



Institutionen för Vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

Utredning avseende kraftförsörjning
för Rissjö
genom mikrokraftverk

av

Per Kinell

Examensarbete
Nr. 1987:4

Göteborg 1987

Adress: Institutionen för Vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola
412 96 Göteborg

Telefon: 031/81 01 00

SAMMANFATTNING

Examensarbetet har visat att det finns tekniska möjligheter att förse Rissjö med elström, genom att anlägga ett mikrokraftverk i Svansjöbäcken. Rissjö är beläget ca 12 km från Risbäck i Dorotea kommun i Västerbottens inland. Ett kraftverk skulle kunna ge en effekt på ca 9 kW, vilket mer än väl skulle täcka bedömt effektbehov.

Kostnaden för uppförandet av anläggningen samt nödvändiga arbeten för att klara distributionen av elströmmen bedöms uppgå till 715.000:-.

Alternativet till detta är ledningsdragning från Risbäck, vilket bedöms kosta 1.000.000:-.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sid.
<u>Bakgrund</u>	3
<u>Förutsättningar</u>	4
<u>Vattenföring</u>	8
<u>Fallhöjd</u>	18
<u>Teknisk utformning</u>	19
<u>Effekt, energi</u>	24
<u>Ekonomi</u>	25
<u>Bilagor</u>	27
<u>Ritningar</u>	46
<u>Översikt över kraftverket i Kirjesån</u>	48

BAKGRUND

Från Jämtlands inland och norrut finns ett antal fjäll-lägenheter och ensligt belägna fastigheter, som inte är elektrifierade. Länsstyrelserna har därför gått ut med en förfrågan till de lokala eldistributörerna om förut-sättning finns för elektrifiering.

Detta examensarbete behandlar en fastighet i Rissjö i Risbäck. Den lokala eldistributören är Graningeverken AB. Fastigheten befinner sig ca 12 km från befintligt elnät, därför behandlar utredningen om det finns ekonomiska och tekniska möjligheter att förse fastigheten med elström från en alternativ kraftkälla. Alternativet som behandlas utgör anläggning av ett mikrokraftverk i något närliggande vattendrag.



Ensligt belägen fastighet i Rissjö som eventuellt skall elektrifieras.

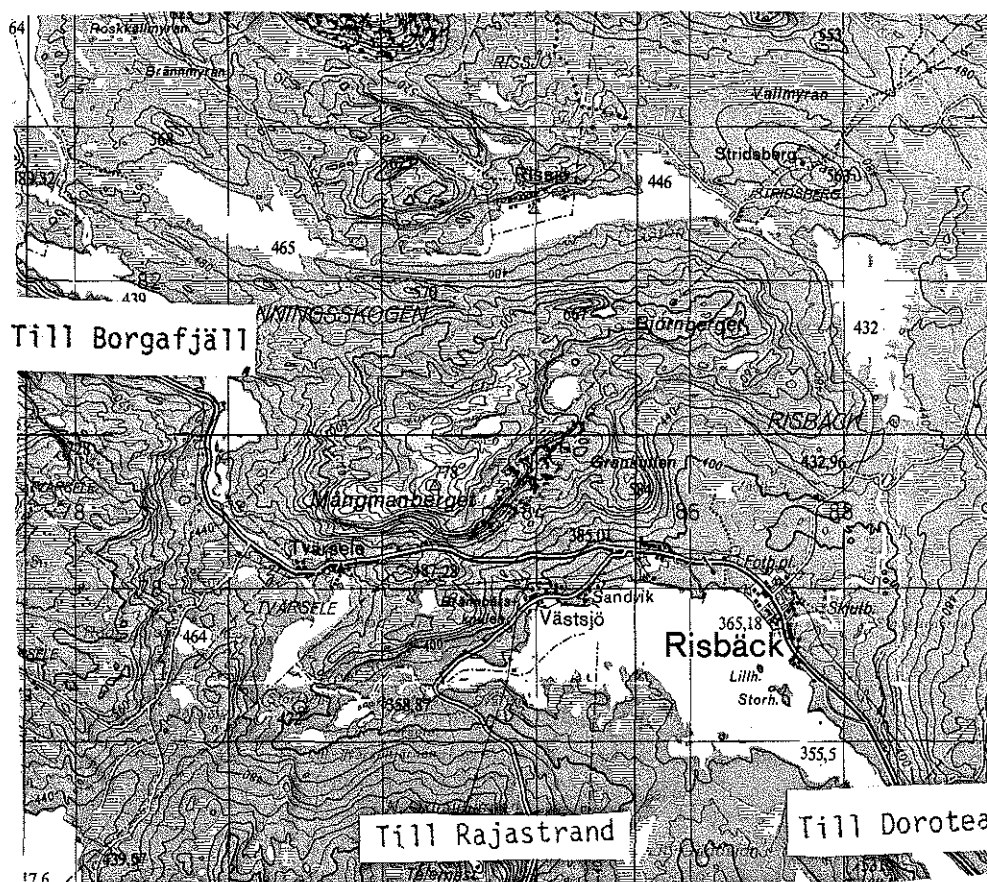
FÖRUTSÄTTNINGAR

I Rissjö, vars belägenhet framgår enligt nästa sida, finns en fastighet där två personer är mantalsskrivna, dessutom finns ett tiotal fritidshus. Den fasta bebyggelsen kan antas behöva 5 - 6 kW för att klara det normala effektbehovet.

Eventuell överskottseffekt kan möjligtvis säljas till fritidsbebyggelsen.

En mer ingående information avseende den fasta bebyggelsen redovisas nedan.

Fastighet	Ägare/boende namn, adress	Antal fast boende	Bostadshusets storlek
Rissjö 1:2	Alvar Johansson Rissjö 910 76 RISBÄCK	2 pers 55 o 82 år	96 m2
	Erik Johansson Rissjö 910 76 RISBÄCK		
Bostadshusets beskaffenhet	Avstånd till närmsta ledningsnät		
Byggt 1946	12 km		



Karta 1 : Fjällkartan över Risbäck i
skala 1:100000



Rissjö tillhör Dorotea kommun i Västerbottens inland.

Lämpligt vattendrag

En förutsättning för att ett mikrokraftverk ska kunna vara ett alternativ till ledningsdragning är att ett vattendrag med tillräcklig, kontinuerlig vattenföring finns i anslutning till fastigheten. I detta vattendrag måste dessutom en fallhöjd med begränsad utsträckning finnas. Fallhöjden måste också vara tillgänglig d v s den bör ligga i anslutning till befintligt vägnät.

Med hänsyn tagen till att avståndet från vattendraget till fastigheten ej bör vara för stort, och att tillgängligheten ska vara godtagbar, bedöms två alternativa vattendrag vara möjliga.

Dels vattendraget mellan Väster-Rissjö och Mellan-Rissjö, dels Svansjöbäcken.

Vid en närmare studie av dessa två vattendrag visar det sig att vattendraget mellan Väster-Rissjön och Mellan-Rissjön vintertid har en mycket begränsad vattenföring. Denna anses därför olämplig för ändamålet ifråga.

Svansjöbäcken bedöms däremot kunna uppfylla de premisser som tidigare ställts upp. Bäckens befinner sig ca 2 km från berörd fastighet och en fallhöjd som bedöms till 4 - 5 m finns tillgänglig i direkt anslutning till befintligt vägnät. Vattenföringen i bäcken anses dessutom vara tillräcklig. En mer ingående analys av förutsättningarna i Svansjöbäcken bedöms därför vara motiverad.



Svansjöbäcken uppströms bro

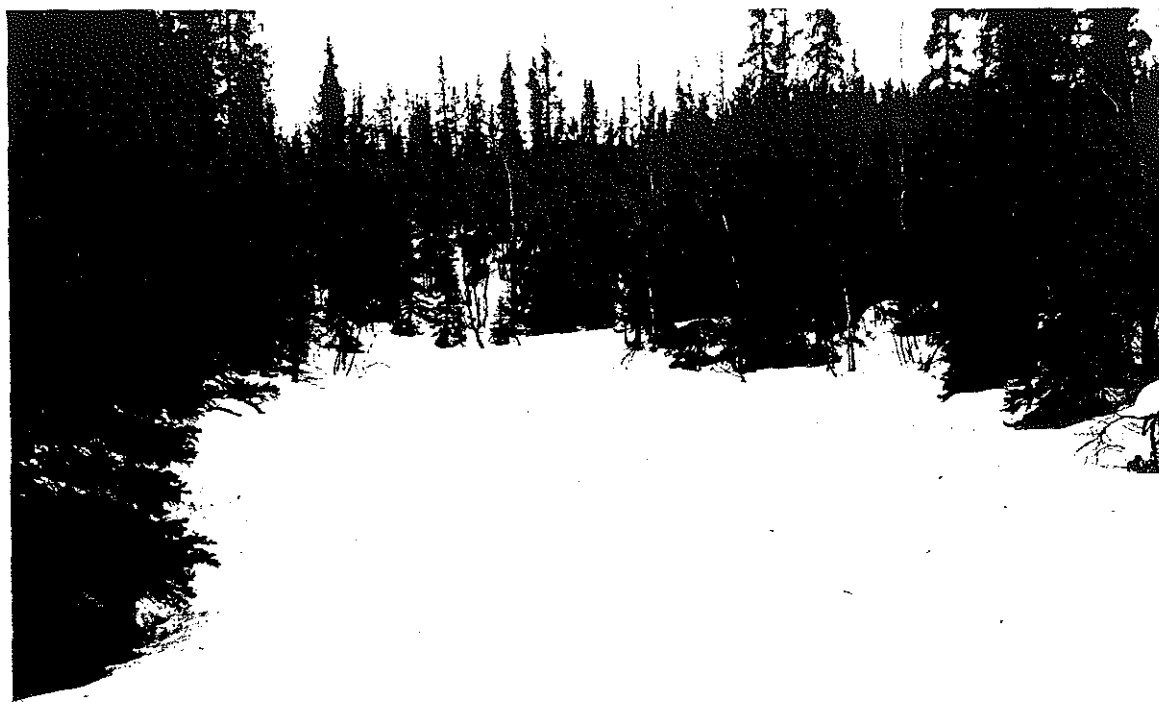
Karakteristika för vattendraget Svansjöbäcken

Svansjöbäcken avvattnar berört område till Mellanrissjön som ligger 446 m ö h. Vattendraget är oreglerat och data beträffande vattenföring saknas, varför egna mätningar samt transformation av närliggande daterade avbördningsområden använts för att bedöma vattenföringen i bäcken.

Svansjöbäcken avvattnar bl a följande sjöar:

TABELL 1

Heligsjöttjärnen	730 m ö h	och ytan	0,03 km ²
Heligsjön	709 "	"	0,26 "
Baksjön	705 "	"	0,04 "
Storfjälltjärnen	651 "	"	0,15 "
Lillfjälltjärnen	648 "	"	0,13 "
Svansjön	604 "	"	0,42 "
Älgsjön	455 "	"	0,06 "



Svansjöbäcken mellan bro och intag.

VATTENFÖRING

Bestämning av avbördningsområde

Avbördningsområdets storlek har bestämts genom en analys av det kartmaterial som finns tillgängligt. För området är ingen ekonomisk karta upprättad, varför den bästa serieproducerade kartan är fjällkartan i skala 1:100000.

Från Lantmäteriet har erhållits ett ortofoto för området i skala 1:20000, från vilket avbördningsområdet kunnat bestämmas med relativt hög noggrannhet.

Kartor och tabeller för bestämning av avbördningsområde redovisas i bilaga 1

Avbördningsområdets storlek uppgår till $47,7 \pm 0,8$ km²

Sjöarealen inom aktuellt avbördningsområde (karta 4), uppgår till 1,29 km² och har beräknats enligt samma förutsättningar som avbördningsområdet och framgår av bilaga 2

Sjöprocenten som utgör sjöandelen av det totala avbördningsområdet, ger ett mått på hur fort man får flödesförändringar i ett vattendrag vid nederbörd, och påverkar vattenföringsintervallets storlek. I värdet ingår inte bäckarnas storlek som är försumbar.

Avbördningsområde	47,7 km ²
-------------------	----------------------

Sjöareal	1,29 km ²
----------	----------------------

Sjöprocent	$\frac{1,29}{47,7} \cdot 100 = 2,70 \%$
------------	---

Egna vattenföringsmätningar

De egna mätningarna har gjorts med hjälp av en vattenhastighetsmätare typ A.Ott. Denna består av en propeller som är kopplad till en varvtalsmätare.

Vattenhastigheten är då i stort sett proportionell mot antalet varv propellern snurrat. En korrektionsfaktor för friktion mellan propeller och fästansordning läggs också in i formeln för framtagning av vattenhastigheten.

Vattenhastigheten varierar mellan olika mätpunkter i vattensektionen. För att kunna beräkna vattenföringen i vattendraget måste ett stort antal mätningar av vattenhastigheten göras. Mätpunkterna bör variera både i höjd och sidled i vattensektionen.

Generellt gäller att vattenhastigheten är högre i ytvattnet än djupare ned.

Vidare gäller att vattenhastigheten är högre mitt i bäckfåran än ute vid bäckkanterna, där ett s k bakvatten uppstår.

Vattendraget är uppdelat i sex sektioner med en halv meters bredd. Hastigheten och arean för varje sektion bestäms, och ur detta beräknas vattenföringen i vattendraget enl. bil. 3



Vägovergång över Svansjöbäcken.

Mätvärde 870202

Vattenföring 0,36 m³/s

Mätvärde 870309

Vattenföring 0,24 m³/s

Mätningarna är gjorda 1987-02-02 resp 1987-03-08 och följer på en extremt kall januari samt en extremt kall vecka 10 i början av mars. Detta bör ha bidragit till att det vid mättidpunkterna varit en mycket låg vattenföring.

Eftersom man av dessa två mätningar inte kan bestämma minimi-, medel- och maximivattenföring måste man göra en jämförelse med närliggande avbördningsområden, som studerats av SMHI och dataförts.



Mätställe för vattenföringar.

REFERENSOMRÅDEN

De mest betydelsefulla faktorerna vid jämförelse av avbördningsområden är områdenas storlek, sjöareal, klimat, geografiska placering, höjdläge och områdesbiotop.

För att utfallet av jämförelsen ska vara relevant bör de flesta av faktorerna vara så likartade som möjligt i de båda områdena.

Som referensområden har utvalts Borgasjöområdet med Saxån som huvudsaklig vattentransportör, samt Övre Mesjöområdet med Korpån som huvudsaklig vattentransportör.

