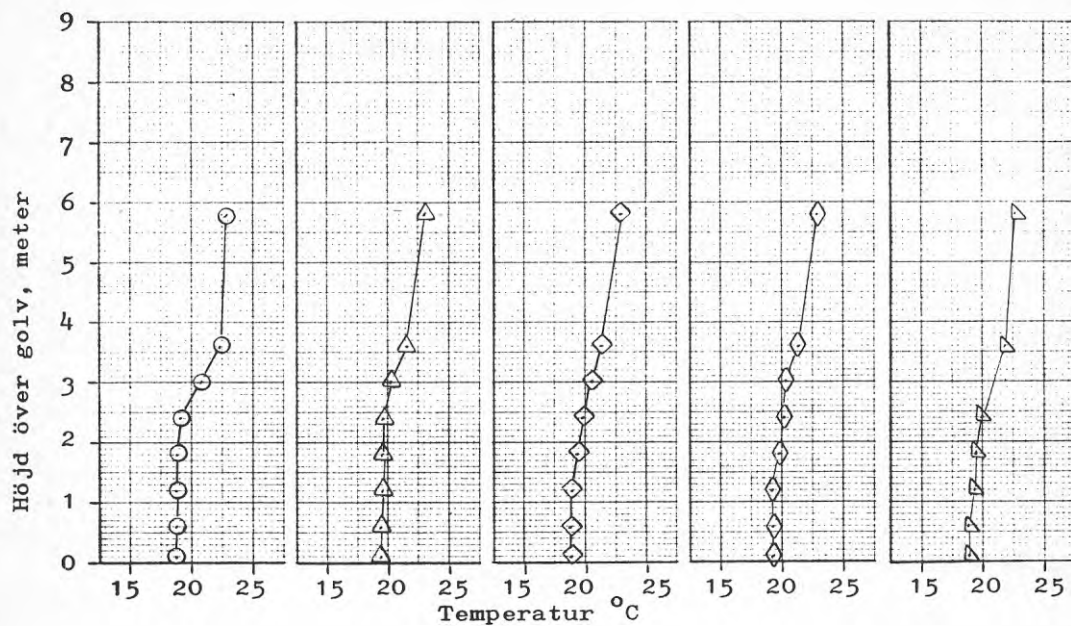
◇ S5V45

◇ S8V45

◇ S12V45

◇ S17V70

Figur 32d Stoftkoncentration på olika höjd och avstånd från don med acceptabel temperaturskillnad över zongränsen.



Mätning: BI.TA5D2.602

$\Delta t_{3-2,4}$: $1,7^{\circ}\text{C}$

Tilluft: Don typ 2

Symboler:

○ S01H45

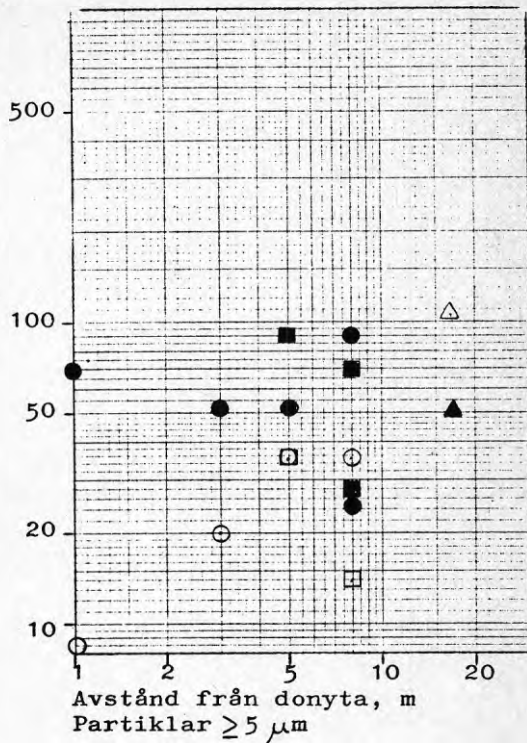
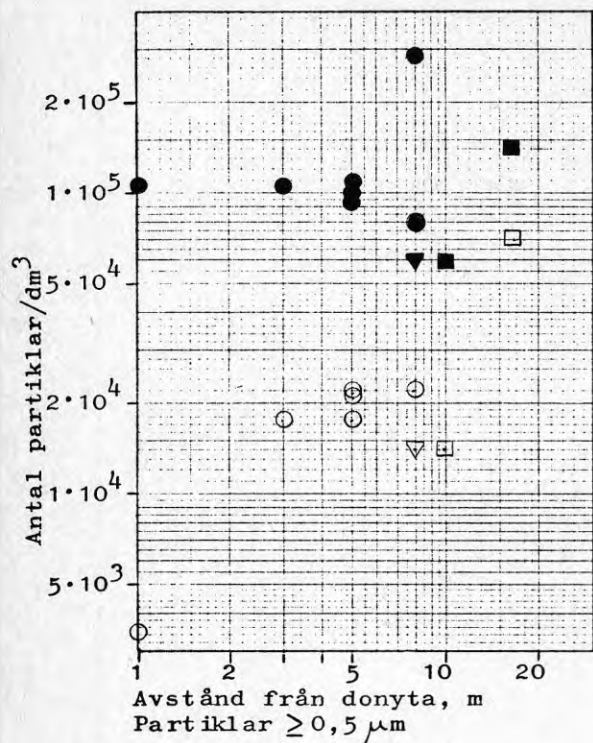
△ S3R

◇ S8R

◊ S5V45

◡ S12V45

Figur 33a Lufttemperatur på olika höjd och avstånd från don med "rätt" tilluftstemperatur.



Mätning: BI.TA5D2.602

$\Delta t_{3-2,4}$: 1,7°C

Tilluft: Don typ 2

Symboler: ○ Rakt ut från don

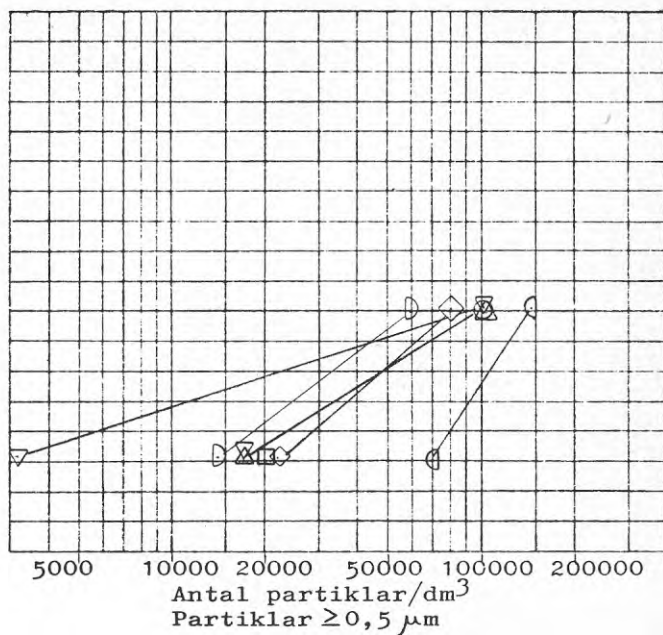
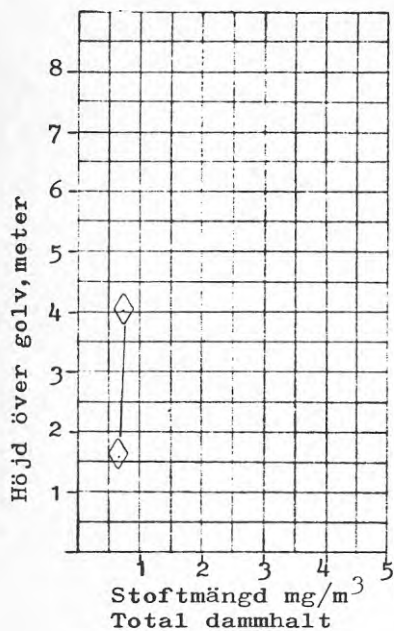
▽ ~45° V

□ ~70° V

Fylld symbol 4,0 m ö g

O-fylld "-" 1,6 m ö g

Figur 33b Stoffkoncentration på olika höjd och avstånd från don vid "rätt" temperaturskillnad över zongräns.



