

CODEN: LUTFD2/(TFRT-5311)/1-058/(1984)

AUTOMATISK UTVÄRDERING AV MÄTVÄRDEN FRÅN EN  
HAMMARKVARNSPROCESS

CARL ALMQUIST

INSTITUTIONEN FÖR REGLERTEKNIK  
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
AUGUSTI 1984

Dokumentutgivare

Dokumentnamn

Dokumentbeteckning

Handläggare

Utgivningsdatum

Ärendebeteckning

Författare

Carl Almquist

1976

**Dokumenttitel och undertitel**

Automatisk utvärdering av mätvärden från en hammarkvarnsprocess  
(Automatic evaluation of measurement values from a hammer mill process)

**Referat (sammandrag)**

The process in a mill is frequently monitored with the assistance of lists of measurement values and alarms from the process. Much time and concentration is sometimes needed to interpret these lists.

If the process is described using a model the interpretation can be made automatically by a computer. This would unload the operator and permit the concentration of the operator to be focused on running the process in an economic and energy saving manner.

The possibilities of creating such a model, describing a hammer mill process, are studied. Different parameters and methods of measuring these are discussed. The results of the discussions lead to a series of measurements related to the process. An attempt is made to set up a model to describe how efficiently the energy is used and the quality of the product. The result is expressed as the coefficient of process efficiency and is given in percent.

The measurement results show very complicated interrelations. They are too few to allow an acceptable model to be set up.

In spite of this some conclusions have been made. It seems as if the hammer mill used for the investigations is run unefficiently and with great stress. The probable reasons are brought up and suggestions are made to eliminate the causes.

**Indextermer (ange källa)**

1976

**Omfång**

5079 50 sidor

**Övriga bibliografiska uppgifter**

11672

**Språk**

1976

**Sekretessuppgifter**

0476

**ISSN**

16074

**ISÖN**

14076

**Dokumentet kan erhållas från**

0476

**Mottagarens uppgifter**

16274

**Pris**

0476

DOKUMENTTABLAD enligt SIS 62 10 12

AUTOMATISK UTVÄRDERING

AV NATVÄRDEN FRÅN EN HAMMARKVARNSPROCESS

Ett examensarbete utfört av

Carl Almquist

## Innehållsförteckning.

1	Förord	1
2	Inledning	2
3	Processverkningsgrad, PVG	3
4	Anläggningsbeskrivning	3
5	Förutsättningar	4
6	Förstudie	4
6.1	Processöverblick	4
6.2	Företagsbesök	4
6.3	Litteratursökning	5
6.4	Granskning av parametrar och mätmetoder	6
6.4.1	Effekt	6
6.4.2	Kapacitet	6
6.4.3	Siktanalys	7
6.4.4	Temperaturer	9
6.4.5	Vattenhalter	10
6.4.6	Vattenavgång	11
6.4.7	Relativt tryck i aspirationssystemet	11
6.4.8	Luftmängd genom kvarnen	12
6.4.9	Periferihastigheten	12
6.4.10	Maskindata - säll, slagor	13
6.4.11	Råvarans egenskaper, karaktär	13
6.5	Resultat av förstudien	13
7	Mätningar på en anläggning	14
7.1	Förberedelser	14
7.2	Genomförande	15
7.3	Resultat	17
8	Bestämning av PVG	18
9	Analys av mätresultat	22
10	Slutledning	24
11	Sammanfattning	25
12	Bilagor	
12.1	Litteraturlista	
12.2	Företags- och institutionsförteckning	
12.3-11	Sammanställningar av data och mätresultat	
12.12-17	Mätresultat, diagram	
12.18-22	Jämförelse av medelvärden, diagram	
12.23	Modell för jämförelse av kvarnar	
12.24	Modell för sammanvägning av parametrar, exempel	
12.25-26	Temperaturer i malgods, provomgång 2, diagram	
12.27-29	Analys av tre satser, diagram	



## 1 Förord.

Den här rapporten avser mitt examensarbete utfört för Agriconsult AB i Malmö (se bilaga 12.2) med Cert Jönsson som handledare. Handledare på Tekniska högskolan i Lund är Björn Wittenmark, Institutionen för reglerteknik.

Jag vill tacka handledarna och följande företag, institutioner och kontaktpersoner för värdefulla insatser under examensarbetets gång (se även bilaga 12.2)

Agriconsult AB

Lantmännens foderfabrik i Helsingborg - Jan Valdemarsson,  
driftspersonal, personal på foderlab, m.fl.

AgroTec maskin i Malmö AB - Hans-Åke Andersson

Internationale Forschungsgemeinschaft Futtermittelstechnik,  
Braunschweig-Thune, Västtyskland

Universitetsbiblioteket, filial 2 (UB2), Lund - Inga Elding

## 2 Inledning.

Användningen av datorer inom processindustrin ökar. Det kan gälla t.ex. övervakning, reglering eller administration. Behovet av mänsklig insats för att lösa dessa uppgifter minskar därmed. Processoperatören får listor med parametervärden eller utskrifter om fel och larm. Parameterlistorna kan omfatta många parametrar och vara väldigt svårtolkade. Då det är mycket att göra och anläggningen körs hårdare ökar sannolikheten för fel. Samtidigt är tiden att tolka listorna knapp. Stillestånd är dyrbara och måste undvikas.

Idén bakom examensarbetet, framförd av Gert Jönsson, Agriconsult, är att avlasta processoperatören och förbättra förutsättningarna för en mer ekonomisk drift av anläggningen. Tolkingen av parametervärdena ska göras av en dator och processens status presenteras för operatören i form av en kurva. Förändringar beroende på slitage och felaktig funktion ska yttra sig som en tydlig trend på kurvan. Med ett sådant system skulle en jämnare produktkvalitet och ett mer ekonomiskt utnyttjande av anläggningen vinnas.

Det här arbetet är en tillämpning av idén på en hammarkvarnsprocess inom fodermedelsindustrin.

Målet med arbetet är att skapa en modell som utifrån ett parameterurval beskriver hammarkvarnsprocessen med avseende på energiutnyttjande och produktkvalitet. Med hjälp av modellen kan regler för beräkning av ett värde som talar om processens status ställas upp. Detta värde är benämnt processverkningsgrad, förkortat till PVG.

I rapporten diskuteras tänkbara parametrar och hur det är möjligt att mäta dem. Ett urval görs varefter dessa mätes i en produktionsprocess. Resultaten sammanställs och utvärderas. Vidare diskuteras parametrarnas inverkan på PVG och olika modeller för beskrivning av processen med avseende på status. Denna diskussion leder inte fram till något entydigt svar. Det konstateras att avsaknaden av kapacitetsvärden från körningarna är en oersättlig brist. PVG-idén illustreras med en begränsad modell som tillsammans med kapaciteten kan vara en ytterligare hjälp i det fortsatta arbetet mot en riktig PVG-modell.

Rapporten avslutas med en analys av vad som händer i kvarnen under de satskörningar som mätningarna är gjorda på. Indikationer på att processen körs olämpligt förs fram och motåtgärder föreslås. Mätresultat och jämförande figurer finns som bilagor.

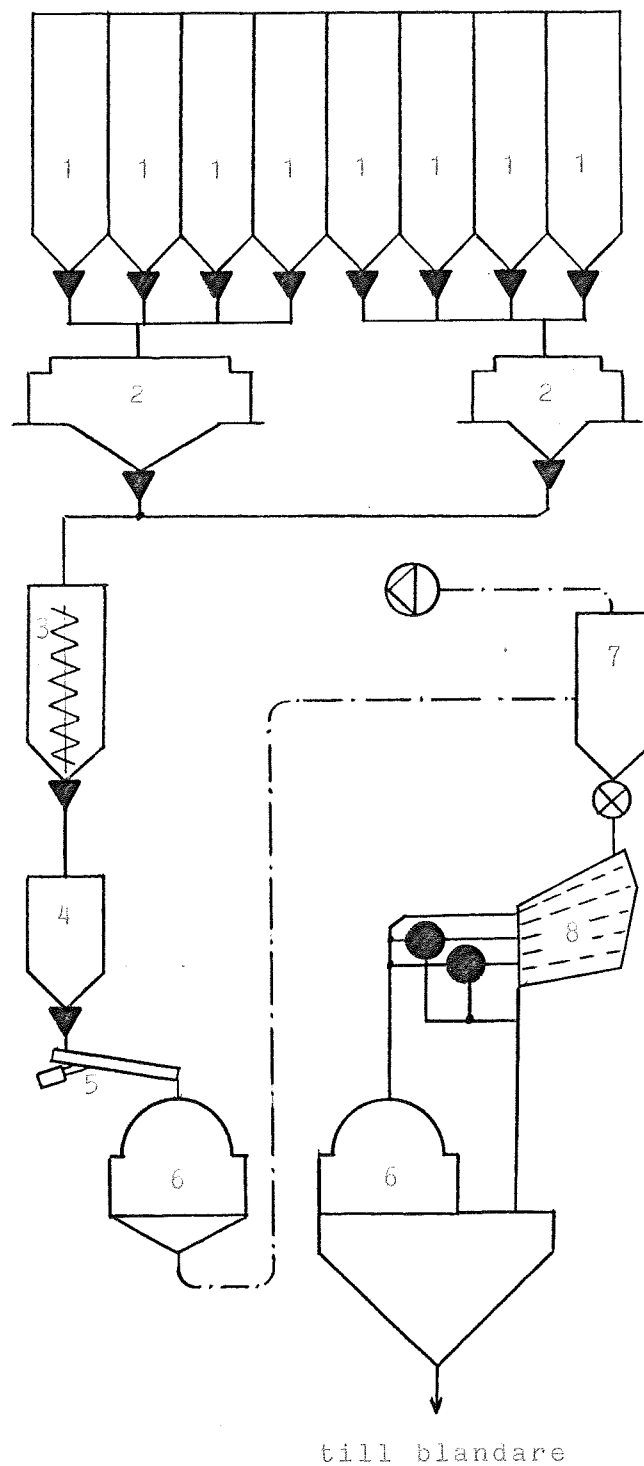






Fig. 4.1 Schema över kvarnanläggning med tvåstegsförmalning från råvarubehållare till och med kvarnsteg två.

- 1 Råvarubehållare
- 2 Satsvåg
- 3 Vertikal blandare
- 4 Förbehållare
- 5 Vibrationsmatningsränna
- 6 Kvarn
- 7 Filter
- 8 Sikt

-  Fläkt
-  Sluss
-  Utlopp med spjäll och fjärrmanöver
-  Tvåvägsfördelare med fjärrmanöver

### 3 Processverkningsgrad, PVG.

För att veta hur en process körs måste man ta reda på ett flertal parametrar. Redan när deras antal är 'några stycken' börjar bedömningen av helheten att bli svår.

Om man kan få fram regler för hur de olika parametrarna påverkar helheten kan 'bedömningen' göras av en dator.

Helheten är en sammanvägning av driftsekonomi, produktkvalitet, etc. Värdet som beskriver helheten benämns här efter 'p r o c e s s - v e r k n i n g s g r a d' eller 'P V G'. Den uttrycks i procent.

### 4 Anläggningsbeskrivning.

En foderfabrik består väsentligen av behållare av olika slag, vågar, kvarnar, siktar, blandare, pelletspressar och ett transportnät. Det sista i sin tur omfattar elevatorer, transportörer, rör för pneumatisk transport och fallrör. En pneumatisk transport slutar i en cyklon eller ett filter. Där skapas ett tryckfall så att det transporterade materialet kan samlas upp. Det förs vidare via en luftsluss.

Den del av anläggningen i Helsingborg som mätningarna utförts på består av en vibrationsmatningsrännan, en hammarkvarn och en pneumatisk transportör som slutar i ett filter med en luftsluss.

Vibrationsmatningsrännan är styrd av kvarnens belastning. Efter luftslussen siktas materialet och olika fraktioner kan behandlas olika.

Hammarkvarnen består av kvarnhus, sållplåtar, rotorskivor, hammare (slagor), drivmotor med koppling samt fundament. Antalet rotorskivor beror på malkammarens bredd. Mellan skivorna är hamrarna fastsatta och kan rotera. Sönderdelningen sker mellan hammare och såll. Sållperforeringen bestämmer, med givet motorvarvtal, kornstorleken på materialet. Råvaran matas in över hela kvarnens arbetsbredd vid periferin, ovanifrån.

Vid anläggningen brukas blandad tvåstegsförmalning. Detta innebär att råvarorna vägs och blandas före malningen och att malningen sker i två steg. Efter den första kvarnen siktas mjölet och grova fraktioner går till nästa kvarn. Därefter sammanförs alla fraktioner igen.

I det här arbetet studeras endast det första förmalningssteget.

Förutom blandad förmalning förekommer enkel förmalning. Båda kan ske i ett eller två steg.

En följd av den blandade förmalningen är att kontinuerlig malning inte är möjlig. Det skulle ställa stora krav på portionering och blandning av de olika ingredienserna. Recepten körs här satsvis. Tidsintervallen mellan satserna är av storleksordningen en minut.

## 5 Förutsättningar.

Uppgiften kräver kunskap om processen. En del är inläst från tillgänglig litteratur medan annat har hämtats direkt från processtekniker.

Litteratur som behandlar problemet utifrån helheten har inte kunnat uppbringas, utan den som finns begränsar sig till undersökningar t.ex. med avsikt att försöka förbättra kvarnarnas utformning. Det innebär att inga officiellt dokumenterade försök gjorts för att få fram samband mellan de parametrar som skulle studeras.

Huvudbeståndsdelen i djurfoder av det studerade slaget är spannmål. Det är ett material som har en mängd, mer eller mindre svårbestämda, egenskaper som är avgörande för förmalningen, t.ex. elasticitet, sprödhet, hårdhet, vattenhalt, etc.

Dessa faktorer beror på art, odlingsförhållanden, skördetid, mm.

Vid blandad förmalning räcker inte kunskap om enskilda råvarors uppförande. En blandning kan få helt nya egenskaper. Spröda, lättförmalda arter förbättrar rensningen av sållen vid malning av fiberrika material som korn och havre. Kapaciteten förbättras därmed.

Det recept som mätningarna är gjorda på består till 87% av spannmål och 13% av mjölandelar. Spannmålen är en blandning av korn, havre, råg, vete, majs och sojabönor.

## 6 Förstudie.

Det första målet med förstudien var att inhämta grundläggande processkunskap. Först därefter kunde företagsbesök och intervjuer tillföra något av värde. De kunskaper och erfarenheter som Agriconsults representant och jag fått ta del av utgjorde sedan grunden för den datorbaserade litteratursökningen. Genom kontakt med IFF (se bilaga 12.2) erhöles utvald lämplig litteratur.

### 6.1 Processöverblick.

Litteratursökningen började på ett tidigt stadium. I första hand skedde den med hjälp av de ordinarie katalogerna på Lunds stadsbibliotek och UB2. De böcker som fanns där var av översiktstyp och behandlade hammarkvarnar på endast ett par sidor. En del litteratur, broschyrer och andra handlingar i ämnet fanns på Agriconsult.

### 6.2 Företagsbesök.

Litteraturen om hammarkvarnsprocessen är inriktad på relativt smala områden. Den behandlar några parametrar och deras samband under vissa omständigheter. Andra, som kan vara viktiga att studera närmare, tas inte upp till granskning ur den synvinkel som här är intressant. För att reda ut en del frågetecken gjordes ett antal intervjuer.

Processtekniker på Agriconsult, AgroTec och Lantmännen redogjorde för sina erfarenheter och synpunkter på problemen.

Under kontakterna med Lantmännens foderfabrik i Helsingborg diskuteras också möjligheterna att göra en del mätningar och provtagningar på anläggningen.

### 6.3 Litteratursökning.

För att en datorbaserad litteratursökning ska ge resultat måste den planeras noga. Det är viktigt att kunna definiera problemet. Inringningen av de sökta referenserna görs med mängdlära. Sökorden, som är nyckelord, motsvarar mängderna.

Sökningen gjordes i databaser med inriktning på agrikultur och agrikulturell teknik: Agricola, Agris, CAB, NTIS, Pascal.

Den använda sökprofilen ser ut på följande sätt.

```

1  hammer(w)mill?
2  feed
3  feeds
4  fodder
5  2+3+4
6  1*5
7  screen?
8  sieve?
9  structure
10 temperature
11 humidit?
12 7+8+9+10+11
13 6*12
14 process?
15 6*14
16 15-13
17 energy
18 6*17
19 18-(13+16)

```

```

Print 13
Print 16
Print 19

```

Förklaringar: (w)=obestämt, ?=obestämd ändelse, '+' motsvarar snittet, '\*' motsvarar unionen, '-' motsvarar differensmängden, 'print' skriver ut referenserna

Resultatet av sökningarna är förvånansvärt magert. Om detta beror på en olämplig sökprofil eller att ganska lite finns publicerat i ämnet är oklart.

Referenser har också beställts från IFF. Dessa innehåller flera bra artiklar som bygger på forskningsresultat vid IFF.

#### 6.4 Granskning av parametrar och mätmetoder.

PVG är väsentligen ett mått på hur den tillförda energin används och kvaliteten på den utgående produkten. Faktorer som kan vara påverkande i sammanhanget är följande

- 1 effekt
- 2 kapacitet
- 3 siktanalys
- 4 temperaturer
- 5 vattenhalter
- 6 vattenavgång
- 7 relativt tryck i aspirationssystemet
- 8 luftmängd genom kvarnen
- 9 periferihastigheten
- 10 maskindata - säll, slagor
- 11 råvarans egenskaper, karaktär

##### 6.4.1 Effekt.

Denna storhet mäts ofta redan nu och avslöjar belastningen på maskinen. Den mäts med wattmeter och strömtransformator.

Effektvärdet kan också beräknas med hjälp av strömmen, spänningen och effektfaktorn.

Tillsammans med kvarnens kapacitetsvärde fås den malda varans specifika kraftbehov (kWh/ton).

##### 6.4.2 Kapacitet.

Kapaciteten mäts oftast inte idag. I befintliga anläggningar är utrymmet ofta begränsat för kompletteringar av den maskinella utrustningen. Den bästa mätpunkten är omedelbart efter kvarnen. Det kan dock vara svårt att installera en vågutrustning i denna punkt.

Mätningen göres lämpligen med en satsvåg eller en våg av Sankyotyp. Den förra kräver någon form av styrd matning medan den senare måste ha en väldefinierad nollpunkt varifrån materialets fall mot snedplattan startar med den vertikala hastigheten lika med noll.

Tillsammans med effektförbrukningen fås det specifika effektbehovet.

Tyvärr kan kapaciteten inte mätas för den här uppgiften. Anläggningens utformning gör det omöjligt att med rimliga insatser komma åt den.

### 6.4.3 Siktanalys.

Kvaliteten på den förmalda produkten beror till stor del på dess kornstorleksfördelning. Den påverkas av faktorer som råvarans typ och vattenhalt, slagornas hastighet, deras förslitning, sållens kon- dition, etc.

Siktanalysen kan göras dels genom att väga de absoluta mängderna och dels genom att mäta de relativa mängderna från olika utlopp ur sik- ten.

Absolutmätningen görs på samma sätt som kapacitetsmätningen.

Relativmätningen kan göras med en metod påminnande om den okulära bedömning som kvarnskötaren gör då han tittar på flödena från sik- tarna och jämför dessa.