Anledningen till att dessa områden utvalts är att de är närliggande och därigenom har liknande klimatbetingelser. Nedan redovisas karakteristik över aktuella avbördningsområden.

Svansjöbäckområdet

Områdets storlek har bestämts till 47,7 km² och sjöarealen är 1,29 km² eller annorlunda uttryckt - sjöprocenten är 2,70 %

Höjdskillnaden mellan högsta och lägsta punkt i avrinningsområdet är ca 600 m, med högsta punkten 1031 m ö h.

Området består av ca 30 % myr, 60 % skogsmark och 10 % höglänt fjällterräng.

Övre Mesjöområdet

I detta område finns en av SMHI:s mätstationer. Avrinningsområdets storlek uppgår till 315 km², vilket är mer än 6 ggr större än Svansjöbäckområdet.

Sjöarealen är 2,6 % som är väl överensstämmande med Svansjöbäckområdet där sjöarealen är 2,7 %.

Mätstationen ligger 439 m ö h vilket är nära den nivå som Svansjöbäckens utlopp ligger på (446 m ö h). Högsta punkten inom avbördningsområdet ligger på 1300 - 1400 m ö h.

Området ligger i samma dalgång som Svansjöbäckområdet på ett inbördes avstånd mindre än 2 mil, och med likartade markförhållanden, varför förhållandena i Övre Mesjöområdet väl bör spegla förhållandena i Svansjöbäckområdet.

Borgasjöområdet

Avrinningsområdets storlek uppgår till 508 km², vilket är 11 ggr så stort som Svansjöbäckområdet.

Sjöarealen är 6,5 % eller ca dubbelt så stor som aktuellt område.

Mätstationens placering är 450 m ö h och högsta punkten ca 1100 - 1200 m ö h.

Även detta område ligger i samma dalgång och på ett avstånd av 2 - 3 mil från Rissjö. Markförhållandena är likartade.

VATTENFÖRINGSDATA

Eftersom inget magasin är tänkt att anordnas är minimivattenföringen den intressanta. Sålunda studeras dygnsmedelvärdena och lägsta dylikt söks. Eftersom statistik saknas för Svansjöbäckområdet följer här en studie av Borgasjöområdet och övre Mesjöområdet, varefter en transformering till det aktuella området görs.

Borgasjöområdet

Borgasjöområdets genomsnittliga månadsmedelvattenföring visar en klar tendens att lågvattenföringen inträffar i perioden januari - april. Därefter kommer under perioden maj - juli högvattenföring varefter vattenföringen, med undantag av en höstflod, succesivt minskar under årets sista halvår. De intressanta månaderna är alltså perioden januari - april. En studie av dessa månader ger att februari och mars genomgående har lägst vattenföring. Den minsta vattenföringen som registrerats under perioderna 1922 - 1931 och 1943 - 1949 är 1,5 m³/s (dygnsmedelvärde).

Avrinningsområdets yta uppgår till 508 km², vilket ger ett karakteristiskt värde för avrinningen på 3,0 dm³/s km².

Medelvattenföringens karakteristiska avrinning uppgår till 32 dm³/s km². Detta är genomsnittet av årsmedelvärdena.

Den maximala vattenföringens karakteristiska avrinning uppgår till 384 dm³/s km².

Övre Mesjöområdet

Övre Mesjöområdets genomsnittliga månadsmedelvattenföring visar samma tendens som Borgasjöområdet d v s att lågvattenföringen inträffar i perioden januari - april. En studie av dessa månader visar att den minsta vattenföring som registrerats under perioden är 0,97 m³/s.

Avrinningsområdets yta uppgår här till 315 km², vilket ger ett karakteristiskt värde för avrinningen på 3,1 dm³/s km².

Den genomsnittliga medelvattenföringen under åren som finns tillgängliga uppgår till 9,8 m³/s. Det karakteristiska värdet för avrinningen blir då 31 dm³/s km².

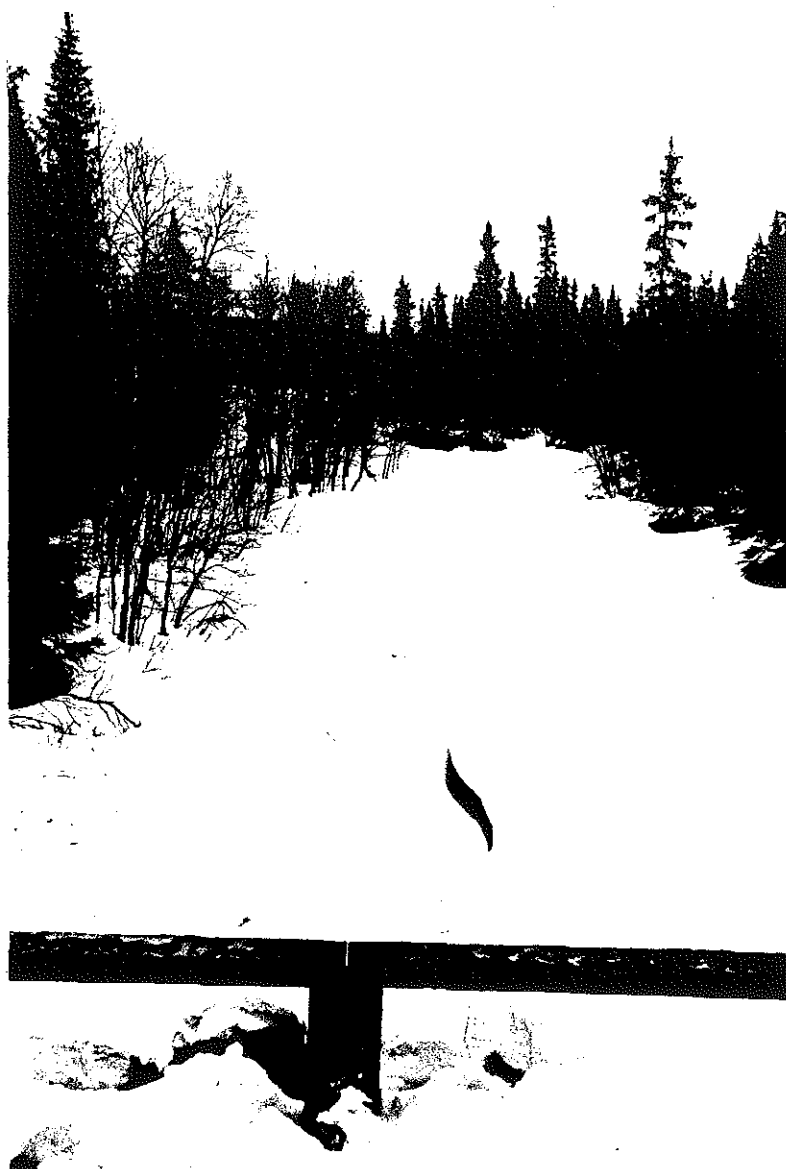
Den maximala vattenföringen under perioden är 104 m³/s. Detta ger en karakteristisk avrinning på 330 dm³/s km².

De tillgängliga data angående vattenföringen som finns i denna mätstation inskränker sig till perioden 1982 - 1985. Att den trots detta tas upp i denna diskussion beror på dess ringa avstånd till det aktuella området. Denna station är i geografiskt hänseende belägen närmast Svansjöbäcken.

För övrigt kan nämnas att de två mätstationerna som här är upptagna är de enda stationer som finns inom en femmilsradie från aktuellt område.

Svansjöbäckområdet

Nedan följer två uppskattningar av vattenföringen i Svansjöbäcken, dels baserad på transformation från ovannämnda område, dels baserad på två egna mätningar i Svansjöbäcken, vilka relaterats till berörda områden.



Svansjöbäcken nedströms sedd från brobana.

TRANSFORMERING

Vid transformation erhålls, om samma karakteristiska avrinning som i jämförelseområdena förekommer, värden enl vidstående tabell.

TABELL 2

	Borgasjö- området	Övre Mesjö- området	Medel- område
Minimi- avrinning	3,0 dm ³ /s km ²	3,1 dm ³ /s km ²	3,05 dm ³ /s km ²
Medelav- rinning	32,0 dm ³ /s km ²	31,0 dm ³ /s km ²	31,5 dm ³ /s km ²
Maximiav- rinning	384,0 dm ³ /s km ²	330,0 dm ³ /s km ²	357,0 dm ³ /s km ²

Medelområdets avrinningar applicerade på Svansjöbäcksområdet ger vattenföringar enl nedan.

Minimivattenföring	$3,05 \cdot 47,7 = 150 \text{ l/s} = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$
Medelvattenföring	$31,5 \cdot 47,7 = 1500 \text{ l/s} = 1,50 \text{ m}^3/\text{s}$
Maximivattenföring	$357 \cdot 47,7 = 17030 \text{ l/s} = 17,03 \text{ m}^3/\text{s}$

UPPMÄTT VATTENFÖRING

Vid mätningar i Svansjöbäcken utförda 1987-02-02 resp 1987-03-09 har följande värden erhållits enl tidigare beräkning.

1987-02-02 0,36 m³/s

1987-03-09 0,24 m³/s

Eftersom Mesjöområdet ligger mycket nära det aktuella området så har mätvärdena satts i relation till detta område för att få fram minimi-, medel- och maximivattenföringen.

TABELL 3

Korpån, Mesjöområdet vattenföring	Svansjöbäcken vattenföring	Jämförelsekoef- ficient
1987-02-02	1987-02-02	1987-02-02
1,4 m ³ /s	0,365 m ³ /s	$\frac{1,4}{0,365} = 3,84$
Korpån, Mesjöområdet vattenföring	Svansjöbäcken vattenföring	Jämförelsekoef- ficient
1987-03-09	1987-03-09	1987-03-09
1,1 m ³ /s	0,237 m ³ /s	$\frac{1,1}{0,237} = 4,64$

Vattenföring baserad på dessa koefficienter och mätvärden blir därför:

Minimivattenföring $\frac{0,97}{4,64} = 0,21 \text{ m}^3/\text{s}$

Medelvattenföring $\frac{9,8}{4,64} = 2,11 \text{ m}^3/\text{s}$

Maximivattenföring $\frac{104}{4,64} = 22,52 \text{ m}^3/\text{s}$

VATTENFÖRING SVANSJÖBÄCKEN

Som resultat av de två olika bedömningarna har erhållits 0,15 m³/s resp 0,21 m³/s för minimivattenföringen. Med hänsyn till att detta år anses ha väldigt liten vattenföring, så bör 0,21 m³/s vara väldigt nära den verkliga minimivattenföringen. Därför väljes 0,20 m³/s som minimivattenföring.

Vattenföringarna i bäcken bedöms därför till:

Minimivattenföring	0,20 m ³ /s
Medelvattenföring	2,0 m ³ /s
Maximivattenföring	20 m ³ /s

Konstruerat varaktighetsdiagram för Svansjöbäcken enl fig 3 i bilaga 4.

FALLHÖJD

Inledning

Fallhöjden kombinerat med vattenföringen ger den utgående effekt som kan fås från kraftverket. Vidare måste fallhöjden vara koncentrerad till ett begränsat område i vattendraget. I detta fall är denna sträcka 212 m längs bäckfåran.

Avvägningen följer bäckfårans mitt med fyra meters avstånd mellan mätpunkterna.

Avvägningsresultat

Som fixpunkt användes brobana 447,0 m ö h.

Vattenyta nedströms kraftverk 0/000

Vattenintag 0/212

Av höjdprofilen framgår att bruttofallhöjden uppgår till $448,73 - 442,92 = 5,81$ m.

Nettofallhöjden påverkas av fallförluster i tilloppstub och intag. Denna bestäms sålunda senare, när dessa delar är dimensionerade

Bruttofallhöjd = 5,8 m.

Höjdprofil och karta framgår av bilaga 5



Svansjöbäcken med stakad linje för tilloppstub.

TEKNISK UTFORMNING

Inledning

Över bäckfåran anläggs en stenfyllnadsdamm med en träspont som tätkärna. Dammen utföres med en lägsta punkt i mitten för bräddning. Terrängen uppströms dammen tillåter en höjning av vattenytanivån med ca 1,0 m utan att densamma åsamkas skada.

Vid vårflod kan vattenytan uppströms dammen ev. stiga med 0.7 m (se avbördningsdiagram i bilaga 6).

Intaget för drivvatten kommer att utföras som en betongbrunn uppströms dammen. Brunnen täcks och kommer att förses med viss uppvärmning. Från brunnen leder en rörledning i pvc-plast vattnet ned till turbinen och generatorläget.

Turbinen som är sammanbyggd med generatorm utförs i enlighet med typritningar från Assar Nordebo.

Från sugröret genomförs rensningar i bäckfåran nedströms.

Damm

För att samla vattnet och leda ner detta till turbinläget, utföres en damm över bäckfåran, enl. situationsplan enl. bil. 7. Kraven som ställs på en sådan damm är att den skall tåla en bräddning på ca 25 m³/s samt att den skall kunna spilla ca 10 - 20 l/s utan att svallis bildas i allt för stor utsträckning. Dammen tjänstgör ju också som intagsdel för vattnet, som skall ledas ner till mikroverket.

För att infria dessa krav utföres dammen som en stenfyllnadsdamm med tätkärna och där en träspont utgör den definitiva tåtdelen. Stenen i ytan bör vara grov och av typ sprängsten. Alternativt kan stenen bindas samman med armeringsnät som fästes med betong. Dammen utföres enl. ritning nr 1.

Vattenintag

Vattenintaget utgörs av en betongbrunn som placeras i anslutning till jorddammen. I betongbrunnen bilas ett intagshål med ett grovmaskigt nät samt en tubanslutning. Tanken är att vattennivån i brunnen ska stabiliseras och minska turbulensen vid intaget, som annars ger fallhöjdsförluster. Med vetskap om att vattenflödet genom brunnen kommer att bli ca 0,2 m³/s bör diametern på brunnen vara minst 1600 mm. Arean på en sådan brunn är ca 2,0 m².

Man måste dessutom tänka på att brunnen ska vara stabilt förankrad vid högvattenflödet. Brunnen bör därför vara placerad så att den har stöd mot t ex strandkant eller dammkropp.

Ett krav är att man vid brunnen måste kunna stoppa vattenflödet till tilloppstuben. Detta löses genom att en plugg sättes i tilloppstubens intag. Denna plugg måste kunna hanteras utan att man behöver stiga ned i brunnen. En förlängd arm på denna är därför nödvändigt liksom ett mindre hål för en liten plugg.