Mätning: BI.TA5D2.602

$\Delta t_{3-2,4}$: 1,7°C

Tilluft: Don typ 2

Symboler: ▽ S1H30

△ S3R

□ S5R

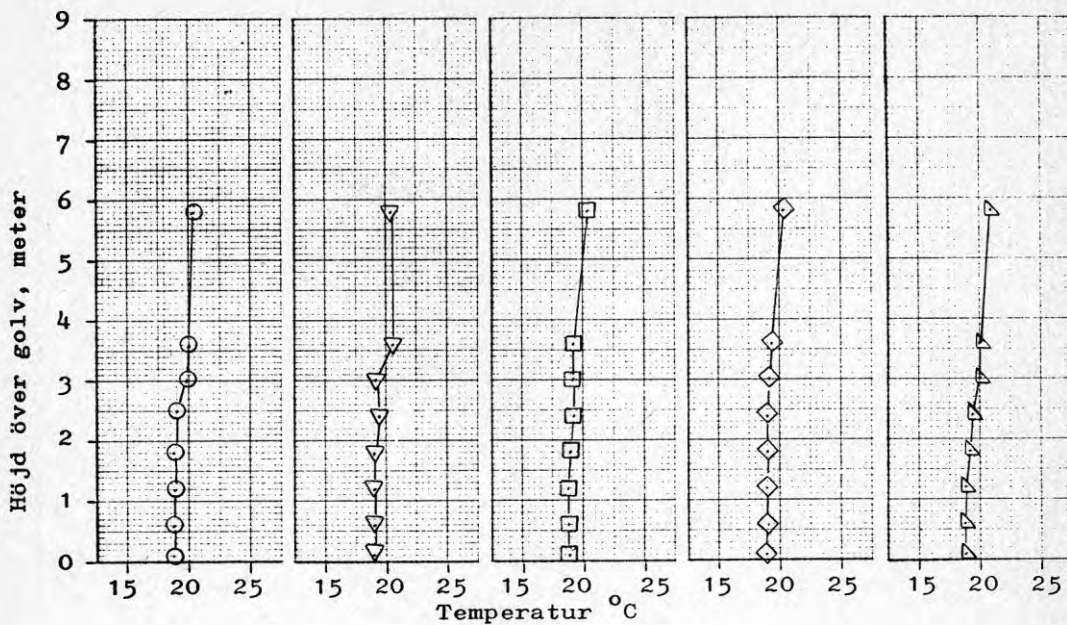
◇ S8R

D S10V70

O S17V70

◇ S5V45

Figur 33c Stoftkoncentration på olika höjd och avstånd från don vid "rätt" temperaturskillnad över zongräns.



Mätning: BI.TA5D2.701

Symboler: ○ S01H45

$\Delta t_{3-2,4}$: $0,9^{\circ}\text{C}$

▽ S1H30

Tilluft: Don typ 2

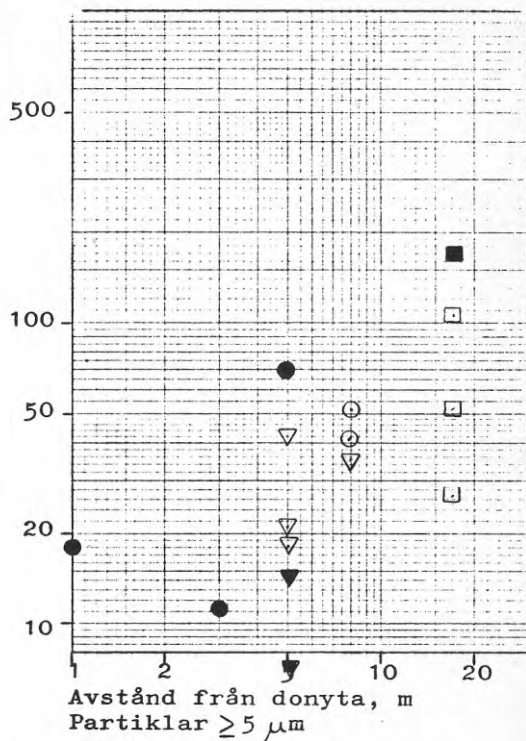
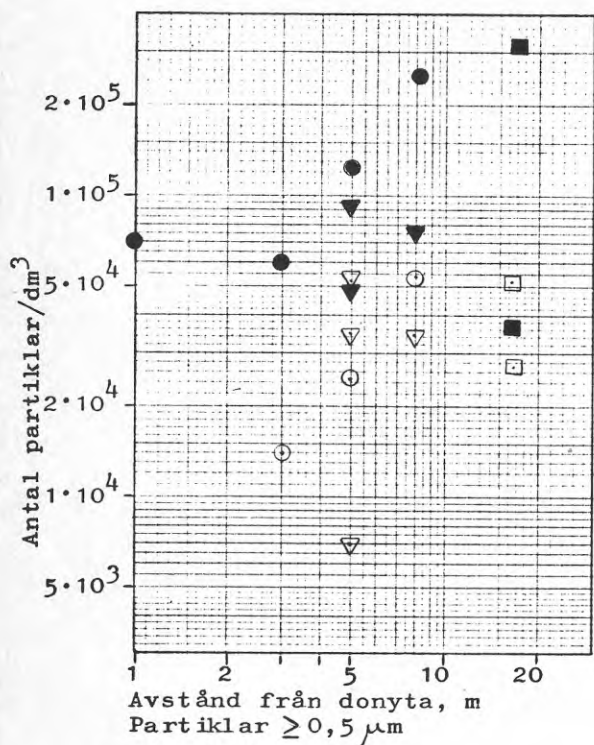
□ S5R

◇ S8R

△ S12V45

Övrigt: Luftvärmare flyttad till 1,3 meter över don

Figur 34a Lufttemperatur på olika höjd och avstånd från don med luftvärmaren 1,3 meter över don.



Mätning: BI.TA5D2.701

$\Delta t_{3-2,4}$: $0,9^{\circ}\text{C}$

Tilluft: Don typ 2

Symboler: ○ Rakt ut från don

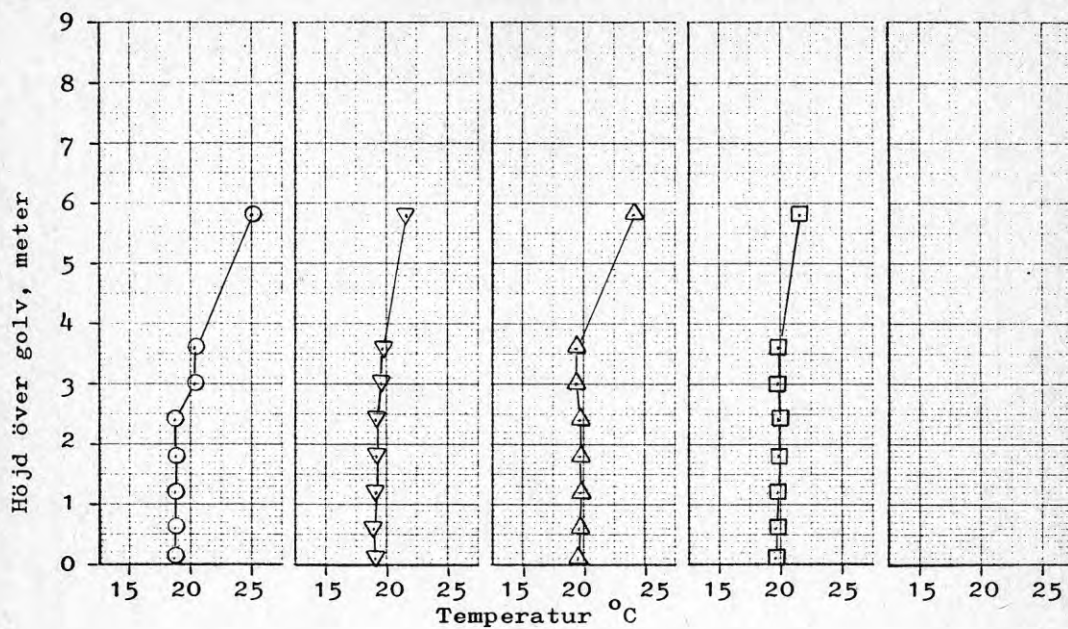
▽ 45° V

□ 70° V

Fylld symbol 4,0 m ö g

O-fylld "-" 1,6 m ö g

Figur 34b Stoftkoncentration på olika höjd och avstånd från don med luftvärmaren 1,3 meter över don.