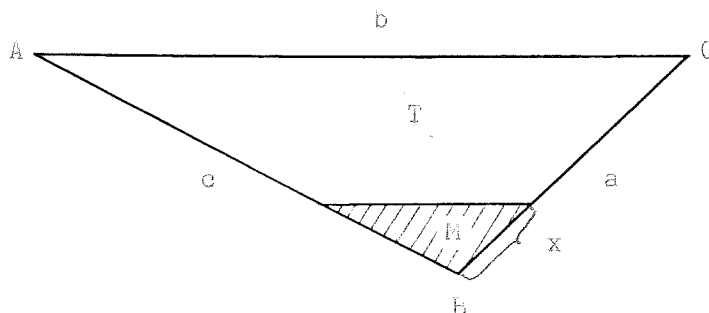
Material av det här aktuella slaget är mer fluida då de passerar i en vibrerande ränna. Samma fenomen finns i skakbord i rensmaskiner och matare. Materialet fördelar sig likt en vätska. Om det passerar i rännan med konstant hastighet och flödets tvärsnittsarea mäts kan också den passerande volymen bestämmas. Massandelarna förhåller sig till varandra ungefär på samma sätt som volymandelarna gör, förut- satt att volymvikten är ungefär lika för de olika fraktionerna. Kor- rigeringsfaktorer kan med lätthet införas.

Tvärsnittsyttans utformning.

Då rännans botten är plan kommer materialet att fördela sig så jämnt över ytan som möjligt. Materialets djup, dvs höjden längs kanten, är ett mått på arean. Avbildningen är linjär.

Tvärsnittet kan i stället göras triangulärt med ena hörnet nedåt och överkanten horisontell. Fyllnadsgraden avläses på en av de andra kanterna. Ett paraboliskt samband mellan kantlängden och arean gäl- ler då.

Trigonometrisk betraktelse.



$$\text{Sinussatsen: } a/\sin A = b/\sin B = c/\sin C$$

$$\text{Triangelns totala area, } T = 0.5 * a * b * \sin C$$

$$\text{Massflödets tvärsnittsarea, } M = 0.5 * x * x * \sin B * \sin C / \sin A$$

$$M/T = x * x * \sin B / (a * b * \sin A)$$



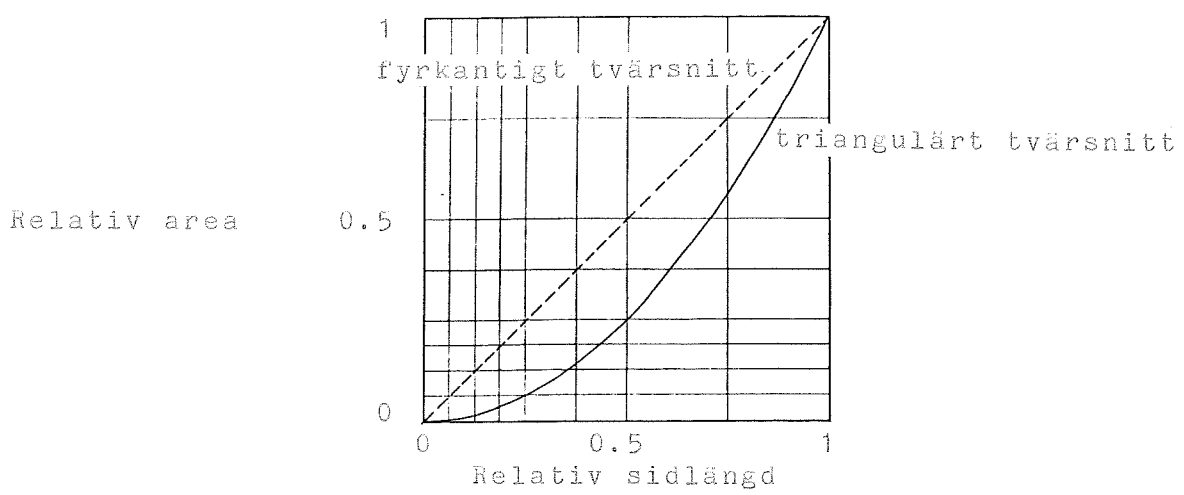


Fig. 6.1 Den relativa arean som funktion av den relativa sidlängden.

Vid små flöden ger det triangulära tvärsnittet bäst upplösning. Det som slutligen får avgöra utformningen är utrymmes- och volymkrav i förhållande till sidan a. Hänsyn måste dock tas till det transporterade materialets flytegenskaper. Troligt är att ett tjockt flöde gynnar en bredare hastighetsfördelning i materialet. Det försämrar måtnoggrannheten.

Samband vinklar - area.

Triangelns totala area,  $T = 0.5 * a * b * \sin C = 0.5 * a * a * \sin B * \sin C / \sin A$

Vinkelsumman är  $A + B + C = 180$

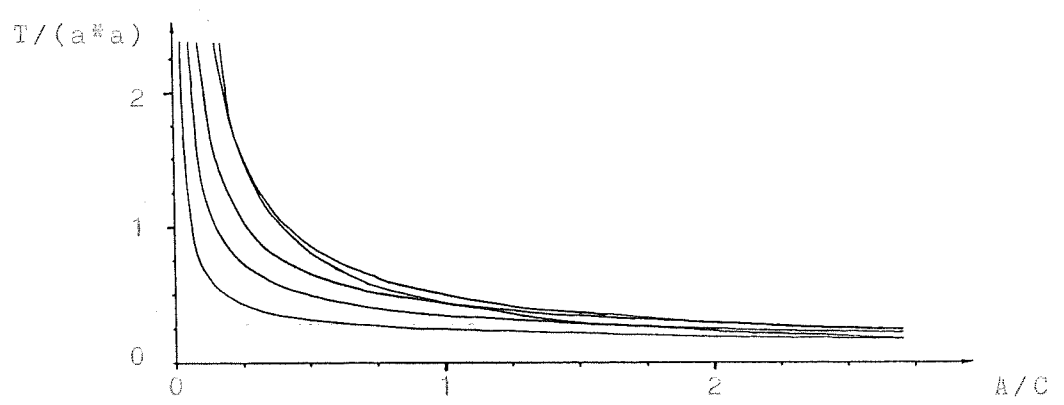


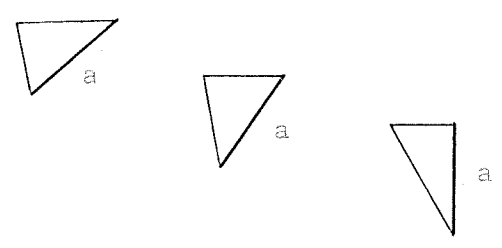
Fig. 6.2 Vinklarnas inverkan på arean T vid samma längd på sidan a.

I figuren ses t.ex. att ungefär samma area erhålls med konstant a då

$A=80, B=60, C=40 \rightarrow A/C=2.0$

$A=80, B=45, C=55 \rightarrow A/C=1.45$

$A=60, B=30, C=90 \rightarrow A/C=0.67$



Mätning av x.

x kan enkelt mätas fotometriskt. Ett fönster görs i rännan som belyses ovanifrån. Materialflödet kommer då att ge en skugga på andra sidan fönstret. Denna kan detekteras med en rad fotodetektorer. Varje detektor kommer i stort sett att vara belyst eller i skugga varför inga höga krav behöver ställas på deras känslighet. Det som styr valet är istället miljökrav och ekonomiska aspekter. Lämpliga är fotodioder - ca 20 stycken ger en godtagbar upplösning enligt figur 6.1. Dioderna behöver en spänningskälla.

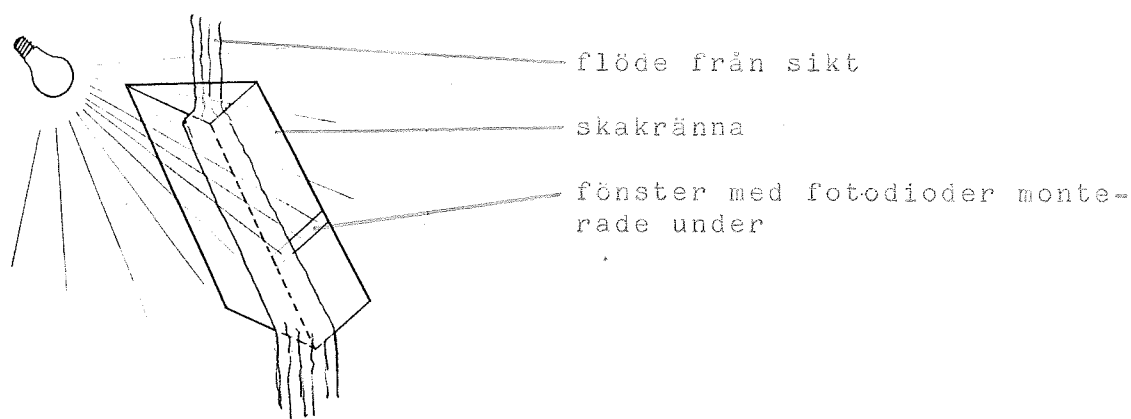


Fig. 6.3 Principskiss på flödesmätning efter sikt.

Montering av detektor.

Beroende på rännans skakamplitud och kanske dess frekvens, monteras detektorn antingen direkt mot fönstret eller fritt under rännan.

Siktanalys.

Siktandelarnas relativa värden kan användas på flera sätt. Ett är att se hur stor del av det totala flödet som är under en viss kornstorlek. Åtgärder kan sättas in om denna blir för stor. En annan möjlighet är att approximera kornstorleksfördelningen och bestämma medelkornstorleken.

Försöksmetod.

Den beskrivna metoden är inte testad och en test är ännu inte motiverad. Under de här försöken har siktanalysen därför gjorts i laboratorium på stickprov.

#### 6.4.4 Temperaturer.

Temperaturdifferensen mellan råvara och malet gods är ett mått på hur stor energimängd som överförts till värme. Den bör vara liten. En relativ ökning kan tyda på ökad förslitning av slagor och såll, igensättning av såll eller aspirationsfilter, ökad vattenhalt i råvaran, etc.

Temperaturmätningarna kan göras på metallplattor som respektive material glider över. För att få liten termisk tröghet måste plattornas massor vara små. De måste också vara nöthärdiga och ha liten friktion.

Temperaturerna varierar inom ett relativt begränsat område där många mätprinciper fungerar.

Resistanstermometrar är de noggrannaste. I dessa utnyttjas metallers egenskap att deras resistans ökar med temperaturen. De små resistansändringarna mäts med en bryggkoppling. Metoden är stabil och snabb.

I termistorerna utnyttjas motsvarande egenskap hos halvledarna. De har betydligt större temperaturkoefficient än metallerna. Termistorns massa är mycket liten och därmed också den termiska trögheten. Mätströmmen måste hållas liten för att inte förorsaka egenuppvärmning.

Mönolitiska kiselkristaller dopade med fosfor ger relativt linjära givare med positiv temperaturkoefficient över  $-50^{\circ}\text{C}$ . Fertronic har en givare, LM35, som är linjär mellan  $-55^{\circ}\text{C}$  och  $+150^{\circ}\text{C}$  med en koefficient på  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ . Den kostar några tior och ger en enkel lösning.

I en kristalltermometer utnyttjas att resonansfrekvensen för en kvartskristall skuren i en viss riktning är ett mått på kristallens temperatur. Termometern är linjär och dyr.

Termoelementen baseras på det faktum att två ledare som sammanfogats i ena änden och utsätts för en temperatur skillnad från omgivningens ger upphov till en emk. Storleken beror på temperaturdifferensen och på de båda ledarnas egenskaper. En lämplig kombination är koppar - konstantan. Den är motståndskraftig mot korrosion och stämmer väl överens med publicerade kalibreringsdata. Termoelementet är  $17 - 62 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ . Metoden kräver en väldefinierad temperaturreferens, måste kalibreras och är känslig för åldring.

Störningarna i temperaturdifferensmätningarna synes vara många och deras inverkan är oklar. Materialets friktion mot mätplattan, aspirationsluftens kylande inverkan på kvarndelar och malgods, relativa luftfuktighetens inverkan på kylningen är exempel på sådana.

Försöksmetod.

Prover togs ur materialströmmen, före och efter kvarnen. Temperaturen på dessa bestämdes. Eftersom det inte finns möjlighet att ta provet efter kvarnen förrän efter en längre pneumatisk transport noterades dessutom inluftens temperatur.

#### 6.4.5 Vattenhalter.

Råvarans vattenhalt inverkar på förmalningsegenskaperna. En hög vattenhalt ger ett stort specifikt kraftbehov och mer värme. En stor del av råvaran till kvarnprocessen utgörs av spannmål av olika slag. Vattenhalten i denna är svår att bestämma kontinuerligt.

De mest använda metoderna bygger på analys av prov genom

- \* nedmalning - vägning - torkning - vägning, resp
- \* homogenisering av vattenhalten genom nedmalning och därefter en resistiv eller kapacitiv vattenhaltsbestämning.

En metod som används inom pappersindustrin för kontinuerlig vattenhaltsbestämning i träflis är mikrovågsabsorption. Vatten har stor förmåga att ta upp mikrovågsenergi. Det bör vara möjligt att använda metoden även i denna tillämpning.

I försöken här togs prover före och efter kvarnen vilka sedan analyserades.

#### 6.4.6 Vattenavgång.

En foderprocess måste vara så utformad att den inte medför några överraskningar av ekonomisk karaktär t.ex. förlorad vikt genom vattenavgång. Ett sätt att skaffa sig kännedom om vattenhalten är att mäta den direkt. Ett annat är att följa en råvara med känd vattenhalt genom behandlingsprocesserna och registrera vattenavgången under dessa. Producenten kan med ledning av denna kunskap sätta in åtgärder t.ex. vattenhaltsjustering eller prisjustering.

Vattenavgången beror av många faktorer bl.a. råvarans vattenhalt, aspirationsluftens mängd, temperatur och relativa fuktighet, sönderdelningens inverkan på temperaturhöjningen, kornstorleken, etc.

Det är viktigt att inte försöka minska vattenavgången under processen till den grad att kondensproblem senare uppstår vid en inlagring.

En viss kylning av aspirationsluften kan dock vara motiverad under den varma och torra årstiden. En ökning av den relativa fuktigheten erhålls då med minskad vattenupptagningsförmåga som följd.

Vattenavgången i kvarnsteget mättes inte direkt utan vattenhalten före och efter malningen bestämdes.

#### 6.4.7 Relativa trycket i aspirationssystemet.

Trycket i aspirationsfiltret relativt atmosfären visar om filtren är igensatta. Risken för stockning i malkammaren ökar om så är fallet.

Mätningen görs med en differenstryckmätare och används för larm vid igensättning.

#### 6.4.8 Luftmängden genom kvarnen.

Luftmängden har betydelse för rensningen av sållhålen, avkyllningen av kvarndelar och malgods, vattenavgången, etc.

För mätning av luftflöde finns flera metoder.

En grupp grundar sig på tryckdifferenser i flödet. En störning införes i flödet i form av olika strypningar eller riktningsförändringar. Enligt Bernoulli är flödets totala energi densamma i vilken punkt som helst i röret om friktionen kan försummas. Nackdelen med strypflänsar och pitotrör är att de är smutskänsliga. Venturirör med liten strypning eller differenstrycksmätning i en rörböj är mindre smutskänsliga, i synnerhet om tryckgivarna kan monteras i plan med rörväggen.

En spiralformigt räfflad flytkropp i ett koniskt rör svävar olika högt beroende på storleken på det nedifrån kommande flödet. Den beskrivna givaren kallas 'rotameter'.

Metoder som mäter lufthastigheten är sådana där en propeller eller turbin bringas att rotera. Dessa är dock känsliga för nedsmutsning. Olika ultraljudsmetoder förekommer också men de är besvärliga och har dålig upplösning.

Varmtrådsanemometern är en resistiv metod. I denna utnyttjas att värmetransporten från den uppvärmda tråden beror på lufthastigheten. Den är också känslig för nedsmutsning.

Då luftmängden mäts i evakueringsröret från aspirationsfiltret är risken för nedsmutsning i stort sett eliminerad.

Ett pitotrör användes för mätningen. För att bestämma luftmängden behövs även lufttemperaturen.

#### 6.4.9 Periferihastigheten.

Periferihastigheten avser slagans hastighet i dess omloppsbanas yttre begränsningslinje. Hastigheten är proportionell mot varvtalet.

Kvarnmotorn är ofta kopplad så att den möjliggör omkoppling mellan två varvtal. Vilket som väljs beror väsentligen på aktuell råvara.

Det finns många sätt att mäta varvtalet: tachometrar, induktiva givare, fotoelektriska givare, etc. Här är främst miljön den begränsande faktorn. Kapsling som skydd mot smuts kan behövas för fotoelektriska givare.

Eftersläpningen i asynkronmotorn ändrar sig inte nämnvärt med belastningen. Inget större fel begås om inkopplat varvtal används som mått på varvtalet. Det matas in antingen manuellt eller genom receptet.

Mätningarna gjordes på satser av samma recept. Periferihastighetens inverkan kunde inte studeras då den var oförändrad.

#### 6.4.10 Maskindata - säll och slagor.

Förutsättningarna för olika förmalningsresultat kan ändras genom att ändra sällhålsdiameter, fri sällarea, sällplåtstjocklek, etc.

Sällldata kan matas in via receptet eller genom att sällena 'tid-märks' och aktuella värden automatiskt läses in.

Sällhålsgeometrin, dvs hålens form och inbördes placering, samt slagornas material, utformning, antal och placering antas vara optimerad med avseende på funktion och slitstyrka hos kvarnen. De betraktas som konstanter.

Sällldata ändrades inte i de körningar som gjordes då satserna kördes med samma recept.

#### 6.4.11 Råvarans egenskaper.

Många av råvarans egenskaper är svårbestämbara och deras betydelse för PVG oklar. Förutom vattenhalten är de volymvikten, elasticiteten, sprödheten, segheten, fiberinnehållet, etc. Vetskapen om råvarans art och vattenhalt parad med erfarenhet från körningar under liknande omständigheter, kan ge en viss vägledning om faktorernas betydelse.

#### 6.5 Resultat av förstudien.

Den genomförda studien har lett fram till att följande parametrar bedömts som viktigast.

- effekt
- kapacitet
- siktanalys
- temperaturer
- vattenhalter
- luftmängd genom kvarnen
- periferihastigheten
- maskindata - säll, slagor
- råvarans egenskaper, karaktär

Parametrarnas mätbarhet i ett anpassat system har diskuterats. En okonventionell metod för siktanalys har föreslagits.

Råvarans egenskaper är svåra att bestämma, i synnerhet om det ska ske kontinuerligt.

De satser på vilka mätningarna gjordes är av samma recept. Det innebär att periferihastighetens och maskindatas inverkan på processen inte kunde studeras i detta arbete. Slitdelarnas kondition väntades visa sig på resultatet vid jämförelse mellan satser körda vid olika tidpunkter.

Det bedöms vara möjligt att kontinuerligt bestämma övriga parametrar med framförda metoder.

## 7 Mätningar på en anläggning.

Den hittills förda diskussionen bygger på resultaten av förstudien. En samlad bild av de utvalda parametrarna och deras inbördes relationer i form av siffervärden eller färdiga formler finns inte dokumenterad. För att nå målet med föreliggande arbete måste mätningar i syfte att insamla samhörande parametervärden göras. Dessa utvärderades därefter för att regler för beräkning av PVG skulle kunna ställas upp.

För att inte komplicera utvärderingen mer än nödvändigt var avsikten att utföra mätningarna på en kvarnlinje med enkel enstegsförmalning.

De produktionsansvariga vid Lantmännens foderfabrik i Helsingborg hade redan tidigare visat intresse för och stött iden till övervakningssystem. Detta bidrog till att mätningarna utfördes där, trots att anläggningen inte har någon kvarnlinje som uppfyller önskemålet om enkel enstegsförmalning.

Driften bygger på blandad tvåstegsförmalning. Foderråvarorna blandas före det första kvarnsteget. Efter den första malningen siktas materialet och grovandelarna mals ytterligare i det andra kvarnsteget. Mätningarna gjordes på det första kvarnsteget. Det hade inneburit alltför stora driftstörningar att göra mätningarna på enkel förmalning.

### 7.1 Förberedelser.

Efter genomgång av den aktuella anläggningsdelen rekognoserades möjligheterna att mäta önskade parametrar. Snart framstod det klart att mätningarna skulle göras med handinstrument. Andra alternativ var omöjliga utan omfattande modifieringar av anläggningen eller bedömdes ge små fördelar i förhållande till gjorda insatser.