För att förhindra att fisk och annat grövre material ska sugas ned till turbinen sätts en gallergrind vid intaget till brunnen. Avståndet mellan stängerna i gallergrinden får vara högst 2 cm.

För att undvika att issörja åstadkommer igensättning av gallergrindarna, bör man försöka hålla temperaturen i grindarna över 0° C. Detta kan åstadkommas genom att en lampa installeras i brunnen. Denna avger då så mycket värme att temperaturen hålls över 0° C. Någon form av isolering av brunnen kan dock bli nödvändigt.

Vattennivån inne i brunnen kommer att vara olika vid lågvattenföring och vid högvattenföring. Därför måste brunnen klara dessa två ytnivåer med god marginal. Den största tänkbara amplitud som kan uppstå uppskattas till 1 meter. Brunnens utformning framgår av bifogad ritning nr 2.

Tilloppstuben

Tilloppstuben transporterar vattnet från vattenintaget ned till turbinen. Tuben förläggs på grusbädd på markytan. På detta sätt undviks materialpåkänningar som annars p g a nedböjning uppkommer mellan upplagspunkter.

Tuben kommer att bestå av ett vanligt markavloppsrör i pvc-plast. Vattenföringen i tuben kommer att vara 0,20 m³/s.

Välj tubdiameter 500 mm. (dimensionering enl bilaga 8).

Friktionsförlusten 0,29 m.

Nettofallhöjd

Bruttofallhöjden minskat med fallförlusterna ger nettofallhöjden.

Bruttofallhöjd = 5,81 m

Fallförluster = 0,29 m

Nettofallhöjden = 5,81 - 0,29 = 5,52 $\approx$ 5,5 m

Nettofallhöjd = 5,5 m



Stakad linje för tilloppstub.

Maskinstation

Maskinstationen utföres som en friggebod, placerad på en betongsula. Sulan måste vara förstärkt för att klara påkänningen från tuben samt för eventuella vibrationer av turbinen vid eventuell snedbelastning. Sulan går ner kring sugröret och grundläggs på eventuellt närliggande berg. Turbinvalvet gjutes så in i sugrörsväggen och bildar upplag för maskinen.

Stationen skall vara isolerad för att klara kylan under vintern samt försedd med el-anslutning från generatoren.

På turbinvalvet dras en sarg av betong upp ca 30 cm för att skydda mot eventuellt exceptionellt högvatten.

Turbin, generator

Som maskin föreslås att en s k Assar-generator används, som tillverkas av Assar Nordebo i Vitvattnet. Denna typ har använts vid mikroverk i Raukasjö och Kirjesån (Fjällsjö), vilka varit i drift sedan 1978 resp 1983 utan att några störningar har inträffat till dags dato. Effekten på dessa anläggningar är 10 kW resp 18 kW.

En sammanställning över aggregatet i Fjällsjö bifogas för att ge en bild av uppbyggnaden. Sist i sammanställningen bifogas ett fotocollage från Fjällsjöverket.

Sugröret

Sugröret har till uppgift att leda vattnet från löphjulet till utloppskanalen. Sugrörets utlopp ligger under nedströms vattenyta, så sugröret kommer att suga ned vattnet från turbinen.

Man vill gärna flytta upp maskinstationen och därigenom turbinen för att högvattenföringen inte ska dränka stationen. Sughöjden definieras som avståndet mellan nedströms vattenyta och turbinen.

Det finns en maximal sughöjd (5,1 m). Denna är definierad av att kavitation ej ska uppkomma. Kavitationen kan kraftigt skada löphjulsskovlar.

$$h_s < 10,1 - \sigma \cdot H$$

$$H = 5 \text{ m fallhöjden}$$

σ beror av specifika varvtalet (n_s).

Som riktvärden vid projektering kan dessa värden användas.

n_s	250	500	700	900
σ	0,13	0,50	1,0	1,76

Specifika varvtalet för denna turbin bör ligga vid 700.

$h_s < 10,1 - 1 \cdot 5 = 5,1 \text{ m}$ d v s inga problem uppstår.

Utloppskanal

Utloppskanalen ska leda vattnet från sugröret till den ursprungliga bäckfåran. Det är viktigt att sugröret alltid ligger under vatten. Därför måste man ha en tröskel i utloppskanalen som hindrar vattnet att sjunka under överkant sugrörsutlopp.

Genom rensning i utloppet kan en extra fallhöjd åstadkommas, men detta måste undersökas under barmarksförhållanden och med vetskap om vattenståndsvariationerna i Mellan-Rissjön.

EFFEKT, ENERGI

Effekt

För bestämning av uteffekt från kraftverket krävs kännedom om vattenföring, fallhöjd, vattnets densitet, jordaccelerationen och turbinens verkningsgrad.

$$\text{Effekten} = P = Q \cdot H \cdot \rho \cdot g \cdot \eta$$

$$Q = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 5,5 \text{ m}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\eta = 0,85$$

$$P = 0,2 \cdot 5,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,85 = 9172 \text{ W} = 9,2 \text{ kW}$$

Energi

Energin definieras som produkten av effekten och tidsperioden.

Årlig energiutvinning från kraftverket blir därför:

$$E = P \cdot 24 \cdot 365 = 9,172 \cdot 24 \cdot 365 = 80,35 \cdot 10^3 \text{ kWh} =$$

$$80,35 \text{ MWh}$$

En normalvilla som är eluppvärmd kan antas förbruka ca 30 MWh vid normal energiförbrukning. Effektbehovet bör vid samma förutsättningar ligga på ca 5 kW.

E K O N O M I

Intäkter

Med ett energipris på 30 öre/kWh ger kraftverket årligen energi motsvarande:

$$80350 \cdot 0,30 = 24105:--$$

Med 4 % realränta kan denna omskrivas till en kapitaliserad inkomst:

$$KI = \frac{24105}{0,04} = 602625:--$$

Detta värde är baserat på en realränta som förekommer i andra kraftverk.

Kostnader

Kostnadsställe	Kostnadsbärare	Belopp (kr)	Totalt
Arbetsplats	Etablering	10.000:--	
	Dammbyggnad	50.000:--	
	Permanent spont	25.000:--	
	Intag	20.000:--	
	Tilloppstub	120.000:--	
	Maskinstation	25.000:--	
	Maskin	225.000:--	
	Rensning i utlopp	10.000:--	
	Avetablering	10.000:--	495.000:--
Distributions- ledn 2,0 km		100.000:--	100.000,--
Projektering		60.000:--	60.000:--
Oförutsett		60.000:--	<u>60.000:--</u>
TOTALKOSTNAD			715.000:-- =====

Normalvillans energiförbrukning kostar vid ett energipris på

30 öre/kWh ca $30000 \cdot 0,30 = 9.000$:-/år.

Fritidsbebyggelsen antas totalt sett förbruka lika mycket energi som den fasta bebyggelsen, vilket ger ytterligare 9.000 :-/år.

Om dessa intäkter kapitaliseras m.h.a. en realränta på 4% så erhålls:

$$\frac{9.000 + 9.000}{0,04} = 450.000 \text{ :-}$$

Den faktiska kostnaden skulle då bli :

$$715.000 - 450.000 = 265.000 \text{ :-}$$

Ett alternativ till mikrokraftverket skulle vara att förse området med en eldistributionsledning från Risbäck ca 12 km bort. Kostnaden för detta bedöms uppgå till 1.000.000 :-.
Med samma intäkt som tidigare så blir den faktiska kostnaden:

$$1.000.000 - 450.000 = 550.000 \text{ :-}$$



Fritidsbebyggelse i Rissjö.

BILAGA 1Bestämning av avbördningsområde

Arean på avbördningsområdet har beräknats med utgångspunkt från befintligt rutnät. Beräkningen framgår av följande tabell, varvid rutnätsindelningen finns definierad på bifogat kartmaterial.

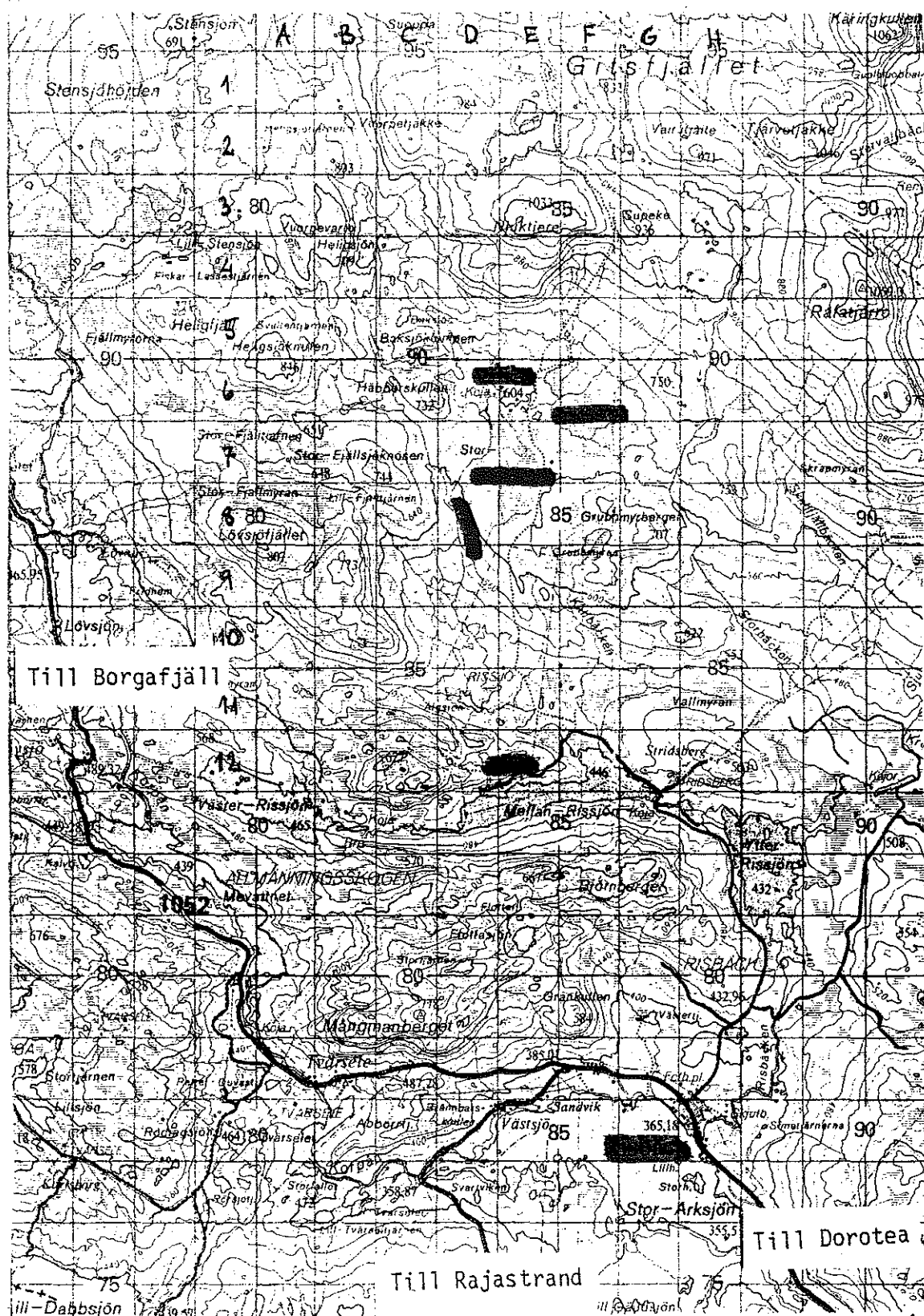
TABELL 4

Bestämning av avbördningsområde.

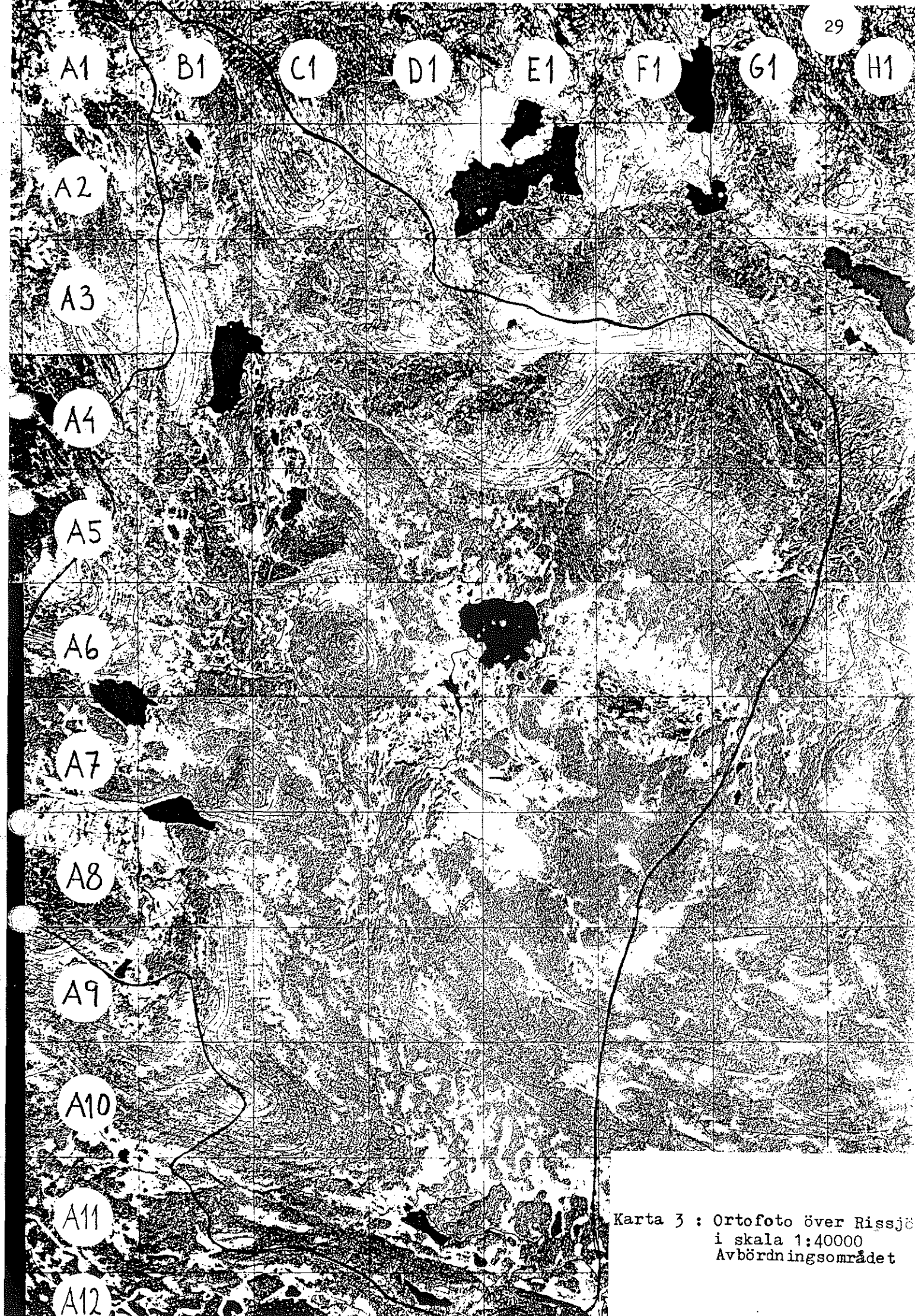
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	$\frac{1}{33}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{3}{25}$						= 0,96
2		$\frac{4}{25}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{1}{5}$					= 1,26
3		$\frac{1}{4}$	1	$\frac{21}{25}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{1}{15}$		= 2,84
4	$\frac{11}{50}$	$\frac{28}{29}$	1	1	1	1	$\frac{14}{15}$	$\frac{1}{5}$	= 6,32
5	$\frac{2}{5}$	1	1	1	1	1	$\frac{64}{65}$	$\frac{1}{5}$	= 6,58
6	1	1	1	1	1	1	$\frac{2}{3}$		= 6,67
7	1	1	1	1	1	$\frac{99}{100}$	$\frac{2}{13}$		= 6,14
8	1	1	1	1	1	$\frac{11}{20}$			= 5,55
9	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	1	1	1	$\frac{1}{6}$			= 4,17
10		$\frac{3}{10}$	1	1	$\frac{61}{62}$	$\frac{1}{70}$			= 3,30
11		$\frac{3}{8}$	$\frac{13}{15}$	1	$\frac{30}{31}$				= 3,21
12				$\frac{3}{10}$	$\frac{21}{50}$				= 0,72