Mätning: BI.TA5D2.801

$\Delta t_{3-2,4}: 1,5^{\circ}\text{C}$

Tilluft: Don typ 3

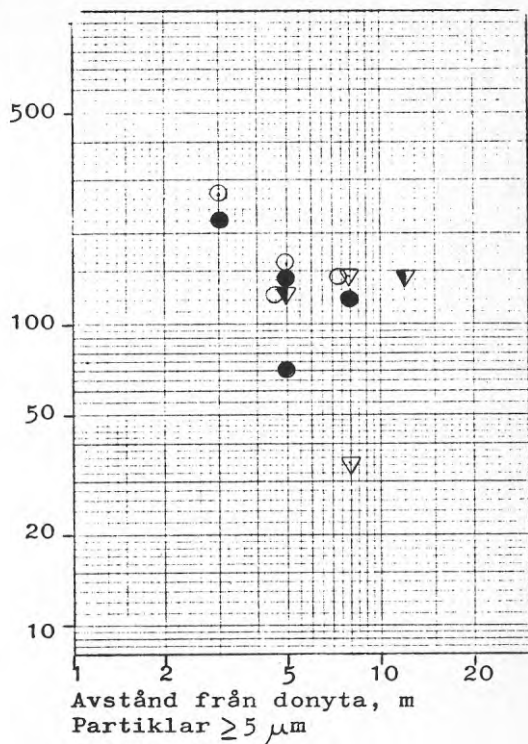
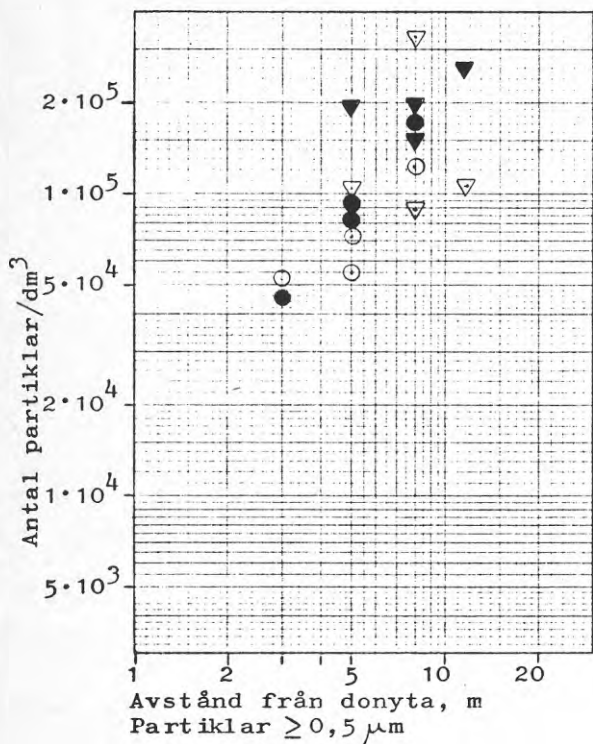
Symboler: ○ S01H45

▽ S1H30

△ S3R

□ S5R

Figur 35 a Lufttemperatur på olika höjd och avstånd från don.



Mätning: BI.TA5D2.801

$\Delta t_{3-2,4}$: $1,5^{\circ}\text{C}$

Tilluft: Don typ 3

Symboler: ○ Rak ut från don

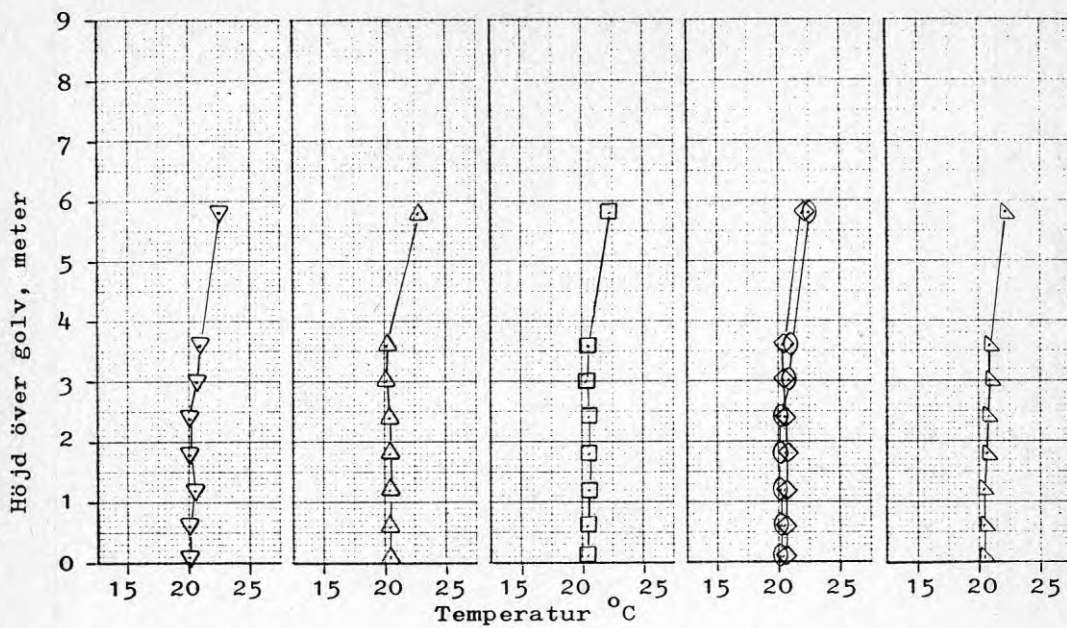
▽ $\sim 45^{\circ}$ V

□ $\sim 70^{\circ}$ V

Fylld symbol 4,0 m ö g

○-fylld -"- 1,6 m ö g

Figur 35b Partikelkoncentration på olika höjd och avstånd från don.



Mätning: BI.TA5D2.901

$\Delta t_{3-2,4}$: $\sim 2,0^{\circ}\text{C}$

Tilluft: Don typ 3

Symboler:

▽ S1H30

△ S3R

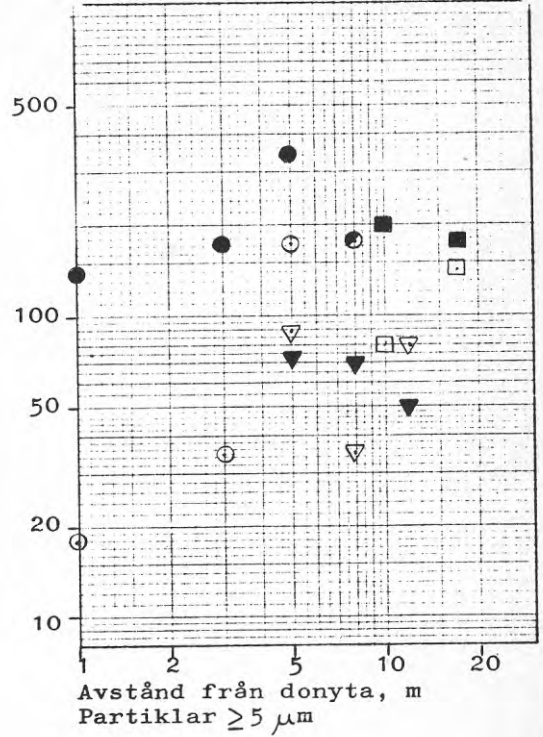
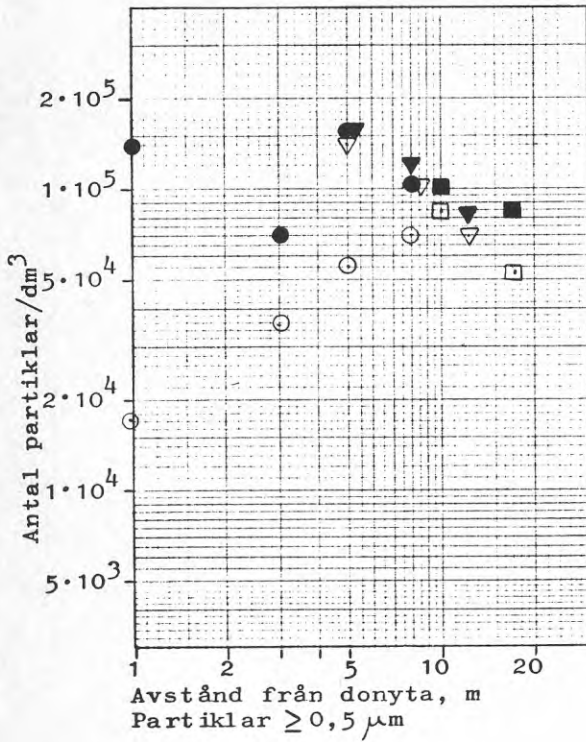
□ S5R

◇ S8R

○ S8V45

△ S12V45

Figur 36a Lufttemperatur på olika höjd och avstånd från don.