Problemet att mäta den momentana kapaciteten gick inte att lösa på något sätt, med rimliga insatser.

Några parametrar skulle bestämmas genom analys av prover som togs för hand. För hjälp med detta kontaktades personal vid foderfabrikens laboratorium.

Mätprotokoll och samordnande anvisningar för mätningar på fyra olika platser samtidigt utarbetades.

Håltagningar gjordes för luftmätningen och provuttaget efter kvarnen. För luftmätningen bestämdes evakueringsrörets tvärsnittsarea.

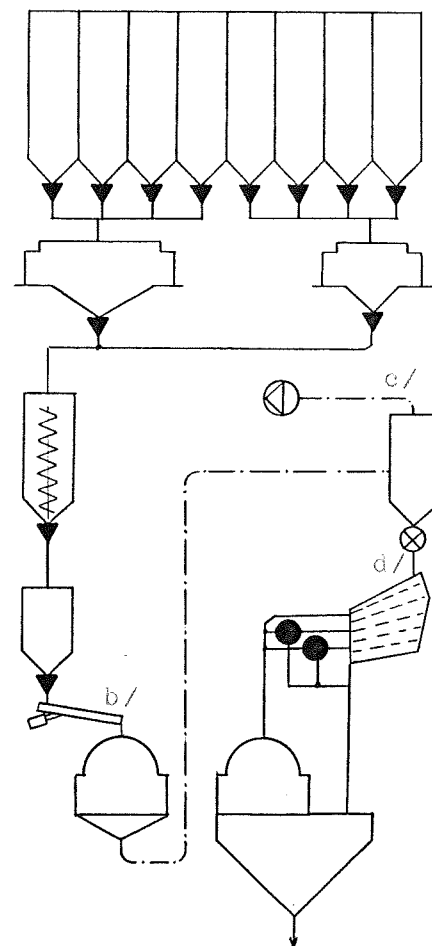
Mätinstrument organiserades fram och medhjälpare vidtalades.

Mätintervallet bestämdes till 2 minuter. Motiveringen till det var dels de förväntade små variationerna i parametervärdena och dels tidsfaktorn vid provtagningarna. Initiala överslängar skulle kapas bort genom en fördröjning på 30 sekunder innan första mätningen utfördes.

## 7.2 Genomförande.

Mätningarna gjordes enligt följande:

- a/ I kontaktorcentralen avlästes strömmen till kvarnen för beräkning av effekten. Bokföringen av strömvärde och tidpunkt började 30 sekunder efter det att strömmen börjat öka väsentligt. Därefter var mätintervallet 2 minuter.
- b/ I inloppet till kvarnen togs prover ur malråvaran. Temperaturen på proverna och på inluften till kvarnen mättes. Provtagningarna och mätningarna började 30 sekunder efter materialets ankomst och fortsatte därefter med 2 minuters intervall. Provnumret, provtagningstidpunkten och temperaturerna bokfördes. Proverna förslöts och analyserades senare med avseende på vattenhalt och struktur.
- c/ I evakueringsröret från filtret mättes det dynamiska trycket och luftens temperatur för beräkning av luftmängden. Mätningarna började 30 sekunder efter det att det dynamiska trycket börjat sjunka väsentligt under den nivå som trycket har mellan två sats. Trycket, temperaturen och tidpunkten bokfördes. Mätintervallet var därefter 2 minuter.
- d/ Under luftslussen på filtret togs prover ur materialströmmen till sikten. Temperaturen på proverna mättes och bokfördes tillsammans med tidpunkten med början 30 sekunder efter materialets ankomst. Provtagningsintervallet därefter var 2 minuter. Proverna förslöts och analyserades sedan med avseende på vattenhalt och struktur.



Analysen av proverna utfördes av foderfabrikens laboratorium. Råvaruproverna handsiktades med 1,6 millimeters maskvidd. De malda proverna maskinsiktades med standardmaskvidderna 0,25 , 0,5 , 1,0 , 1,6 och 2,0 millimeter. Båda provsorterna maldes sedan i en laborierkvarn innan de vägdes. Proverna torkades i en ugn innan de ånyo vägdes. De ursprungliga provernas vattenhalt erhöles ur viktsskillnaden före och efter torkningen.

Eftersom varje sats tog ungefär 25 minuter att köra togs cirka 25 prover per sats. Det skulle ha tagit lång tid och belastat laboratoriet hårt om alla prover skulle ha analyserats.

Alla mätningar gjordes på körningar med samma recept. Inom varje provomgång kom respektive ingrediens från samma parti dvs. råvaran till varje sats inom provomgången bör ha haft identiska förmalningsegenskaper. De yttre betingelserna inom varje provomgång var i stort sett konstanta.



Med detta resonemang som stöd betraktades därför proverna från en sats som stickprov ur den tidsvarianta mängden bestående av satserna från en provomgång. Genom att slå ihop prover motsvarande samma tidpunkt i körningarna erhöles medelprover. Oberoende av hur många satser som kördes i en provomgång återstod efter sammanslagningarna cirka 25 prover.

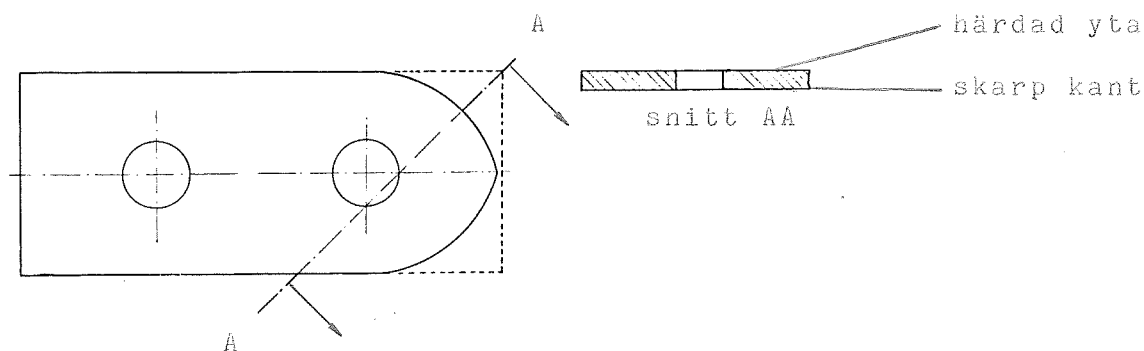
Med ledning av en okulär bedömning av variationerna i malråvarans sammansättning vid olika tidpunkter i satsen gjordes ytterligare en reduktion av antalet prover till analys. Fem omalda och fem malda prover valdes ut fördelade i tid så att de låg tätare i slutet av satsen, därför att förändringarna i malråvarans sammansättning var mer markant där.

Analysresultaten av de tio på detta sätt utvalda proverna i första omgången skulle sedan ligga till grund för en bedömning om behov av kompletteringar. Något sådant behov ansågs inte föreligga.

För att få ett bra jämförelsematerial var det tänkt att mätserier skulle göras i olika förslitningsskeden hos slagorna. En av dessa serier avsågs gälla nya slagor. Denna serie skulle utgöra referens för de övriga. Driftsproblem vid anläggningen omöjliggjorde tyvärr genomförandet av referensmätningen.

Några skillnader i förutsättningarna mellan omgångarna bör beaktas.

Slagorna bedömdes i första omgången ha varit i drift två tredjedelar av sin livslängd och i andra omgången var de färdiga att byta. Vid det senare tillfället var deras utseende som figuren nedan illustrerar. Trots den runda profilen från sidan är kanterna fortfarande skarpa. Det beror på att ythårdningen förhindrar att kanterna slits mer än slagytans mittre del (se fig.).



Vid den aktuella anläggningen ändras kvarnens rotationsriktning varje dag för att få en jämn förslitning. Slagorna vänds aldrig då risk för brott i den slitna ändens hål anses föreligga.

Den första omgången omfattade fyra satser medan den andra omfattade tre.

Motorströmmen mättes i första omgången med en tångamperemeter och i den andra med installationens ordinarie amperemeter.

Termometrarna var inte identiska i de båda omgångarna. Inom varje sats är dock inga byten gjorda. De relativa värdena inom varje sats är därför riktiga.

### 7.3 Resultat.

Mät- och analysresultaten har förts upp på "Sammanställning av data och mätresultat" som redovisas i bilagorna 12.3-11. Förutom en sammanställning per sats finns även medelvärdena för varje provomgång uppställda på samma sätt (bilagorna 12.3 och 12.8).

Vid körning av provomgång 1 var tiden mellan de tre sista satserna så knapp att något avbrott i flödet efter filtret inte förelåg. Mätvärdena från dessa satser har i tiden inrättats efter fördröjningen efter sats nummer 2 och med hjälp av temperaturökningssdifferensen mellan material i slutet och i början av en sats.

Värdena för vattenhalt och struktur är medelvärdet över omgången. Anledningen till detta redovisas i avsnitt 7.2.

Några parametrar har inte kompletta mätvärden på grund av tekniska svårigheter. Detta är beklagligt men inte på något sätt avgörande för slutresultatet.

Före genomförandet av mätningarna förväntades små ändringar i parametervärdena bortsett från i början och i slutet. Studeras sammanställningarna och tillhörande kurvmaterial (bilagorna 12.12-17) inses lätt att så inte var fallet med flera av parametrarna.

Variationerna i parametervärdena uppvisar ingen jämn periodicitet. Värt att notera vad gäller effekten är de höga initiala värdena och de mot slutet av satserna avtagande värdena. Även temperaturökningen i materialet reduceras mot slutet av satserna.

Jämfört med första provomgången uppvisar den andra kortare förmalningstid, lägre vattenhalt i malgodset (bilaga 12.18), kallare inluft till kvarnen (bilaga 12.19) och lägre temperaturökning i materialet (bilaga 12.20). Den högre energiåtgången i den första omgången beror på de höga initialvärdena (bilaga 12.21). Kapaciteten är i genomsnitt högre i den andra omgången trots mer slitna slagor. Strukturen företer inga väsentliga skillnader. Hur detta kan förklaras beskrivs i analysen, kapitel 9.

## 8 Bestämning av PVG.

Hammarkvarnsprocessen har sedan länge lockat den kvarnintresserade till utforskning. Ett exempel på detta är formeln i bilaga 12.24. Den är ett försök att beskriva hammarkvarnen så att jämförelser mellan olika kvarnars teoretiska effektbehov ska kunna göras. Parametrarnas proportionalitet resp. omvända proportionalitet har angivits medan de siffermässiga storlekarna av enskilda parametrar inte kunnat ges. Formeln är närmast att betrakta som en modell för beräkning av jämförelsestorheter.

På samma sätt som ovan behövs en modell för att beskriva hammarkvarnsprocessen med dess PVG. Värderingen av enskilda parametrars inverkan på PVG är en viktig grundsten i modellbygget.

Mätningarna illustrerar detta enligt följande. Jämför provomgångarnas förmalningstid, struktur och medelvärden av effekterna (bilaga 12.21) och temperaturökningarna (bilaga 12.20). Den andra provomgången uppvisar i jämförelsen kortare förmalningstid och något lägre medeleffekt vilket innebär högre kapacitet och lägre specifik energi. Vidare är temperaturökningen lägre medan strukturen i stort sett är lika. Så långt tyder allt på att en likvärdig eller något bättre produktkvalitet erhållits till en lägre energiförbrukning. Noteras bör här att slagorna var nedslitna och färdiga för byte i omgång två.

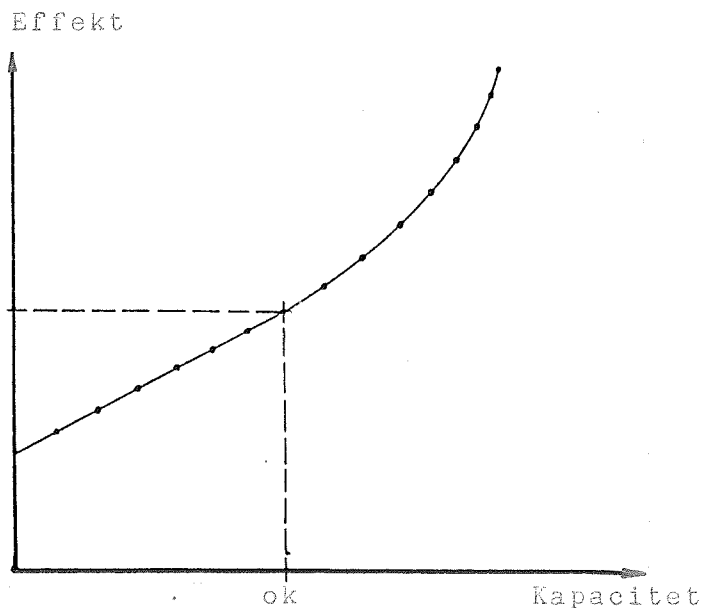
Rimligheten i slutledningen är tvivelaktig. Tas ytterligare en parameter med i jämförelsen kan resultatet bli ett annat. Malråvarans vattenhalt i den andra omgången var lägre vilket förklarar det hela.

Slagornas större förslitning förväntades med lika vattenhalt resultera i högre effekt eller längre förmalningstid i kombination med större temperaturökning och mer finandelar. Allt detta uppvägdes av den lägre vattenhalten, vilket måste framgå i en modell.

Sammanfattningsvis kan sägas om värderingen av parametrarna att en bedömning av enskilda parametrar inte alltid är lämplig. De kan bedömas först i kombination med andra.

När bedömningen är färdig kan modellen byggas upp. Parametrar som inverkar positivt på PVG sätts proportionella eller som en positiv term. På motsvarande sätt sätts parametrar med negativ inverkan omvänt proportionella eller som negativa termer. Mellan den rent multiplikativa och den rent additiva modellen finns alla kombinationer av dessa. Varje faktor eller term kan förstärkas på lämpligt sätt.

Normalt ökar kapaciteten linjärt med effekten (se fig.). Över en viss effekt ökar inte kapaciteten i motsvarande grad. Förklaringen till detta är att malkammaren fylls över sin optimala nivå. Det leder till att en större del av slagornas yta är i kontakt med malgodset. Malgodset tvingas runt i malkammaren. Slagornas relativa hastighet minskar. Härmed minskar också deras stötenergi och malarbetet blir sämre. Partiklarna i malkammaren gnids mot varandra och mot sållet varvid friktionsvärme alstras.



Vid konstant kapacitet varierar effekten beroende på malgodsets art och förmalningsegenskaper. Den optimala fyllnadsgraden,  $ok$ , uppnås vid olika kapacitet för malgods av olika slag.

Kapaciteten är en av de väsentligaste parametrarna i processen. Den måste mätas för att processen ska kunna beskrivas riktigt. I kapitel 9 finns en beskrivning av erfarenheterna från försök att utläsa kapaciteten ur andra parametrar.

Den malda produktens struktur beror på råvarans art och förmalningsegenskaper men även sållhålsdiameter, periferihastighet, etc. Efter det första steget i en tvåstegsförmalning är det av mindre betydelse exakt hur siktanalysen utfaller. Det viktiga är slutresultatet. Av den anledningen finns sällan mallar för siktanalysen efter första steget. Större finandel än i slutprodukten är givetvis inte önskvärdt.

Vattenhalten påverkar effektbehovet, kapaciteten och siktanalysen. Materialet blir mindre sprött när det har högre vattenhalt. Härmed blir malresultatet grövre, mindre finandelar. Vidare krävs större effekt per avverkad enhet. Detta leder lätt till att kvarnen matas till en fyllnadsgrad över den optimala. Resultatet blir det som beskrivits ovan.

Luften som suges genom kvarnen har flera funktioner. Den passerar genom sållen varvid malgodset lättare lämnar malkammaren och sållhålen rensas. Om luften är kall bidrar den till kylningen av kvarndelar och malgods. Efter kvarnen transporterar luftströmmen det malda materialet till filtret. Luftens temperatur, relativa fuktighet och mängd avgör hur mycket vatten den kan föra bort. Det har betydelse för vattenavgången från materialet. Kvarnens fyllnadsgrad tillsammans med filtrets genomsläpplighet bestämmer luftmängden.

Havre innehåller normalt 3-4 gånger så mycket fibrer som korn. Vid samma vattenhalt krävs för havre avsevärt högre effekt än för korn för samma struktur på resultatet.

De här förda resonemangen visar att en entydig värdering av enskilda parametrar inte låter sig göras. Resonemangen kring värdering av olika parametrar för bestämning av PVG sammanfattas i tabellen nedan.

parameter	kombinerad med	innebär	värdering för PVG
+effekt	+kapacitet, +temperatur		negativt
+effekt	+kapacitet, -0temperatur		positivt
+effekt	-kapacitet, -0temperatur, +svärmald		positivt
+effekt	-luftmgd	+temperatur, -kapacitet	negativt
0effekt	+luftmgd	+kapacitet, -temperatur, -svärmald/ -vattenhalt	positivt
-effekt	-luftmgd, +temperatur		negativt
+vattenhalt		+temperatur, +effekt/ -kapacitet	negativt
+temperatur			negativt
-temperatur	+0effekt	+luftmgd/ -lufttemp/ +kapacitet	positivt

Tabell 8.1. Exempel på värdering av enskilda parametrar eller kombinationer som är realistiska. '+' står för ökning av parametervärdet, '-' för minskning och '0' för oförändrat värde. Flera faktorer i en kolumn för en och samma parameter innebär en kombination (,) eller ett urval alternativt en kombination (/) av dessa.

Värden på kapaciteten är oersättliga. Utan sådana är det omöjligt att rätt värdera övriga parametrar och sätta upp en bra modell.

Trots detta ska iden illustreras med ett exempel. Det kan tjäna som motiv för fortsatta försök med samma mål.

I nästa kapitel har en analys gjorts av det troliga förloppet i processen. Grunden för analysen har utgjorts av jämförelsen mellan tre parametrar i satserna. Motiv till variationer i kapaciteten har förts fram men ej kunnat bekräftas.

Den tidigare modelldiskussionen och analysen ger följande exempel. En effektökning skulle som enskild parameter normalt bedömas som negativ. Då kapaciteten, som är positiv, saknas och är beroende av effekten värderas effekten i detta exempel positivt. Temperaturökningen är alltid negativ, en förlust. Luftmängden är ett mått på hur genomsläpplig processen är för luft. Det är väsentligen en kombination av sållens och filtrets genomsläpplighet. Lite luft indikerar igensättning någonstans vilket aldrig är bra. Om huvuddelen av motståndet utgörs av sållen och malgodset kan luftmängden vara ett mått på fyllnadsgraden i kvarnen. Luftmängden bedöms som positiv.

Dessa tre parametrar ställs upp enligt en multiplikativ modell:

$$A = k * P^{**n} * T^{**(-m)} * L^{**1}$$

där A är 'den begränsade PVGn'

k dimensionskoefficient

P effekten

T temperaturökningen

L luftmängden

och n,m,1 är förstärkningspotenser >0

Bilaga 12.24 visar resultatet av modellen tillämpad på sats 2 omgång 1. Jämför med bilaga 12.27. Två kombinationer av förstärkningspotenser och koefficienter redovisas. Enligt analysdiskussionen är det rimligt att tro att kapaciteten varierar ungefär i fas med den erhållna kurvan.

För den önskade PVG-kurvan kan några riktmärken urskiljas. I slutet av satsen utnyttjas inte kvarnen optimalt. PVG ska vara under maximumvärdet och avtagande. Temperaturökningstoppar i kombination med effekttoppar och låga luftmängdsvärden pekar på stockning i kvarnen. Det är inte bra för PVG. Ökad effekt i kombination med ökad luftmängd och relativt låg temperaturökning ska medföra högre PVG.

Hur den enligt modellen erhållna kurvan ska användas kan inte sägas säkert eftersom kapacitetsvärden saknas. En teori är att med lämplig viktning dividera motsvarande kapacitet med värden som erhålls ur figuren.

## 9 Analys av mätresultat.

I beskrivningen av mätningarna har en del detaljer tagits upp. Härigenom kan en bedömning av mätningarnas tillförlitlighet lättare göras.