TOTALT 47,7 km²

Avbördningsområdets storlek uppgår till 47,7 km² varvid felprocenten utgör 5 % på rutarealer där inte hela rutan ingått. Områdesstorleken kan då skrivas 47,7 ± 0,8 km².



Karta 2 : Fjällkartan över Risbäck
i skala 1:100000



Karta 3 : Ortofoto över Rissjö
i skala 1:40000
Avbördningsområdet

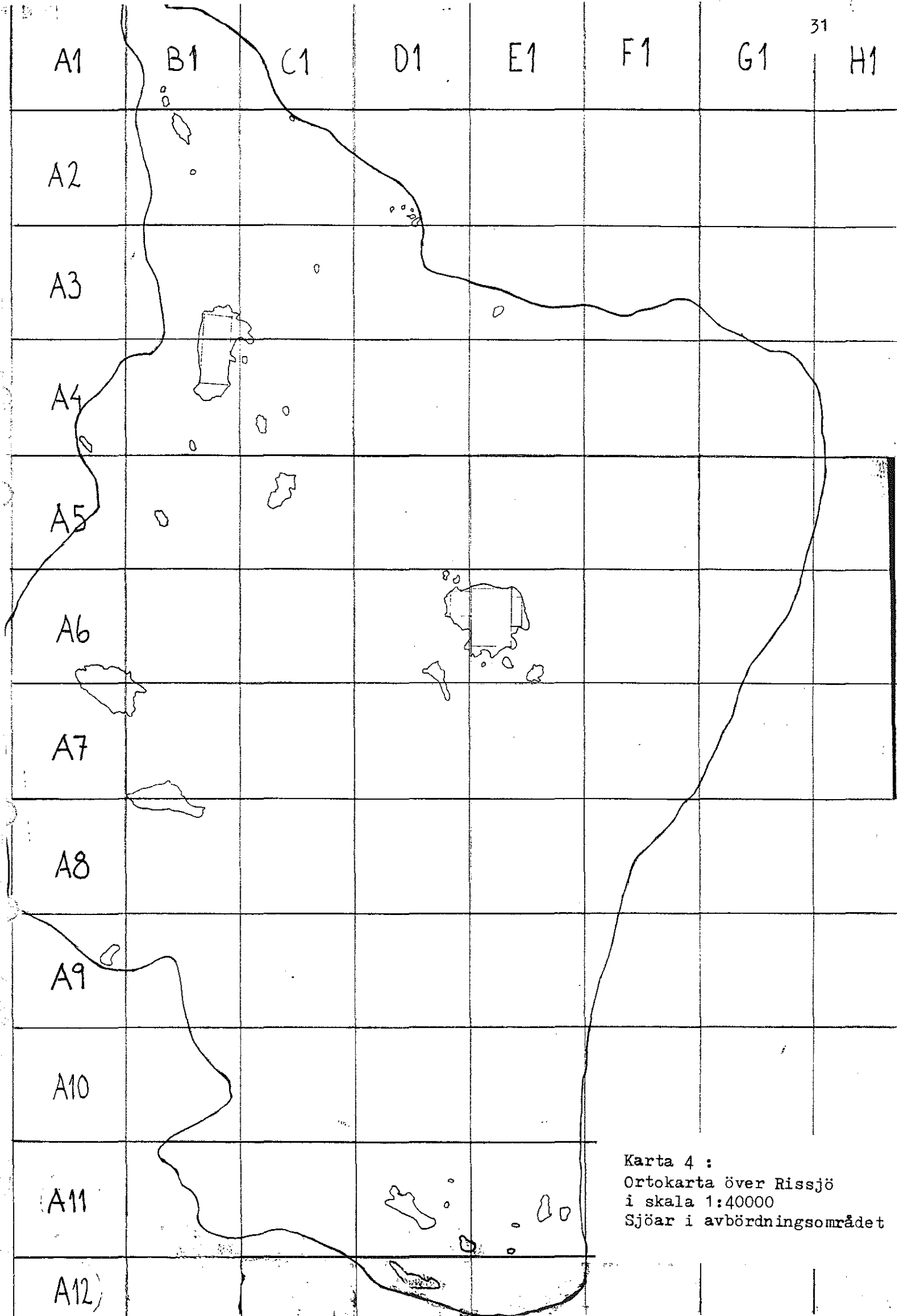
BILAGA 2

Bestämning av sjöareal.

TABELL 5

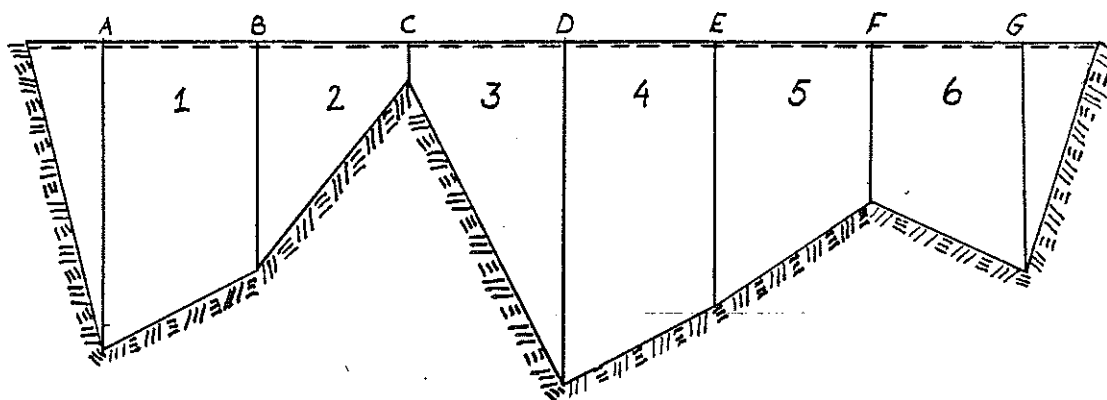
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1		$\frac{1}{250}$							= 0,004
2		$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{100}$					= 0,031
3		$\frac{2}{21}$	$\frac{1}{56}$		$\frac{1}{150}$				= 0,120
4	$\frac{1}{235}$	$\frac{2}{15}$	$\frac{1}{75}$						= 0,147
5		$\frac{1}{120}$	$\frac{1}{25}$						= 0,048
6	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{250}$		$\frac{1}{10}$	$\frac{8}{25}$				= 0,480
7	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{13}$							= 0,139
8		$\frac{1}{19}$							= 0,053
9	$\frac{1}{62}$								= 0,016
10									= 0
11				$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{37}$				= 0,104
12				$\frac{1}{28}$					= 0,036

TOTALT = 1,29 km²



BILAGA 3Mätt vattenförlingMätvärden 1987-02-02

Fig 1



Vattendragets indelning i sektioner.

De sju mätpunkterna i vattendraget är benämnda A - G. I dessa punkter bestäms vattendjup och vattenhastighet. Ur dessa värden interpoleras sedan ett medelvärde för vattenhastigheten och arean för sektionen fram. Avståndet mellan mätpunkterna är 0,5 m.

TABELL 6

Mät punkt	Vattendjup	Varvtal/s	Vattenhastighet
A	0,40 m	0,79	0,076 m/s
B	0,30 m	5,86	0,363 m/s
C	0,05 m	10,77	0,631 m/s
D	0,45 m	8,06	0,484 m/s
E	0,35 m	8,27	0,495 m/s
F	0,20 m	7,51	0,454 m/s
G	0,30 m	5,55	0,345 m/s

Bestämning av sektionareor

TABELL 7

Sektion	Medeldjup	Sektions- bredd	Sektions- area
1	$\frac{0,40 + 0,30}{2} = 0,35 \text{ m}$	0,50 m	0,1750 m ²
2	$\frac{0,30 + 0,05}{2} = 0,175 \text{ m}$	0,50 m	0,0875 m ²
3	$\frac{0,05 + 0,45}{2} = 0,25 \text{ m}$	0,50 m	0,1250 m ²
4	$\frac{0,45 + 0,35}{2} = 0,40 \text{ m}$	0,50 m	0,2000 m ²
5	$\frac{0,35 + 0,20}{2} = 0,275 \text{ m}$	0,50 m	0,1375 m ²
6	$\frac{0,20 + 0,30}{2} = 0,25 \text{ m}$	0,50 m	0,1250 m ²

Bestämning av sektionsvattenhastighet

TABELL 8

Sektion	Medelvattenhastighet
1	$\frac{0,076 + 0,363}{2} = 0,2195 \text{ m/s}$
2	$\frac{0,363 + 0,631}{2} = 0,4970 \text{ m/s}$
3	$\frac{0,631 + 0,484}{2} = 0,5575 \text{ m/s}$
4	$\frac{0,484 + 0,495}{2} = 0,4895 \text{ m/s}$
5	$\frac{0,495 + 0,454}{2} = 0,4745 \text{ m/s}$
6	$\frac{0,454 + 0,345}{2} = 0,3995 \text{ m/s}$

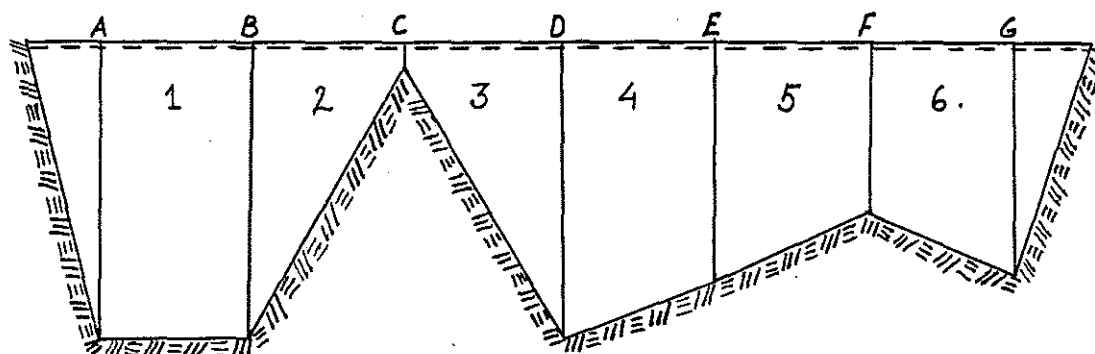
Beräknad vattenföring

TABELL 9

Sektion	Area	Vattenhastighet	Vattenföring
1	0,1750 m ²	0,2195 m/s	0,0384 m ³ /s
2	0,0875 "	0,4970 "	0,0435 "
3	0,1250 "	0,5575 "	0,0697 "
4	0,2000 "	0,4895 "	0,0979 "
5	0,1375 "	0,4745 "	0,0652 "
6	0,1250 "	0,3995 "	0,0499 "
			<u>0,3646 m³/s</u>

Mätvärden 870309

Fig 2



Vattendragets indelning i sektioner, avståndet mellan mätpunkterna är 0,5 m.