Mätning: BI.TA5D2.901

$\Delta t_{3-2,4}$: $\sim 2,0$ °C

Tilluft: Don typ 3

Symboler: ○ Rakt ut från don

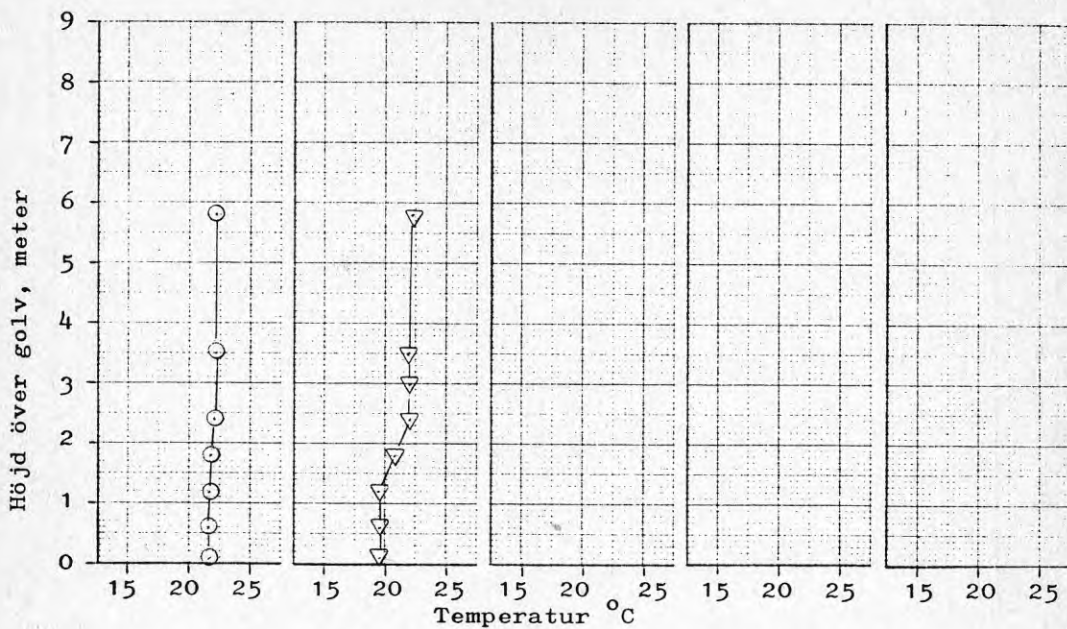
▽ $\sim 45^\circ$ v

□ $\sim 70^\circ$ v

Fylld symbol 4,0 m ö g

○-fylld "-" 1,6 m ö g

Figur 36b Partikelkoncentration på olika höjd och avstånd från don.



Mätning: ÖP.TA4D1.102

Symboler:

○ Före justering av tilluftstemperatur

$\Delta t_{3-2,4}$:

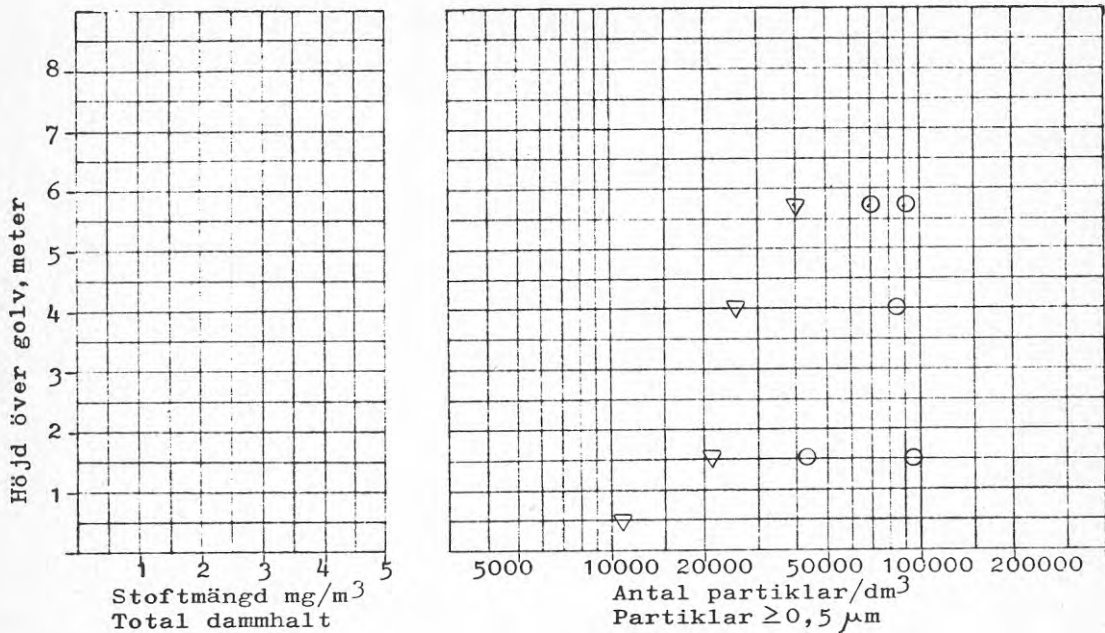
▽ Efter justering

Tilluft: Don typ 1

Mätplats S1H 60

Övrigt: Luftläckage med snett nedåt riktad stråle från donets överkant.

Figur 37a Lufttemperatur 1 meter utanför donet vid olika tilluftstemperatur.



Mätning: ÖF.TA4D1.102

$\Delta t_{3-2,4}$: Se temperaturfigur 37a

Tilluft: Don typ 1

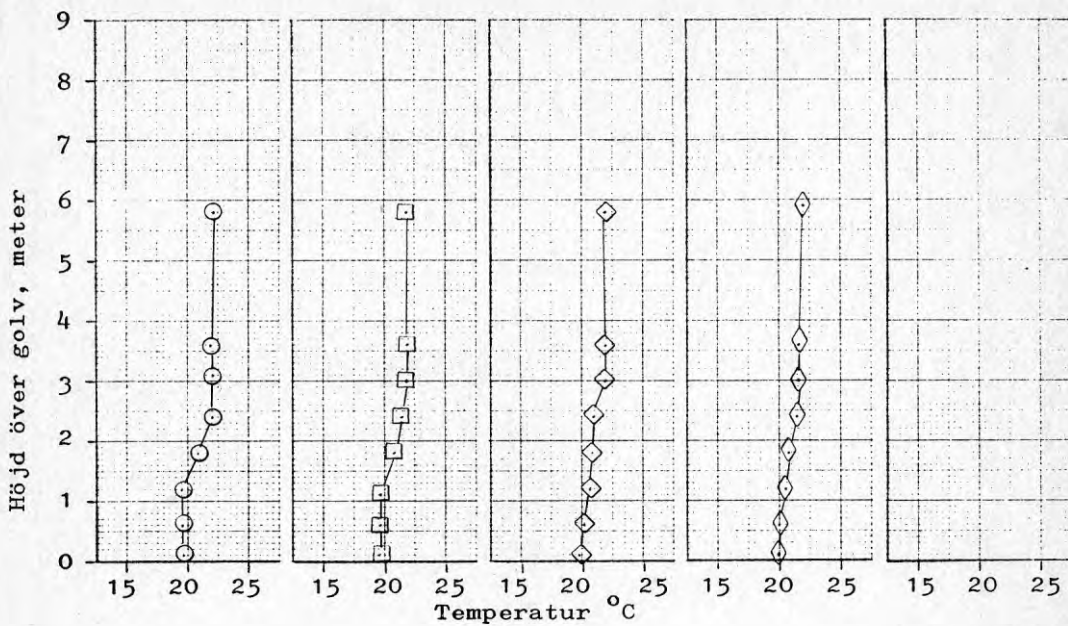
Symboler: ○ Före justering av tilluftstemperatur

▽ Efter justering

Mätplats S5H60

Övrigt: Luftläckage med snett nedåt riktad stråle från donets överkant.

Figur 37b Stoftkoncentration på olika höjd över golv före och efter temperaturjustering.



