

# IVL

## INSTITUTET FÖR VATTEN- OCH LUFTVÅRDSFORSKNING

HÄLSINGEGATAN 43  
STEN STUREGATAN 42

BOX 21060  
BOX 5207

100 31 STOCKHOLM  
402 24 GÖTEBORG

TEL. 08-24 96 80  
TEL. 031-81 02 80

Slamkonditionering med flockulator

G Eriksson, L-G Lindfors

B 464  
Stockholm  
Augusti 1978

INSTITUTET FÖR VATTEN-  
OCH LUFTVÅRDSFORSKNING  
Biblioteket

78-08-25

1 Utförande institution/Rapportutgivare (namn, adress, telefon)

Institutet för Vatten- och  
Luftvårdsforskning  
Box 21060, 100 31 STOCKHOLM

PROJEKTBESKRIVNING 2 REF

TITELBLAD-RAPPORTFR

3 Datum

4 Ärendebeteckning(Diariernr)

PR

Äs anvisningarna innan blanketten fylls i!  
Denna sida får kopieras!

5	6	7 MI projektnr		
8 Projekt		9 MI rapportnr		
<input type="checkbox"/> 1 Uppläggnig	<input type="checkbox"/> 2 Komplettering	<input type="checkbox"/> 3 Avslutat		
10 Inrapportör	11 Kontraktnr 75-6827	12 Startår 1977	13 Slutår 1977	14 MI projektnr (i förekl fall)
15 Finansierande organ STU				

16 Projektets/Rapportens titel och undertitel  
Slamkonditionering med flockulator

17 Projektledare/Rapportförfattare  
G Eriksson, L-G Lindfors

18 Sammanfattning av projektet/rapporten (ange gärna målsättning, metod, teknik resultat m m)  
Genom att förlänga uppehållstiden i flockningssteget vid konditionering av avloppsslam med polyelektrolyter kan enligt försök i laboratorieskala den för avvattningen nödvändiga kemikalieinsatsen minskas med ca 25 procent.

19 Sammanfattningen skriven av  
L-G.L

20 Förslag till nyckelord  
Slamavvattning, slamkonditionering, polyelektrolytdosering

21 Klassifikationssystem och klass

22 Indexterm

23 Bibliografiska uppgifter

24 ISSN  
25 ISBN

26 Hemligt  Nej  Ja, jämlikt § sekretesslagen  
27 Språk Sv  
28 Antal sidor 10  
29 Pris

30 Rapporten beställs hos  
IVL

MDN 5 1978-02 3 000

## 1. Bakgrund

Inom kummunal och industriell vattenreningsteknik används polyelektrolyter för att förbättra slamavskiljning vid avvattning och sedimentering. Polyelektrolytkostnaden utgör en betydande del av den totala slamhanteringskostnaden. Stora ansträngningar görs för att finna billigare och effektivare polymerer, men inblandnings- och flockningsprocessens betydelse för polymerdosens storlek har hittills tilldragit sig mindre intresse.

För att erhålla en effektiv flockning vid minimal polymerdos, krävs en effektiv inblandning av polymeren i slamfasen följt av ett flockuppbyggnadssteg. Vid slamavvattning åstadkoms detta vanligen genom att polyelektrolyt tillsätts slamtillflödet i en punkt där hög turbulensgrad råder, varvid den efterföljande transportsträcka, där lägre turbulensgrad råder, får tjänstgöra som uppbyggnadssteg. Tillsats till sedimenteringsbassänger sker i tillflödesröret eller direkt i bassängen. Någon optimering av denna process görs aldrig, varför i flertalet fall en högre polymerdos används än vad som är nödvändigt.

Uppehållstid och turbulensgrad i inblandnings- och flockningssteg är av avgörande betydelse för slamflockens storleksfördelning och skjuvhållfasthet vid viss polymerdos. Dessa faktorer styr avvattningsresultatet främst vid centrifugavvattning. Vid silbandpressavvattning är skjuvhållfastheten av mindre betydelse. En hög turbulensgrad i tillsatspunkten förbättrar inblandningen, men medför samtidigt en kraftig sönderskjuvning av de bildade flockarna.

Aktuella undersökning är en förstudie, som syftar till att belysa om förutsättningar finns att med hjälp av flockulator minska polyelektrolytkostnaden vid slamavvattning.