Mätstrategien och mätmetoderna bygger på förväntade resultat. Det har i en del fall inneburit att dessa inte varit användningsfria. T.ex. ger mätintervallet på 2 minuter knappt godtagbar upplösning av de parametrar som varierar kraftigt. Malråvaran antogs vara betydligt mer homogen än fallet var. Kapaciteten antogs vara jämnare inom satserna och linjär mot effekten.

Effekten har beräknats ur det uppmätta strömvärdet, spänningen konstant 380V och effektfaktorn varierande linjärt mellan 0,5 för kvarnen i tomgång och 0,85 vid motorns märklast. Hänsyn har inte tagits till spänningens variation och effektfaktorns oliniaritet.

Intensiva försök gjordes att konstruera kapacitetsvärden med hjälp av effektvärdena. Härvid användes siktanalysen av malråvaran och okulära noteringar om dess sammansättning för att skissera en kurva som visade materialets specifika energibehov under satserna. Denna kurva avsågs möjliggöra beräkning av kapaciteten ur effekten. Vid närmare studium av sammanhangen konstaterades att effekttöknigen ofta ledde till ökad temperaturstegring i malgodset. Kapaciteten är då beroende av fler faktorer än effekten och malgodsets förmalningsegenskaper. Försök att med flera antaganden konstruera kapacitetsvärden ansågs fruktlösa.

Temperaturdifferensen i malgodset före och efter malningen påverkas av luftens kylande egenskaper likaväl som av dess transporterande egenskaper. Mängden, temperaturen och fuktigheten inverkar på kylningen. Malgodsets hastighet i matningen till kvarnen varierar med kvarnens belastning. Kvarnens varierande fyllnadsgrad påverkar i sin tur luftmängden genom kvarnen. Då luftmängden stryps minskar luft-hastigheten och därmed det transporterade materialets hastighet. I filtret samlas materialet upp och matas ut till sikten med konstant hastighet. Allt detta innebär att det är svårt att korrelera temperaturvärdena före och efter kvarnen. Eftersom temperaturen på råvaran är relativt konstant gör detta inte så mycket. Värre är det med korrelationen mellan temperaturökningen, effekten och luftmängden. Fördröjningen varierar enligt resonemanget ovan.

Temperaturmätningarna drabbades av instrumentproblem varför samma instrument inte använts till alla satserna. I bilaga 12.25 visas temperaturen i malgodset före malningen. Sats 1 är inte mätt med samma termometer som de två andra. Det systematiska felet i mätningen inskränker sig till bråkdelar av en grad. Temperaturen på materialet efter malningen visas i bilaga 12.26. Endast absolutvärdet av ökningen påverkas av det systematiska felet.

Luftmängden varierade tidvis så kraftigt att avläsning var svår att göra.

Vattenhalten och strukturen bestämdes på sätt som redovisats i avsnitt 7.2.

Även om en viss osäkerhet kan finnas i parametrarnas absoluta värden finns ingen orsak att betvivla de relativa variationerna.

Genom att mätningarna gjordes på blandad förmalning i första steget i en tvåstegsprocess i stället för en enkel enstegsprocess har förutsättningarna att nå det uppställda målet försämrats. Den blandade förmalningen komplicerar sammanhangen genom att bidra med ytterligare variabler. Samtidigt kommer en del parametrar som det kanske hade varit naturligt att studera i enkel förmalning i skymundan för dessa.

Många slutsatser om den studerade processen har ändå kunnat dras. Inte minst på grund av det faktum att det var blandad förmalning. Betrakta följande tre satskörningar, bilagorna 12.27-29. Två är från den första provomgången och en från den andra.

Här har de tre mest varierande parametrarna ritats upp så att de tidsmässigt sammanhörande värdena kan jämföras. Faktorer som kan betraktas som konstanta i detta sammanhang är siktnanalys, vattenhalt, periferihastighet och maskindata.

I texten refereras till bilagorna med respektive satsnummer/omgång t.ex 4/1. Satsnumret och omgången står i bilagornas huvuden.

Studera först effekten och luftmängden. I 4/1 och 3/2 följer temperaturökningen i stort sett variationerna i effekten. 2/1 skiljer sig däremot på några punkter. Effekten sjunker inte så snabbt i början. Temperaturökningen stegras samtidigt. I mitten av satsen är den dessutom i otakt med effekten.

Detta kan inte förklaras utan att även studera luftmängden parallellt. Initialt är luftmängden i 2/1 högre än i de två andra men sjunker straxt till ett lågt värde. Luftens kylande verkan försämrats och temperaturökningen stegras. Mitt i satsen är luftmängden något sänkt i fas med effekten varför temperaturökningen i fas med effekten motverkas. I 4/1 och 3/2 där effekten och temperaturökningen är i fas förstärks den sistnämnda av att luftmängden är i motfas.

Kapacitetsvärdena från dessa satser hade med stor sannolikhet bekräftat följande diskussion.

Enligt resonemanget i kapitel 8 är kapaciteten normalt linjär mot effekten. Värmeutvecklingen ökar med ökande effekt. Denna värme fördelas på mer material. Temperaturökningen bör inte följa effekten. De stora topparna antyder att en onormalt stor del av effekten övergår i värme. Åter till resonemanget i kapitel 8. När malkammaren i kvarnen fylls över sin optimala nivå ökar inte kapaciteten i samma omfattning som effekten. Den tillförda energin används förutom till sönderdelningen också till att föra runt material i kvarnen. Vid detta onyttiga arbete gnids de förflyttade partiklarna mot varandra och mot sållen varvid friktionsvärme uppstår.

De initialt höga effektvärdena beror sannolikt på att matningsstyrningen är beroende av kvarnens belastning. Mellan satserna är kvarnen obelastad och när satsen startas matas då kvarnen maximalt. Kvarnen klarar inte av att sönderdela materialet i den takt det tillförs med följden att den fylls över sin optimala nivå. Matningen minskar allt eftersom belastningen ökar. Det tar dock tid innan kvarnen avverkat det material som redan tillförts och som tvingas runt i malkammaren. Det beskrivna skeendet förstärks då svårförmalda material matas direkt efter tomgång.



## 10 Slutledning.

Den studerade processen är komplicerad. Det är angeläget att försöka eliminera störningar i mätningarna. Vid mätningar på befintliga anläggningar är förutsättningarna för detta ofta begränsade. I nyins-tallationer är det betydligt enklare att tillgodose behovet av fasta givare för mätning av aktuella parametrar.

Resultaten av de mätningar som är gjorda vid foderfabriken i Helsingborg indikerar att anläggningens utformning inte gynnar en ekonomisk drift av den studerade kvarnen. De stora belastningsvariationerna gör påkänningarna på lagren stora. Den tidigare antydda överfyllnaden av kvarnen innebär en kapacitetsförlust. Dessa olägenheter beror sannolikt till stor del på att regleringen av vibrationsmaterialet är olämplig och att malgodset inte är homogent med svärmalda material i början av de studerade satserna.

Mätningen av kvarnen bör starta efter en rampfunktion eller på annat sätt så att den initiala chocken undviks.

En mera fullständig förblandning skulle fördela de lättförmalda ingredienserna bättre. Detta skulle innebära en kapacitetshöjning totalt över satsen. Anledningen är den rensande effekt de lättförmalda materialen har vid inblandning i t.ex havre och korn. Den förbrukade energin skulle därmed också minska.

## 11 Sammanfattning.

Processoperatören har till sin hjälp i övervakningsarbetet bl.a. utskrifter av larm och listor med parametervärden från processen. Tolkningsen av processens status ur dessa kan vara komplicerad och tidsödande. Avsikten med föreliggande arbete är att finna en modell för beskrivning av en hammarkvarnsprocess så att processens PVG, processverkningsgrad, kan bestämmas. Processverkningsgraden ska i ett siffervärde ange hur väl processen fungerar med avseende på energiutnyttjande och produktkvalitet.

Teorin kring hammarkvarnar och förmalningsprocessen inhämtades genom litteraturstudier och samtal med processtekniker. En datorbaserad litteratursökning gjordes med relativt magert resultat. Huvuddelen av litteraturen har utgjorts av tyska facktidskriftsartiklar.

De för beskrivning av hammarkvarnsprocessen aktuella parametrarna diskuteras. En teoretisk bedömning av deras betydelse för beskrivningen görs. Olika mätmetoder utreds och bedöms. En bedömning och ett urval av de väsentligaste parametrarna görs.

Med ledning av teorierna genomfördes två mätserier av utvalda parametrar vid Lantmännens foderfabrik i Helsingborg. Serierna omfattade fyra respektive tre satser av samma recept.

Mätresultaten sammanställdes och jämfördes, satserna emellan och omgångarna emellan. Skillnader och likheter påtalas och analyseras. Värderingen av parametrarna diskuteras och svårigheter i bedömningen belyses. Modellbyggnad för beskrivning av hammarkvarnsprocessen beskrivs. Vikten av mätvärden på kapaciteten betonas. Mot bakgrund av att sådana saknas studeras en begränsad modell. Modellen tillämpas på en av satserna och resultatet analyseras. Det konstateras att utan kapacitetsvärden kan ingen ordentlig utvärdering göras.

Mätstrategier och mätmetoder dryftas och resultatens tillförlitlighet motiveras. Detaljer i sammanhanget redovisas.

Tre satser granskas utifrån effekten, temperaturökningen och luftmängden. Sambanden analyseras och sannolika förklaringar redovisas. Med stöd av dessa målas en bild upp av skeendet i kvarnen.

Det förefaller som om den studerade kvarnen kördes på ett sätt som gjorde att de mekaniska påkänningarna på den var onödigt stora och energiutnyttjningen dålig. Matningsregleringen till kvarnen verkade nämligen vara så beskaffad att tidvis tillfördes mer material än vad som avverkades. Detta fick till följd att material ansamlades i kvarnen och tvingades runt i den med ökad gnidning som resultat. På detta sätt omvandlades en större del än normalt av den tillförda energin till värme.

Rekomendationer till utformning av nyanläggningar läggs fram. Slutligen föreslås ändringar i syfte att komma till rätta med påtalade olägenheter.

Bilaga 12.1

Litteraturlista.

Moy, Chr.: Die mechanische Aufbereitung in der Mischfutterherstellung, Die Mühle + Mischfuttertechnik, 116. Jahrgang, 1979, Heft 49, s. 679-681.

Schultz, R.: Kostensparende Vermahlung in der Futtermittelindustrie, Die Mühle + Mischfuttertechnik, 110. Jahrgang, 1973, Heft 24, s. 379-380

Pfost, H. B.: Hammermühlen: Auswahl und Einbau, Die Mühle + Mischfuttertechnik, 117. Jahrgang, 1980, Heft 45, s. 607, 608, 612.

Vorwerck, K.: Verwendung und Verarbeitungstechnologie von Kornermais in der Futtermittelindustrie, Die Mühle + Mischfuttertechnik, 118. Jahrgang, 1981, Heft 22, s. 308.

Brandt, Marcus: Anmerkungen zur Beurteilung von Hammermühlen, Die Mühle + Mischfuttertechnik, 107. Jahrgang, 1970, Heft 15, s. 209-212.

Andreas, Viktor: Beurteilung von Hammermühlen und die graphische Darstellung ihrer Leistungsbilanz, Die Müllerei, 16. Jahrgang, 1963, Nr. 29, s. 433-434.

Friedrich, W., Dr.-Ing.: Aufbereitung der Futtermittelkomponenten, Kraftfutter, 44. Jahrgang, 1961, Heft 8 und 9.

Friedrich, W., Dr.-Ing. und Jansen, H. D., Dipl.-Ing.: Aufbereitung von Futtermitteln - Einfluss der Umfangsgeschwindigkeit und des Sieblochdurchmessers bei Hammermühlen, Aufbereitungs-Technik, 21. Jahrgang, 1980, Heft 6, s. 314-318. - Direkt-, Kreislauf-Vermahlung und Fraktionierung, Aufbereitungs-Technik, 21. Jahrgang, 1980, Heft 10, s. 515-520. - Gemischte Vermahlung mit verschiedenen Aufbereitungsprozessen, Aufbereitungs-Technik, 22. Jahrgang, 1981, Heft 1, s. 28-32.

Stachow, Claus: Zerkleinern: Gezielte Struktur, Einsparung von Energie, Kraftfutter, 61. Jahrgang, 1978, Nr. 9, s. 478-480.

Bilaga 12.2

Företags- och institutionsförteckning.

Företag: Agriconsult AB, Malmö  
Kontaktperson: Gert Jönsson, handledare på företaget och examensupp-  
giftens upphovsman  
Andra kontakter: Bent Grube, Lars Lesenius, Krister Hyll, Håkan  
Lindström, Lennart Olbjer, Tore Mårtensson, m.fl.  
Bidrag: Uppgiften, handledning, litteratur, materiel, omkost-  
nader, idéer, kontakter, mätassistens, mm.

Företag: Skånska Lantmännens foderfabrik, Helsingborg  
Kontaktperson: Jan Valdemarsson  
Andra värdefulla kontakter: driftspersonal och personal på foderlab  
Bidrag: Processkunskap, värdefulla råd, praktisk hjälp i sam-  
band med mätningarna och provanalyserna

Företag: Kamas AB, Vellinge  
Kontaktperson: Bernt Andersson  
Bidrag: Rundvandring i verkstaden

Företag: AgroTec Maskin AB, Malmö  
Kontaktperson: Hans-Ake Andersson  
Bidrag: Processkunskap, värdefulla råd, mätprotokoll, erfaren-  
heter

Institution: Institutionen för reglerteknik, Lunds Tekniska Hög-  
skola  
Kontaktperson: Björn Wittenmark, handledare på skolan  
Bidrag: Goda råd och anvisningar

Institution: UB2 - Universitetsbibliotekets filial 2, Lund  
Kontaktperson: Inga Elding  
Bidrag: Råd om datorbaserad informationssökning, själva sök-  
ningen

Institution: IFF - Internationale Forschungsgemeinschaft Futtermit-  
telstechnik, Braunschweig-Thune, Västtyskland  
Kontaktperson: Ingrid Föllner  
Bidrag: Artiklar, artikelreferenser

SAMMANSTÄLLNING

av data och mätresultat på hammarkvarn

datum: 84-02-24 körning nr: MV 84-02-24 sign: G42

material: slagor: antal: 76  
 87% spannmål motreff: 150 kW placering: 11x4 + 8x4  
 13% mjöl tomgångseff: ca 16 kW utformning: 142 x 60 x 6 raka kanter, 43 sistaage  
 satsstorlek: ca 4500 kg avst.t.såll: 106 m/s  
 malningstid: 24,25 fri area: 95 dm<sup>2</sup>  
 kapacitet: 11060 kg/h håldiameter: 30 dm<sup>2</sup> (40%)  
 förbr.energi: ca 27 kWh plåtens tjocklek: 4 mm  
 spec.energi: MV 60 kWh/2 3 mm

anm: Påräknad av I.I. mätt m. färg-A-meter

tid	effekt		luft		temperatur		material		diff		fuktighet		luft		in		ut		siktandelar	ut
	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut		
10.30	72.2	81	14	21	10.2	16.7	6.5	14	498	98.0	2.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
12.30	81	81	14	21	10.4	16.8	6.4	14	4560	98.0	2.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
14.30	77	77	14	21.5	10.5	17.1	6.6	14	4889	98.0	2.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
16.30	82	82	13	21.5	10.3	16.7	6.4	13.9	4502	95.2	4.8	13.7	14.0	13.7	14.0	13.7	14.0	13.7	14.0	13.7
18.30	68	68	13	21	10.3	16.5	6.2	13.9	5054	95.2	4.8	13.7	14.0	13.7	14.0	13.7	14.0	13.7	14.0	13.7
20.30	81	81	13	21	10.4	16.7	6.3	13.7	4788	98.0	2.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
22.30	69	69	13	21	10.3	16.5	6.2	13.7	4783	98.0	2.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
14.30	73	73	13	21	10.4	16.2	5.8	13.7	5065	91.9	8.1	11.5	12.6	11.5	12.6	11.5	12.6	11.5	12.6	11.5
16.30	61	61	14	20.5	10.5	16.1	5.6	13.7	4826	91.9	8.1	11.5	12.6	11.5	12.6	11.5	12.6	11.5	12.6	11.5
18.30	53	53	13	20.5	10.6	15.9	5.3	13.8	5054	91.9	8.1	11.5	12.6	11.5	12.6	11.5	12.6	11.5	12.6	11.5
20.30	53	53	12	20	10.7	15.4	4.7	13.8	5266	91.8	8.2	10.5	12.1	10.5	12.1	10.5	12.1	10.5	12.1	10.5
22.30	44	44	11.5	19	10.9	15.0	4.1	13.7	5361	69.8	30.2	9.2	11.7	9.2	11.7	9.2	11.7	9.2	11.7	9.2
24.30	35	35	9	17	10.6	14.6	4.0	13.7	5853	69.8	30.2	9.2	11.7	9.2	11.7	9.2	11.7	9.2	11.7	9.2

SAMMANSTÄLLNING

av data och mätresultat på hammarkvarn

datum: 84-02-24

körning nr: 1 sngl

sign:

material:

slagor:antal: 76  
 placering: 11 x 4 + 8 x 4  
 utformning: 942 x 60 x 6 raka kranar 2/3 slitage  
 material:  
 avst.t.såll: 106 m/s  
 periferihast: 95 dm/s  
 fri area: 38 dm<sup>2</sup> (40%)  
 håldiameter: 4 mm  
 plåtens tjocklek: 3 mm

satsstorlek: ca 4500  
 malningstid: 23.55  
 kapacitet: 11 290 kg/h  
 förbr.energi: ca 20 kWh  
 spec.energi: MV: 5.8 kWh/t

87% spannmål  
 13% mjöl

anm:

tid	effekt	luft		temperatur		material		fuktighet luft		siktandelar					
		in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut				
8.30	123	15	23	10.4	16.1	5.7	14	57.53	98.0	2.0	12.0	12.0	23.5	13.1	15.3
9.30	74	15	21.0	11.2	17.0	5.8		52.91							
10.30	82	15	21.5	11.1	16.9	5.8		52.39							
11.30	79	11	21.5	10.9	16.7	5.8		52.39							
12.30	53	11.5	21	11.0	16.3	5.3	13.2	52.34	95.2	4.8	13.7	14.0	25.3	21.0	13.2
13.30	61	9.5	21	10.8	16.1	5.3		52.34							
14.30	74	9	21	10.8	16.5	5.7		52.34							
15.30	71	11.5	21	11.0	16.0	5.0		49.66							
16.30	67	11.5	20.5	10.9	16.0	5.1	13.7	52.30	91.9	8.1	11.5	12.6	25.0	24.1	12.8
17.30	61	9	20.5	11.0	16.0	5.0		54.85							
18.30	58	10	20.5	11.4	16.0	4.6	13.8	52.29	91.8	8.4	10.5	12.1	24.1	25.1	15.4
19.30	42	13.5	20	11.4	16.0	4.6		57.24							
					15.9			17.75							
					15.0										

Bilaga

12.4

SAMMANSTÄLLNING

av data och mätresultat på hammarkvarn

datum: 84-02-24

körning nr: 2 omg/

sign: CAC

material:

slagor: antal: 76  
 placering: 11x4 + 8x4  
 utformning: 142x60x6 ränkanter 2/3 slottage  
 material:  
 avst.t.såll: 106 m/s  
 periferihast: 106 m/s

87% spannmål  
 13% mjöl

satsstorlek: ca 4500 kg  
 malningstid: 23.45  
 kapacitet: 11 370 kg/h  
 förbr.energi: ca 29 kWh  
 spec.energi: 77v 6.4 kWh/t

såll: total area: 95 dm<sup>2</sup>  
 fri area: 38 dm<sup>2</sup> (40%)  
 håldiameter: 4 mm  
 plätens tjocklek: 3 mm

anm:

tid	effekt		luft		temperatur		material		fuktighet luft		siktandelar					
	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut				
10.30	123	14	19.5	10.0	16.6	6.6	14	6604	98.0	2.0	12.0	12.8	23.8	23.3	13.1	15.3
2.30	106	15	21.5	9.7	17.4	7.7	+	4383	+	+	+	+	+	+	+	+
4.30	97	14.5	22	10.5	18.1	7.6	+	4690	+	+	+	+	+	+	+	+
6.30	86	15	22	10.4	17.0	6.6	+	4690	+	+	+	+	+	+	+	+
8.30	65	15	21.5	10.5	16.8	6.3	13.9	64500	95.2	4.8	13.7	14.0	25.3	21.8	11.9	13.3
10.30	74	15	21.5	10.5	16.6	6.1	52.39	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12.30	66	15	21	10.2	16.6	6.4	4682	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14.30	82	15	21	10.3	16.3	6.0	ca 4100	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16.30	61	15	20.5	10.3	16.0	5.7	ca 5100	+	91.9	8.1	11.5	12.6	25.0	24.1	14.0	12.8
18.30	57	15.5	20.5	10.2	16.0	5.3	4676	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20.30	54	15.5	20	10.7	15.8	5.1	4657	+	91.8	8.2	10.5	12.0	24.1	25.1	15.4	12.8
22.30	48	15.5	19.5	11.2	15.1	3.9	5221	+	+	+	+	+	+	+	+	+
23.30	18	15	18	10.8	15.1	3.9	5700	+	+	+	+	+	+	+	+	+

005 → 23.30

SAMMANSTÄLLNING

av data och mätresultat på hammarkvarn

datum: 84-02-24

körning nr: 3 omgl

sign: CH

material:

kvavn: Bihlar  
 motoreff: 150 kW  
 tomgångseff: ca 16 kW  
 satsstorlek: ca 4500 kg  
 malningstid: 24.50  
 kapacitet: 10 870 kg/k  
 förbr.energi: 20.27 kWh  
 spec.energi: 177V 6.0 kWh  
 slagor:antal: 76  
 placering: 1124 + 8x4  
 utformning: 142 x 60 x 6 raka kanaler 2/3 slitage  
 material:  
 avst.t.såll:  
 periferihast: 106 m/s  
 såll:total area: 95 dm<sup>2</sup>  
 fri area: 36 dm<sup>2</sup> (40%)  
 håldiameter: 4 mm  
 plåtens tjocklek: 3 mm

anm:

tid	effekt		luft		temperatur		material		fuktighet luft		siktandelar			
	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut		
0.30	23	14	20.5	10.2	17.0	6.8	14	4373	98.0	2.0	12.0	23.5	13.1	15.3
2.30	61	13	21	10.2	17.0	6.8	14	4379	+	+	+	+	+	+
4.30	67	13	21	10.3	16.8	6.5	14	5234	+	+	+	+	+	+
6.30	82	14	21	10.0	16.4	6.4	14	4379	95.2	4.8	13.7	14.0	25.3	21.8
8.30	92	15	21.5	10.1	17.0	6.9	13.9	5000	+	+	+	+	+	+
10.30	82	13	21	10.0	16.7	6.7	14	4682	+	+	+	+	+	+
12.30	67	14	21	10.2	16.1	5.9	14	4682	+	+	+	+	+	+
14.30	74	15	21	10.1	16.2	6.1	14	5234	+	+	+	+	+	+
16.30	54	15	20.5	10.2	16.1	5.8	13.7	4678	91.9	8.1	11.5	12.6	24.1	14.0
18.30	42	14.5	20.5	10.3	15.4	5.1	13.9	4262	+	+	+	+	+	+
20.30	48	12	19.5	10.4	14.5	4.1	13.8	5221	71.8	8.2	10.5	12.1	24.1	25.1
22.30	42	10	19	10.5	14.5	3.9	13.7	5217	69.0	3.0	7.2	11.7	22.4	16.3
24.30	32	10.5	17.5	10.7	14.4	3.7	13.7	5932	+	+	+	+	+	+



SAMMANSTÄLLNING

av data och mätresultat på hammarkvarn

datum: 84-02-24

körning nr: 4 omg/1

sign: C42

material:

kvarn: Bühler  
 motoreff: 150 kW  
 tomgångseff: ca 16 kW  
 slagor: antal: 76  
 placering: 11 x 4 + 8 x 7  
 utformning: 142 K 60 K 6 rotakamrar 2/3 5/10 g/s  
 material:  
 avst.t.säll: 106 m/s  
 periferihast:  
 säll: total area: 95 dm<sup>2</sup>  
 fri area: 38 dm<sup>2</sup> (40%)  
 håldiameter: 4 mm  
 plåtens tjocklek: 3 mm

87% spanntål

13% mjöl

satsstorlek: ca 4500 kg  
 malningstid: 25.05  
 kapacitet: 10760 kg/h  
 förbr.energi: ca 28 kWh  
 spec.energi: 2.2 kWh/t

anm:

tid	effekt		luft		temperatur		material		fuktighet luft		siktandelar			
	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut		
20.30	119	13	20.5	10.1	17.0	6.9	14	98.0	2.0	12.0	12.8	23.5	13.1	15.3
22.30	82	12	20.5	10.3	16.7	5.4	~5000	+	+	+	+	+	+	+
4.30	61	13	21	10.2	16.7	6.5	4682	+	+	+	+	+	+	+
6.30	79	12	20.5	9.9	16.7	6.8	4376	+	+	+	+	+	+	+
8.30	57	11	20.5	9.7	16.0	6.3	4962	75.2	4.8	13.2	14.0	25.3	21.8	11.9
10.30	106	14	31	10.1	17.5	7.4	4682	+	+	+	+	+	+	+
13.30	67	15	21	9.9	16.6	6.7	4966	+	+	+	+	+	+	+
14.30	63	11.5	20.5	10.2	16.4	6.2	4962	+	+	+	+	+	+	+
16.30	61	14	20.5	10.4	16.4	6.0	~5150	91.9	8.1	11.5	12.6	25.0	24.0	14.4
18.30	54	13.5	20.5	10.3	16.0	5.7	~5350	+	+	+	+	+	+	+
20.30	52	11	19.5	10.3	15.4	5.1	5476	71.8	8.2	10.5	12.1	24.1	25.1	15.4
22.30	42	7	18.5	10.3	14.4	4.1	5466	+	+	+	+	+	+	+
24.30	37	7	17	10.5	13.6	3.1	5927	69.8	30.2	9.3	11.7	22.4	24.7	16.3

SAMMANSTÄLLNING

av data och mätresultat på hammarkvarn

datum: 84-03-21 körning nr: MV 84-03-21 sign: =====

material: kvorn: Bührler slagor:antal: 76  
 87% spannmål motoreff: 150 kW placering: 11x4 + 8x4  
 13% mjöl tomgångseff: ca 16 kW utformning: 142x60x6 raka kanter, Fullt strögen  
 satsstorlek: 4505 kg avst.t.såll: 106 m/s  
 malningstid: 22-30 periferihast:  
 kapacitet: 12010 kg/h fri area: 95 dm<sup>2</sup>  
 förbr.energi: ca 25 kWh/håldiameter: 4 mm (40%)  
 spec.energi: MV 5.6 kWh/t plåtens tjocklek: 3 mm

anm: P beaktad av I i Mätt av ordinär Arbetar

tid	effekt		luft		temperatur		material		diff		fuktighet luft		in		ut		siktandelar
	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	
4.0.30	75	8.5	20	10.9	19.6	3.7	13.2	12.9	4863	971	2.9	101	10.9	24.7	26.3	12.6	15.4
4.2.30	69	8.5	20.5	10.6	15.0	4.4	+	5028	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4.30	75	8.5	21	10.5	15.0	4.5	+	4473	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6.30	82	8.5	21.5	10.6	15.4	4.8	+	5052	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8.30	80	9	22	10.7	16.5	5.7	13.2	4874	975	2.5	11.2	11.7	23.7	25.6	12.6	15.2	
10.30	77	9	22	10.7	16.8	6.1	+	4959	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12.30	69	8.5	21.5	10.8	15.0	5.0	+	4910	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14.30	63	8.5	21.5	10.5	15.0	5.3	+	4660	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16.30	62	8.5	21	10.8	14.8	4.0	13.0	5736	940	6.0	12.3	11.8	24.4	26.5	12.1	12.9	
18.30	52	8.5	20.5	10.9	14.8	3.9	+	5564	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20.30	50	8	20	11.0	14.4	3.4	12.9	5394	925	7.5	13.2	11.3	23.2	26.7	13.4	12.2	
22.30	53	8	18.5	11.0	13.3	2.3	12.8	5359	814	18.6	12.3	10.6	23.3	26.0	14.7	12.1	

SAMMANSTÄLLNING

av data och mätresultat på hammarkvarn

datum: 84-03-21

körning nr: I omg 2

sign: CAL

material:

slagor: antal: 9%  
 placering: 11 x 4 + 8 x 4  
 utformning: 142 x 60 x 6 raka knivar Fullt slitage  
 material:  
 avst.t.såll: 106 m/s  
 periferihast:

57% spännmål

satsstorlek: 4525  
 malningstid: 22.45

kapacitet: 11 930 kg/h  
 förbr.energi: ca 25 kWh  
 spec.energi: 170V 5.6 kWh/t

såll: total area: 95 dm<sup>2</sup>  
 fri area: 38 dm<sup>2</sup> (40%)  
 håldiameter: 4 mm  
 plåtens tjocklek: 3 mm

anm: 14.05.00-14.25.45 förmonter luft ut sönder, m v av 2003

tid	effekt		luft		temperatur		material		fuktighet luft		in		ut		siktandelar	
	in	ut	in	ut	in	ut	diff	in	ut	mgd	in	ut	>1.6	<1.6		
1,30	39	8	20	17,0	11,4	0,4	13,2	12,9	4674	97,1	2,9	10,1	24,7	26,3	12,6	15,4
2,20	53	8,5	20,5	10,8	13,9	3,1	13,2	12,9	4628	97,1	2,9	10,1	24,7	26,3	12,6	15,4
4,20	69	8,5	21	10,7	13,9	3,2	13,2	12,9	4654	97,1	2,9	10,1	24,7	26,3	12,6	15,4
6,20	85	8	21,5	11,1	14,4	3,3	13,2	12,9	4683	97,1	2,9	10,1	24,7	26,3	12,6	15,4
8,20	89	9,5	22	11,0	16,7	5,7	13,2	13,1	4690	97,5	2,5	11,2	23,7	25,6	12,6	15,2
10,20	84	10	22	11,1	16,7	5,7	13,2	13,1	4674	97,5	2,5	11,2	23,7	25,6	12,6	15,2
12,20	72	9	21,5	11,1	16,2	5,1	13,2	12,9	4800	97,5	2,5	11,2	23,7	25,6	12,6	15,2
14,20	54	9	21,5	11,1	14,5	3,3	13,2	12,9	4686	97,5	2,5	11,2	23,7	25,6	12,6	15,2
16,20	55	9	21	11,0	14,5	3,3	13,2	12,9	5724	94,0	6,0	12,3	24,4	26,5	12,1	12,9
18,20	60	8,5	20,5	11,0	14,2	3,2	13,2	12,9	5729	94,0	6,0	12,3	24,4	26,5	12,1	12,9
20,20	50	8,5	20	11,2	14,0	2,8	13,2	12,7	5729	92,5	7,5	13,2	23,2	26,7	13,4	12,2
22,20	40	8,5	18,5	11,2	12,5	1,3	12,8	12,7	5710	81,4	18,6	12,3	22,3	26,0	14,7	12,1

SAMMANSTÄLLNING

av data och mätresultat på hammerkvarn

datum: 84-03-21

körning nr: R Ong 2

sign: CA

material:

87% spammål  
13% mjöl

kvavn: Bihler  
motoreff: 150 kW  
tongångseff: ca 16 kW  
satsstorlek: 4405  
malningstid: 22-25  
kapacitet: 12000 kg/h  
förbr.energi: ca 25 kWh  
spec.energi: nu 5-6 kWh/t

slagor:antal: 76  
placering: 11x4 x 8x4  
utformning: 142 x 60 x 6 rakbakar för fulltslitage  
material: 106 m/s  
avst.t.såll: 95 dm<sup>2</sup>  
periferihast: 30 dm<sup>2</sup> (40%)  
4 mm  
3 mm

anm: Hg-termometer f. material in 14.33.15 - 14.55.40

tid	effekt		luft		temperatur		material		diff		fuktighet luft		in		ut		siktandelar
	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	
10.30	93	9	20	10.8	16.6	5.8	13.2	12.9	4957	97.1	2.9	10.1	10.9	24.7	26.3	12.6	15.4
12.30	77	9	20	10.4	15.9	5.5			5724								
14.30	82	9	21	10.3	16.1	5.8			4682								
16.30	93	9	21.5	10.5	16.3	5.8			5239								
18.30	50	9	22	10.8	16.4	5.6	13.2	13.1	5243	97.5	2.5	11.2	11.7	23.7	25.6	12.6	15.2
20.30	55	8.5	21.5	10.5	16.0	5.5			5239								
22.30	73	8	21.5	10.5	15.8	5.3			4686								
10.30	67	8	21	10.2	15.4	5.2			5234								
12.30	67	8.5	20.5	10.8	14.6	3.8	12.8	12.9	5729	94.0	6.0	12.3	11.8	24.4	26.5	12.1	12.9
14.30	58	8	20.5	10.9	15.0	4.1			5230								
16.30	44	8	20	11.0	14.4	3.4	12.9	12.7	5225	92.5	7.5	13.2	11.3	22.2	26.7	15.4	12.2
18.30	34	8	18.5	11.0	13.5	2.5	12.8	12.4	6283	81.4	18.6	12.3	10.6	22.3	26.0	14.7	12.1

SAMMANSTÄLLNING

av data och mätresultat på hammarkvarn

datum: 84-03-21

körning nr: 3 omg 2

sign: Jm

material:

kvavn: Buhler  
 motoreff: 150 kW  
 tomgångseff: ca 16 kW  
 satsstorlek: 4505  
 malningstid: 22,15  
 kapacitet: 12/150 kg/h  
 förbr.energi: ca 25 kWh  
 spec.energi: mv 5,6 kWh/t

slagor:antal: 76  
 placering: 11 x 4 + 8 x 4  
 utformning: 142 x 60 x 6  
 material: rökkanaler Fallt-slitage  
 avst.t.såll: 106 m/3  
 periferihast:  
 såll:total area: 95 dm<sup>2</sup>  
 fri area: 30 dm<sup>2</sup> (40%)  
 håldiameter: 4 mm  
 plåtens tjocklek: 3 mm

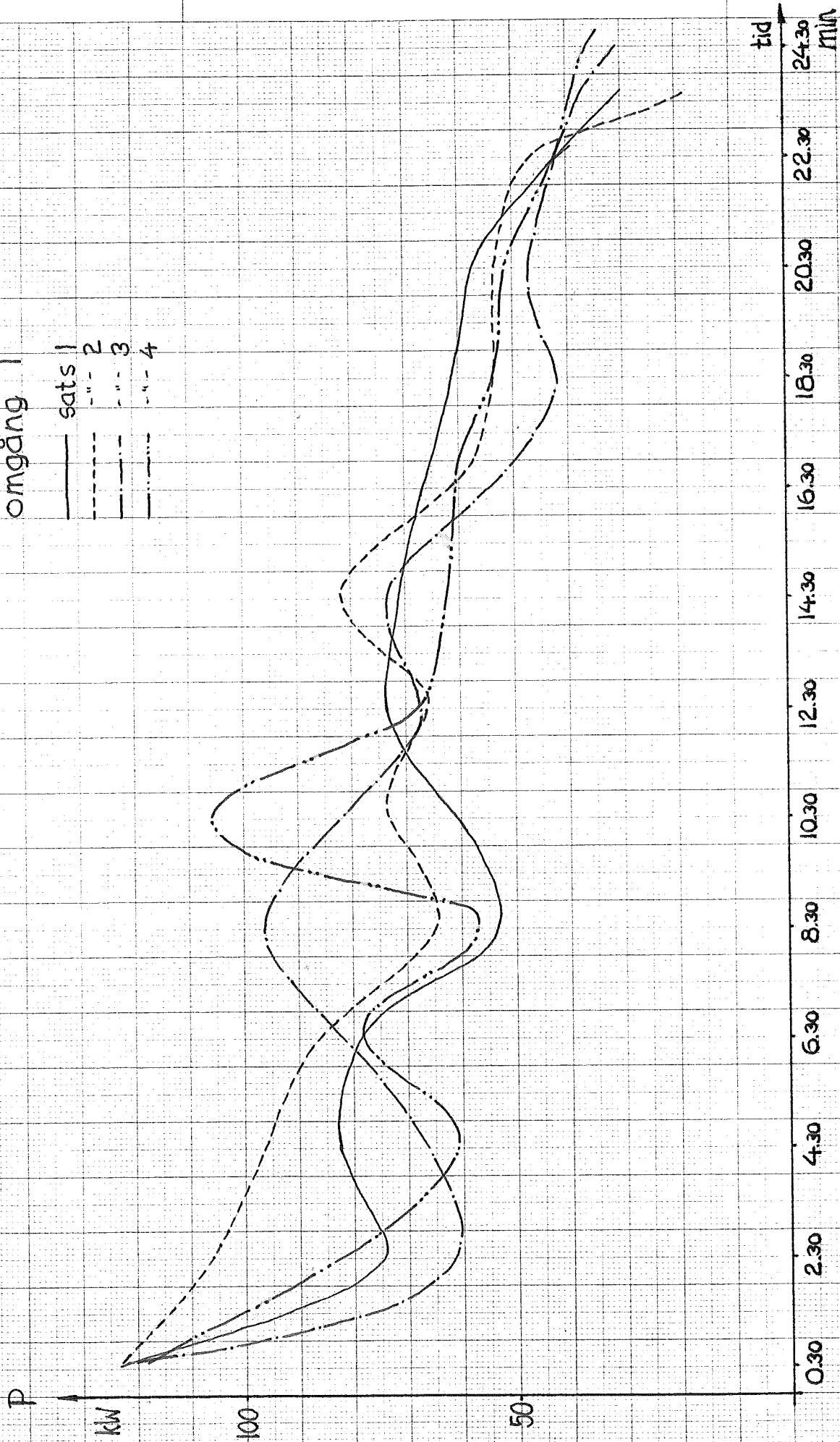
anm: Hg-temperatur fukttestal in 14,58-45 - 15,2000

tid	effekt		luft		temperatur		material		fuktighet luft		siktandelar						
	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut	in	ut					
10.30	93	8	20	10,8	15,7	4,9	13,2	12,9	4957	97,1	2,9	10,1	10,9	24,7	26,3	12,6	15,4
12.30	77	8	21	10,5	15,3	4,8			4682								
14.30	73	8	21	10,4	15,1	4,7			4682								
16.30	63	8	21	10,2	15,4	5,2			5254								
18.30	101	8,5	22	10,2	16,3	6,1	13,2	13,1	4670	97,8	2,5	11,2	11,7	23,2	25,6	12,6	15,8
20.30	93	9	22,5	10,5	17,6	7,1			4694								
22.30	61	9	22	10,7	15,8	5,1			5243								
14.30	67	9	22	10,3	15,7	5,4			4061								
16.30	64	8,5	21	10,7	15,5	4,8	13,0	12,9	5744	94,0	6,0	12,3	11,8	24,4	26,5	12,1	12,9
18.30	50	8,5	21	10,9	15,3	4,4			5734								
20.30	55	8,0	20,5	10,9	14,8	3,9	12,9	12,7	5234	92,5	9,5	13,2	11,3	23,2	26,7	13,4	12,2
22.30	24	8,0	18,5	13,9	13,9		12,8	12,4	5785	81,4	18,6	12,3	10,6	22,3	26,0	14,7	12,1

# Effekt , omgång 1

Bilaga 12.12

omgång 1  
sats 1  
sats 2  
sats 3  
sats 4



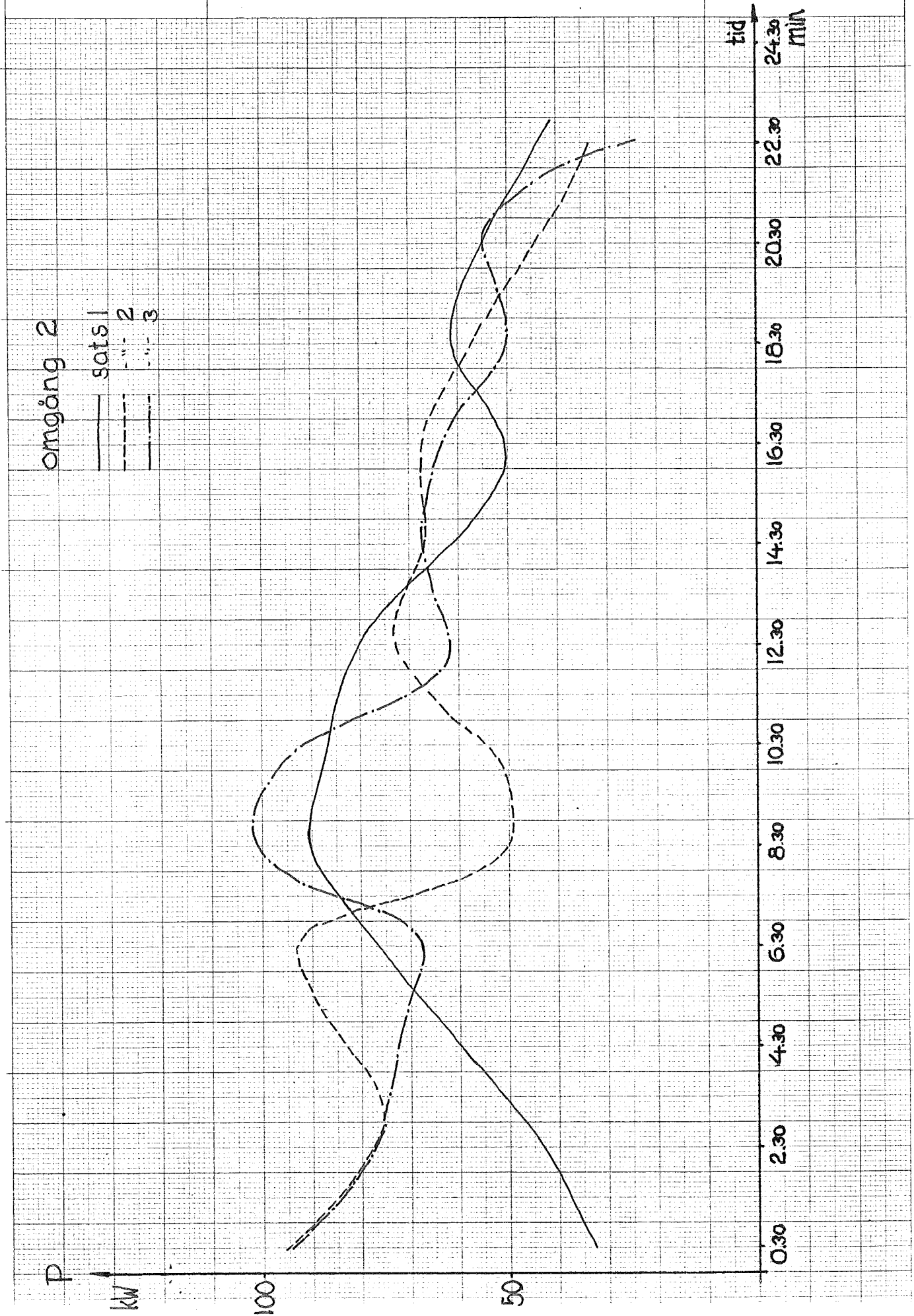
STS  
514 A4  
732501



Nr 1624

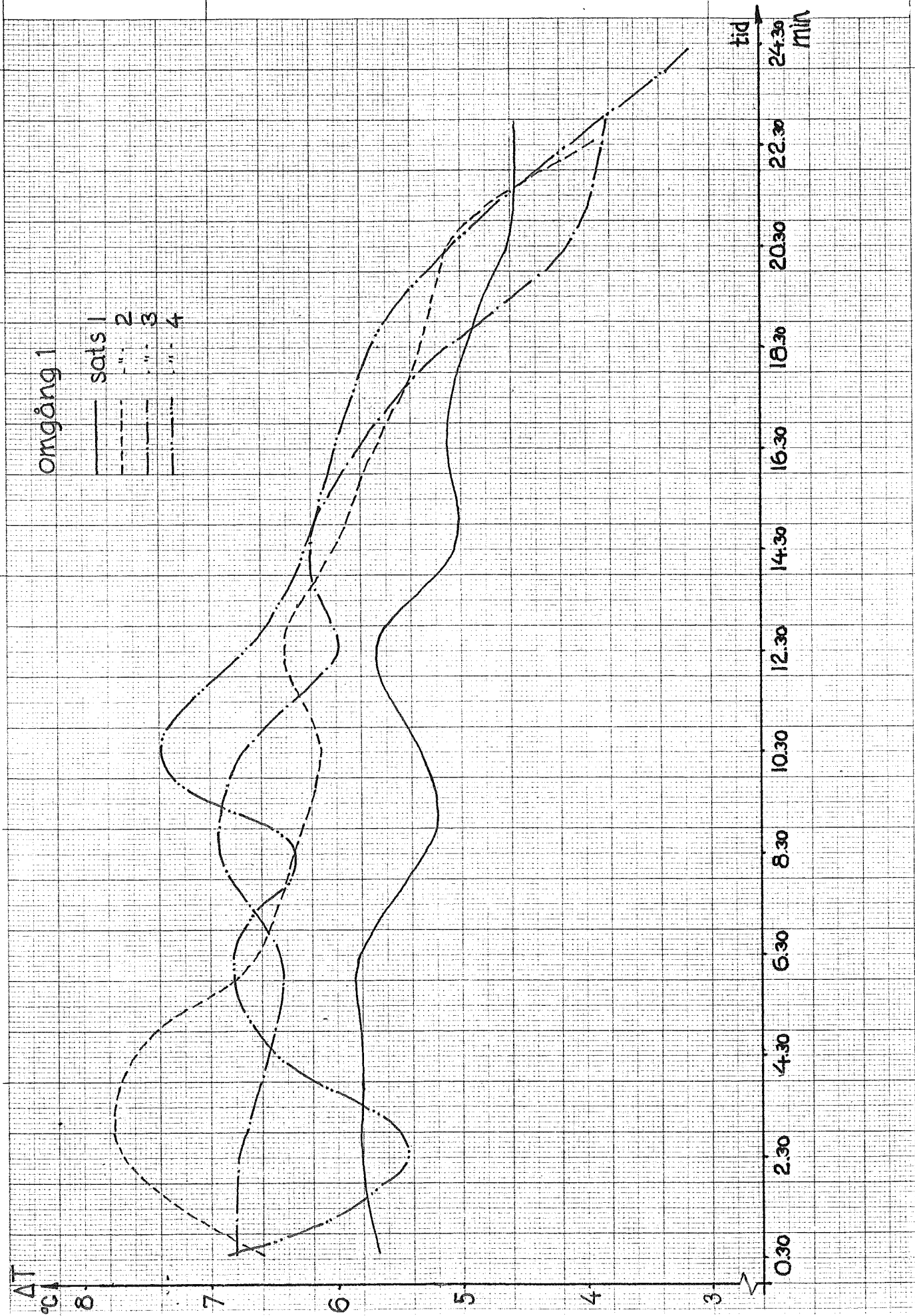
# Effekt : omgång 2

Bilaga 12.13



# Temperaturökning i malgods, omg 1

Bilaga 12.14



SIS  
514 A4  
732501

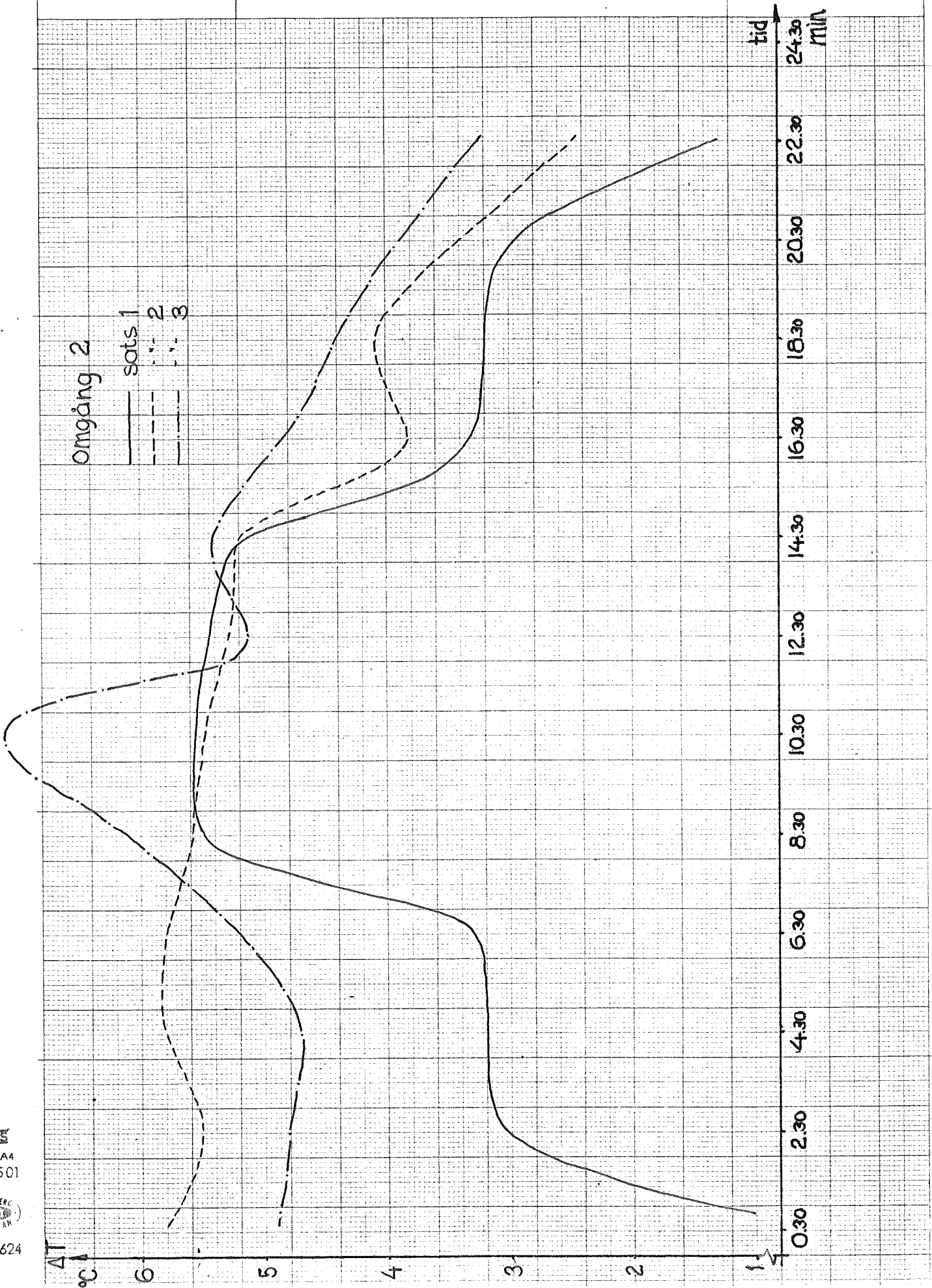


Nr 1624



# Temperaturökning i malgods, omg. 2

Bilaga 12.15



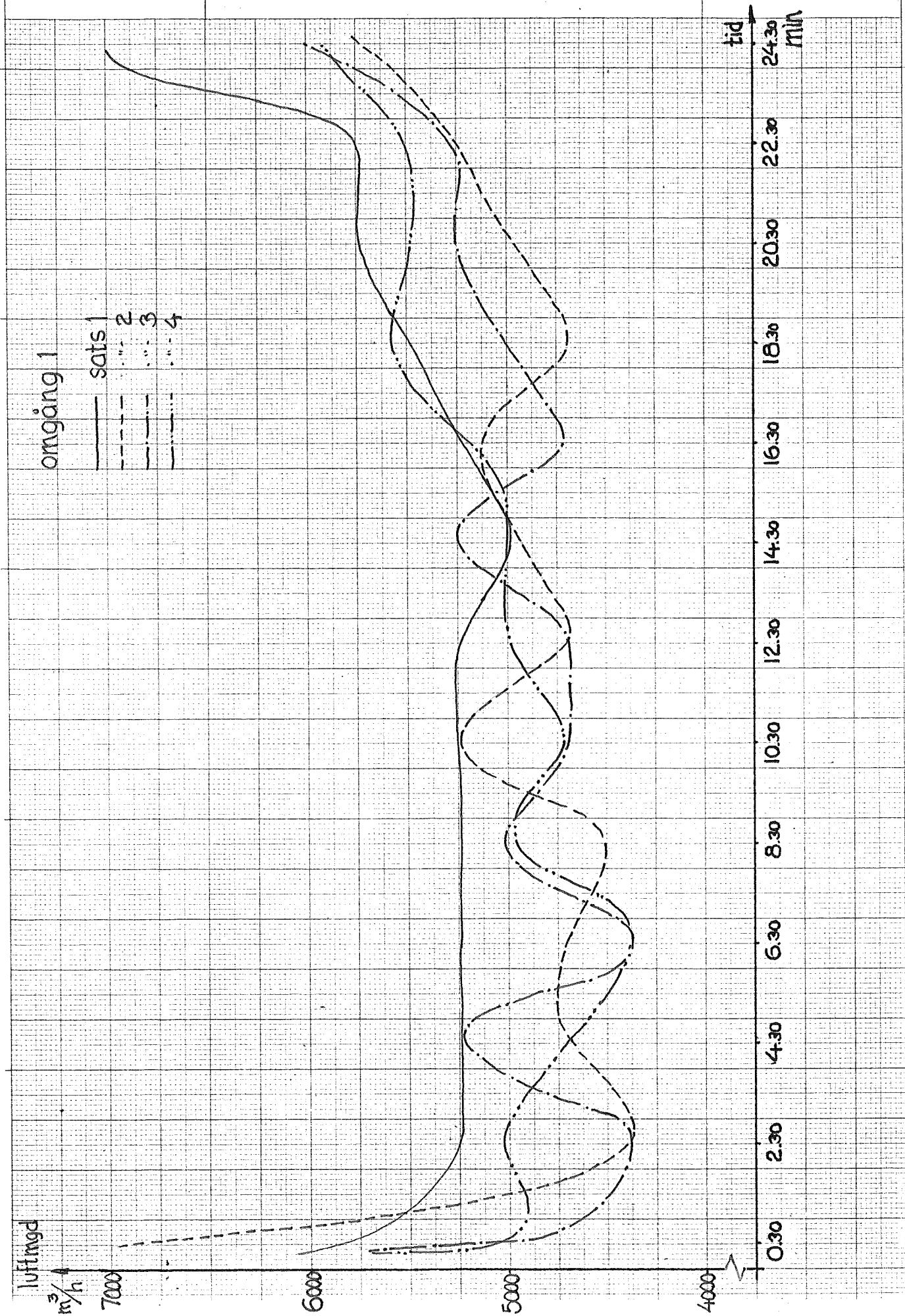
omgång 2

sats 1  
sats 2  
sats 3

tid  
min

# Luftmängd genom kvarn, omg. 1

Bilaga 12.16



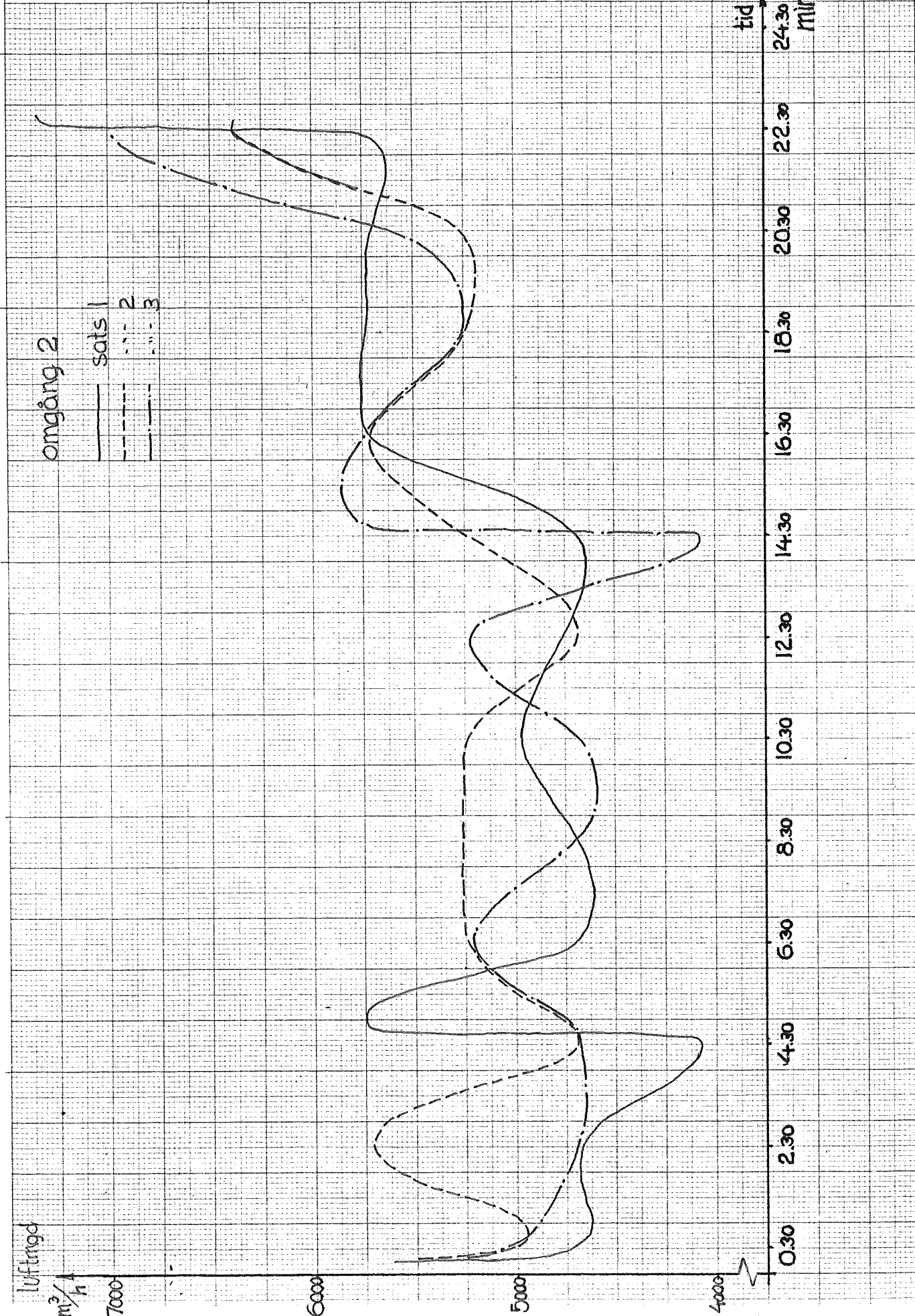
ST5  
514 A4  
732501



Nr 1624

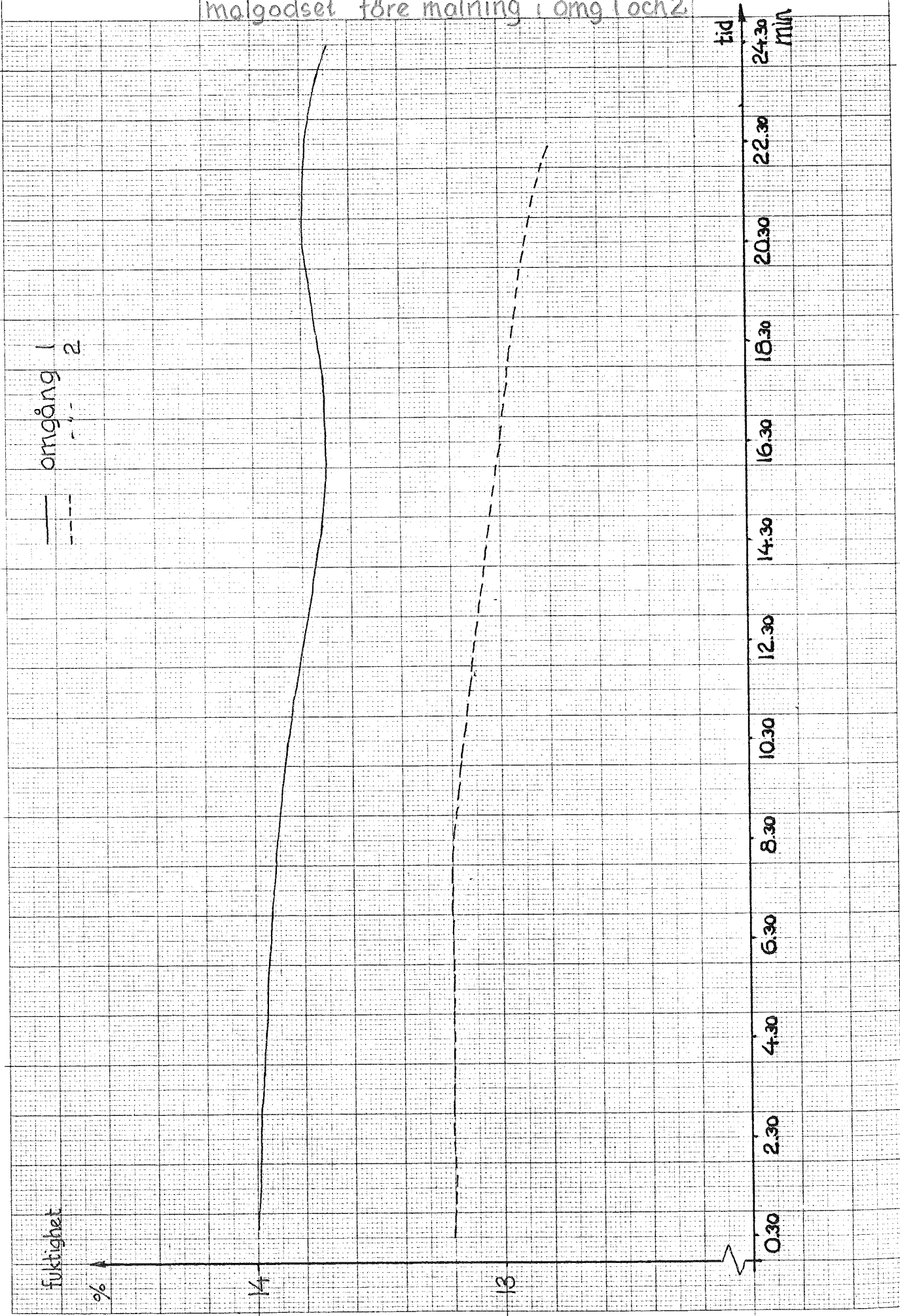
# Luftmängd genom kvarn, omg. 2

Bilaga 12.17



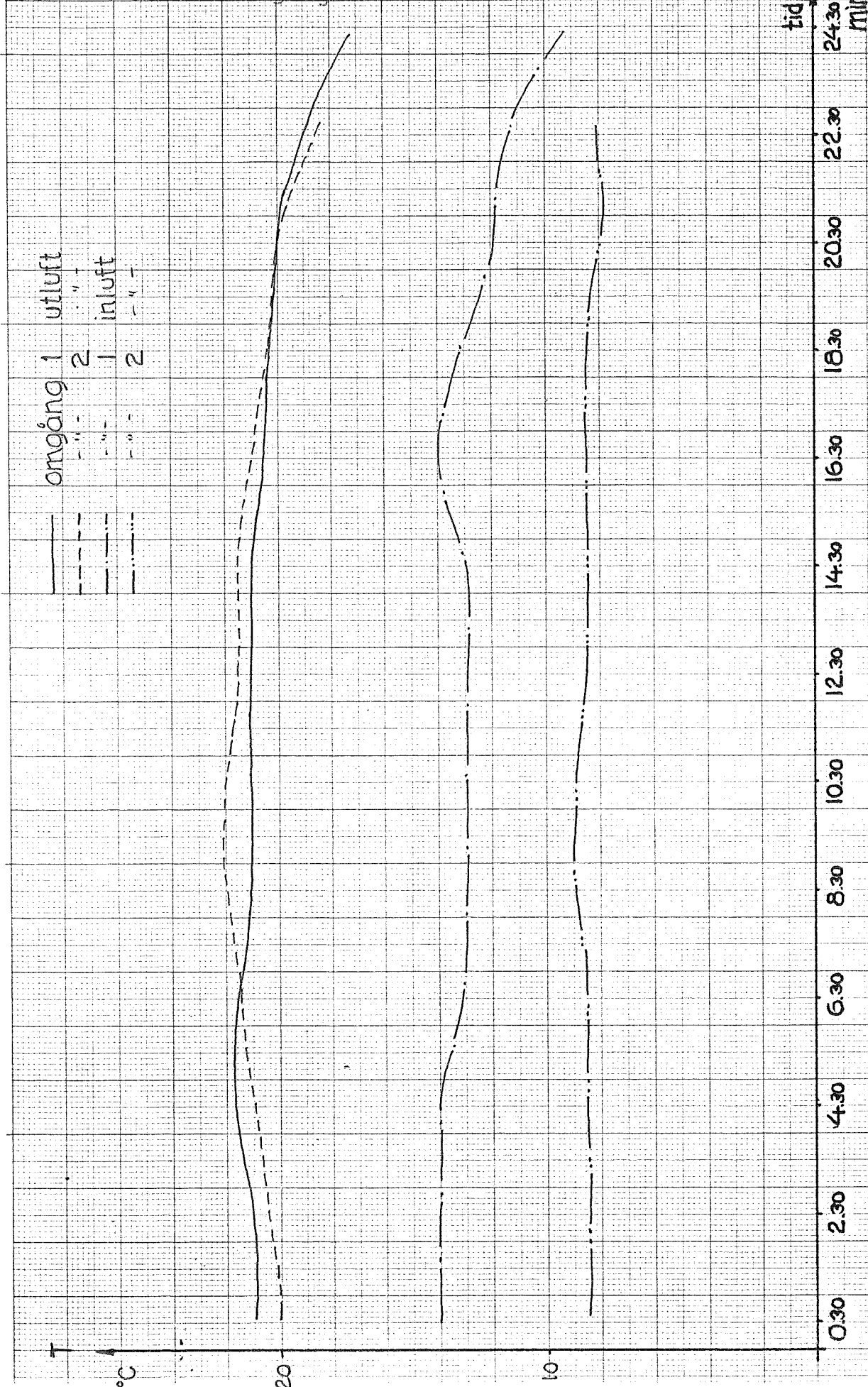
Jämförelse mellan medelvattenhalten i  
malgodset före malning i omg 1 och 2