Mätning: ÖP.TA4D1,103

Symboler: ○ S1H60

$\Delta t_{3-2,4}$: —

□ S5H60

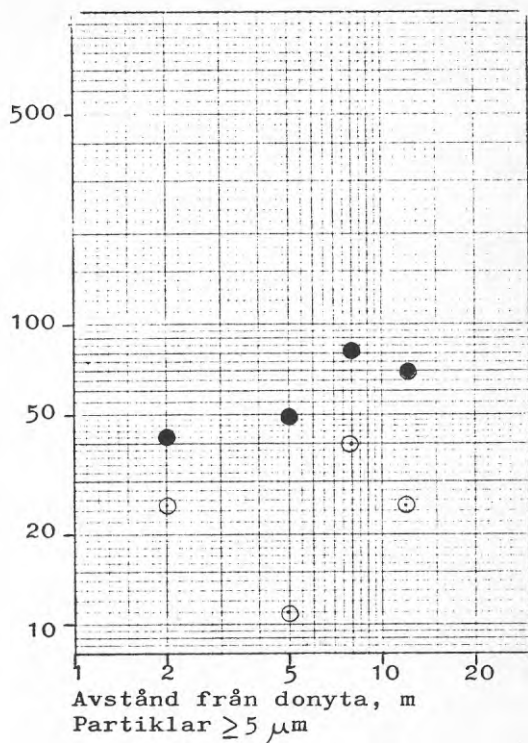
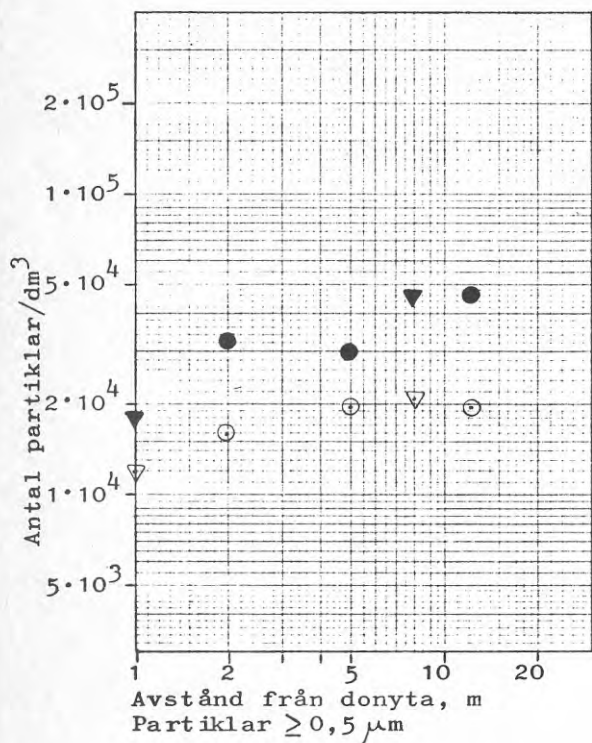
Tilluft: Don typ 1

◇ S8H50

◇ S12H60

Övrigt: Se figur 37a

Figur 38a Lufttemperatur på olika höjd och avstånd från don med snett nedåtriktad luftstråle från överkant på don.



Mätning: ÖP.TA4D1.103

Symboler: ○ Riktning $\sim 60^\circ$ H

$\Delta t_{3-2,4}$: Se temperaturfigur 38a

▽ -"- $\sim 50^\circ$ H

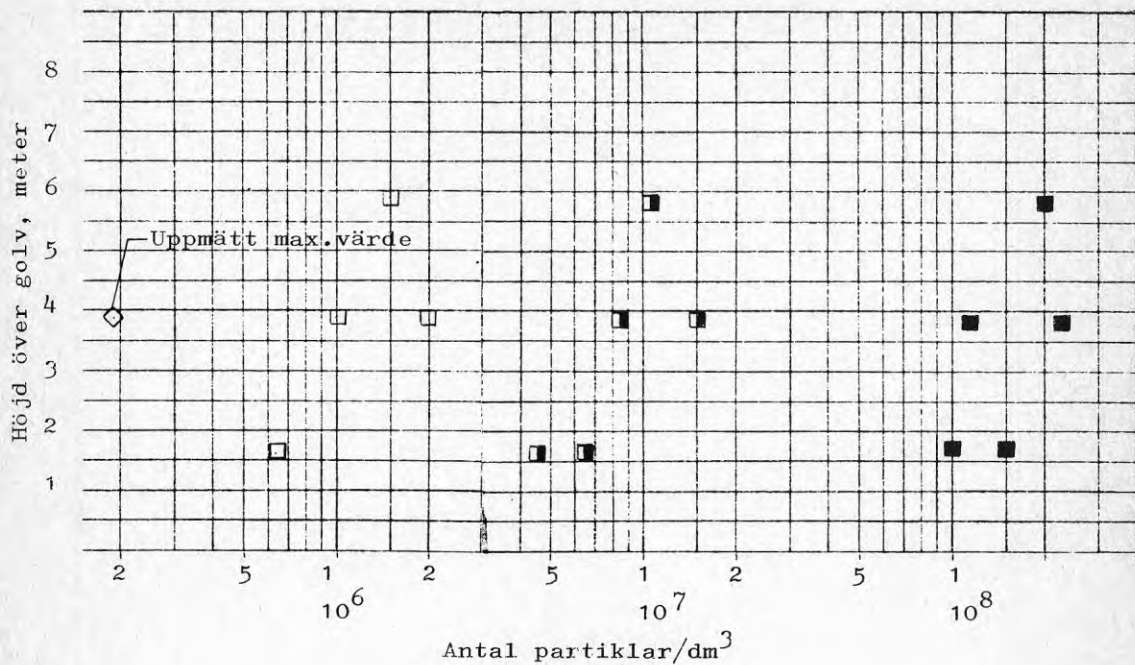
Tilluft: Don typ 2

Fylld symbol 4 m ö g

O-fylld -"- 1,6 m ö g

Övrigt: Se figur 37a

Figur 38b Partikelkoncentration på olika höjd och avstånd från don med snett nedåtriktad luftstråle från överkant på don.



Mätning: ÖP.TA4D1.107

Symboler: Partikelstorlek

$\Delta t_{3-2,4}$: Se temperaturfigur 38a

□ 0,56-1 μm

Tilluft: Don typ 1

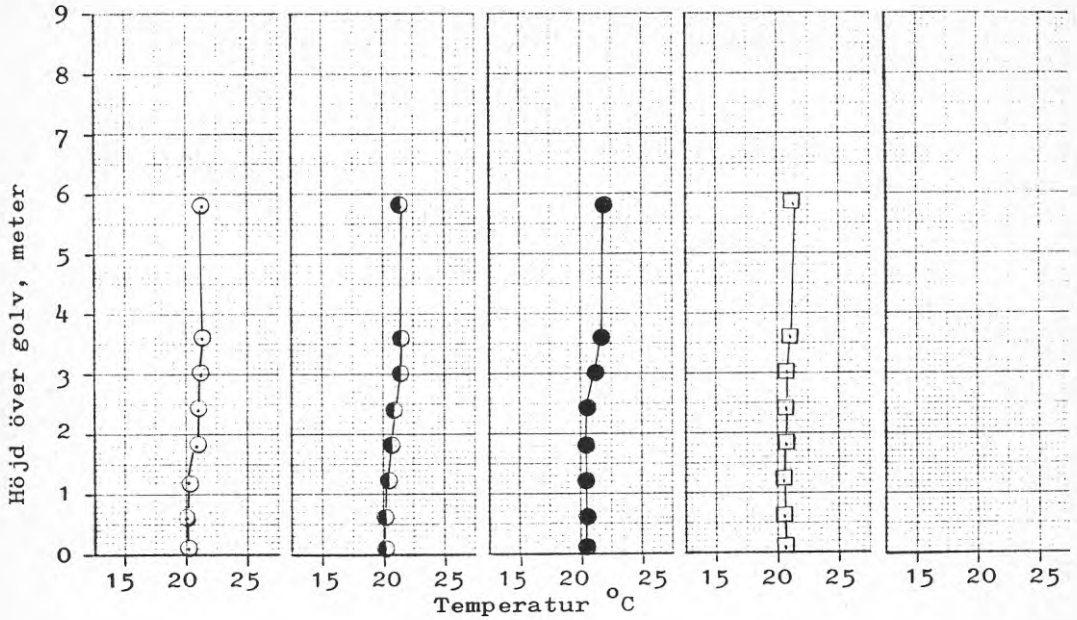
◐ 0,32-0,56 μm

■ 0,10-0,18 μm

◇ >0,5 μm

Övrigt: Se figur 37a

Figur 38c Partikelkoncentration på olika höjd för olika partikelstorlekar med snett nedåtriktad luftstråle från donets överkant.