## 2. Försöksplanering

Parametrar som för ett givet slam styr konditioneringsresultatet är:

KONDITIONERINGSMEDEL	INBLANDNING	FLOCKNING
typ av polyelektrolyt	turbulensgrad	turbulensgrad
laddning	polyelektrolytkonc	slamkonc
laddningstäthet	slamkonc	uppehållstid
laddningsfördelning	uppehållstid	
molekylvikt		
molekylviktsfördelning		
polyelektrolytdosering		
andra tillsatser		

Försöken har utförts med slam från Hylte Bruk (1), (2), som konserverats med 0,1 % formalin. Försöksgången har varit följande:

1. VAL AV POLYELEKTROLYT
  - laddning
  - laddningstäthet
  - molekylvikt
2. DEFINITION AV ETT NORMALFALL
3. UTVÄRDERING AV OLIKA KONDITIONERINGSPARAMETRAR
  - polyelektrolytdosering
  - uppehållstid i flockningssteget
  - turbulensgrad i inblandningssteget
  - polyelektrolytkoncentration
  - andra tillsatser

Försöken har utförts dels batchvis i 500 ml glasbägare, dels kontinuerligt. Uppställningen för kontinuerlig konditionering är uppbyggd av fyra enheter exkl analysutrustning, förrådskärl med omrörning, impellerpump för slamtransport, inblandningssteg och flockningssteg. Förrådskärllet rymmer ca 20 l och pumpens kapacitet är 3,0 l/min.

Polyelektrolyt tillförs slammet i ett rör av längden 30 cm. Efter polyelektrolytinblandning överförs slammet till en 500 ml bägare, där det flockas genom långsam omrörning med propelleromrörare.

Val av polyelektrolyt har föregåtts av flockningsförsök i glasbägare, och konditioneringsresultatet har utvärderats m h a CST-mätningar, d v s dränagehastighet. Följande polyacrylamider har studerats:

TYP	LADDNINGSTÄTHET	MOLEKYLVIKT
Zetag 32	katjonaktiv, låg	normal
Zetag 57	katjonaktiv, hög	normal
Zetag 92	katjonaktiv, normal	hög
Magnafloc 140	katjonaktiv, låg	låg
Magnafloc 292	katjonaktiv, normal	låg
Magnafloc 351	nonjonaktiv	normal
Magnafloc 139	anjonaktiv, normal	låg
Magnafloc 155	anjonaktiv, normal	hög
Magnafloc 156	anjonaktiv, hög	normal
Magnafloc E24	anjonaktiv, normal	normal

Utgående från ovannämnda undersökning har andra polymerfabrikat provats, polyelektrolyter med en laddning, laddningstäthet och molekyylvikt som för aktuella slam visat sig vara optimal.

Utgående från ett "normalfall" har potentialen bestämts vad avser förutsättningarna att minska polyelektrolytförbrukningen vid olika typer av åtgärder. Uppehållstiden i flockuppbyggnadssteget har varierats på nivåerna 0, 1, 2, 5 och 10 min. Turbulensgraden i inblandningssteget har varierats genom olika diameter på inblandningsröret. Innerdiametern 6, 8 resp 16 mm ger strömningshastigheten 1,8, 1,0 resp 0,25 m/s. Dessutom har försök gjorts att dela slamströmmen i två hälfter, varvid den ena strömmen mättats på polyelektrolyt vid högturbulent inblandning.

Flockning sker sedan genom blandning av de två strömmarna under låg turbulens (i princip fås optimal flockning då ytan på hälften av slampartiklarna är mättad på polyelektrolyt och de övriga är fri från polymer). Polyelektrolytlösningens koncentration har varierats på nivåerna 0,2, 0,4, 0,5 och 0,6 %. Försök har också gjorts att med tillsats av AVR förbättra konditioneringsresultatet.