Bilaga 12.18



Jämförelse mellan medelvärdena av temperaturerna på in- och utluft i omgångarna 1 och 2

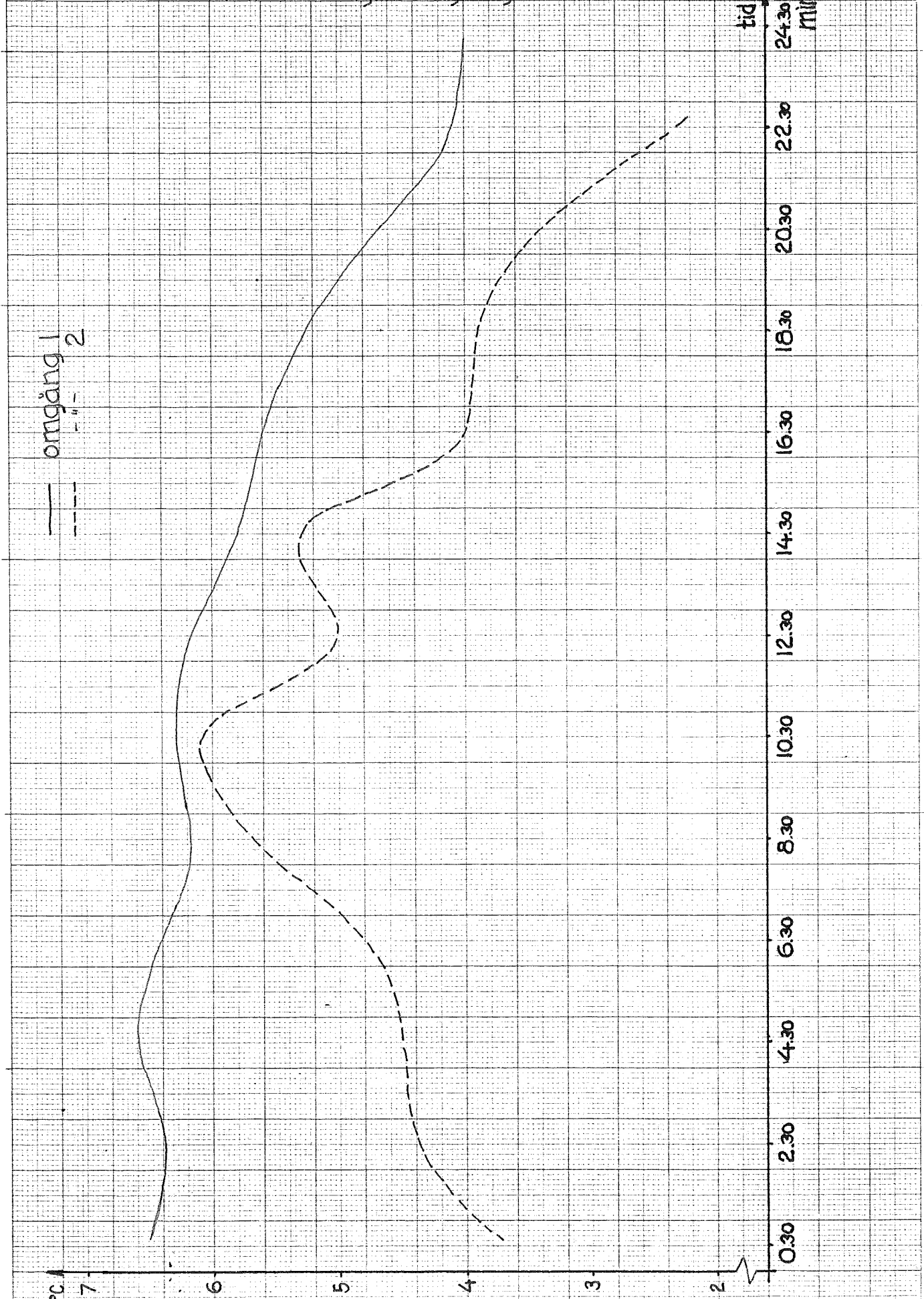
Bilaga 12.19





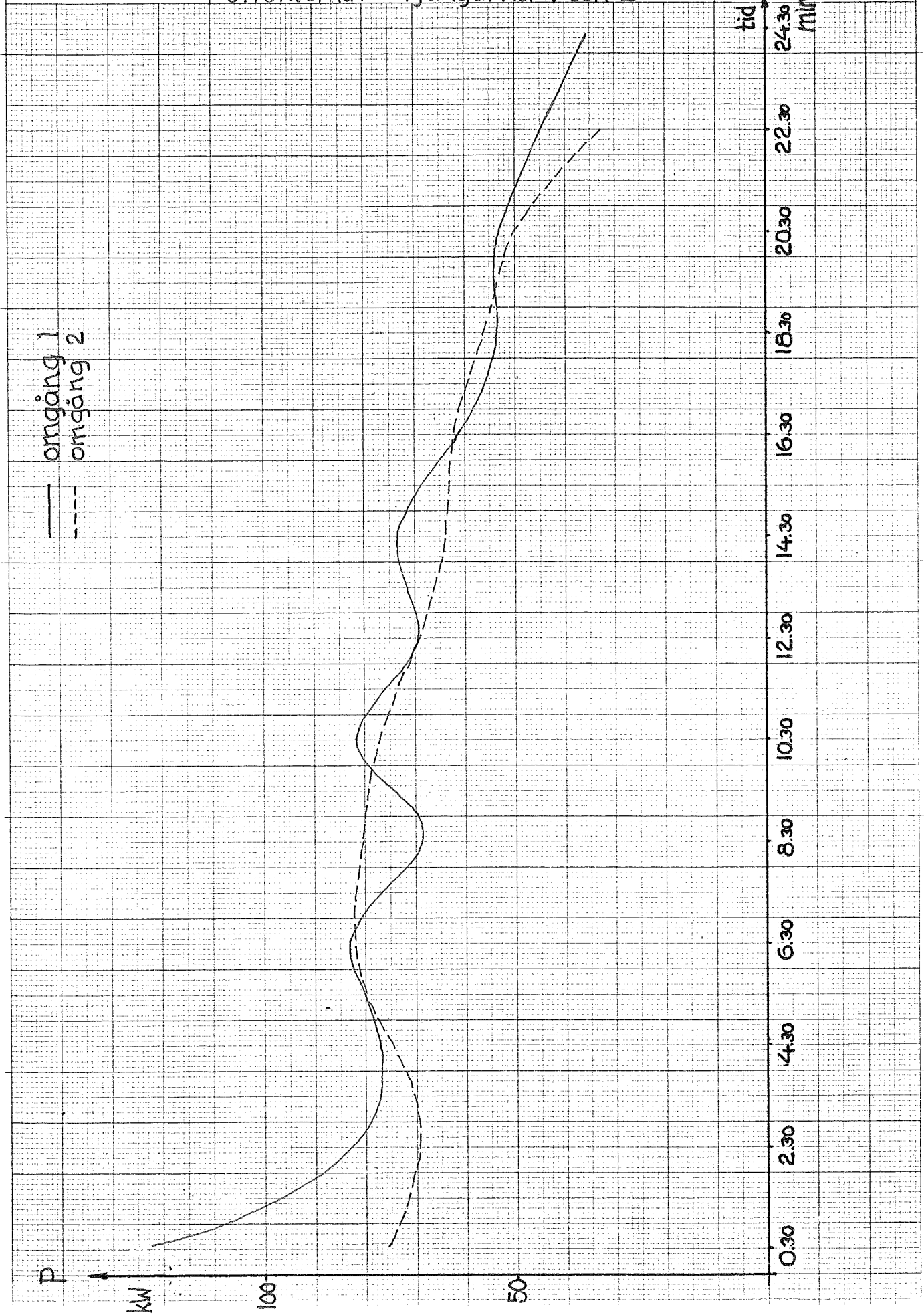
Jämförelse mellan medelvärdena av temperaturökningarna i malgodset vid malning i omgångarna 1 och 2

Bilaga 12.20



Jämförelse mellan medelvärdena av effekterna i omgångarna 1 och 2

Bilaga 12.21



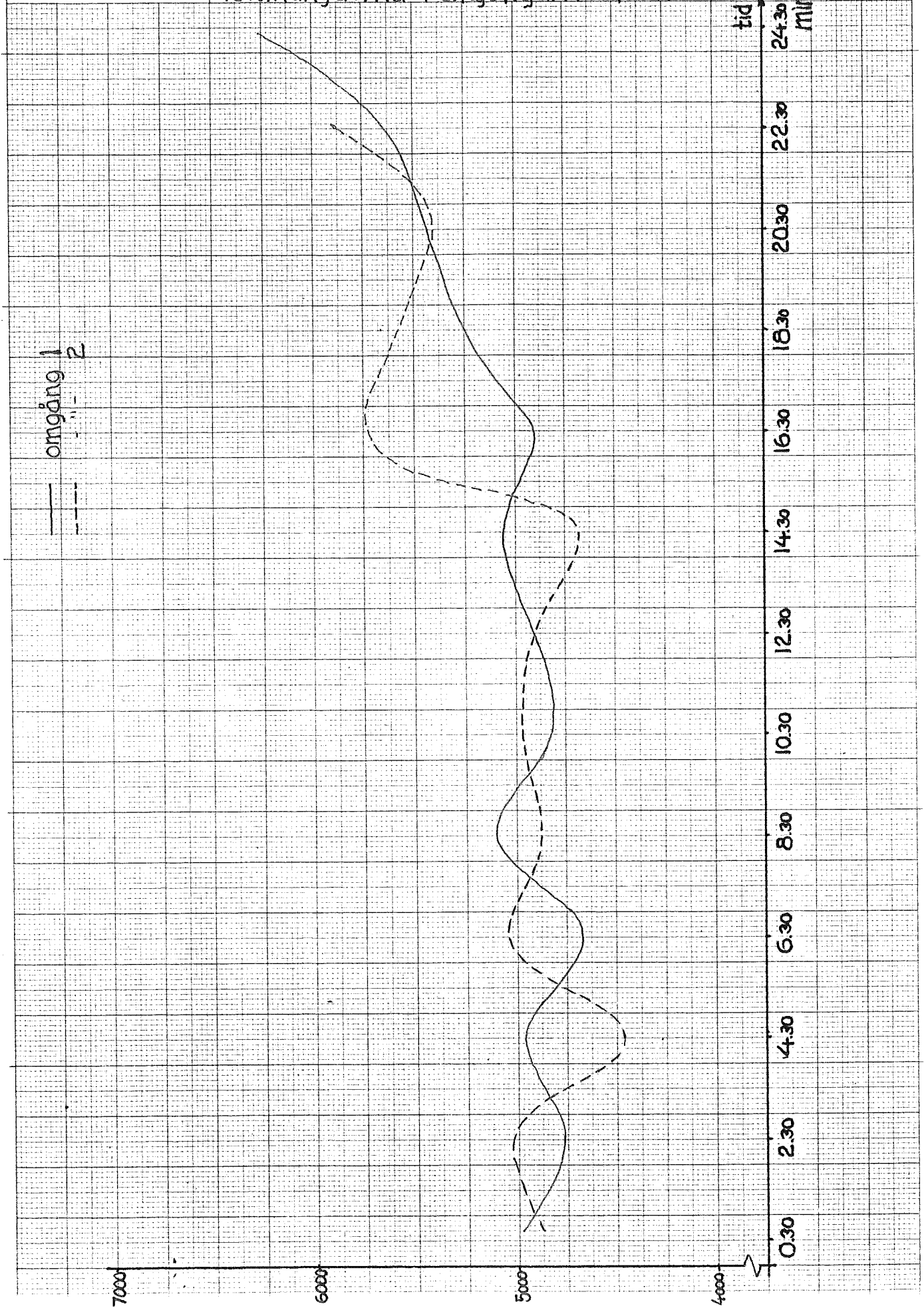
SIS  
514 A4  
732501



Nr 1624

Jämförelse mellan medelvärdena av  
luftmängderna i omgångarna 1 och 2

Bilaga 12.22





Bilaga 12.23

Modell för jämförelser av det teoretiska effektbehovet i hammarkvarnar.

$$N = G \times \frac{1}{d} \times \frac{1}{A} \times F \times k_0 \times \frac{1}{V} \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times v \times k_4 \times k_5$$

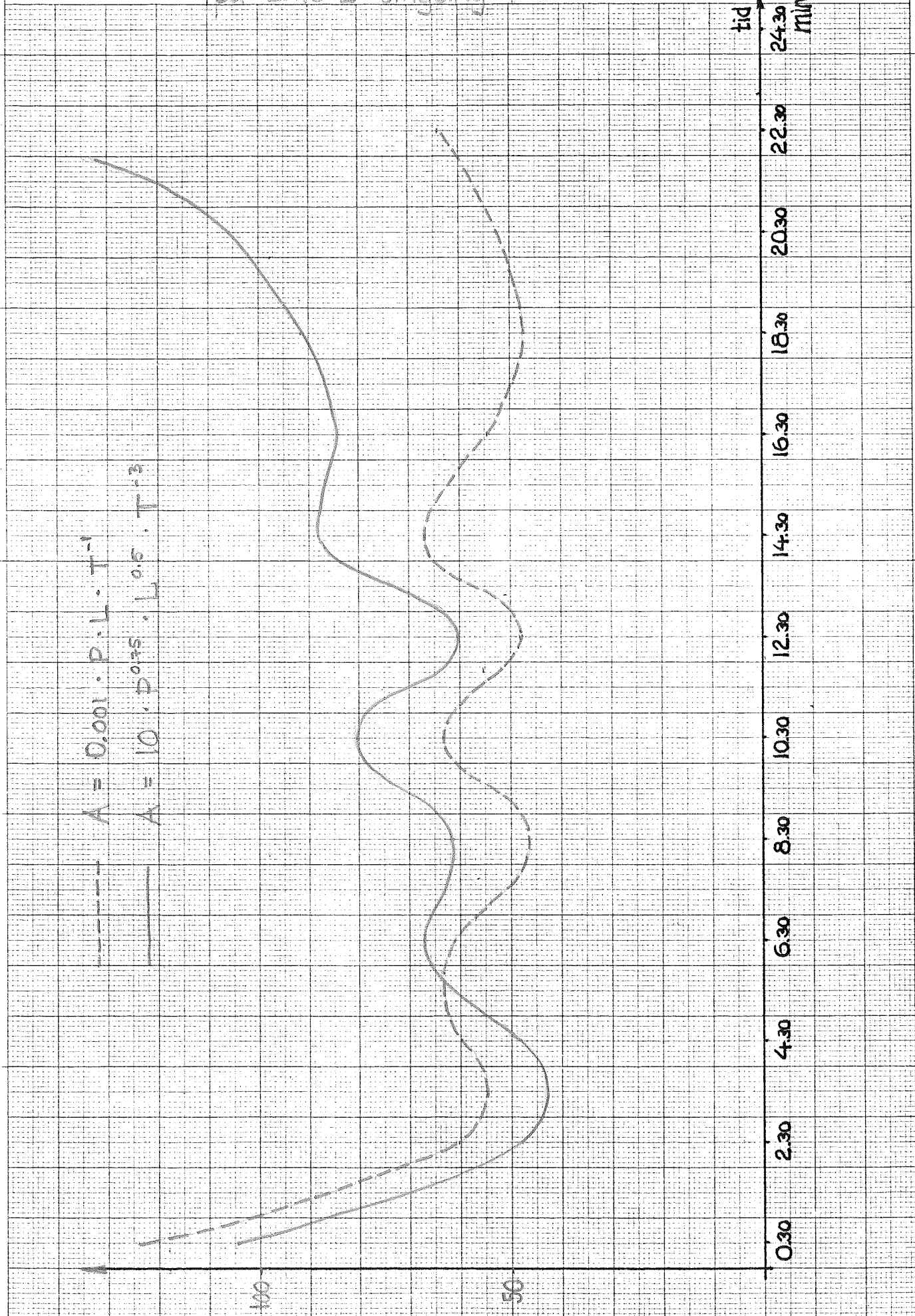
Beteckningar:

- N = teoretiskt effektbehov
- G = kapaciteten
- d = sållhålsdiameter
- A = total hålarea
- F = vattenhalten i malgodset
- k<sub>0</sub> = råvarukoefficient
- V = luftmängd genom kvarnen
- k<sub>1</sub> = koefficient för hammarnas utformning, material
- k<sub>2</sub> = koefficient för antal hammare och placering
- k<sub>3</sub> = koefficient för avst. mellan hammare - såll
- v = periferihastigheten
- k<sub>4</sub> = koefficient för sållplåtens tjocklek
- k<sub>5</sub> = dimensionskoefficient

Koefficienternas värden är inte kända.

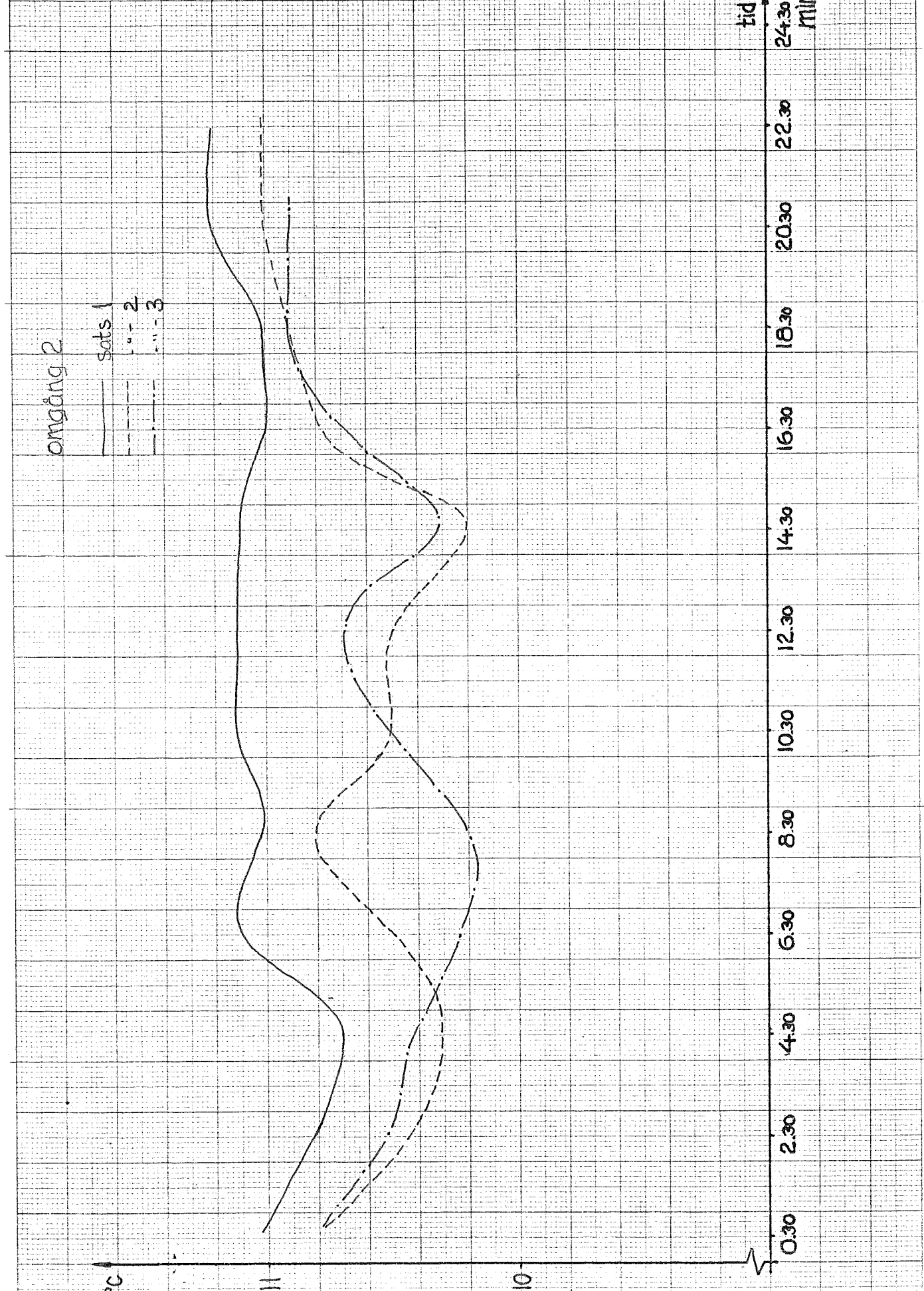
Modellen i Kapitel 9 tillämpad  
 på sats 2 omgång 1

Bilaga 12.24



# Temperatur i malgods före malning omg. 2

Bilaga 12.25



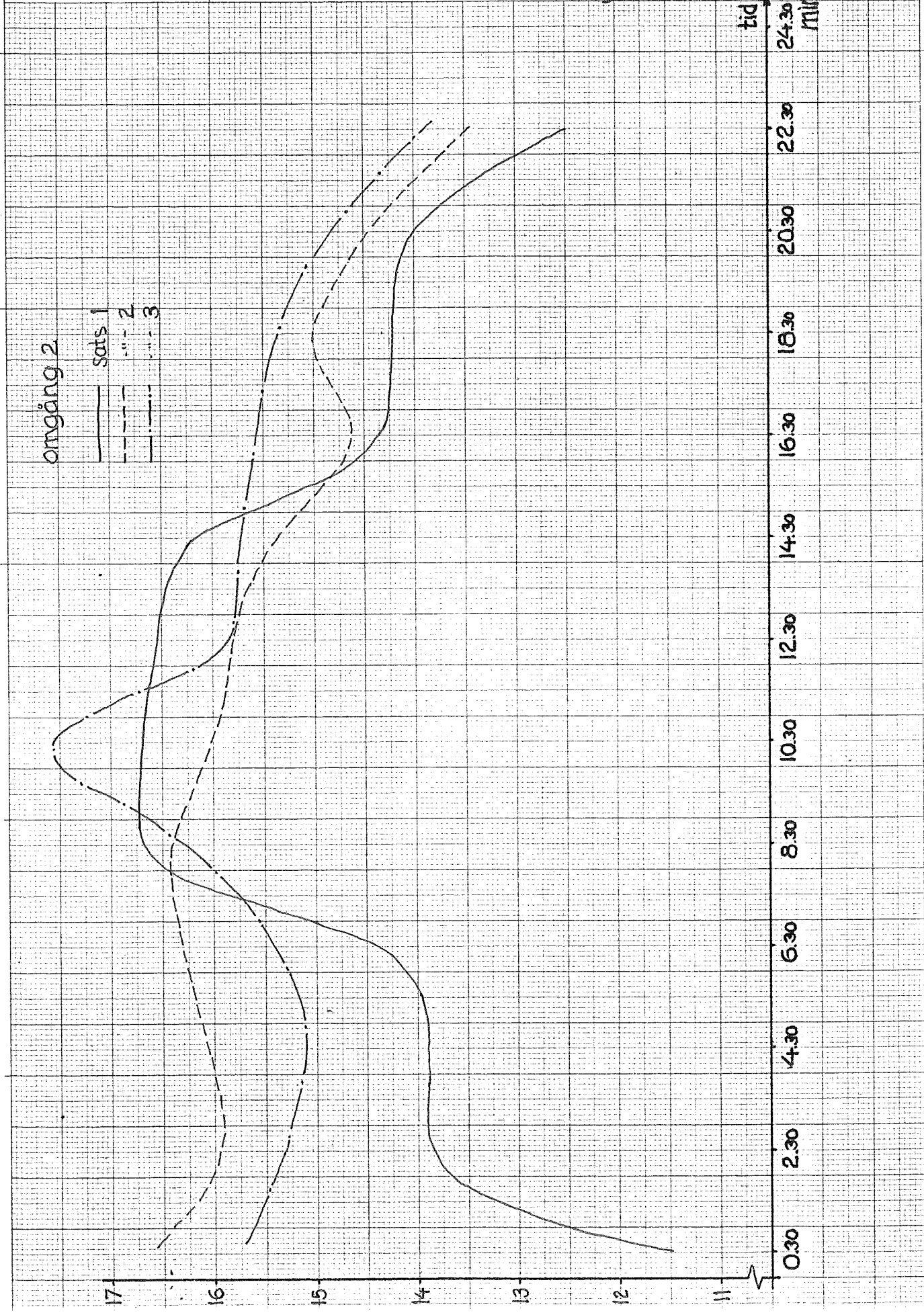
# Temperatur i malgods efter malning omg. 2

Bilaga 12.26

omgång 2

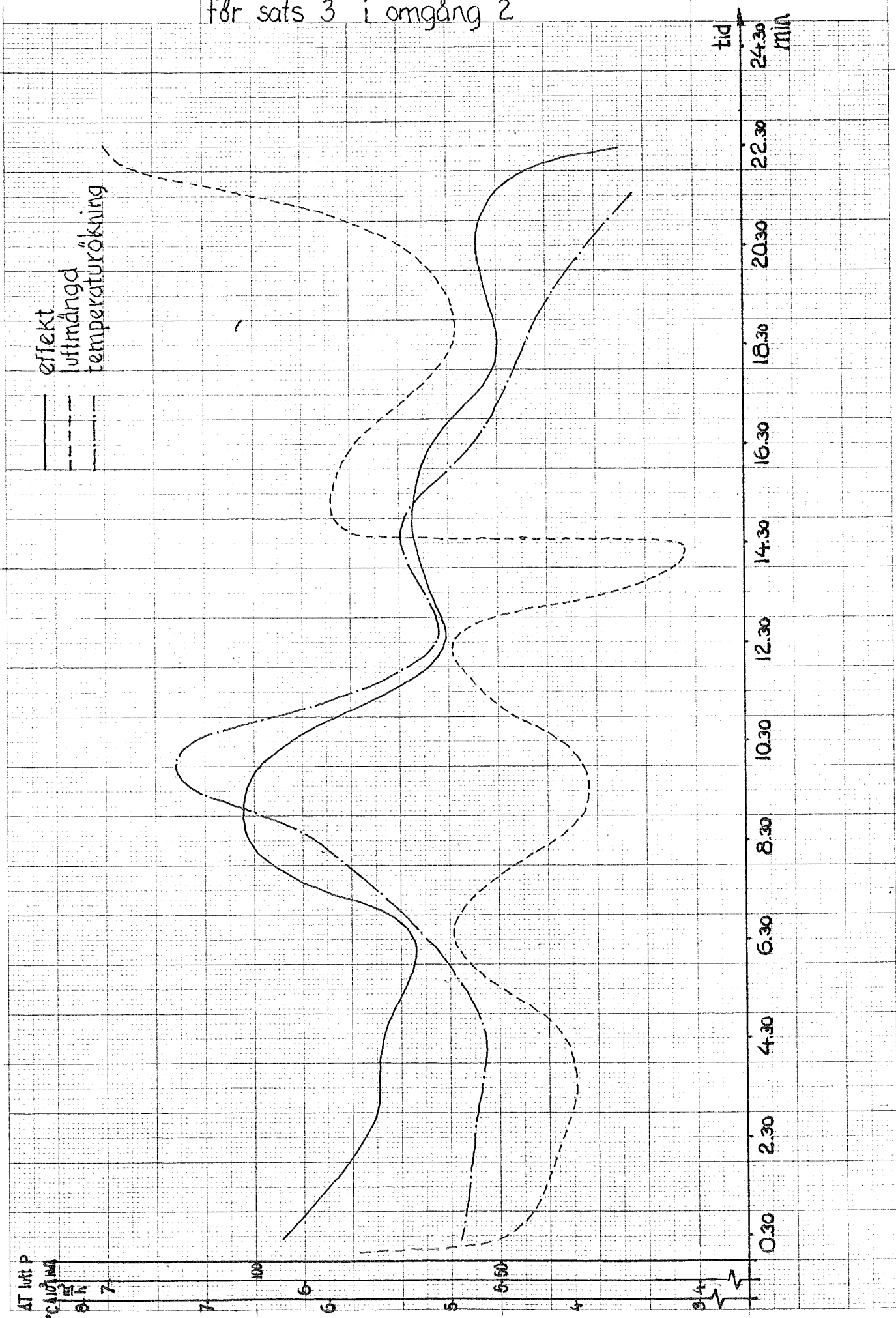
sats 1  
sats 2  
sats 3

tid  
MIN



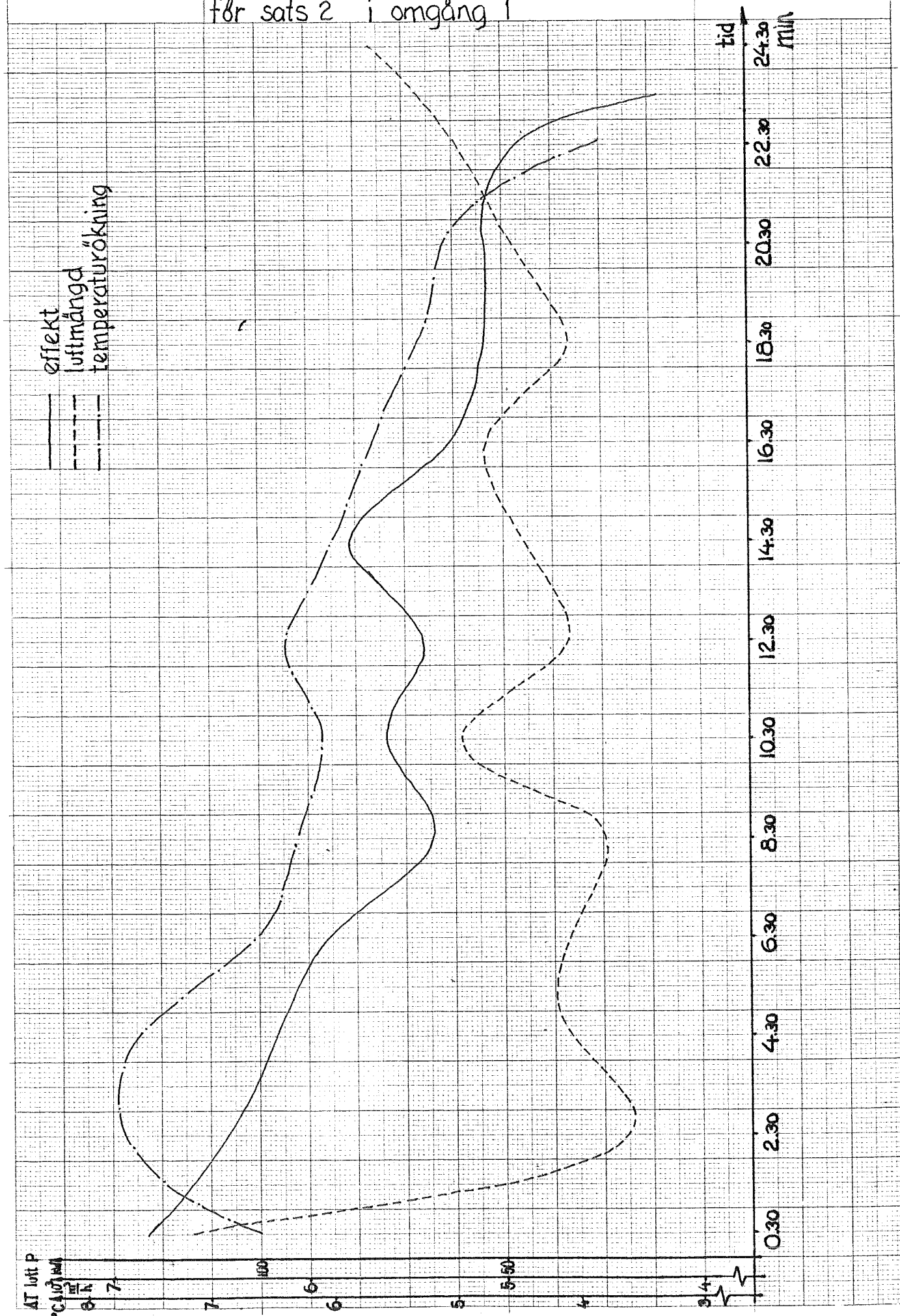
Jämförelse mellan effekt, luftmängd och temperaturökning i malgodset vid malning för sats 3 i omgång 2

Bilaga 12.27



Jämförelse mellan effekt, luftmängd och temperaturökning i malgodset vid malning för sats 2 i omgång 1

Bilaga 12.2b





Jämförelse mellan effekt, luftmängd och temperaturökning i malgodset vid malning för sats 4 i omgång 1

Bilaga 12.29