Mätning: ÖP.TA4D1.106

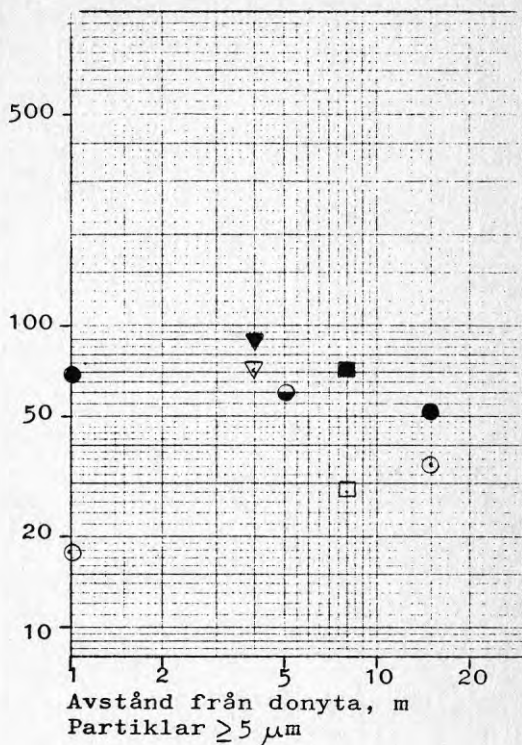
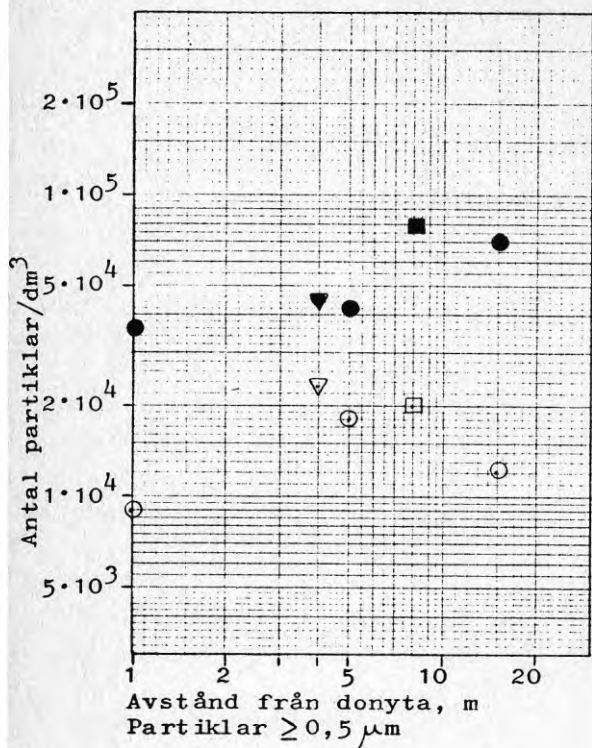
$\Delta t_{3-2,4}$: $0,8^{\circ}\text{C}$

Tilluft: Don typ 1

Symboler:

- Mätplats S1H60
- Överkant på don tejpat men ändå en luftstråle snett nedåt.
 - ◐ Otätad överkant
 - Överkant tätad så att en horisontell stråle erhålls längst upp på donet.
 - Mätpunkt S5H60 efter

Figur 39a Lufttemperatur på olika höjd över golv med olika tätningsåtgärder i donets överkant.



Mätning: ÖP.TA4D1.106

$\Delta t_{3-2,4}$: $0,8^{\circ}\text{C}$

Tilluft: Don typ 1

Symboler: ○ Riktning $\sim 60^{\circ}$ H

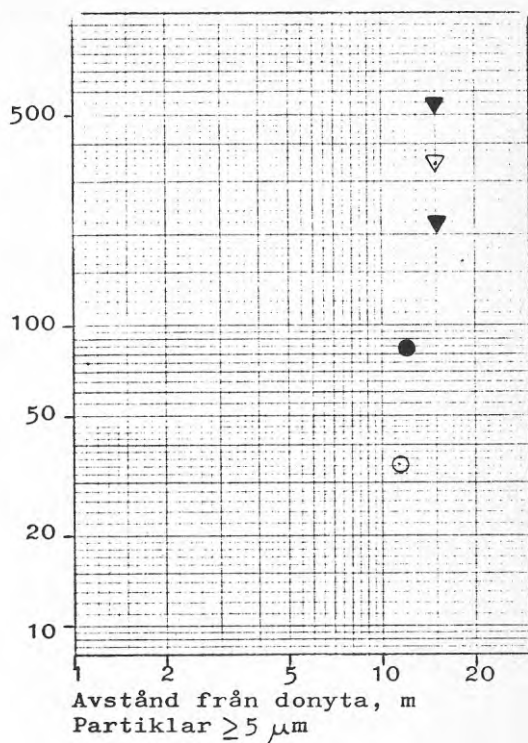
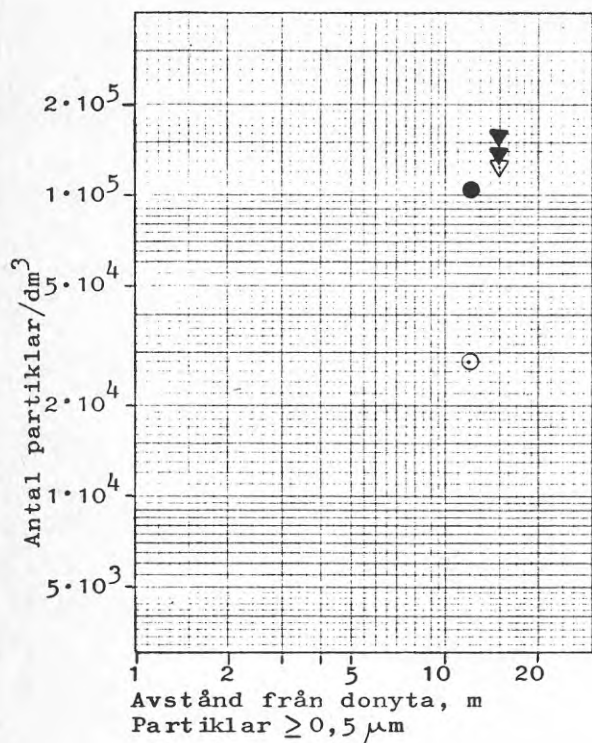
▽ -"- $\sim 30^{\circ}$ H

□ -"- $\sim 50^{\circ}$ H

Fylld symbol 4,0 m ö g

0-fylld -"- 1,6 m ö g

Figur 39b Partikelkoncentration på olika höjd och avstånd från don med horisontell läckstråle i donets överkant.



Mätning: ÖP.TA4D2.101

$\Delta t_{3-2,4}$: $0,8^\circ\text{C}$ (samma som för dor 1)

Tilluft: Don typ 1

Otätad överkant på donet.

Övrigt: Ingen temperaturmätning inom donets ventilationsområde

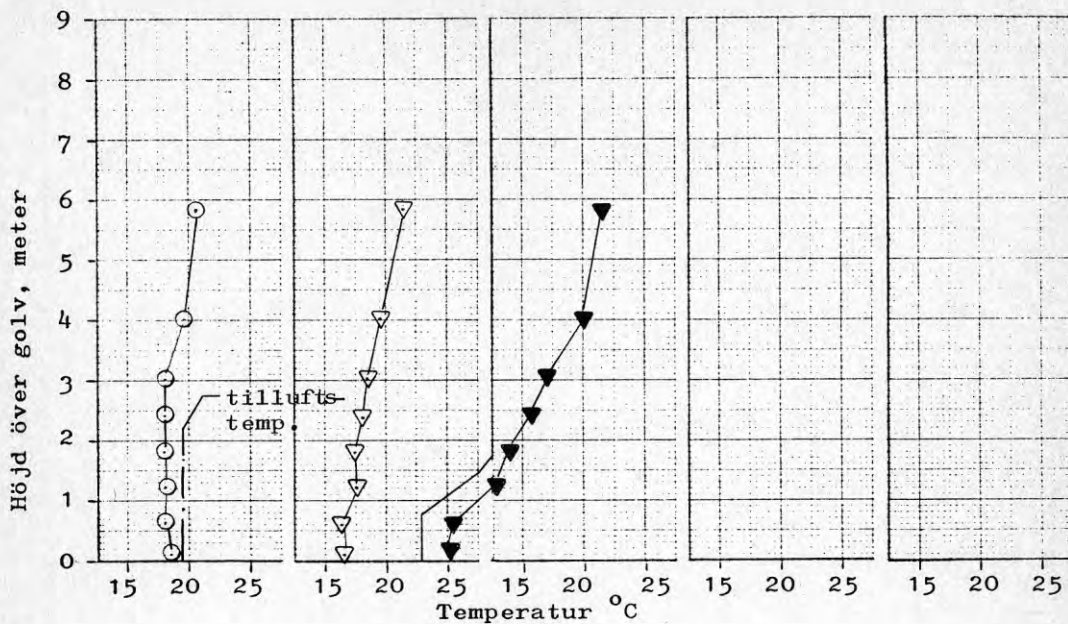
Symboler: ○ Riktning $\sim 30^\circ$ V

▽ -"- $\sim 10^\circ$ V

Fylld symbol 4,0 m ö g

0-fylld -"- 1,6 m ö g

Figur 40 Partikelkoncentration på olika höjd och avstånd från don i "skuggområdet" mellan två don.