Tidigare undersökningar har visat att silbandpressen torde vara den maskintyp som är mest intressant vid avvattning av cellulosaindustriella slam. Kapacitetsbegränsande faktor vid avvattning med silbandpress är för aktuella slam filtrermotståndet i dränagesteget (2). Vid samtliga ovannämnda försök har därför konditioneringsresultatet utvärderats genom att mäta filtrermotståndet. Det flockade slammet har samlats upp i en cylinder, vars ena bottenyta utgörs av en viraduk. Cylindern vänds upp och ned, varvid slammet får dränera genom duken. Filtreringshastigheten mäts genom att kontinuerligt mäta filtratvolymen. Slamvolymen anpassas så att ytbelastningen blir ung densamma som vid avvattning på silbandpress.

### 3. Resultat

Konditioneringsförsök med CST-mätning, fig 1, visar att det krävs en katjonaktiv polyelektrolyt med hög molekylvikt och hög laddningstäthet för att uppnå goda dränageegenskaper. Med anjonaktiv polyelektrolyt försämrades dränageegenskaperna. Nonjonaktiv eller svagt katjonaktiv polyelektrolyt gav förbättrade dränageegenskaper, dock ej tillräckligt för att det skall fungera på en silbandpress.

Följande katjonaktiva polyelektrolyter med hög laddnings-  
täthet och hög molekylvikt prövades genom filtrermotstånd-  
försök.

Zetag 57  
Zetag 92  
Nalco 61 D 25  
Praestol 423 K  
Praestol 444 K  
Bozefloc C 45  
Flocbel FC 15

varpå Zetag 57 valdes för de fortsatta försöken.

Filtrermotståndförsök, fig 2, visar att det krävs  
13 - 15 g/kg TS polyelektrolyt för att uppnå maximal  
dränagehastighet. Strömningshastigheten i inblandnings-  
steget var 1 m/s och slammet flockades genom långsam om-  
rörning i 2 min. Vid sänkning av polyelektrolytdosering  
med 20 % (14 → 11,2 g/kg TS) krävs ca 7 ggr längre uppe-  
hållstid (15 → 100 sek) för att dränera av 50 % av slammets  
vatteninnehåll. Doseringskurvans utseende antyder att  
optimal polyelektrolytdosering bör vara minsta dosering  
som ger maximal dränagehastighet. En något lägre dosering  
ger avsevärt lägre kapacitet. En reglering av polyelektro-  
lytdoseringen synes vara nödvändig för att kunna hålla  
doseringen på en låg nivå. Små variationer på ingående  
slam, t ex en koncentrationsökning, kan annars ge det  
konditionerade slammet avsevärt försämrade dränageegen-  
skaper med stora driftstörningar till följd (jämf sprid-  
ningen fig 2).

Filtrermotståndförsök, fig 3, visar att uppehållstiden  
i flockuppbyggnadssteget spelar avgörande roll för dräna-  
gehastigheten. Strömningshastigheten i inblandningssteget  
var 1 m/s. Optimal flockningstid vid aktuell omrörnings-  
intensitet var ca 2 min. En längre uppehållstid gav  
sönderslagning av flockarna. Utan flockuppbyggnadssteg

krävs vid aktuell polyelektrolytdosering (14 g/kg TS) ca 12 ggr längre uppehållstid (15 + 180 sek) för att dränera av 50 % av slammets vatteninnehåll. Om man antar en polyelektrolytdoseringskurva av samma utseende som vid 2 min flockuppbyggnad, d v s parallellförskjutning av doseringskurvan i fig 2, skulle det innebära ca 25 % högre polyelektrolytförbrukning utan flockuppbyggnadssteg.

Filtrermotståndsförsök, fig 4, visar att såväl optimal polyelektrolytdosering som maximal dränagehastighet påverkas av turbulensgraden vid inblandning av polyelektrolyt. Strömningshastigheten i inblandningssteget var 1 m/s och slammets flockades genom långsam omrörning i 2 min. Vid ca 80 % högre resp 75 % lägre strömningshastighet krävs ca 6 % lägre resp 15 % högre polyelektrolytdosering vid dränering av 50 % av slammets vatteninnehåll på 20 sek. Den högre strömningshastigheten gav ung dubbelt så hög maximal dränagehastighet (8 resp 15 sek), d v s dubbla kapacitet. Försök att dela slamströmmen i två hälfter gav negativt resultat.

Försök med olika koncentration på polyelektrolytlösningen gav ingen påvisbar effekt avseende polyelektrolytförbrukningen. Detta beror sannolikt på god funktion i inblandningssteg och flockuppbyggnadssteg (strömningshastigheten 1 m/s resp uppehållstiden 2 min).

Försök med tillsats av AVR för att reducera polyelektrolytbehovet har också utförts, fig 5. Optimal tillsats avseende dränageegenskaperna var ca 1 g/l, d v s 50 g/kg TS. Denna AVR-dosering gav ca 25 % lägre polyelektrolytförbrukning.



#### 4. Slutsatser

Trots stor spridning visar resultaten entydigt att en riktig apparatutformning gav betydande potential för kostnadsbesparingar vid konditionering av slam med polyelektrolyt i samband med slamavvattnings. För aktuella svåravvattnade slam ger en 25 % lägre polyelektrolytförbrukning en besparing på ca 2,25 kr/m<sup>3</sup> slam. Med en normal slamproduktion på 10 m<sup>3</sup>/h skulle det medföra en årlig besparing på 200 kkr, en summa som ger möjlighet till stora insatser att förbättra apparaturen.

Största potentialen finns dock i en styrning av polyelektrolyttillsatsen. Vanligen förekommer stora variationer i flöde, koncentration och slamegenskaper i en avvattningsanläggning. För att förhindra driftstörningar, sker därför ofta kraftig överdosering av polyelektrolyt, många gånger över 100 %. För att kunna hålla doseringen på minimal nivå, måste polyelektrolyttillsatsen regleras. Val av lämplig teknik och val av lämpliga styrparametrar bör utredas.

En ytterligare förutsättning för låg polyelektrolytförbrukning är en väl fungerande konditioneringsprocess, d v s ett effektivt inblandningssteg efterföljt av ett effektivt flockuppbyggnadssteg. Funktionerna är kopplade, d v s ett väl fungerande inblandningssteg ställer mindre krav på flockuppbyggnadssteget liksom ett väl fungerande flockuppbyggnadssteg ställer mindre krav på inblandningssteget. Flockuppbyggnadssteget har visat sig vara mest betydande. Aktuella försök gav en 25 % lägre polyelektrolytförbrukning vid optimal flockuppbyggnad jämfört med avsaknad av flockuppbyggnadssteg.

Turbulensgraden i inblandningssteget har inom undersökta intervall visat sig vara av mindre betydelse. Detta beror sannolikt på ett väl fungerande flockuppbyggnadssteg. I en verklig anläggning utan flockuppbyggnadssteg är dock denna funktion högst avgörande för polyelektroförbrukningen.

Med tillsats av AVR, visade det sig vara möjligt att ytterligare reducera polyelektrolytförbrukningen. En inblandning på 50 g/kg TS AVR gav en polyelektrolytbesparing på ca 3,5 g/kg TS, d v s 0,09 kr/kg TS el 1,80 kr/m<sup>3</sup> för aktuella slam. Hur denna tillsats av AVR påverkar t ex avvattningen i pressteget eller dukrengöringen vid silbandpressavvattning, är inte klarlagd.

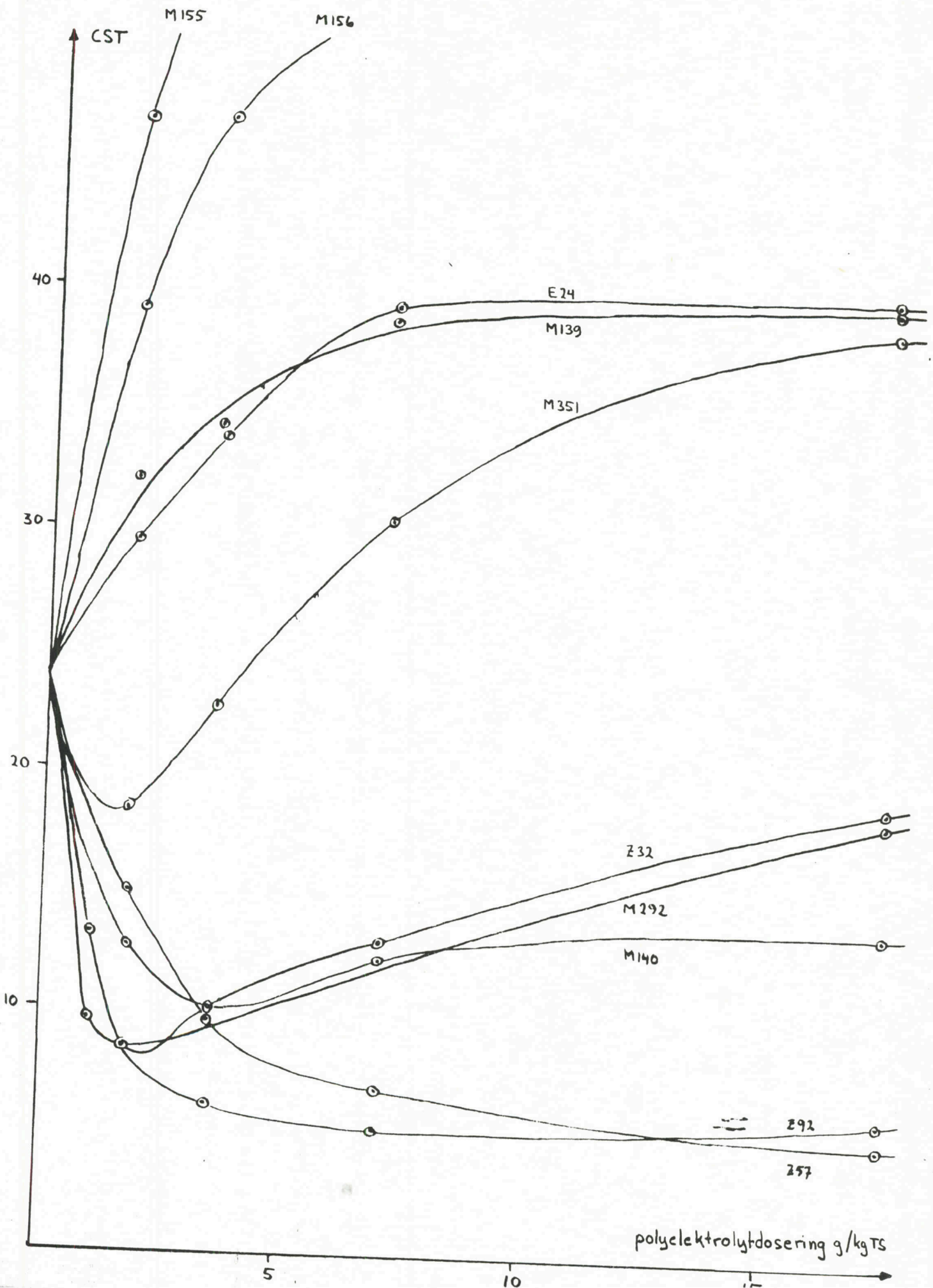
Vanligen flockas slammet under transport från polyelektrolyttillsatspunkt till avvattnare. En alltför hög turbulens eller alltför lång transportsträcka ger sönderslagning av flockarna och en alltför låg turbulens eller alltför kort transportsträcka ger dålig inblandning resp dålig flockuppbyggnad. Detta förfaringssätt att flocka slammet i rörsystemet ger mycket små möjligheter att optimera funktionerna och helt omöjligt att styra. Gjord försök har visat att stora kostnadsbesparingar kan göras genom optimal utformning av inblandnings- flockuppbyggnadssteg. Vilka förbättringar som kan uppnås i en verklig anläggning är svårt att förutsäga, men bedöms i många fall vara betydande. Hur denna konditioneringsanläggning lämpligen skall utformas bör därför utredas.