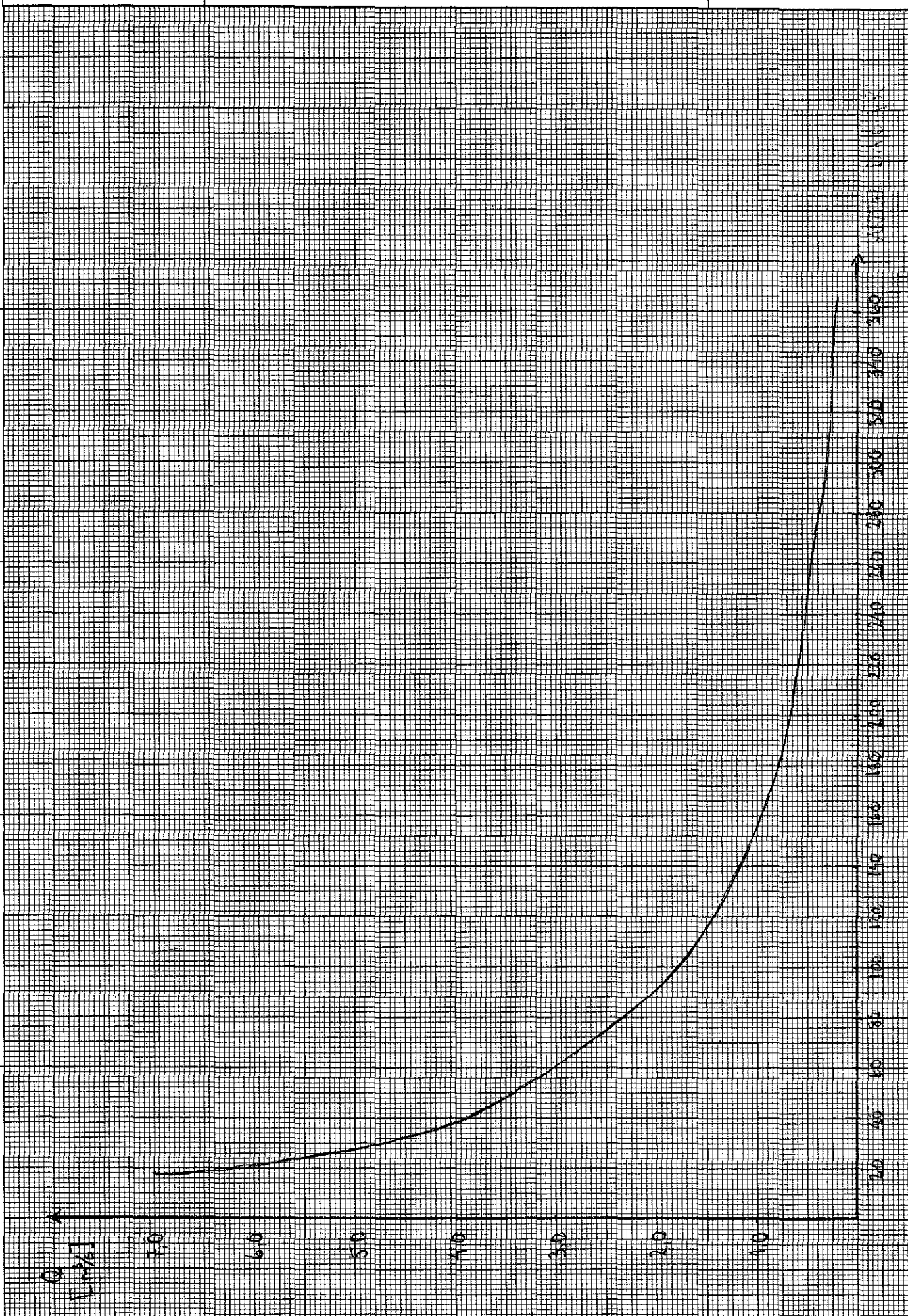
TABELL 10

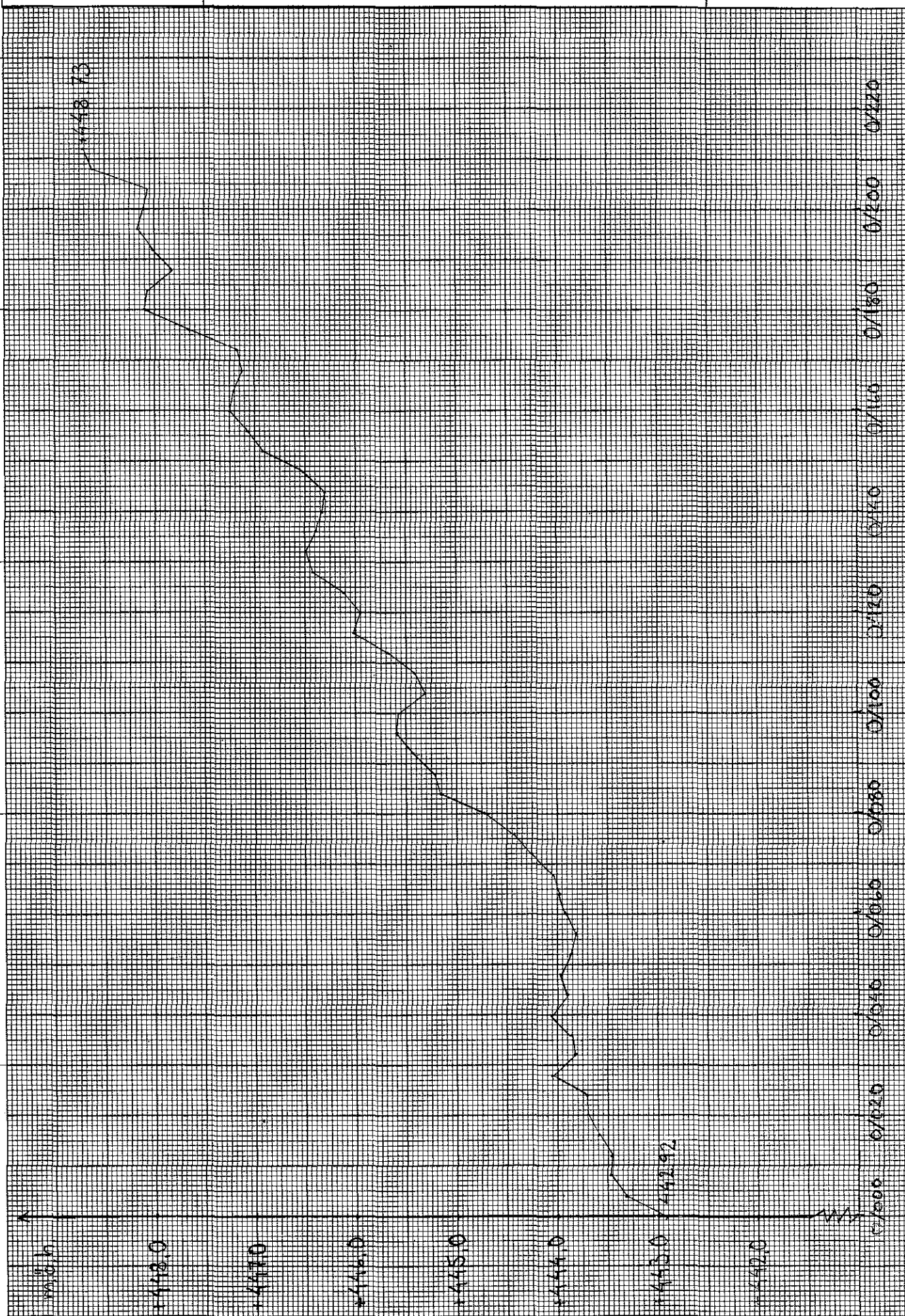
Mätpunkt	Vattendjup	Varvtal/s	Vattenhastighet
A	0,38 m	0,86	0,080 m/s
B	0,38 "	4,92	0,308 "
C	0,02 "	2,96	0,198 "
D	0,37 "	1,65	0,124 "
E	0,31 "	5,56	0,344 "
F	0,22 "	9,47	0,559 "
G	0,30 "	5,80	0,357 "

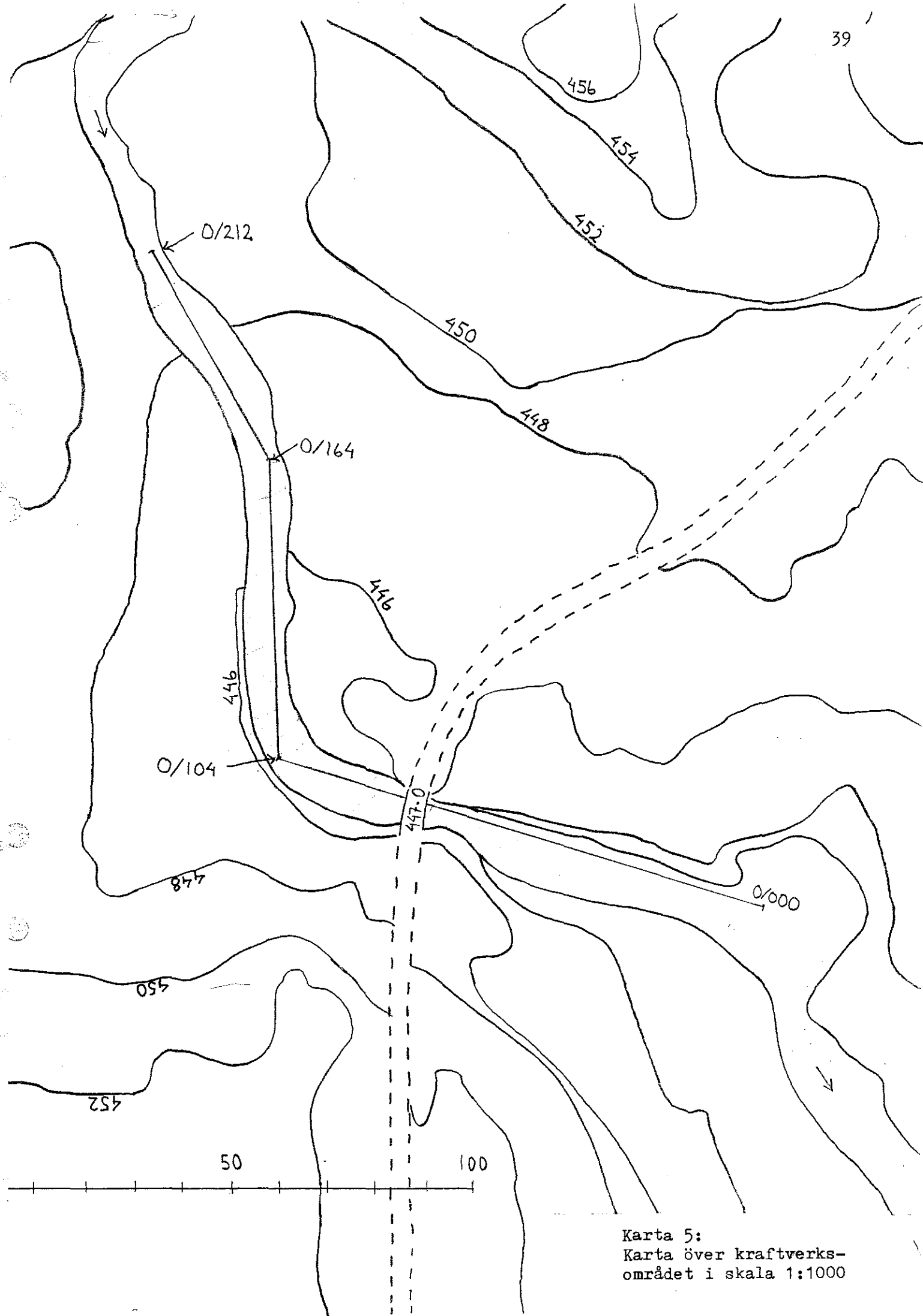
Bestämning av sektionsareor

TABELL 11

Sektion	Medeldjup	Sektionsbredd	Sektionsarea
1	$\frac{0,38 + 0,38}{2} = 0,38 \text{ m}$	0,50 m	0,1900 m ²
2	$\frac{0,38 + 0,02}{2} = 0,20 \text{ m}$	0,50 m	0,1000 m ²
3	$\frac{0,02 + 0,37}{2} = 0,195 \text{ m}$	0,50 m	0,0975 m ²
4	$\frac{0,37 + 0,31}{2} = 0,34 \text{ m}$	0,50 m	0,1700 m ²
5	$\frac{0,31 + 0,22}{2} = 0,265 \text{ m}$	0,50 m	0,1325 m ²
6	$\frac{0,22 + 0,30}{2} = 0,26 \text{ m}$	0,50 m	0,1300 m ²

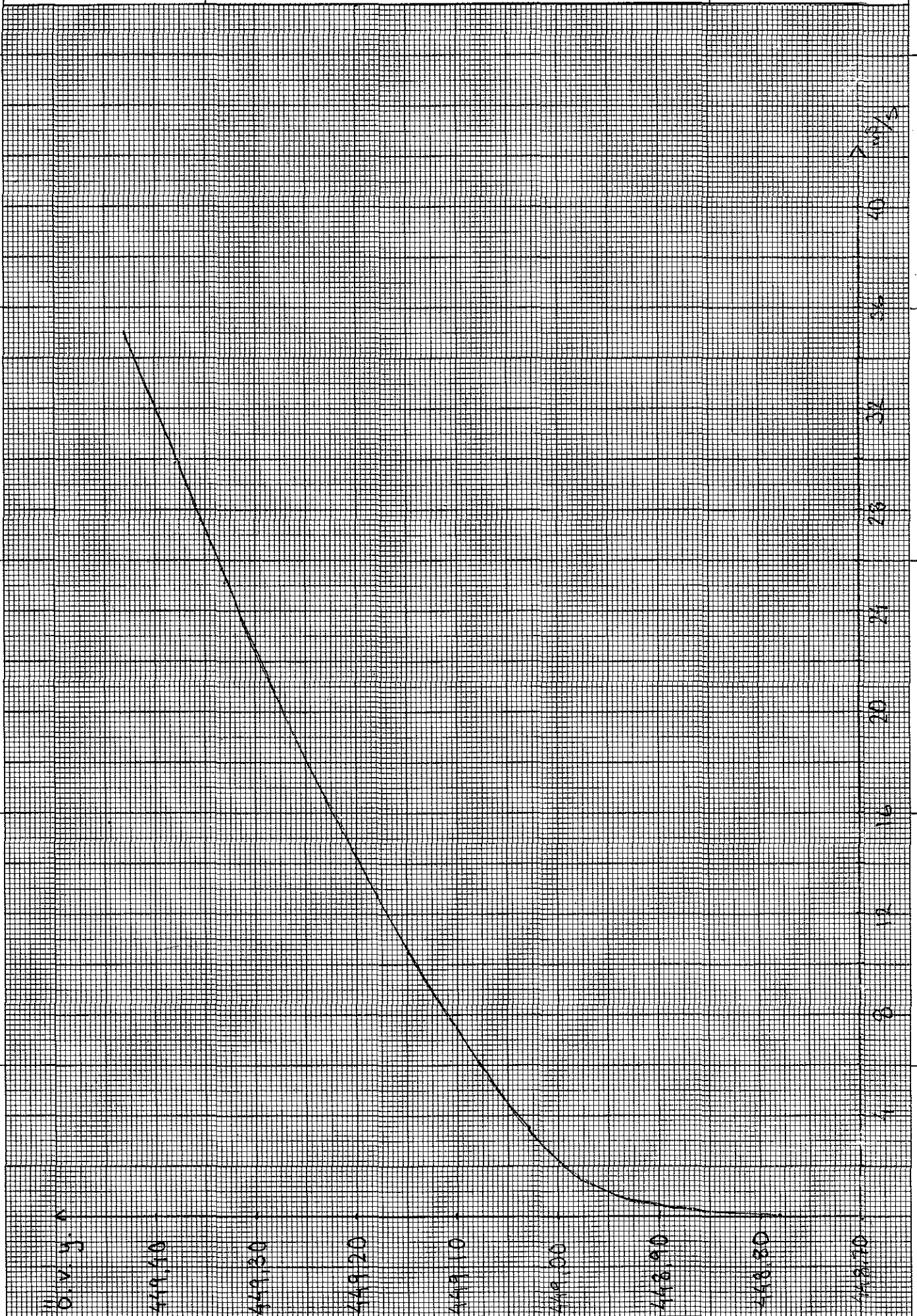


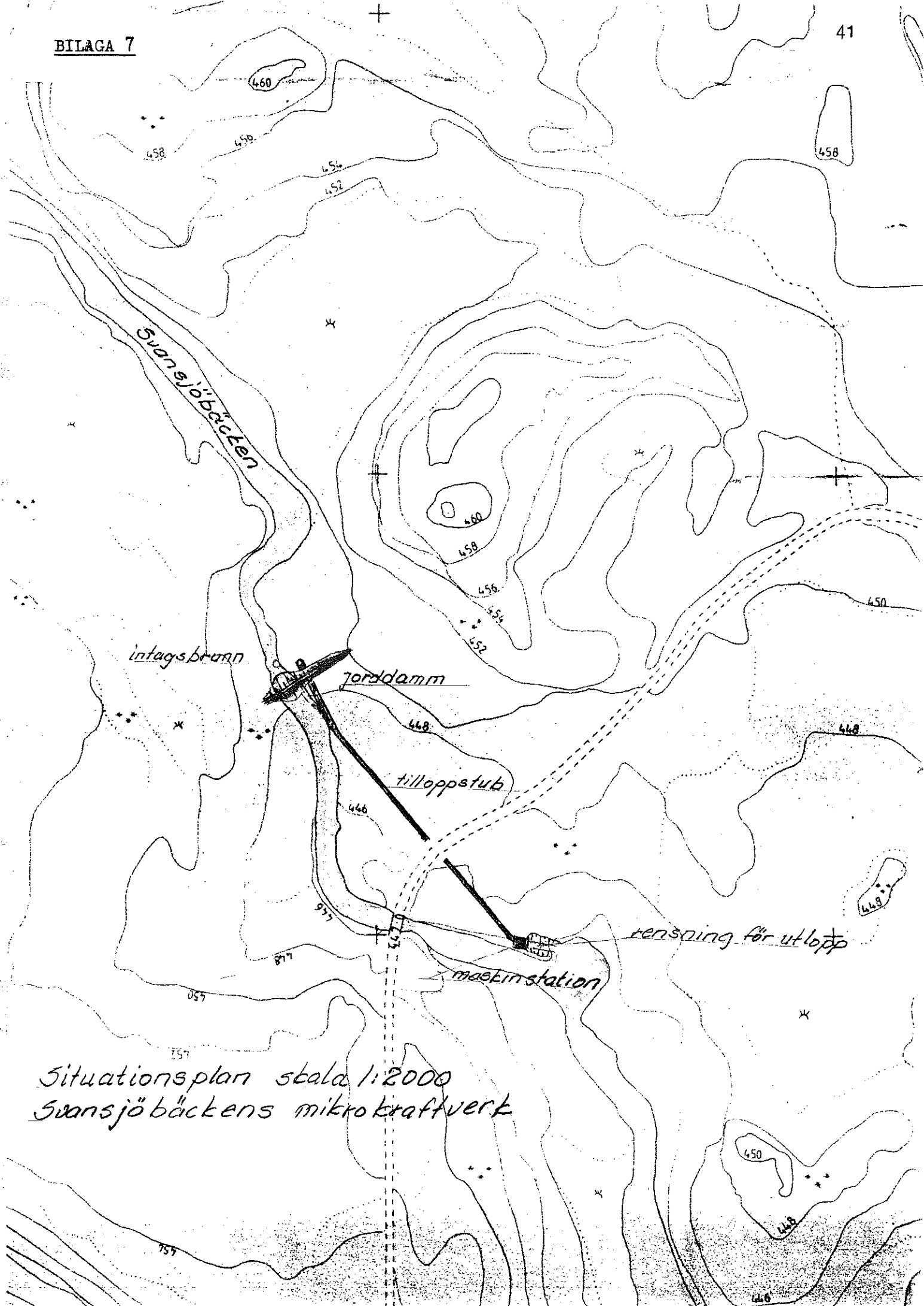




Karta 5:
Karta över kraftverks-
området i skala 1:1000

Bäckutskov

Avbödningsdiagram för varierande
överyta



BILAGA 8Tilloppstuben

Tilloppstuben transporterar vattnet från vattenintaget ned till turbinen. Tuben förläggs på grusbädd på markytan. På detta sätt undviks materialpåkänningar som annars p g a nedböjning uppkommer mellan upplagspunkter.

Tuben kommer att bestå av ett vanligt markavloppsrör i pvc-plast. Vattenföringen i tuben kommer att vara 0,20 m³/s.

Diameter på tilloppstuben väljs genom att hastigheten 1,5 m/s önskas i tuben. Vattenföringen uppgår till 0,20 m³/s

$$Q = 0,20 \text{ m}^3/\text{s}$$

A = arean av tilloppstuben

$$V = 1,5 \text{ m/s}$$

$$\frac{Q}{V} = A = \frac{0,20}{1,5} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \Rightarrow D = \left(\frac{0,20 \cdot 4}{\pi \cdot 1,5} \right)^{1/2} = 0,412 \text{ m}$$

Tilloppstubens diameter blir alltså 400 mm $\approx$ 412 mm

Vattenhastigheten i tuben blir då:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,20}{\frac{\pi \cdot 0,4^2}{4}} = 1,59 \text{ m/s}$$

Om turbinen plötsligt stannar så innebär detta att tryckslag uppstår i tilloppstuben.

Om vattnet inte på något sätt skulle kunna ta sig igenom turbinen och tiden för denna förändring är kortare än ca 1 sekund, så blir tryckhöjningen i tuben $\Delta H = \frac{a \cdot v}{g}$

a = tryckvågens hastighet $\approx$ 350 m/s (för pvc-rör)

v = vattenmassans hastighet $\approx$ 1,5 m/s

g = jordaccelerationen = 9,81 m/s²

$$\Delta H = \frac{350 \cdot 1,5}{9,81} = 53 \text{ m v p}$$

Tilloppstuben, som består av en markavloppsledning, klarar inte denna tryckhöjning. Högsta tillåtna tryck är ungefär 20 m v p.

Om förändringen från fullt flöde genom turbinen till nollflöde tar ca 2 sekunder så innebär detta att tryckhöjningen halveras.

Om en dimensionering för tryckslag skall utföras på tuben så innebär det kraftigt höjda kostnader. Om turbinen plötsligt stannar, av okänd anledning, innebär det så stora reparationskostnader att tubkostnaden då nästan kan försummas. Därför anses det inte motiverat att ta merkostnaden av en tub som klarar tryckslag.

Tryckslagen kan också uppträda vid stängning av tilloppstub vid intaget. Om man stänger intaget långsamt minskar tryckökningen. Att tänka på vid ändringar av vattenflödet är att göra detta långsamt.

Friktionsförluster i tuben innebär en minskad fallhöjd. Friktionsförlusten består av en tilläggsförlust vid inlopp, friktionsförlust utmed ledningen och en tilläggsförlust vid krökar utefter ledningen.

$$h_f = \text{friktionsförlust} = m \cdot l \cdot q^2$$

k = naturliga råheten $\approx 0,05$ mm för pvc-rör.

$m = 0,13$ (enl Colebrooks tabeller för $k=0,05$ och $d=400$ mm)

l = ledningens längd 150 m

q = vattenföring = 0,20 m³/s

$$h_f = m \cdot l \cdot q^2 = 0,13 \cdot 150 \cdot 0,20^2 = 0,78$$

Denna förlust kan anses vara överskattad. Förlusten baseras på råheten $k = 0,05$ mm. Den naturliga råheten uppgår endast till ca 0,007 mm för nya rör. Trots detta används $k = 0,05$ mm.

Tilläggsförlust vid intag = h_a

$$h_a = k_a \cdot \frac{u^2}{2g}$$

k_a = friktionskoefficienten vid instuckat rör = 0,75

$$u = \text{vattenhastighet} = \frac{Q}{A} = \frac{0,2 \cdot 4}{\pi \cdot D^2} = \frac{0,2 \cdot 4}{\pi \cdot 0,4^2} = 1,59 \text{ m/s}$$

$$h_a = 0,75 \cdot \frac{1,59^2}{2 \cdot 9,81} = 0,09 \text{ m}$$

Tilläggsförlust vid krök = h_k

Vinkel = $45^\circ = \emptyset$

$$h_k = 1,1 \left(\frac{\emptyset}{90} \right)^2 \cdot \frac{U^2}{2g}$$

$$h_k = 1,1 \cdot \left(\frac{45}{90} \right)^2 \cdot \frac{1,59^2}{2 \cdot 9,81} = 0,04 \text{ m}$$

$$\text{Totala förlusten} = h_f + h_a + h_k = 0,78 + 0,09 + 0,04 = 0,91$$

Enl denna beräkning skulle den totala fallhöjden minska med 0,91 m.

En beräkning med diametern 500 mm ger en annan friktionsförlust.

$$Q = V \cdot A$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,2}{\pi \cdot \frac{0,5^2}{4}}$$

$$h_f = m l q^2 = 0,04 \cdot 150 \cdot 0,2^2 = 0,24 \text{ m}$$

$$h_a = k_a \cdot \frac{U^2}{2g} = 0,75 \cdot \frac{1,02^2}{2 \cdot 9,81} = 0,04 \text{ m}$$

$$h_k = 1,1 \cdot \left(\frac{\emptyset}{90} \right)^2 \cdot \frac{U^2}{2 \cdot g} = 1,1 \cdot \left(\frac{45}{90} \right)^2 \cdot \frac{1,02^2}{2 \cdot 9,81} = 0,01 \text{ m}$$

$$h_{\text{tot}} = 0,24 + 0,04 + 0,01 = 0,29 \text{ m}$$

Man tjänar med andra ord 0,62 m i fallhöjd på att öka tubdiametern från 400 mm till 500 mm. Detta rekommenderas därför.

Välj tubdiameter 500 mm.

Tryckslagseffekterna blir givetvis förändrade vid ändring av tilloppstubsdiametern. Vattenhastigheten blir 1,02 m/s. Tryckhöjningen vid plötsligt stopp av turbin blir

$$\Delta H = \frac{a \cdot V}{g}$$

$$V = 1,02 \text{ m/s}$$

$$a = 350 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta H = \frac{350 \cdot 1,02}{9,81} = 36 \text{ m v p}$$

Liksom tidigare halveras tryckökningen om flödesförändringen tar två sekunder istället för en.

Tubens längd är uppskattad till 150 m och dess diameter till 500 mm.

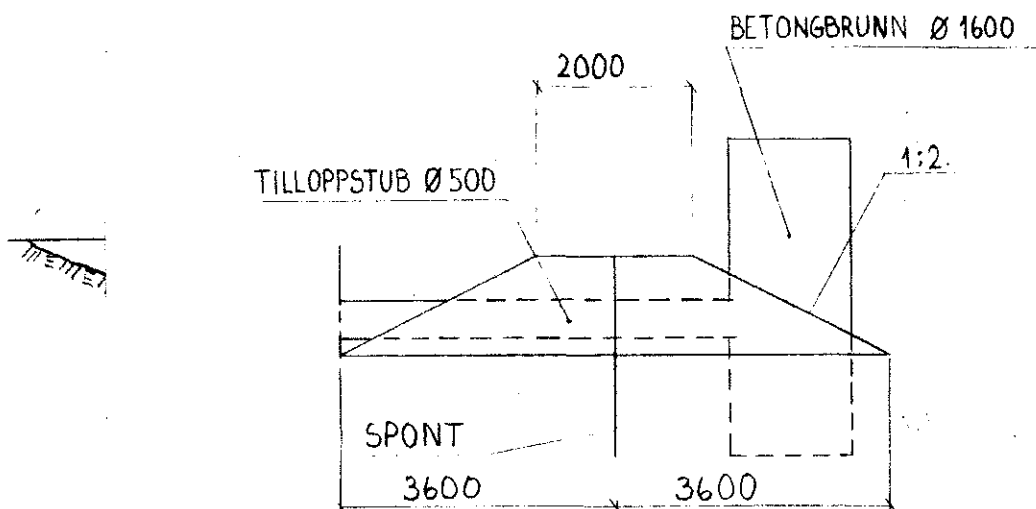
Friktionsförlusten 0,29 m.

LÄN

SKALA

TVÄRSEKTION A-A

SKALA 1:100

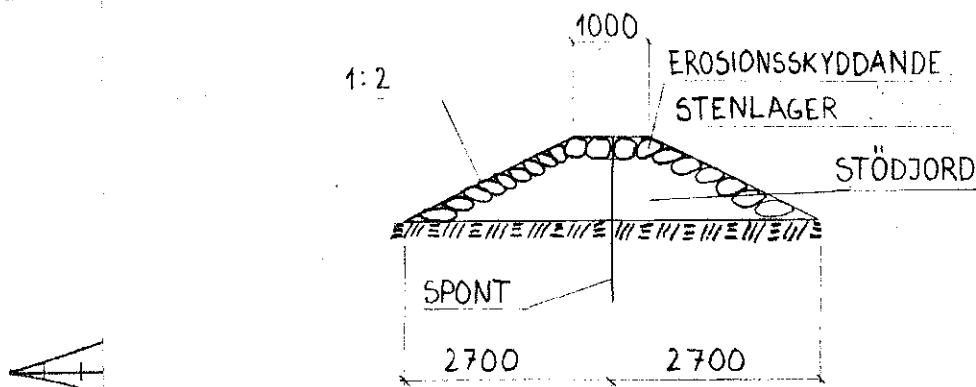


PLA

SKALA

TVÄRSEKTION B-B

SKALA 1:100



Benämning		Material		Mod.-nr Ämne Dimension	A n m.	
Kontr.	Stand.	Godk.	Skala	Ersätter	Ersatt av	
SVANSJÖBÄCKEN					01	Dat. 870318
					Ritn.-nr	Per Winell

Océ
7361-43

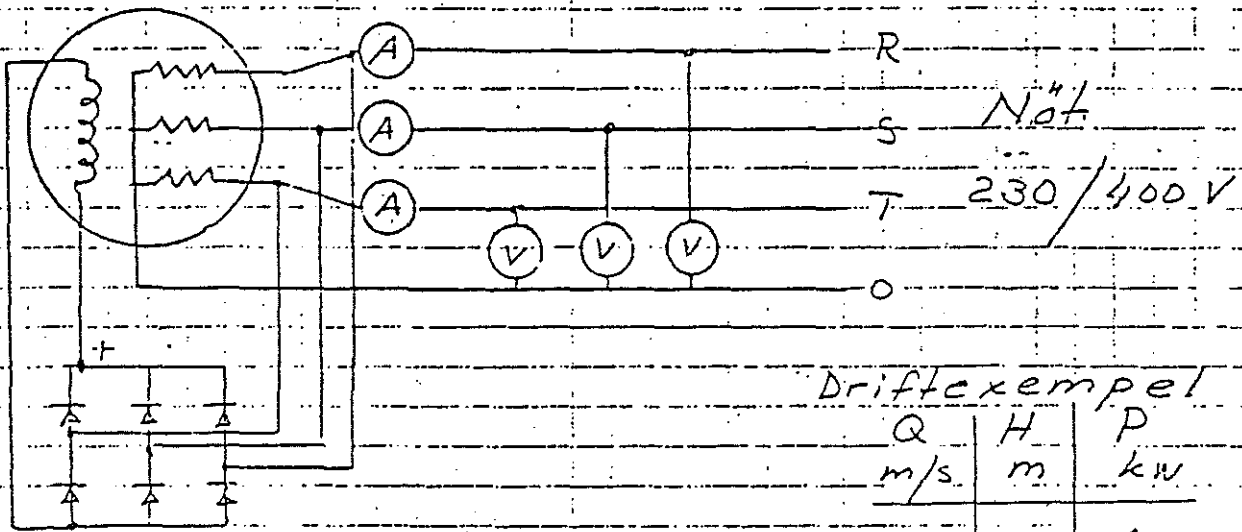
SMS 687 1.11

Nr Ant Ändring och/eller

ÖVERSIKT ÖVER KRAFTVERKET I FJÄLLSJÖ I KIRJESÅN.

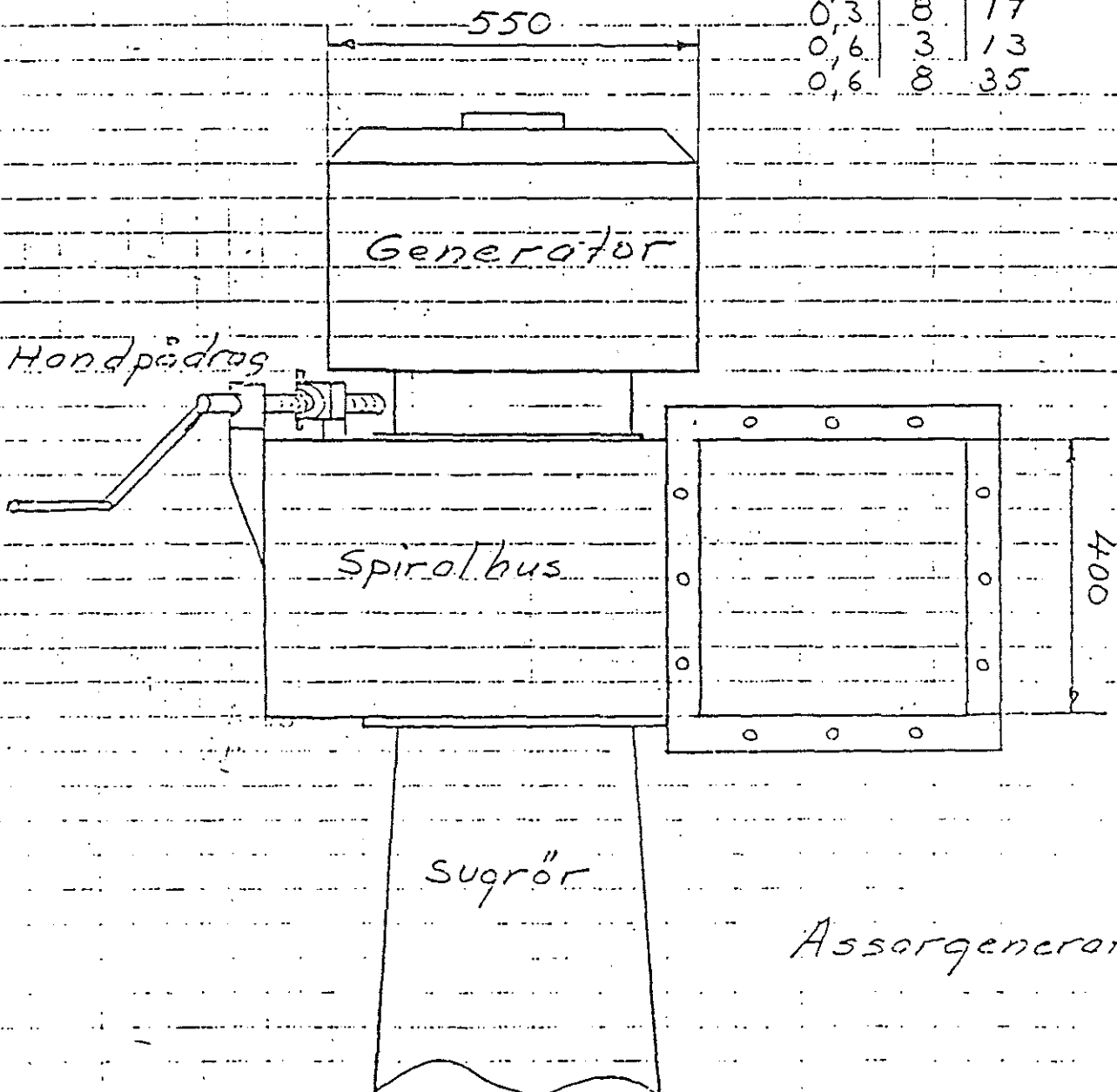
1983-03-02

Generator 5-35 kW 500 rpm 50 Hz 6 poler
 750 rpm 50 Hz 4 poler



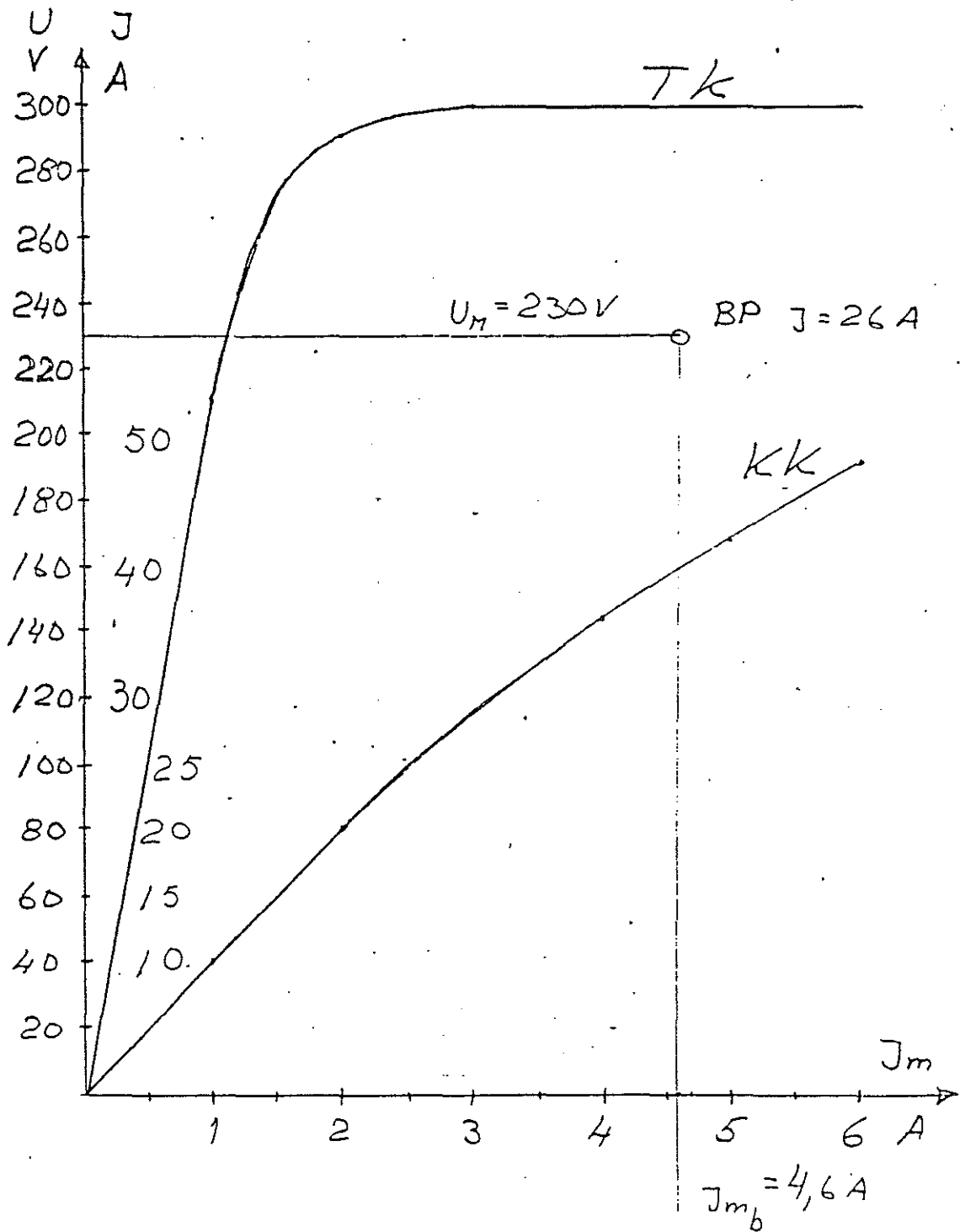
Driftexempel

Q	H	P
m/s	m	kW
0,3	3	6
0,3	8	17
0,6	3	13
0,6	8	35

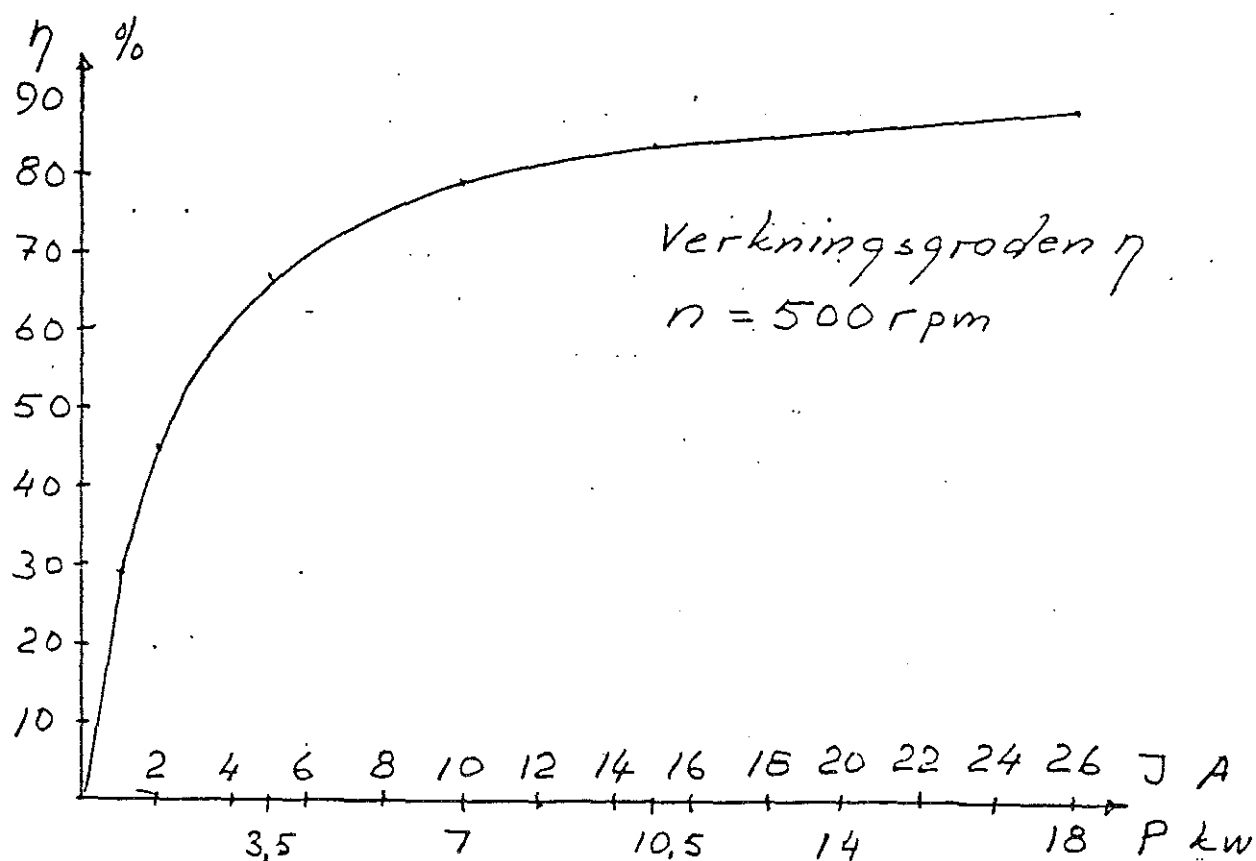
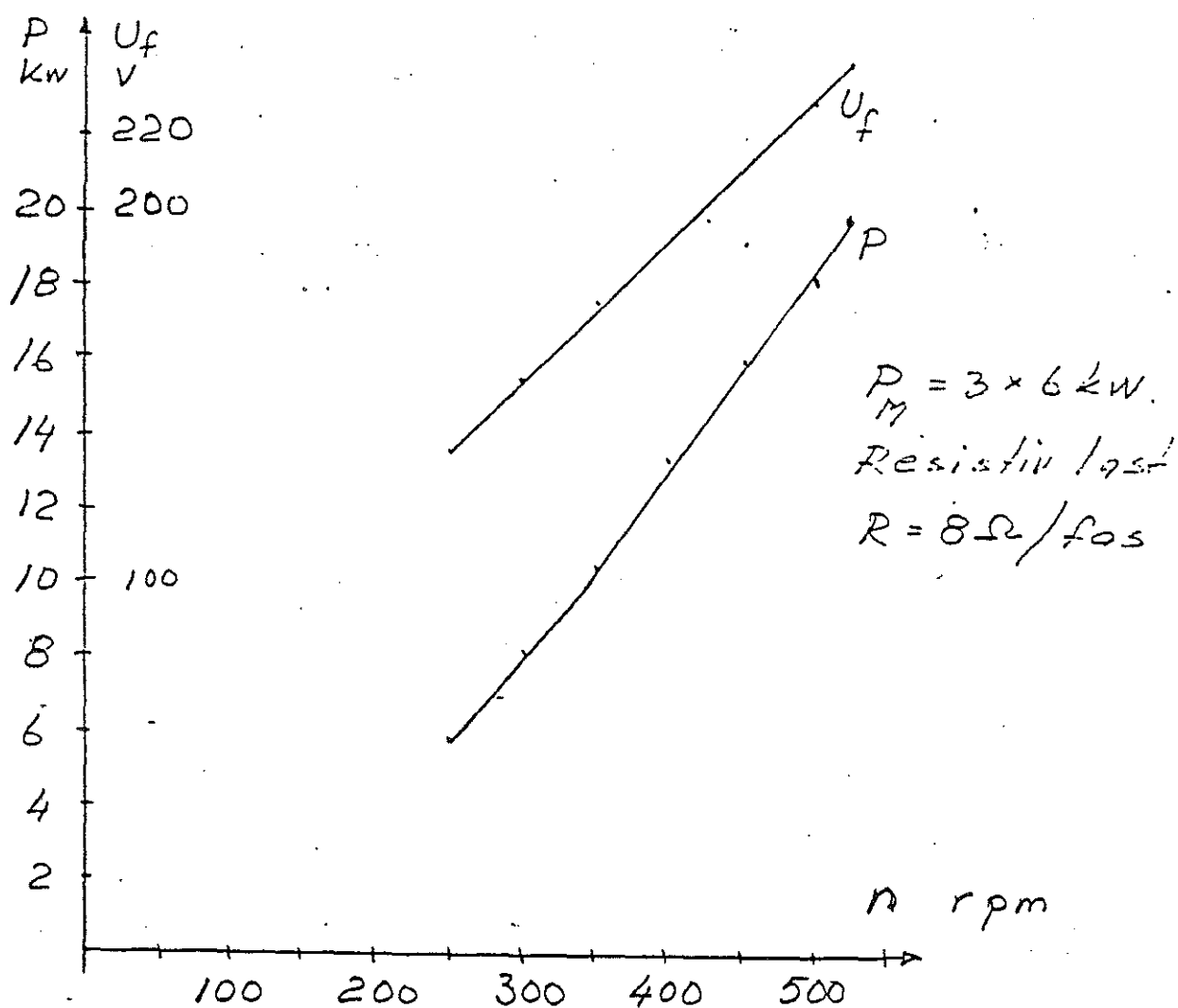


Assorgenerator HB

Tomgångs- och kortslutningskurvor
för generator i Fjällsjö, Kirjesörr.



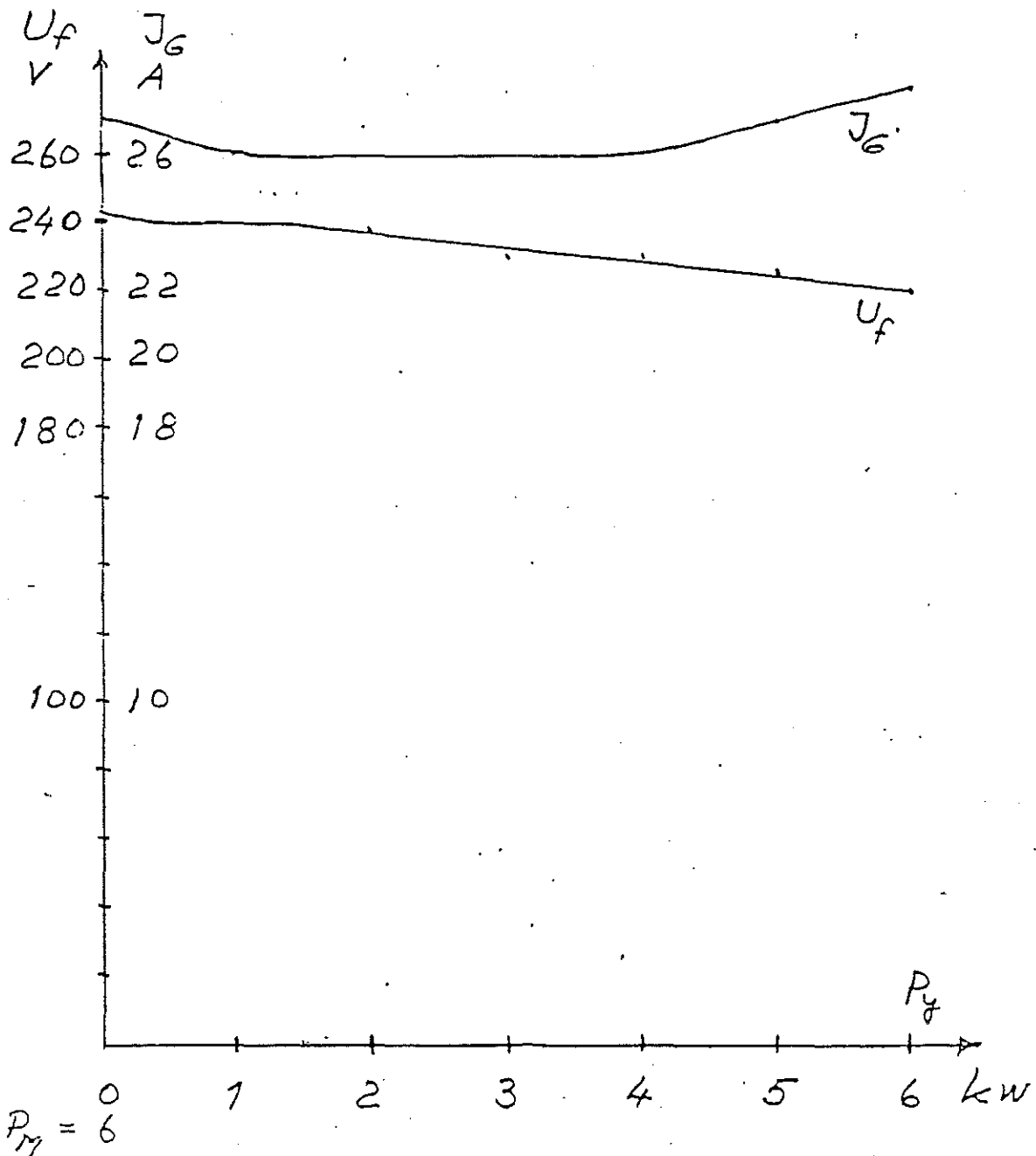
Effekten P och fasspänningen U_f
som funktion av varvtalet n



Regulatorfunktion.

53

Triöstyrd bolomlast $P_M = 3 \times 6 \text{ kW}$



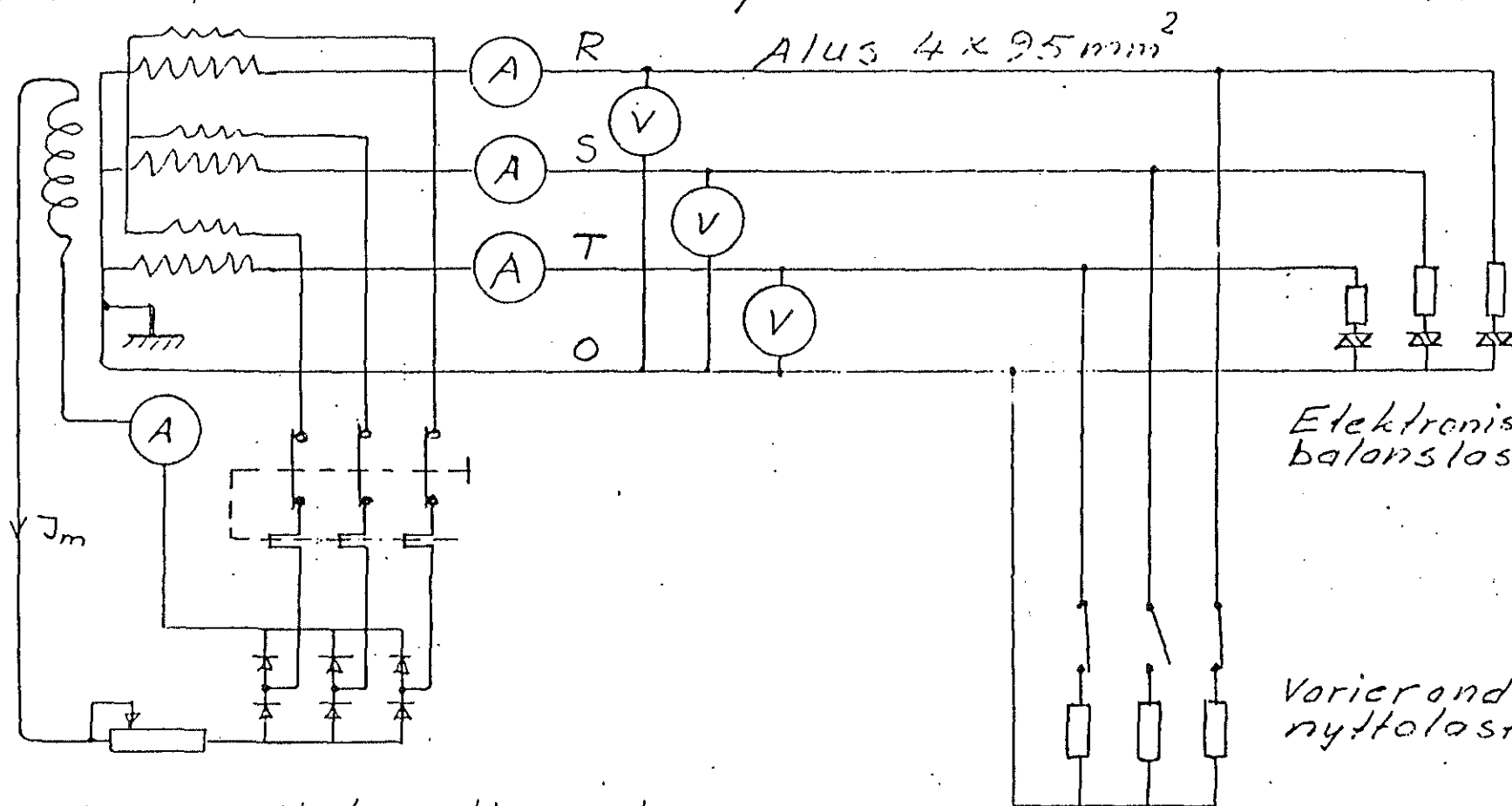
Fasspänningen U_f och generatorströmmen I_g vid varierande nyttolast P_y , 0 till $3 \times 6 \text{ kW}$.

Bil 4

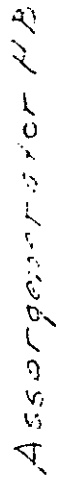
1984-01-12

1985-10-12

Generator 3-fas 17kVA 400/230 V



Principiellt kopplingsschema
för mikroeffverks vid
Kirjesön.



B:15.



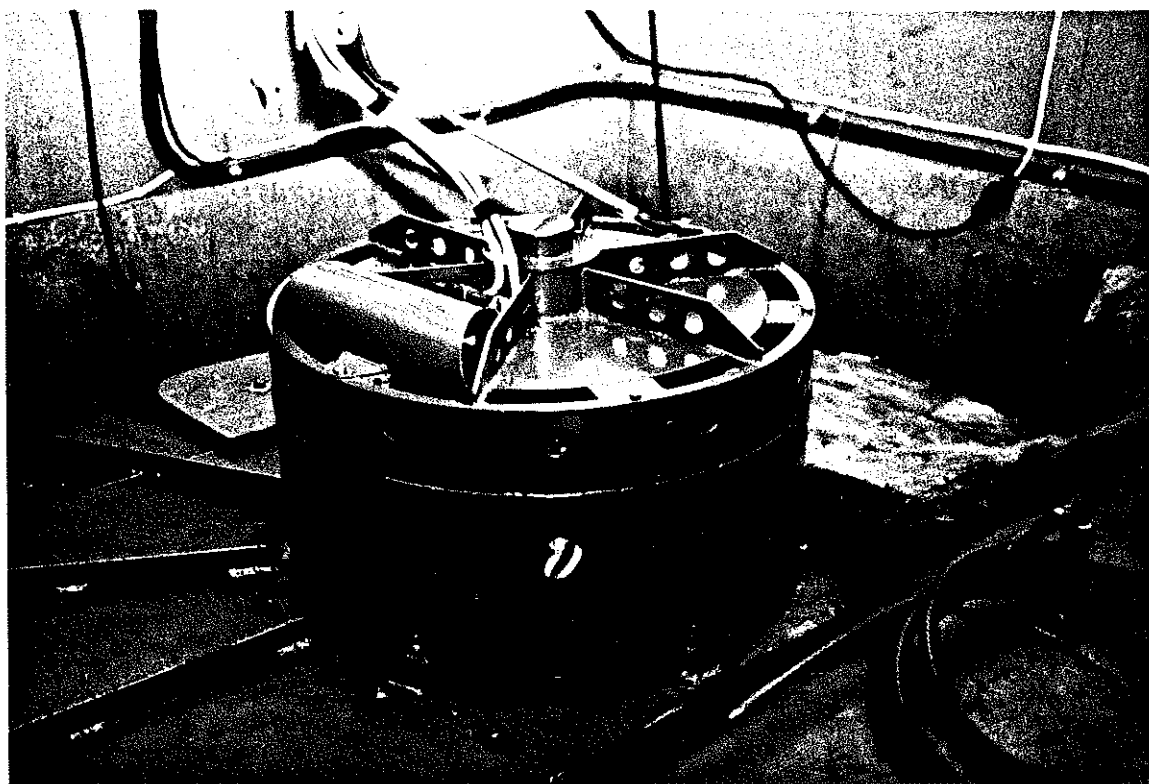
Kirjesån vid stationsläget.



Intagsdel inuti med lampa för uppvärmning.



Maskinstation.



Turbin med generator.



Maskinstation sedd från intaget.