Mätning: KSB.TA2D4.101

Symboler:

○ S2V45

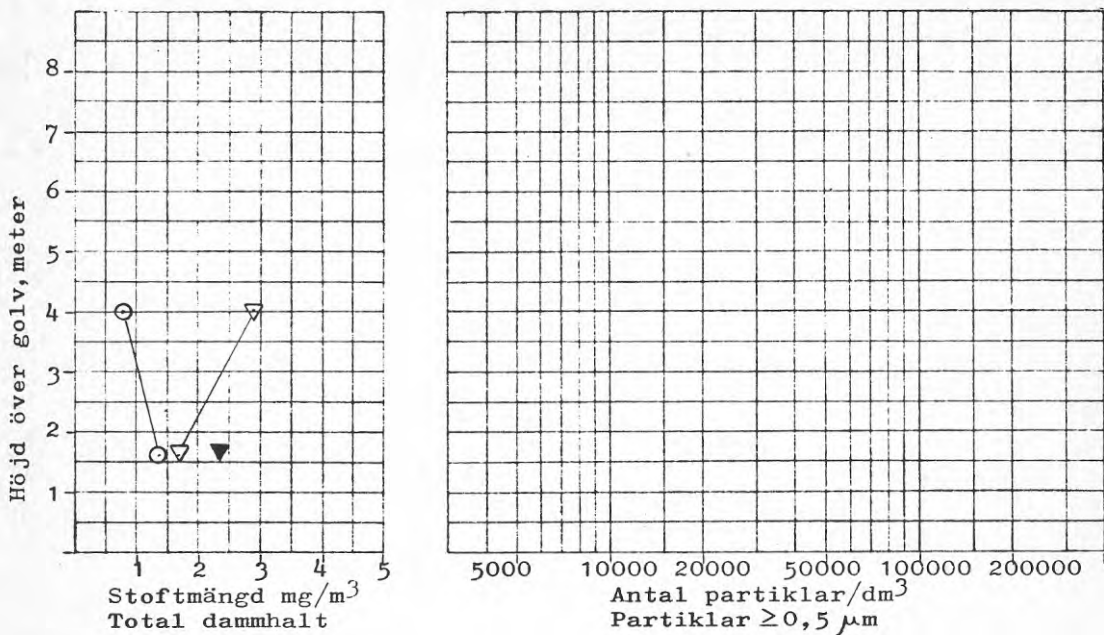
$\Delta t_{3-2,4}$: $-1,5^{\circ}\text{C}$

▽ S10V45

Tilluft: Don typ 1

▼ S10V45 strax efter att öppen port stängts

Figur 41a Lokaltemperatur på olika höjd i lokal som störs av kallluftsinläckning genom öppen port.



Mätning: KSB.TA2D4.101

$\Delta t_{3-2,4}$: $-1,5^{\circ}\text{C}$

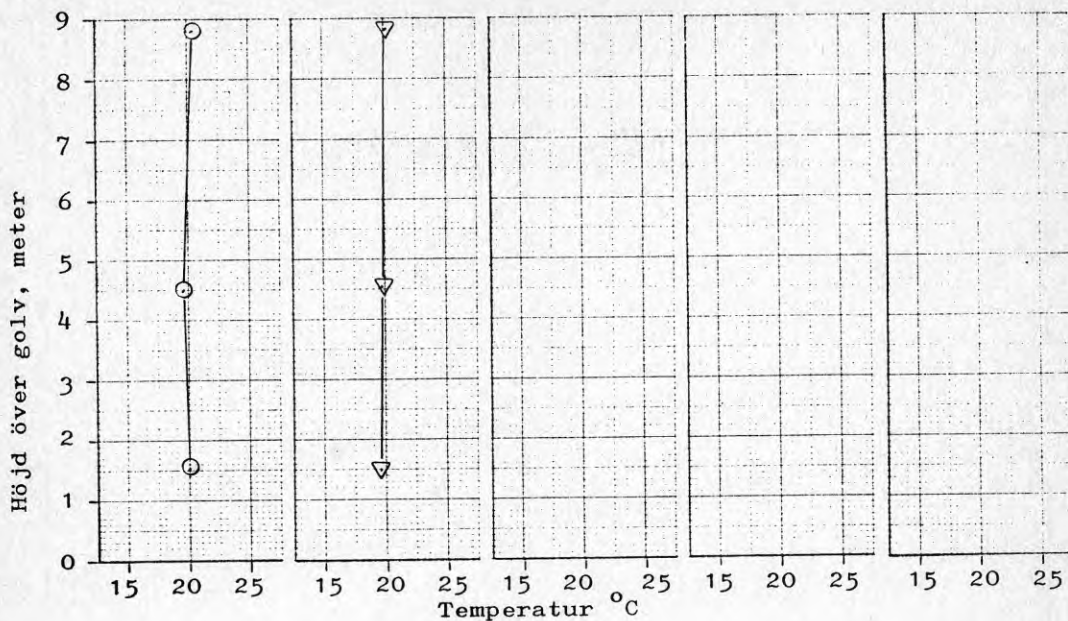
Tilluft: Don typ 1

Symboler: ○ S2V45

▽ S10V45

▼ Personburet filter
~3 meter snett fram-
för S10V45

Figur 41b Stoftmängd på olika höjd och avstånd från donet i lokal som har för hög tilluftstemperatur och störs av kallluft från öppen port.



Mätning: NNS.TA2D0.101

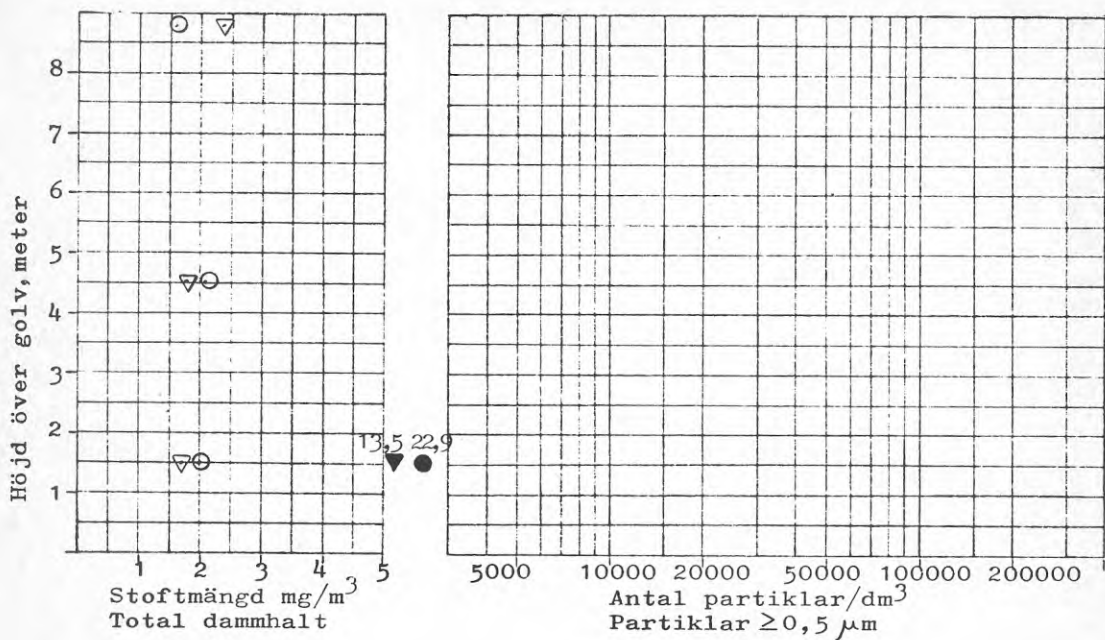
Symboler: ○ S1 ~Mitt i lokalen

$\Delta t_{3-2,4}$: Ca 1°C över lokaltemp.

▽ S2 vid inte kortsidan

Tilluft: Genom golvstosar ϕ 150

Figur 42a Temperatur på olika höjd i lokal med tilluft genom golvstosar.



Mätning: NNS.TA2D0.101

$\Delta t_{3-2,4}$: ca 1°C över lokaltemp.