## LITTERATURREFERENSER

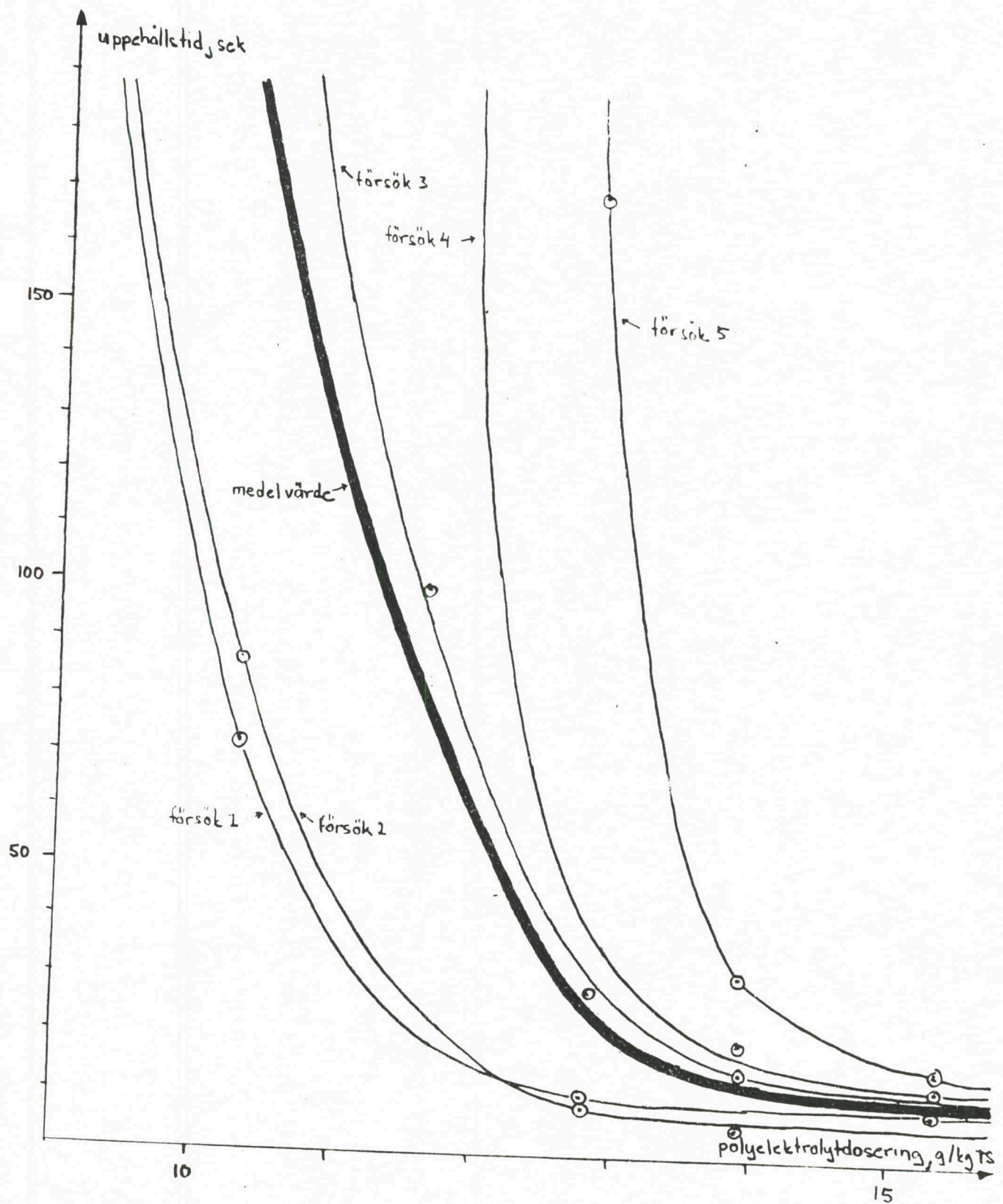
- (1) Bergström, R. et al: Avvattning av slam från en cellulosaindustriell vattenreningsanläggning - jämförande studie av avvattningsutrustning IVL-publ 8257. 1975
- (2) Bergström, R. et al: Avvattning med silbandpress av slam från en cellulosaindustriell vattenreningsanläggning - fiberinnehållets betydelse vid avvattning av blandslam innehållande fiber- och aktivt slam. IVL-publ B 272. 1976

KONDITIONERING AV AKTIVT SLAM, 1.9% TS, MED AN- NON- OCH KATIONAKTIV  
POLYELEKTROLYT. CST- MÄTNING.

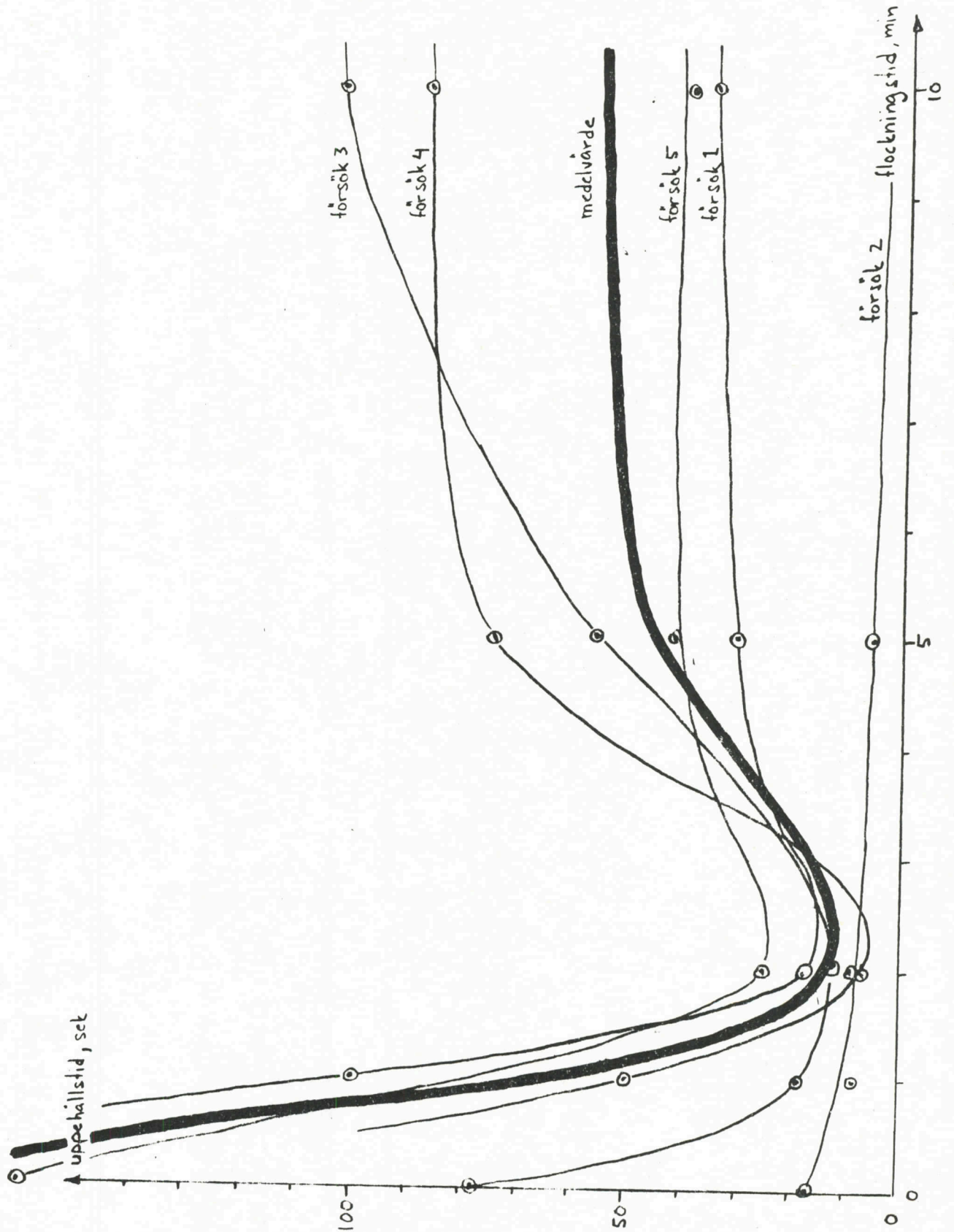
fig 1



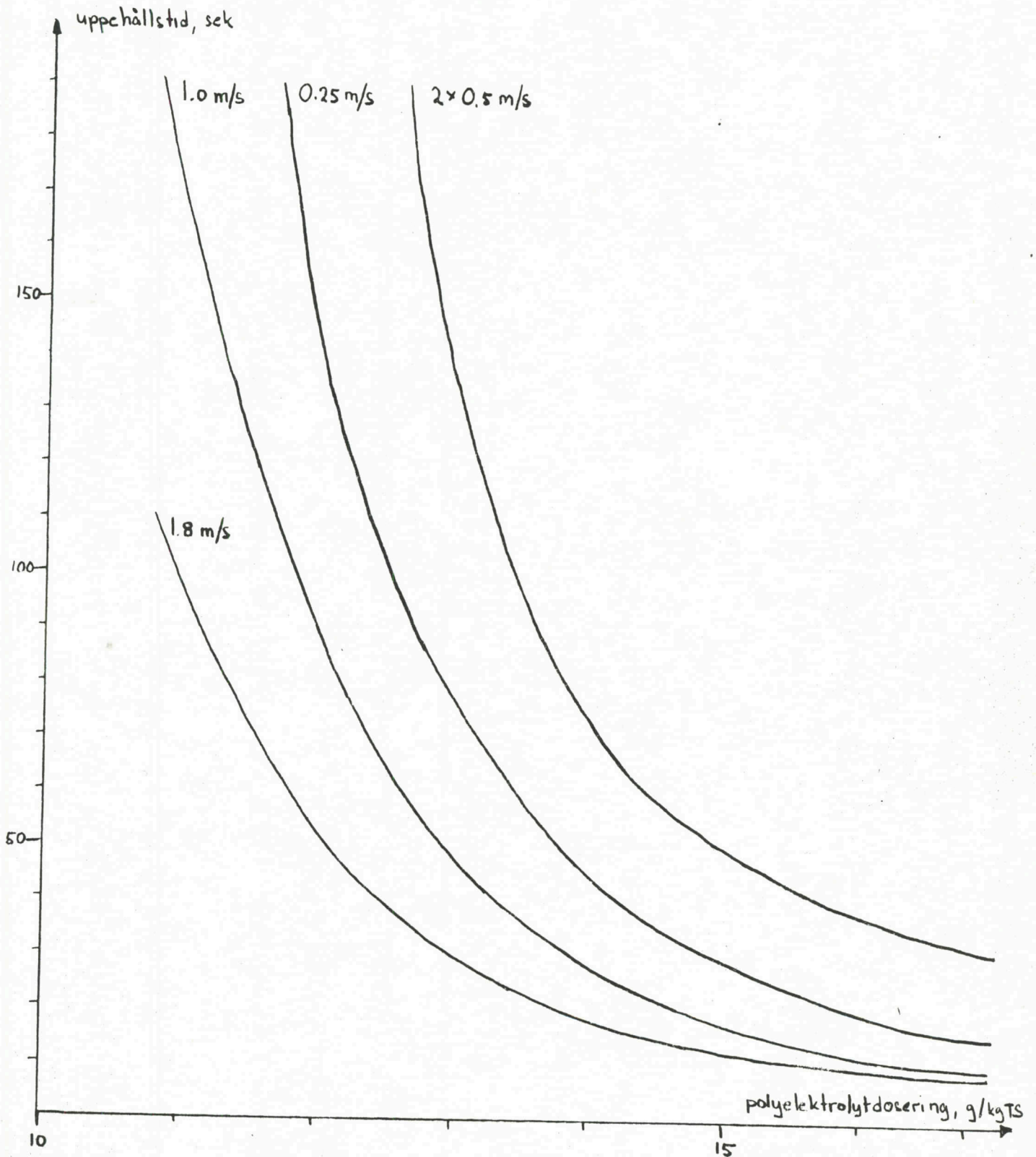
ERFÖRDERLIG UPPHÅLLSTID FÖR ATT DRÄNERA AV 50% AV SLAMMETS VATTENINNEHÅLL.  
POLYELEKTROLYTDOSERING.



ERFORDERLIG UPPEHÅLLSTID FÖR ATT DRÄNERA AV 50% AV SLAMMETS VATTENINNEHÅLL.  
 UPPEHÅLLSTID I FLOCKNINGSTEG.



ERFÖRDERLIG UPPEHÅLLSTID FÖR ATT DRÄNERA AV 50% AV SLAMMETS VATTENINNEHÅLL.  
POLYELEKTROLYTDOSERING VID OLIKA TURBULENSGRAD I INBLANDNINGSTEGET.  
MEDELVÄRDE FÖR FEM FÖRSÖK.



ERFÖRDERLIG UPPHÅLLSTID FÖR ATT DRÄNERA AV 50% AV SLAMMETS VATTENINNEHÅLL.  
POLYELEKTROLYT DOSERING VID AVR-TILLSATS.