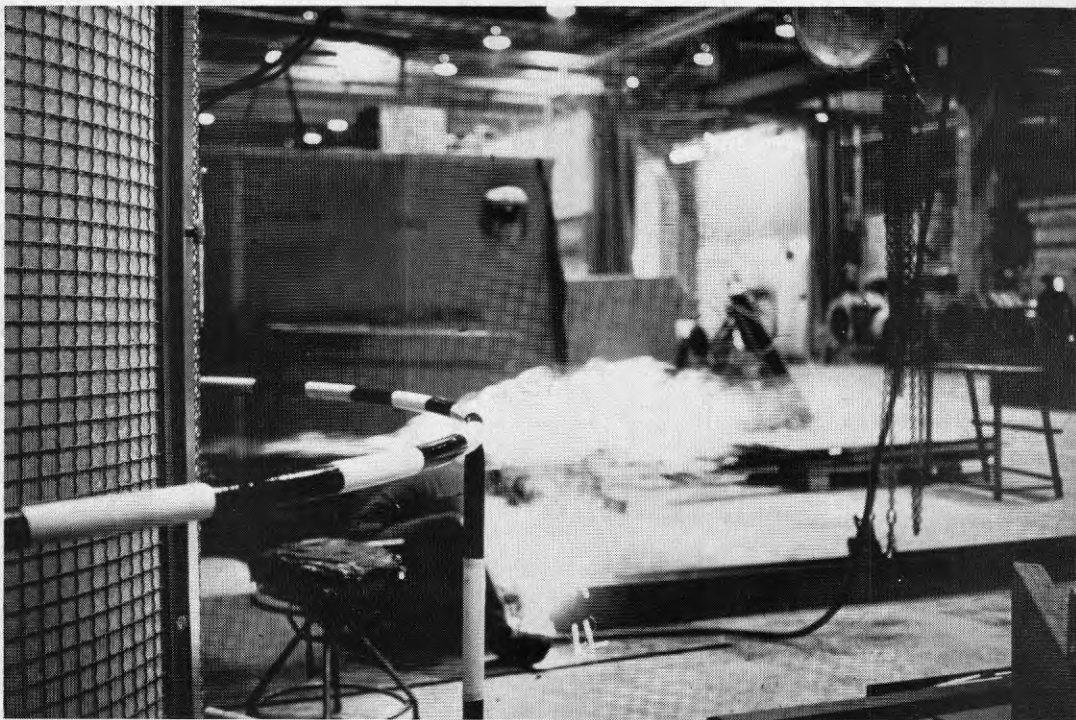
Tilluft: Genom golvstosar ϕ 150

Symboler: \circ S1 mitt i lokalen

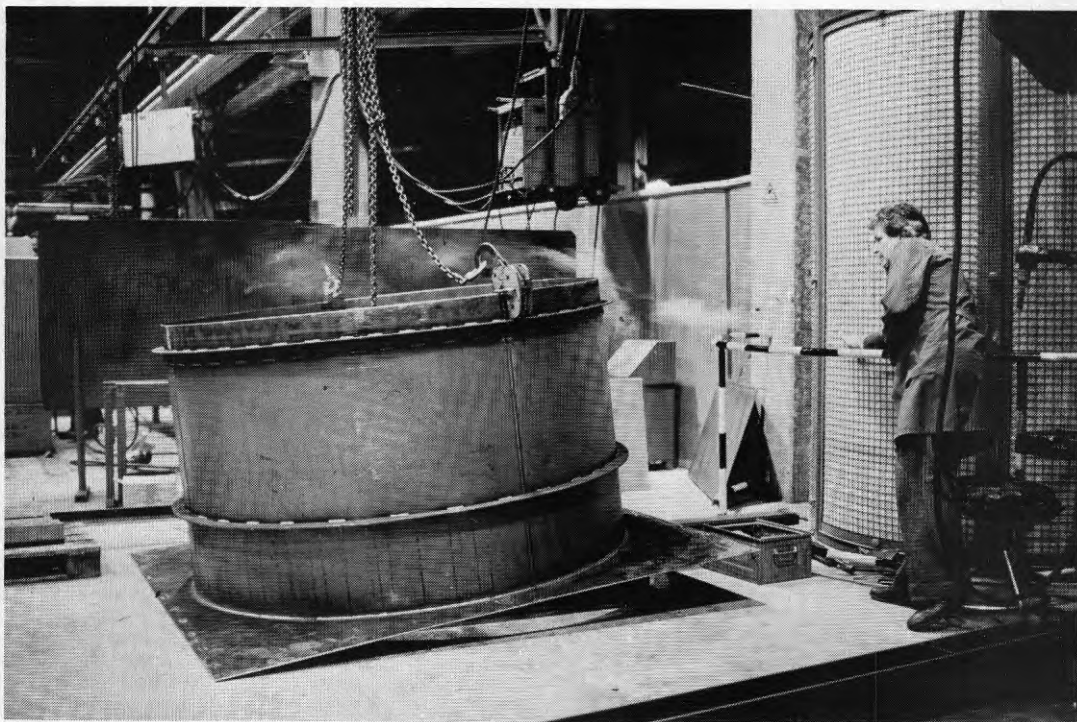
∇ S2 vid inre kortsidan

Fylld symbol för
personburet filter vid
resp.

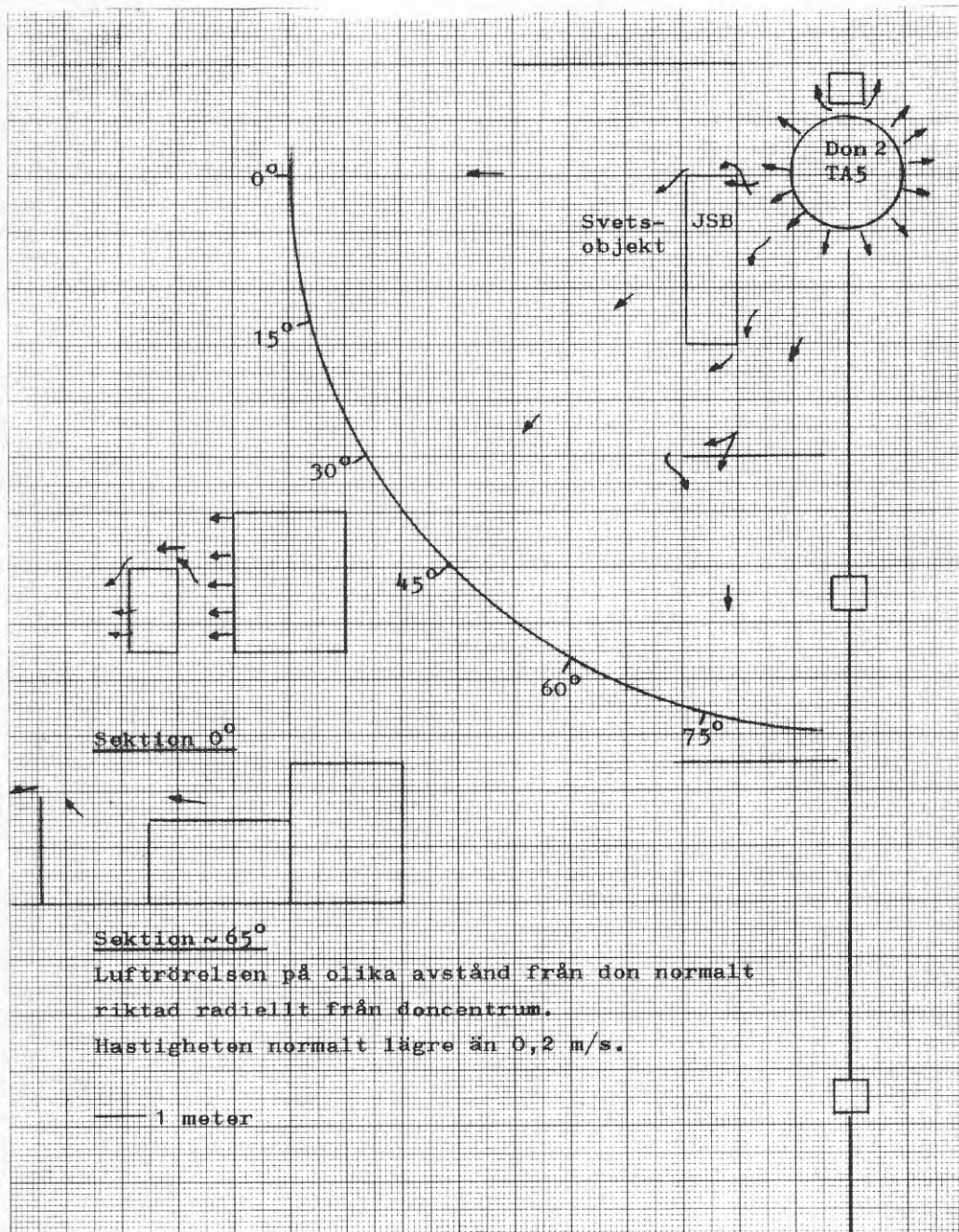
Figur 42b Stoftmängd på olika höjd i lokal med tilluft genom golvstosar.



Figur 43 Laminär utströmning från tilluftsdon



Figur 44 Luftströmning omkring svetsobjekt.
OBS hur röken går ner i cylindern.



Figur 45 Luftrörelser omkring strömningshinder don 2 TA5
AB Bahco Ventilation
I-verkstaden

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 760166-1 från
Statens råd för byggnadsforskning till AB Bahco
Ventilation Utvecklingsavdelningen, Enköping**

R77:1978

**ISBN 91-540-2904-X
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

Art.nr: 6600777

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms