

Miljøprojekt Nr. 759 2003

Forbehandling af organisk husholdningsaffald ved hydraulisk stempelseparation

AFAV

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	6
1 FORMÅL	12
2 BAGGRUND	13
3 HØJTRYKSSEPARATOREN	14
3.1 ANLÆGGETS OPBYGNING OG FUNKTION.	14
3.2 MÅLESYSTEMET	15
3.3 SEPARATOROKAMRENE	15
3.4 OPRINDELIGE ANTAGELSER OG KAMMER 1	16
3.4.1 <i>Konstruktionserfaringer med kammer 1</i>	16
3.5 KAMMER 2	16
3.5.1 <i>Konstruktionserfaringer med kammer 2</i>	16
3.6 KAMMER 3	17
3.6.1 <i>Konstruktionserfaringer med kammer 3</i>	17
3.7 KONSTRUKTIVE PROBLEMER MED SPALTEKAMRE.	18
3.8 KAMMER 4	18
3.8.1 <i>Konstruktionserfaringer med kammer 4</i>	18
3.8.2 <i>Konstruktionserfaringer med separatoren</i>	19
3.9 SNEGLEPLASTSEPARATOR	19
3.9.1 <i>Driftserfaringer med snegleseparatoren</i>	20
4 RESULTATER	22
4.1 AFFALDSTYPER	22
4.2 SEPARATOREFFEKTIVITETEN	22
4.3 SNEGLESEPARATOREN	24
4.4 PLASTSEPARATION.	25
4.5 KEMISK KARAKTERISERING AF DEN PRODUCEREDE BIOMASSE	26
4.6 GASPOTENTIALE	27
4.7 KAPACITET OG OPSKALERINGSPOTENTIALE	28
4.8 ENERGIFORBRUG TIL STEMPELSEPARATIONSPROCESSEN	28
4.9 SLIDDET PÅ SEPARATOROKAMMERET	<u>29</u>
5 DISKUSSION AF RESULTATER	30
5.1 PERSPEKTIVER OG FORVENTEDE TEKNISKE SPECIFIKATION	30
5.1.1 <i>Sammenhæng mellem tryk, rejekt og plast</i>	31
5.2 OMKOSTNINGER TIL SEPARATION AF AFFALD	<u>33</u>
5.2.1 <i>Pris og driftsomkostninger</i>	33
5.2.2 <i>Indtjeningspotentiale</i>	33
5.3 MÅLEPROBLEMER	<u>34</u>
5.4 AFFALDS SORTERING OG INDSAMLING	34
5.5 OPTIMERINGS POTENTIALE	35
6 KONKLUSION	36
7 PERSPEKTIVERING	38

Bilag A. Forsøgsresultater

Bilag B Tryk-/positionsdiagrammer fra stempelseparatoren

Bilag C Rapport over indledende forsøg med stempelseparation

Bilag D Rapport over forsøg med udvikling og indkøring af snegleforbehand-
ler til kildesorteret husholdningsaffald
Bilag E DTU's rapport "Karakterisering af biomasse og rejekt fra forbehand-
ling med stempel separator, AFAV, sommeren 2002"
Bilag F Supplerende bilag til DTU's rapport (bilag E).

Forord

I denne rapport beskrives resultaterne af forsøg med separation af kildesorteret husholdningsaffald ved hjælp af en hydraulisk stempelseparator.

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen under sag nr. M3277-0012. Projektet er udført af AFAV i samarbejde med TK Energi AS og DTU M&R.

Projektet bygger videre på de erfaringer, der blev opsamlet i forbindelse med tidligere projekter vedrørende afvanding af gylle, halm og andre biomasser. Disse projekter er udført for Energiministeriets EFP program, Energistyrelsens UVE Program, Elkraft og Elsam.

Formålet med nærværende projekt er at undersøge, om en hydraulisk højtryksstempelseparator kan udføre en god separation af kildesorteret husholdningsaffald i en biologisk forgasbar fraktion og en fraktion til forbrænding.

Rapporten er udført i et samarbejde mellem følgende personer:

AFAV

Bjørn Stampe Jørgensen
Mogens Rasmussen
Benny Sørensen

TK Energi AS

Mads Nielsen
Thomas Koch
Frank Hansen
Ib Nielsen
Ulrik Knudsen
Karsten Petersen
Troels Pedersen
Erik Balck Sørensen

DTU M&R

Søren Gabriel
Thomas Højlund Christensen
Trine Lund Hansen

Sammenfatning og konklusioner

Baggrund og formål

Projektet tager udgangspunkt i en højtryksgylleafvander, der er opbygget i forbindelse med en række tidligere projekter. Disse projekter viste, at denne gylleafvander kunne bruges som stempelseparator ved at ændre driftsparametrene.

AFAV I/S og TK Energi A/S har foretaget en principafprøvning af stempelseparatoren på organisk affald.

Formålet er at undersøge separator-effektiviteten på den eksisterende hydrauliske stempelseparatorproces ved driftsparametre, der vil kunne tænkes anvendt ved kommerciel drift af en stempelseparator.

Målet er jf. ansøgning til Miljøstyrelsen af 29.11.2001:

"at udvikle og etablere en teknik til forbehandling af organisk dagrenovation, der kan fraseparere uønskede materialer fra det organiske affald, der indsamles primært fra private husstande. Forbehandlingen af det indsamlede organiske affald optimeres således, at der maksimalt føres 25 % (vægtprocent) rejekt til forbrænding og dermed øges mængden af organisk materiale til efterfølgende bioforgasning. Målet med forbehandlingen er ligeledes, at der max. må være 1 promille urenheder i den biomasse, der efterfølgende tilføres et biogasanlæg."

I projektet er følgende undersøgt (i prioriteret rækkefølge):

- Separatoreffektiviteten.
- Plastseparationseffektiviteten.
- Kapaciteten af separatoren.
- Sliddet på separator-kammeret.
- Energiforbruget til stempelseparationsprocessen.
- En kemisk karakterisering af den producerede biomasse.

I forbindelse med projektet har Københavns kommune i samarbejde med DTU udført analyser og foretaget en karakterisering af affaldet med henblik på sammenligning med øvrige forsøg med affalds separation gennemført i Danmark.

Tekniske resultater

I projektet er der opbygget en opstilling til afprøvning af stempelseparatoren, og der er afprøvet 4 separator-kamre.

3 spalte-separator-kamre med 1 mm spalter, 0,6 mm spalter og 0,25 mm spalter og et hulkammer.

- Med spalte-kamre er der opnået fra 8-30 % rejekt ved kørsel på affald fra AFAV og 7 % rejekt ved kørsel på R 98 affald.
- Med hulkammeret er der opnået 22-45 % rejekt på AFAV affald og 20-33 % rejekt på R 98 affald.

De opnåede rejktmængder er opnået ved 200-450 bar separatortryk.

Energiforbruget til stempelseparation ligger på 10-20 kWh pr. ton.

Levetiden for et optimeret spaltekammer forventes at være 100-500 timer, og levetiden for et optimeret hulkammer forventes at være over 1000 timer. Med stempelseparatoren kan der opnås 80-90 % af biogaspotentialet i biomassen.

- Ved drift på AFAV affald er der målt 0,2-1 % plast i biomassen ved spaltekamre og 0,1 % plast i biomassen ved drift på hulkammeret.
- Med hulkammeret er der ved R-98 affald målt 0,1-0,3 % plast i biomassen.

Bag disse plastprocenter ligger en meget svingende affaldskvalitet.

Ved sammenligning med bioaffaldets oprindelige plastindhold har det vist sig, at hulkammeret er i stand til at fjerne 70-85 % af den tynde poseplast: Alle andre plasttyper fjernes helt.

DTU's kemiske analyser viste, at der for stempelseparatoren ikke er problemer med at overholde grænseværdierne for miljø-fremmede stoffer. Et plastindhold på 0,1-0,3 % (vægtprocent) ser dog, visuelt vurderet, ud til at være uacceptabelt højt for spredning på landbrugsjord.

Der er herudover også opbygget en snegleseparator, der kan fjerne den resterende plast i biomassen.

Separationsprocessen, hvori snegleseparatoren indgår, bliver således en totrins separation bestående af højtryksbehandling i stempelseparatoren og efterfølgende lavtryksbehandling i snegleseparatoren.

Ved en to-trins separation kan der produceres biomasse helt uden plast.

Samlet konklusion

Forsøgene har demonstreret, at målsætningerne for samlet rejktprocent og for plast i biomassen kan overholdes for R-98 affaldet, hvorimod det med AFAV affaldet ikke har været muligt at opnå den ønskede rejktandel på 25 % samtidig med at en renhed på 1 promille plast overholdes. Dette skyldtes hovedsageligt at indholdet af bleer og haveaffald var langt højere end forventet. DTU's analyser af rejkt og biomasse d. 28/6 har indirekte vist at det vil være muligt at overholde målsætningen hvis AFAV affaldet ikke indeholder bleer og haveaffald.

Konstruktionsmæssigt har forsøgene vist, at udformningen af det oprindelige kammer på stempelseparatoren skal ændres, da den planlagte opbygning med lameller var vanskelig at udforme kraftigt nok. Forsøg med en cylinder med borede huller til separering af det organiske affald har til gengæld vist sig at have en tilfredsstillende holdbarhed.

Måleresultaterne viser, at:

- Plastprocent og rejktprocent er stort set omvendt proportionale. Høje tryk giver høj plastprocent og lav rejktprocent, og lave tryk giver lav plastprocent og høj rejktprocent.
- Alt kraftig plast (emballage, almindelige bæreposer o.s.v.) frasepareres i stempelseparatoren, hvilket udgør en betydelig fordel, da de miljøfremmede stoffer primært forefindes i det kraftige emballageplast og ikke i den tynde poseplast.

- DTU's kemiske analyser viste, at der for stempelseparatoren ikke er problemer med at overholde grænseværdierne for miljø-fremmede stoffer. Et plastindhold på 0,1-0,3 % ser dog, visuelt vurderet, ud til at være uacceptabelt højt for spredning på landbrugsjord.
- Ved separering med stempelseparatoren (trin 1) bringes 80-90 % af det totale gaspotentiale videre til biogasanlægget, uanset om der er tale om affald fra R-98 eller AFAV affald. Det er et meget tilfredsstillende resultat og absolut konkurrencedygtigt i forhold til de øvrige forsøg gennemført i Danmark (se evt. tabel 2 side 26).
- Ved separering med højtrykstempelseparatoren kan det ikke anbefales, at affaldet indeholder bleer og haveaffald, da disse fraktioner udelukkende udskilles som rejekt.
- Sortering af affald i bionedbrydelige plast- eller papirposer vil, selv om der sættes høje krav til biomasse renheden, kunne gøre det muligt at separere affaldet via en et-trins separering. Hvis der derimod anvendes traditionelle plastposer, vil der, med mindre kravene til biomassens renhed er lempelige, normalt være behov for en to-trins separering.

English Summary and Conclusions

Background and Purpose.

This project is based upon a high pressure manure separator that was developed and built in former projects. One of the results from these projects was that the high pressure piston separator could be used as a refuse separator by changing the operation parameters.

The purpose of this project is to investigate the separation efficiency of the existing hydraulic piston at operation parameters relevant for commercial operation of piston waste separators.

The objective formulated in the original application sent to the Danish Environmental Protection Agency states:

The waste separation process should result in a maximum of 25 % reject (weight percent), while the separated biomass delivered to the anaerobic digestion should not contain more than 0,1 % contaminants.

In this project the following technical parameters have been investigated listed in the order, they are considered important for the optimisation of the separator.

- Separation efficiency
- Plastic separation efficiency
- Capacity
- Wear on the separator
- Energy consumption
- Chemical characterisation of the products.

Technical results

In this project 4 separation chambers have been built and tested: 3 chambers with slots, 1 mm, 0,6 mm and 0,25 mm; and, one chamber with holes.

Furthermore a low pressure screw separator has been designed and built in order to remove the potentially remaining plastic in the biomass.

- With a separation chamber with slots, 8-30 % of reject has been obtained with refuse from AFAV and 7 % reject with refuse from R-98.
- With the separation chamber with holes 22-45 % reject has been obtained on AFAV refuse and 20-33 % reject on R98 refuse.

These reject percentages are obtained with separation piston pressures from 200-450 bar.

The energy consumption for a piston separation process is approx. 10-20 kWh pr. ton refuse.

The lifetime for a separation chamber with slots is expected to be 100-500 hours.

The lifetime for an optimised hole chamber is expected to be over 1000 hours.

A one stage piston separator can deliver 80-90 % of the total biogas potential in the incoming refuse into the biomass fraction.

- On AFAV refuse 0,2-1 % plastic in the biomass has been obtained on separation chambers with slots and 0,1 % on the chamber with holes.
- On R 98 refuse 0,1-0,3 % plastic has been obtained.

These plastic concentrations have been derived from refuse of highly variable composition and quality.

The hole chamber will remove 70-85 % of the thin plastic bags. All other types of plastic are completely removed.

The chemical analyses from DTU of potential environmentally damaging fractions and emissions show levels adequately below all thresholds and thus in accordance with current legislation. However, the visible amount of plastic (of about 0,1-0,3 %) appears not to be acceptable to the end-users, the farmers. Subsequently, a two- step unit including a screw separator has been constructed and tested in order to remove all visible plastic from the biomass treated in the high pressure piston unit.

An optimised second stage separator will be able to deliver 80-90 % of the biogas potential in the biomass fraction from the piston separator. Thus 70-80 % of the total biogas potential of the initial refuse can be found in biomass treated in the two stage process. This fraction contains no or very little plastic.

The energy consumption of a 2 stage separator will be approx. 15-30 kWh pr. ton of refuse.

Conclusion

Based on the trials on the fourth chamber and the two-step separation process the results are in accordance with the targets set for total reject percentage and the quality of the biomass for anaerobic digestion. However, for AFAV refuse it will be necessary to eliminate garden refuse and diapers which today are included in the refuse fraction separated.

The trials on the different chambers have shown that the original slot chamber must be altered due to durability problems. Trials made on a chamber with drilled holes have demonstrated satisfactory durability of this chamber.

The potential for up-scaling the plant is believed to be minimally 10.000 tons waste/year/unit.

- Reject percentage and plastic content in the biomass, both controlled by the separation pressure, are approximately reverse proportional.
- All plastic qualities except the very thin qualities used for refuse collection are completely removed.
- The chemical analyses from DTU of potential environmentally damaging fractions and emissions show levels adequately below all thresholds and thus in accordance with current legislation. However, the visible amount of plastic (of about 0,1-0,3 %) appears not to be acceptable to the end-users, the farmers.
- A one stage piston separator can deliver 80-90 % of the total biogas potential in the incoming refuse into the biomass fraction. Compared

to test results from other separators in Denmark this is a very competitive result.

- Refuse fractions such as diapers and garden refuse all end up as reject, thus it is recommended that refuse for high pressure separation not contain these fractions.

Refuse collected in biodegradable paper or plastic bags will, even if low plastic threshold values are required, enable use of a one-stage separation technique. If traditional thin plastic bags are used, and visible plastic is a concern, a 2-stage process will normally be required.

1 Formål

Formålet er at undersøge separator-effektiviteten på den eksisterende hydrauliske stempelseparatorproces ved driftsparametre, der vil kunne tænkes anvendt ved kommerciel drift af en stempelseparator.

Målet er jf. ansøgning til Miljøstyrelsen af 29.11.2001:

"at udvikle og etablere en teknik til forbehandling af organisk dagrenovation, der kan fraseparere uønskede materialer fra det organiske affald, der indsamles primært fra private husstande. Forbehandlingen af det indsamlede organiske affald optimeres således, at der maksimalt føres 25 % rejekt til forbrænding og dermed øger mængden af organisk materiale til efterfølgende bioforgasning. Målet med forbehandlingen er ligeledes, at der max. må være 1 promille urenheder i den biomasse, der efterfølgende tilføres et biogasanlæg."

Projektet skal give oplysninger om:

- Separator-effektiviteten som funktion af stempelhastighed og tryk for de enkelte affaldstyper.
- En vurdering af, hvor meget plast m.m. der ender i den våde fraktion afhængigt af driftsparametrene.
- En vurdering af kapaciteten af separatoren ved kontinuerlig drift samt en vurdering af potentialet ved opskalering af stempelseparatoren.
- En vurdering af energiforbruget til stempelseparationsprocessen.
- En vurdering af sliddet på separatorkammeret.

Herudover er det i løbet af projektet blevet klart, at en stempelseparator ikke i alle tilfælde kan producere en biomasse af tilstrækkelig god kvalitet.

Der er derfor også blevet kørt forsøg med en snegleseparator, der kan rense biomassen yderligere.

I samarbejde med Københavns kommune og DTU er der foretaget en karakterisering af affaldet, der ligger udenfor det oprindelige forsøgs rammer.

AFAV I/S har endvidere ønsket en vurdering af mulighederne for at opskalere kapaciteten til 10.000 tons/ år.

2 Baggrund

I en række tidligere projekter finansieret af Energistyrelsen er der opbygget en hydraulisk højtryksgylleafvander, jf. ENS-projekt: ENS-1383/97-0010.

Højtryksgylleafvanderen, der er en hydraulisk stempelafvander, kunne afvande afgasset gylle til 52-62 % TS og frisk gylle til 35-45 % TS.

I forbindelse med afvanding af halm og koks blev der gjort en række observationer, der ligger til grund for de tekniske valg, der er foretaget i dette udviklingsarbejde.

Disse observationer førte til den ide, at den eksisterende afvander kan bruges som affaldsseparator, hvis den opereres ved stempelhastigheder på mere end 8 mm/s.

AFAV I/S har i samarbejde med TK Energi AS foretaget en principafprøvning af en hydraulisk stempelseparator med henblik på at afprøve eksisterende materiel og foretage tilretninger til håndtering af organisk dagrenovation. Afprøvningen er udført for AFAV I/S og rapporteret jf. bilag C.

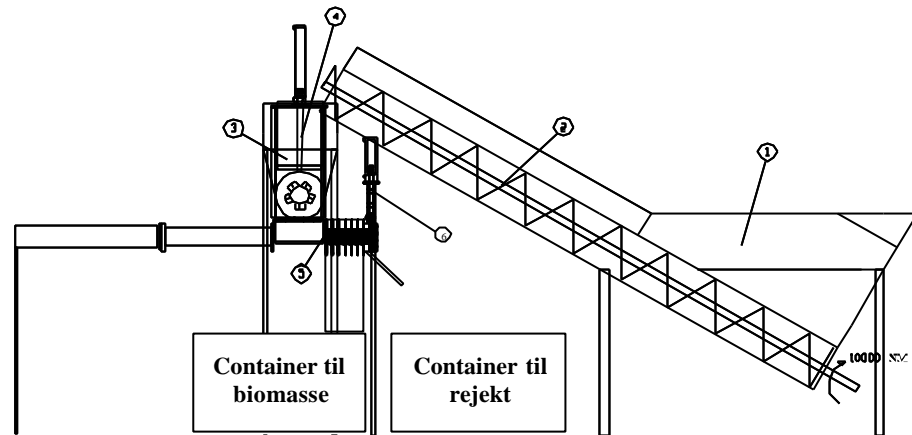
Konklusionen fra de første afprøvninger er, at der er stor sandsynlighed for at den hydrauliske stempelseparator kan separere kildesorteret affald i en biomasse fraktion på ca. 75 % af det tilførte dagrenovation med et tørstof på mellem 30 %- 35 %, og en restfraktion til forbrænding på ca. 25 % af det tilførte dagrenovation med et tørstof på ca. 50 %.

På baggrund af principafprøvningen ønskes gennemført et projekt for fastlæggelse af driftbetingelser og opbygning af automatisk indfødningsudstyr og bestemmelse af kapacitet samt etablering af et fuldskala prototype til separering af organisk dagrenovation med henblik på efterfølgende bioforgasning.

3 Højtryksseparatoren

Separatoren er opbygget i en eksisterende hal på AFAV.

Anlægget er vist på skitsen herunder.



Figur 1: Separatoropstilling på AFAV.

Anlægget består af følgende komponenter:

- Modtagetragt for påfyldning med gummiged. (1)
- Transportsnegl (2)
- Snegleforbehandler til oprivning af affaldsposer og konditionering af affald. (3)
- Stempel for indfødnig af det oprevne affald til højtryksseparatoren (4).
- Stempelseparator til adskillelse af affaldet i biomasse og rejekt. (5)
- Skydeventil (6)
- Container til opsamling af biomasse.
- Container til opsamling af rejekt.
- El og Hydrauliksystem
- Måleudstyr

3.1 Anlæggets opbygning og funktion.

Anlægget modtager affald i modtagetragten, hvorfra transportsneglen transporterer affaldet op i snegleforbehandleren.

Transportsneglen består af en firkantet tragt og en transportsnegl.

Tragten kan rumme ca. 3000 kg. og er dimensioneret til at kunne fyldes direkte med gummiged.

Snegleforbehandleren er beskrevet i en tidligere rapport: "Rapport over forsøg med udvikling og indkøring af snegleforbehandler til kildesorteret husholdningsaffald"

Snegleforbehandleren er udført af 5 mm jernplade som et vandret liggende trug: 2000 mm langt med 8-kantet tværsnit og åbent foroven i 500 mm bredde og fuld længde.

Sneglen føder ud i fødestemplet, der trykker det forbehandlede affald ned i fødekammeret til stempelseparatoren.

Fra fødekammeret trykkes affaldet ind i separator-kammeret ved hjælp af separatorstemplet.

Fra indfødningskammeret skubbes affaldet af separatorstemplet ind i separator-kammeret, hvor det komprimeres samtidig med, at vandet og hovedparten af de bløde bestanddele af affaldet presses ud gennem hullerne eller de langsgående spalter i separator-kammeret.

Den våde fraktion af affaldet, som er presset ud gennem separator-kammeret, kaldes biomassen, og den tørre fraktion, der tilbageholdes i separator-kammeret, kaldes rejektet.

For enden af separator-kammeret er der placeret en skydeventil. Skydeventilen lukker separator-kammeret under presseforløbet, og åbner når rejektet skubbes ud.

Biomassen og rejektet opsamles i vippecontainere på hjul og vejes, hvorefter det returneres til AFAVs almindelige behandlingssystem. Separatoren er opbygget således, at hastigheden på stemplet kan varieres fra 0 til 110 mm/s, og separatortrykket kan indstilles mellem 30 og 600 bar.

3.2 Målesystemet

I forbindelse med projektet er der målt følgende under drift:

- Tryk-position af separationsstemplet.
- Tørstofbestemmelse
- Masse af biomasse og rejekt.

Opstillingen er forsynet med et målesystem, der gør det muligt at optegne tryk-position diagrammer online på en computer.

Tørstofindholdet er bestemt via prøver på ca. 3 kg.

Massen af biomasse og rejekt er bestemt ved at veje vippecontainerne på en pallevægt.

3.3 Separatorkamrene

I forbindelse med projektet er der afprøvet 4 separatorkamre.

3 af kamrene er opbygget af langsgående lameller, og et kammer er opbygget af et rør, hvori der er boret huller.

Der er 4 parametre, der oprindeligt er indgået i designet af separator-kammeret.

1. Rejektmængde
2. Kapacitet
3. Plastmængde i biomassen

4. Slidstyrke

Derudover har vi valgt at svejse kammeret, hvilket medfører en række konstruktionsmæssige og materialetekniske valg. Svejsning fordrer, at kammeret skal fremstilles af stål kvaliteter, der ikke giver svejserevner, hvilket medfører, at der er begrænsninger i, hvor hårdt materiale kammeret kan fremstilles i.

3.4 Oprindelige antagelser og kammer 1

Ved design af det første kammer har der indgået følgende overvejelser.

For at opnå højest mulig kapacitet skal der være størst muligt spalteareal. For at opnå mindst muligt plast i biomassen skal spalterne være mindst mulige.

Det blev besluttet at bygge kammeret af varmvalset rustfast stål i kvaliteten AISI 304 med de tolerancer, det medfører.

Kammeret blev bygget af 8 mm brede lameller med 1 mm brede spalter, hvilket svarer til at 11 % af rørets periferi er åbning.

3.4.1 Konstruktionserfaringer med kammer 1

Det viste sig meget hurtigt, at lamellerne deformerede, således at nogle spalter blev meget brede, og nogle spalter blev klemt sammen.

Første gang deformationen af lamellerne blev iagttaget, var deformationen tydeligst tæt på lukkeventilen. Det blev derfor konkluderet, at deformationen skyldtes ventilens bevægelse.

Der blev på den baggrund isvejst en støttering i kammeret ved udløbsenden.

Det var ikke tilstrækkeligt til at forhindre deformation af lamellerne, og der blev iagttaget deformation længere inde i kammeret.

3.5 Kammer 2

Kammer 2 blev opbygget af 12 mm brede lameller med 0,6 mm brede spalter, svarende til en åbning på 5 %.

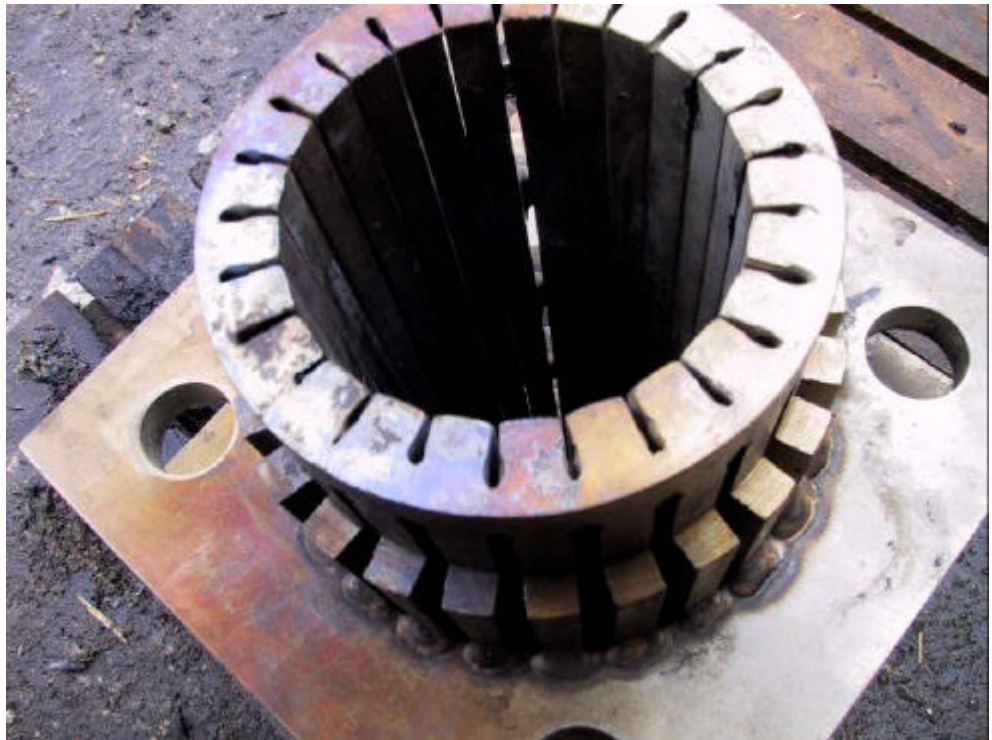
Der blev udvist ekstra omhyggelighed ved svejsning af kammeret for at reducere risikoen for, at lamellerne deformerede.

3.5.1 Konstruktionserfaringer med kammer 2

Efter et par dages drift blev det konstateret, at 2 lameller var deformerede.

Der blev fundet 2-3 søm, der var presset ind imellem 2 lameller.

Kammeret blev repareret og sat i drift igen. Fejlen gentog sig flere gange. Ved sidste reparation blev separatorkammeret forstærket yderligere i ventilenden, uden at det dog havde nogen tydelig effekt (se nedenstående billede).



Billede 1: Kammer 2 med "væltede" spalter.

Det viste sig samtidig, at stemplet var slidt 1-2 mm på den ene side, således at der opstod en tolerance på 2-3 mm mellem stempel og afvandingskammer. Det er antagelsen, at denne tolerance bevirker, at affald kiler sig ind mellem stemplet og separatorkammeret og derved presser hårde partikler ud mellem lamellerne og deformerer disse.

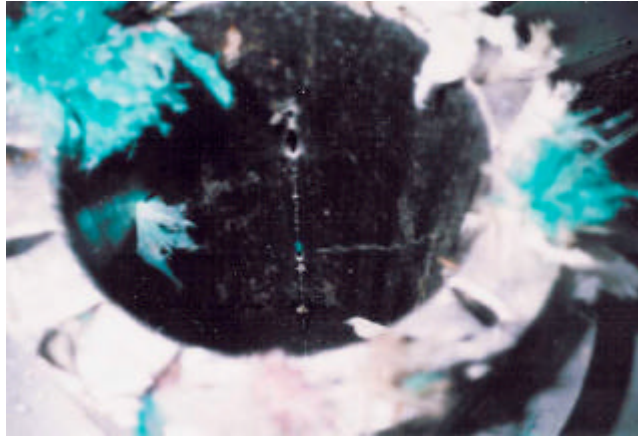
3.6 Kammer 3

Kammer 3 blev opbygget af 20 mm brede lameller med en spalte på ca. 0,25 mm. svarende til et spalteareal på 1,25 %.

For at opnå en god stempelpasning er kammeret drejet ud indvendig. Der er samtidig fremstillet en ny stempelende, således at tolerance mellem stempel og kammer blev på ca. 0,4 mm.

3.6.1 Konstruktionserfaringer med kammer 3

Efter ca. 50 timers drift blev der konstateret en betydelig erosion på 2-3 af spalterne. Der var eroderet huller på op til 4-5x10 mm størrelse. Langt hovedparten af spalterne var lukkede, fordi kanterne på lamellerne var deformeret ud over spalterne. Der sad flere skruer og søm i spalterne. Nedenstående billede viser et af disse huller i kammeret, da det blev afmonteret.



Bil Iede 2: Eroderet hul i kammer 3

3.7 Konstruktive problemer med spaltekamre.

Forsøgene har vist, at separatorkamrene skal fremstilles i en væsentligt mere slidstærk konstruktion, hvis der skal opnås acceptable levetider.

I den valgte konstruktion, hvor kammeret er svejset sammen, er materialevalget begrænset af, at det skal være muligt at svejse konstruktionen, uden at der opstår svejserevner.

Der er overvejet en række andre løsninger til montering af lamellerne, eksempelvis fastgørelse med skruer i en skabelon.

De meget store kræfter, kammeret har været udsat for, har reduceret troen på, at den slags løsninger kan fremstilles i passende solide udformninger.

Det vil være muligt at fremstille kammeret i svejsbare stålqualiteter, der er 5-10 gange mere slidstærkt end det rustfaste stål, kammeret er fremstillet af i dag. Der vil så kunne forventes en levetid på et kammer på 200-500 timer.

I større kamre vil det være muligt at skruer slidskinner på lamellerne, hvorved der kan opnås meget større slidstyrke, men der er stadig en risiko for deformation af lamellerne.

Hvis der skal fremstilles kamre med meget højere slidstyrke, er det nødvendigt at ændre konceptet.

Et rør med borede huller vil kunne fremstilles i en kvalitet, der har 50-200 gange højere slidstyrke end det eksisterende kammer. I et sådant kammer vil det være muligt at montere et stempel med en mindre tolerance, således at røret ligeledes holdes rent på indersiden.

3.8 Kammer 4

Kammer fire er fremstillet af et rør, hvori der er boret huller. Røret har en tolerance på 0,4 mm i forhold til stemplet.

3.8.1 Konstruktionserfaringer med kammer 4

Der har været en tendens til, at stemplet krævede større og større kraft for at bevæge sig gennem kammeret. Dette skyldes, at der blev opbygget et lag af plasttrævler i den nederste del af kammeret. Den øverste del holdes rent, da

kammer og stempel er skævt oplinet (kammeret hænger lidt i ventilenden). Problemet blev afhjulpet ved et antal stempelslag med meget højt tryk. Herved "blæstes" plasten ud, og modstanden reduceredes.

Der blev ikke konstateret nogen vedvarende tilstopning af hullerne.

3.8.2 Konstruktionserfaringer med separatoren

Stempelseparatoren har ikke været forsynet med en stempeltætning til tætning mod affald, der strømmer bagud. En sådan stempeltætning vil være påkrævet på de efterfølgende anlæg.

Der er i løbet af forsøgsperioden opstået en del slitage fra skydeventilen. Nedenstående billede viser ventilpladen set fra kammersiden. Billedet er taget, lige inden kammer 4 monteres.



Billede 3: Ringformet erosion på ventilfladens inderside (ind mod kammeret). Billedet er taget fra kammersiden da kammer 3 blev nedtaget og lige inden kammer 4 blev sat op.

Det vil som for hulkammeret være muligt at producere ventilens slidflader i meget slidstærke materialer. Da det samtidig vil være muligt at producere ventilen, således at denne delvist bortkompenserer slitage, forventes dette ikke at blive et driftsproblem ved opskalering.

Der har været en række konstruktionsmæssige problemer med separatoren, der har givet anledning til en del små driftsstop. Disse driftsstop er stort set alle forårsaget af problemer med positionsfølere.

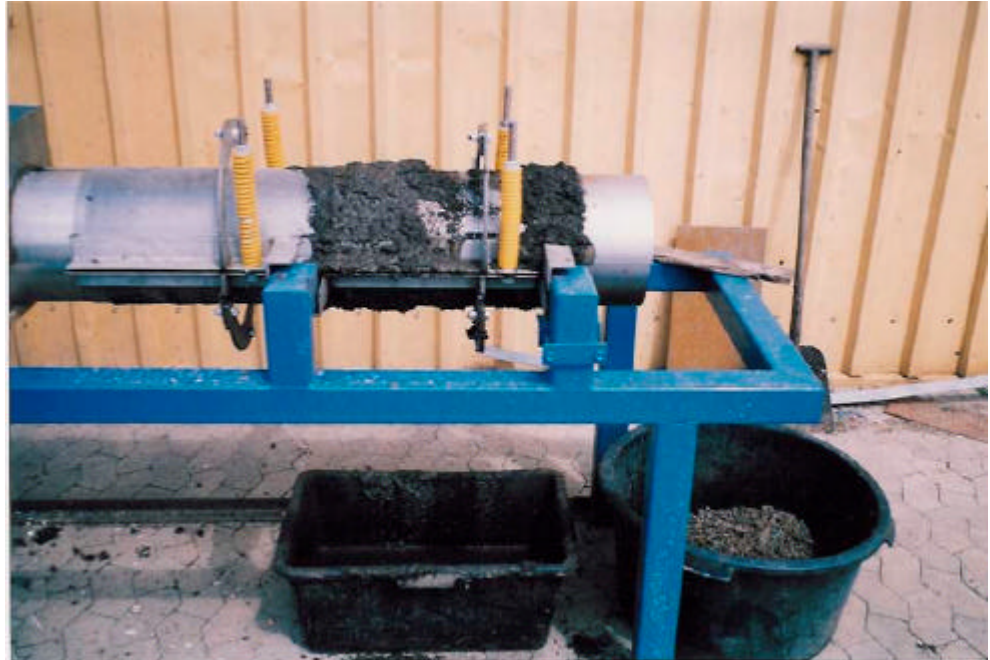
3.9 Snegleplastseparator

Det blev i løbet af projektføreløbet klart, at et acceptabelt plastindhold i biomassen fra AFAV affaldet kun kunne opnås ved så lave separationstryk, at rektandelen samtidig blev uacceptabelt høj. Det er dog stadig en mulighed, at optimering af konstruktionen kan minimere problemerne med plast i biomassen, således at en to-trinsproces kan undgås.

Der blev herefter opnået enighed om, at projektet skulle udvides til også at omfatte en lavtryksseparation af biomassen fra stempelseparatoren. For udfør-

sel af denne lavtryksseparation blev der opbygget en snegleseparator med en udvendig diameter på 280 mm.

Separatoren er opbygget med en excentrisk aksel på de sidste 500 mm før udløbet. Det medfører, at biomassen vales mod separatorsoldet (en hulplade). Sneglen er monteret med en gearmotor på 1,1kWh og 5 omdr. pr. minut. Kapaciteten er ca. 200-300 kg biomasse pr. time.



Billede 4: Snegleseparatoren i drift.

3.9.1 Driftserfaringer med snegleseparatoren

For at vurdere effektiviteten ved forskellig fyldning og belastning blev der d. 12/7 kørt 4 forsøg med biomasse fra kammer 4 (hulkammeret).

- 1) 20 kg biomasse doseret i store skovlfulde med langt tidsinterval imellem gav 6,38 kg rejekt = 31,9 %.
- 2) 20 kg biomasse doseret i store skovlfulde med kort tidsinterval imellem gav 7,32 kg rejekt = 36,6 %.
- 3) 20 kg biomasse doseret i små skovlfulde med langt tidsinterval imellem gav 7,17kg rejekt = 35,8 %.
- 4) 20 kg biomasse doseret i store skovlfulde med langt tidsinterval imellem gav 7,24 kg rejekt = 36,2 %.

Forsøg 1 og 4 er identiske. Forskellen skyldtes formentligt, at snegleseparatoren var ren ved start af forsøg 1. Det ser derfor ikke ud til, at fyldning og belastning har nogen nævneværdig indflydelse på snegleseparatorens effektivitet.

Snegleseparatorens indflydelse på tørstofindholdet beskrives i afsnit 4.3.

Under disse varierende driftsforhold virkede ”Sneglevalsen” ”selvdoserende”, og der var ingen problemer med overfyldning ved denne biomassekvalitet. Ved forsøg 2) var sneglen f.eks. helt fyldt med biomasse, uden at dette gav anledning til driftsproblemer. Tidligere har der dog været problemer med, at sneglen overfyldte sig, hvis biomassen var for tør. Dette var tilfældet, da der blev kørt forsøg med biomasse fra kammer 3, som på dette tidspunkt var defekt.

Sneglen er konstrueret således, at biomassen "vales" 4 gange. Det var tydeligt, at der blev presset biomasse ud ved den sidste valsning (dette ses også på billedet oven for). Det må derfor antages, at det er muligt at forbedre sneglens effektivitet ved at forøge antallet af valsebehandlinger og/eller forøge den excentriske snegls tryk mod separatorvægen.

Som kontrol af snegleseparatorens effektivitet er der også blevet udført manuelle valseforsøg på forskellige hulplader. Disse forsøg bekræftede, at det var muligt at opnå væsentligt bedre resultater end dem, som sneglen kunne præstere.

Den rensede biomasse var i alle tilfælde fri for plast.

4 Resultater

I dette kapitel præsenteres de resultater, der er opnået i forbindelse med dette projekt.

4.1 Affaldstyper

I dette projekt er der udført forsøg med 2 typer affald.

Type 1 er affald fra AFAV opsamlet i almindelige tynde plastposer og indsamlet delvist i sækkestativer og delvist i containere. Dette affald indeholder bleer og til tider en hel del haveaffald mm. Der er herudover fundet ting som et gulvtæppe, en stor ståltrådsrulle, køkkenredskaber samt en del tøj og sko.

Type 2 er affald fra R-98. Dette affald er opsamlet i papirposer og indsamlet i containere. Dette bevirker samtidig, at affaldet virker mere vådt og opløst (hvilket også ses af TS analyserne). Affaldet er væsentligt bedre sorteret end AFAV affald og indeholder normalt ikke bleer og haveaffald.

De 2 typer af affald har vist meget forskellige karakteristika ved separation.

Der har vist sig meget store variationer i de opnåede resultater. Vi antager, at det dels skyldes variation i sammensætning af det tilførte affald, dels at der har været en vis usikkerhed om, hvornår i et måleforløb de enkelte kamre er defornerede.

4.2 Separatoreffektiviteten

Der er opnået rejekt-procenter fra 7 til 50 i forsøgsperioden. Et udvalg af disse forsøgsdata er gengivet grafisk i bilag A og B.

De variable driftsparametre for stempelseparatoren er maksimaltryk, stempelhastighed og fyldningsgrad. For alle 4 kamre er et relevant parameterområde med disse tre variable undersøgt, se bilag A.

Heraf blev følgende sammenhæng fundet:

- 1 Øget maksimaltryk forbedrer biomasseandelen, men øger samtidig plastkoncentrationen i biomassen.
- 2 Øget stempelhastighed forbedrer biomasseandelen men øger samtidig plastkoncentrationen i biomassen. Denne effekt er mest udpræget ved lave maksimaltryk. Ved meget høje maksimaltryk har stempelhastigheden stort set ingen indflydelse.
- 3 Reduceret fyldningsgrad forbedrer biomasseandelen uden at påvirke plastkoncentrationen i biomassen. Denne effekt er mest udpræget ved lave maksimaltryk. Ved meget høje maksimaltryk har fyldningsgraden stort set ingen indflydelse.

Herudover har de forskellige kamre naturligvis givet forskellige resultater ved et givet parametersæt. Hvis parametersættet derimod blev ændret, således at

der blev opnået samme rejktandel, var der ikke stor forskel på plastkoncentrationen i biomassen.

De her gengivne eksempler betragtes som repræsentative og viser samtidig, hvor stor variation, der har været i resultaterne. Med kammer 3 er der den 31/5 opnået 25 % rejkt med affald fra AFAV ved et separatortryk på 375 til 450 bar, og 7 % rejkt med "R-98 affald" den 6/6 ved et separatortryk på 325 bar.

Den 7/6 er der opnået 15 % rejkt med AFAV affald ved 450 bar separatortryk. Den 14/6 er der opnået 7-9 % rejkt med AFAV affald ved 480 bar separatortryk.

Med kammer 4 er der d. 27/6 opnået 26-29 % rejkt ved 325 bar separatortryk med AFAV affald. Med R-98 affald er der d. 18/7 opnået 24 % rejkt ved samme tryk. R-98 affald var dog af unormal dårlig kvalitet. Det så ud, som om det var iblandet 50 % AFAV affald. Der blev udvist stor forsigtighed ved udtagning af affaldet. "Forurening" med AFAV affald kan derfor ikke være den direkte årsag til denne unormalt dårlige affaldskvalitet. Billedet nedenfor viser tørret rejkt fra 12,7 kg af dette affald. Poseplasten heri er sorteret fra og ligger i bunken ved siden af.



Billedet 5: R-98 affald med usædvanlig højt indhold af tynd poseplast. Billedet viser en portion tørret rejkt, hvor den tynde poseplast er lagt i en bunke for sig.

Under forsøgene med kammer 4 er skydeventilen blevet mere og mere læk. Ved forsøgene med R-98 affaldet (sidste forsøgsdag) anslås det, at op til 30 % af rejktmængden skyldtes denne lækage (mest udpræget ved høje tryk).

Nedenstående billede viser et typisk billede af biomasse og den tilhørende rejkt.



Billede 6: Typisk billede af biomasse og rejekt fra stempelseparatoren.

4.3 Snegleseparatoren

Snegleseparatoren har produceret mellem 30 - 45 % rejekt af biomassen. Ved manuel kontrolvalsning af biomassen på en hulplade er der opnået 14 - 27 % rejekt af biomassen.

D. 18/7 er der fundet følgende forskelle mellem snegleseparatorens effektivitet og det, der kan opnås ved manuel valsning på en hulplade (se næstsidsite side i bilagsrapport A for grafisk gengivelse).

Trin 1				
	Tryk (bar)	325	405	485
	TS affald (%)	35	34	34
	Bio andel (%)	76	78	80
	TS bio (%)	31	31	30
	TS rejekt (%)	50	45	49
	TS "tab" (%)	34	29	30
	Total rejekt (%)	24	22	20
Snegl				
	Bio andel (%)	70	67	63
	TS bio (%)	25	23	21
	TS rejekt (%)	43	47	45
	TS "tab" (% af total TS)	28	36	39
	TS "tab" incl. trin 1 (%)	62	65	69
	Rejekt incl. trin 1 (%)	47	48	50
Manuel valsning				
	Bio andel (%)	86	82	78
	TS bio (%)	30	29	28
	TS rejekt (%)	37	38	36
	TS "tab" (% af total TS)	11	15	19
	TS "tab" incl. trin 1 (%)	45	45	48
	Rejekt incl. trin 1 (%)	35	36	38

Tabel 1: Tabellen viser, hvad forskellige efterbehandlingsmetoder betyder for total rejekt % og total TS tab. "Trin 1" referer til højtrykseparatoren, "snegl" referer til snegleseparatoren, og "manuel valsning" referer til de manuelle kontrolforsøg, der er gennemført med valsning på hulplade.

Heraf ses, at snegleseparatoren fjerner langt mere rejekt end tilsigtet. Denne rejekt har samtidig et relativt højt TS indhold, hvilket betyder, at den samlede separationsproces fjerner 60-70 % af affaldets tørstof. Dermed fjernes også

hovedparten af biogaspotential, hvilket naturligvis ikke er acceptabelt. Den samlede separationsproces ved manuel valsning fjerner derimod kun ca. 45 % af affaldets tørstof (indeholdt i ca. 36 % rejekt). Dette indikerer et stort potentiale for optimering af snegleseparatoren. Det skal bemærkes, at forsøget er udført på R-98 affald, der, som tidligere nævnt, var af ualmindelig dårlig kvalitet. Ventillækage har samtidig givet en forhøjet rejektmængde.

Den rensede biomasse var i alle tilfælde fri for plast. Nedenstående billede viser et typisk billede af rensede biomasse og tilhørende rejekt fra snegleseparatoren.



Billede 7: Typisk kvalitet af rensede biomasse og rejekt fra snegleseparatoren.

4.4 Plastseparation.

Kammer 4 har vist sig som det bedste kammer for fjernelse af plast. De plaststykker, der er at finde i biomassen, er mindre stykker poseplast fra tynde affaldsposer. Emballageplast og almindelig bæreposplast forekommer stort set ikke. Ud over disse tynde plastposer er der i biomassen en del "opløst" og finkendt papir, hvilket dog ikke anses som et problem. Herudover kan bleer i affaldet give anledning til en del blefibre i biomassen.

Ved drift på stempelseparatoren og spaltekamre er der opnået en plastpromille mellem 2 og 10 ved kørsel med affald fra AFAV.

Der har i løbet af forsøgsperioden været klar tendens til, at højere tryk og højere stempelhastighed giver mere plast i biomassen. Affaldet er dog af meget varierende beskaffenhed. Der er således, ved kørsel med AFAV affald den 31/5 (kammer 3), fundet 9,6 promille plast i biomassen ved 375 bar separatortryk og 5,8 promille plast i biomassen ved 450 bar separatortryk.

Med kammer 4 er der d. 28/6 ved 260 bar kammertryk opnået 1,2 promille plast på AFAV affald. Med R-98 affald er der d. 18/7 ved henholdsvis 325, 405 og 485 bar kammertryk opnået henholdsvis 1,4 - 2,0 og 2,7 promille plast i biomassen. Dette affald var dog, som tidligere skrevet, af unormal dårlig kvalitet. Bioaffaldets oprindelige plastindhold blev bestemt til ca. 6,3 g ren poseplast / kg (emballageplast og kraftige poser er ikke medregnet). Billedet herunder viser en af disse plastprøver (oprindeligt 1,77 kg biomasse).



Billede 8: Plast indhold i 1,77 kg biomasse fra stempelseparatoren.

Dette resultat indikerer, at det i højtryksseparatoren er muligt at producere en biomasse, hvis indhold af tynd poseplast udgør 15-30 % af råaffaldets. Andre former for plast og uønskede urenheder forekommer stort set ikke.

De tynde poser, hvori affaldet indsamles, er fra AFAV's side valgt således, at de har et minimalt indhold af miljøfremmede stoffer. DTU's kemiske analyser viste, at der ikke er problemer med at overholde grænseværdierne for miljøfremmede stoffer. Et plastindhold på 0,1-0,3 % tynde poser ser dog, visuelt vurderet, ud til at være uacceptabelt højt for spredning på landbrugsjord. Der er derfor også blevet udført forsøg med oprensning af biomassen i en snegleseparator.

Plastindholdet i biomasse, der har været kørt gennem snegleseparatoren, indeholder så lidt plast, at det ikke er muligt at detektere det med den anvendte målemetode (manuel sortering).

Der blev ikke udført plastbestemmelse på R-98 affaldet d. 6/6 (DTU udtog prøver). Der var dog tale om en meget pæn biomasse stort set uden poseplast. Det blev under forsøget vurderet, at biomassen sagtens kunne gå direkte i et biogasanlæg. Biomassens plastindhold anslås som værende under 0,5 promille.

4.5 Kemisk karakterisering af den producerede biomasse

Den kemiske karakterisering af biomasse og rejekt er vedlagt som en separat rapport fra DTU, se bilag E og F.

Den væsentlige konklusion fra analyserne er, at alle analyserne for tungmetaller og miljøfremmede stoffer ligger et pænt stykke under grænse- og afskæringsværdierne.

Herudover er der på R-98 affaldet lavet en sammenligning af rejektmængder og gasudbytte ved forskellige separationsprocesser. Stempelseparatorens resultater ligger i disse sammenligninger langt foran resultaterne fra ruller separation, og fra snegleseparator-separation.

DTU har udtaget 7 prøver på tre forskellige dage. For at få repræsentative prøver udtog DTU løbende mindre portioner biomasse og rejekt direkte fra separatoren. Forudsætningerne, hvorunder prøverne er udtaget, er beskrevet herunder.

6/6 Der blev udtaget rejekt og biomasseprøver fra R-98 affald separeret i kammer 3 ved 325 bar. Separationen resulterede i 93 % biomasse og 7 % rejekt. TK Energi's målinger viste, at der var henholdsvis 31 % og 47 % TS i biomassen og i rejektet.

7/6 Der blev udtaget rejekt- og biomasseprøver fra AFAV affald separeret i kammer 3 ved 450 bar. Separationen resulterede i 85 % biomasse og 15 % rejekt. TK Energi's målinger viste, at der var henholdsvis 34 % og 48 % TS i biomassen og i rejektet.

Det høje separationstryk blev valgt for at producere en prøve med en minimal rejektandel. Dette gav visuelt vurderet et højt plastindhold, men det gav ikke noget udslag i de kemiske analyser.

28/6 Der blev udtaget rejekt- og biomasseprøver fra AFAV affald separeret i kammer 4 ved 260 bar. Separationen resulterede i 66 % biomasse og 34 % rejekt. TK Energi's målinger viste, at der var henholdsvis 32 % og 52 % TS i biomassen og i rejektet.

Det lave separationstryk blev valgt for at producere en prøve med et minimalt plastindhold. Plastindholdet blev bestemt til 1,2 promille.

Herudover blev der udtaget en biomasseprøve, der var blevet rensset i snegleseparatoren. Ud af de oprindelige 66 % biomasse gav denne separation 65 % rensset biomasse og 35 % rejekt. TK Energi's målinger viste, at der var henholdsvis 19 % og 46 % TS i den rensede biomasse og i den hertil hørende rejekt.

Totalt set udgjorde den rensede biomasse dermed kun 43 % af affaldet, og TS indholdet deri var kun 21 % af affaldets oprindelige, totale TS indhold. Det er siden blevet vist, at biomasseudnyttelsen kan forbedres betydeligt, se afsnit 4.3.

4.6 Gaspotentiale

Nedenstående tabel viser resultaterne for gaspotentiale fra DTU. Biogas potentiale analyserne er foretaget som triplikater ved 55 grader C i 50 dage. Da der var meget store afvigelser på triplikaterne, blev det på styregruppemødet d. 6/9 2002 bestemt, at 85 % af det teoretiske gaspotentiale (baseret på de kemiske analyser) ville være et bedre sammenligningsgrundlag.

	R-98 d. 6/6		AFAV d. 7/6		AFAV d. 28/6		
	Biomasse	Rejekt	Biomasse	Rejekt	Biomasse	Rejekt	Snegle Biomasse
Masse andel (%)	93	7	85	15	66	34	38
85 % af teoretisk gaspotentiale (ml CH4/g VS)	400	410	402	371	422	377	461
Teoretisk gaspotentiale (m3 CH4/ton materiale)	110	137	113	130	112	38	93
Andel af total gas i affaldet (%)	91	9	83	17	85	15	41

Tabel 2: Biogaspotentialer i de af DTU udtagne prøver.

Det bør bemærkes, at over 80-90 % af det totale gaspotentiale bringes videre til biogasanlægget, uanset om der er tale om affald fra R-98 eller AFAV affald. Det er et meget tilfredsstillende resultat og absolut konkurrencedygtigt i forhold til de øvrige forsøg gennemført i Danmark.

En mere uddybende beskrivelse vedrørende biogaspotentialer kan findes i DTU's analyserapport, se bilag E og F. Det skal hertil bemærkes, at det teoretisk beregnede gaspotentiale i alle tilfælde ligger lavere end gennemsnittet af triplikaterne. Dette kan evt. skyldes, at omsætningen er over 85 % af det teoretisk mulige.

Biogaspotentialer pr. ton i rejektet er for to af prøverne højere end for biomassen. Dette skyldes et højt organisk tørstofindhold i rejektet. I den tredje rejektanalyse er biogaspotentialer pr. ton væsentligt lavere. Dette skyldes et højt indhold af blandt andet metal og bleer. Af analysetekniske årsager er disse fraktioner blevet frasortere inden det organiske indhold i rejektet er blevet målt, det må således antages af f.eks. bleerne kan have haft et begrænset gaspotentiale der ikke er medgået i ovenstående analyser.

For øvrige betragtninger i denne rapport antages det, at rejekt- og biomasse pr. masseenhed har sammenlignelige gasindhold.

4.7 Kapacitet og opskaleringspotentiale

Separatoren har kørt kontinuerligt med en kapacitet på 400-600 kg pr. time. På den baggrund vurderes det, at der ikke vil opstå problemer i forbindelse med opskalering, der ikke kan løses inden for et rimeligt budget.

4.8 Energiforbrug til stempelseparationsprocessen

Stempelseparationsprocessen har et lavt energiforbrug.

Der medgår 2-6 kWh per tons affald til separationen afhængigt af affaldets struktur, separatorkammerets åbninger og det sluttryk, der køres med. En erfaringsmæssig virkningsgrad for en hydraulisk stempelproces er 25-40 %.

Derudover kommer effekt til at presse affaldet ned og åbne og lukke ventilen.

En hydraulisk stempelseparator med en kapacitet på 5 tons pr. time forventes at have et energiforbrug på 10-20 kWh pr. tons affald.

En snegleseparator forventes at bruge 5-10 kWh pr. tons affald.

Det samlede energiforbrug til en to trins affaldsseparation forventes at være ca. 15-30 kWh pr. tons affald.

4.9 Sliddet på separatorkammeret

Med det eksisterende materialevalg og den eksisterende konstruktion vil der kunne opnås levetider på separatorkamrene på 50-200 timer. Det forventes, at levetiden kan forbedres 5-10 gange i den eksisterende svejste konstruktion ved valg af bedre materialer og yderligere 10-20 gange ved montering af slidskinner.

En ændret konstruktion med et rør med huller vil kunne fremstilles i materialer med slidstyrker, der er 50-200 gange højere end AISI 304.

Det forventes derfor, at det er muligt at opnå levetider på separatorkammeret på mere end tusinde timers drift. Det betyder, at kammeret alene skal skiftes ved et eventuelt sommerstop og er på den måde med til at holde omkostningerne til sliddele og vedligeholdelse nede. Det forventes, at et kammerskift på et fuldskalanlæg vil kunne udføres af 2-3 mand inden for en almindelig arbejdsdag.

5 Diskussion af resultater

I det følgende diskuteres de opnåede og de forventeligt opnåelige resultater.

5.1 Perspektiver og forventede tekniske specifikation

Nedenstående er baseret delvist på de faktisk opnåede resultater (understreget) og delvis på forventede data for et fuldskalaanlæg.

Et trinsseparation spaltekammer

AFAV affald	Rejekt procent	Energiforbrug	Plastindhold
	34 %	5-10 kWh/tons	2 W 0/00
	25 %	10 kWh/tons	4 W 0/00
	<u>15 %</u>	<u>15 kWh/tons</u>	10 W 0/00
R-98 affald	20 %	7 kWh/tons	0,1 W 0/00
	10 %	10 kWh/tons	0,5 W 0/00
	5-7 %	<u>15 kWh/tons</u>	<1 W 0/00

Et trinsseparation hulkammer

AFAV affald	Rejekt procent	Energiforbrug	Plastindhold
	<u>34 %</u>	<u>5-10 kWh/tons</u>	<u>1 W 0/00</u>
	25 %	10 kWh/tons	2 W 0/00
	15 %	15 kWh/tons	5 W 0/00
R-98 affald	5-20 %	7-15 kWh/tons	0,1-1,0 W 0/00

2 trinsseparator med hulkammer

AFAV affald	Rejekt procent	Energiforbrug	Plastindhold
	50 %	15 kWh/tons	“In-tet” W 0/00
	40 %	20 kWh/tons	<0,1 W 0/00
	30 %	25 kWh/tons	< 1 W 0/00
R-98 affald	40 %	15 kWh/tons	“In-tet” W 0/00
	30 %	20 kWh/tons	“In-tet” W 0/00
	20 %	25 kWh/tons	< 0.1 W 0/00

Tabel 3: Forventede tekniske specifikation for en fuldskala affalds separator.

Som det fremgår af afsnittet vedrørende optimeringspotentiale, vil en optimering af kammer fire (hulkammeret) sikre en et-trinsløsning, der for nogle affaldskvaliteter vil være tilfredsstillende i forhold til rejktmængde og plastmængde. Men for andre affaldskvaliteter kan det være nødvendigt at separere affaldet i to-trin.

Baseret på biogas potential analyserne fra DTU anslås det, at gaspotentialiet i rejekt og biomasse er sammenlignelige. Dermed kan biogaspotentialiet i ovenstående eksempler anslås som værende at samme størrelse som biomasseandelen (biomasseandel = 100-rejekt procent).

Ovenstående resultater og forventninger indikerer, at en fremtidig forretningsstrategi og optimeringsstrategi er afhængig af to overordnede parametre:

- Affaldskvalitet, dvs. niveauet for kildesortering samt indholdet af plast i affaldet.
- Forventninger til separationen i form af grænseværdier for rejektprocent og plastprocent i biomassen.

Disse parametre afgør, om det er nødvendigt for affaldsselskabet at investere i et to-trins anlæg eller om en investering i en et-trins højtryksseparation kan opfylde de økonomiske og tekniske krav til affaldsseparationsprocessen.

5.1.1 Sammenhæng mellem tryk, rejekt og plast

Plastprocent og rejektprocent er stort set omvendt proportionale. Høje tryk giver høj plastprocent og lav rejektprocent, og lave tryk giver lav plastprocent og høj rejektprocent. Desuden er der observeret proportionalitet mellem kammertryk og plastkoncentration i biomassen. Det antages samtidig, at der ved et givet kammertryk vil være proportionalitet mellem plastkoncentration i biomassen og plastkoncentration i affaldet. Herved bliver det muligt på forhånd at anslå biomassens plastindhold, hvis plastindholdet i affaldet er kendt.

Da alt det kraftige plast (emballage, almindelige bæreposer o.s.v.) frasepareres i stempelseparatoren, er det kun den tynde poseplast, der er relevant for disse betragtninger. Dette udgør en betydelig fordel, da de miljøfremmede stoffer primært forefindes i det kraftige emballageplast og ikke i den tynde poseplast.

Nødvendigheden af en et-trins kontra en to-trinsproces er illustreret i figur 1.

- Parameter 1, Affaldskvaliteten, er her defineret som total plastkoncentration i affaldet (kun tynd poseplast medregnes).
- Parameter 2, Forventninger, er her defineret som grænseværdier for plast i biomassen og rejektprocent efter højtryksseparation.

Figur 1 illustrerer to eksempler på to forskellige affaldskvaliteter, med forskelligt plastindhold men med samme krav til rejektprocent og plastmængde i biomassen. Affaldets fysiske egenskaber er i begge eksempler ens og svarer nogenlunde til AFAV affald. Dog er indholdet af tyndt poseplast i AFAV affald normalt højere end de her valgte eksempler.

Eksempel 1

Plast (total) W 0/00	1,5	
Plast grænseværdi W 0/00	0,3	Svarende til 20 % af plastkoncentrationen i affaldet
Rejektprocent – grænseværdi	35%	

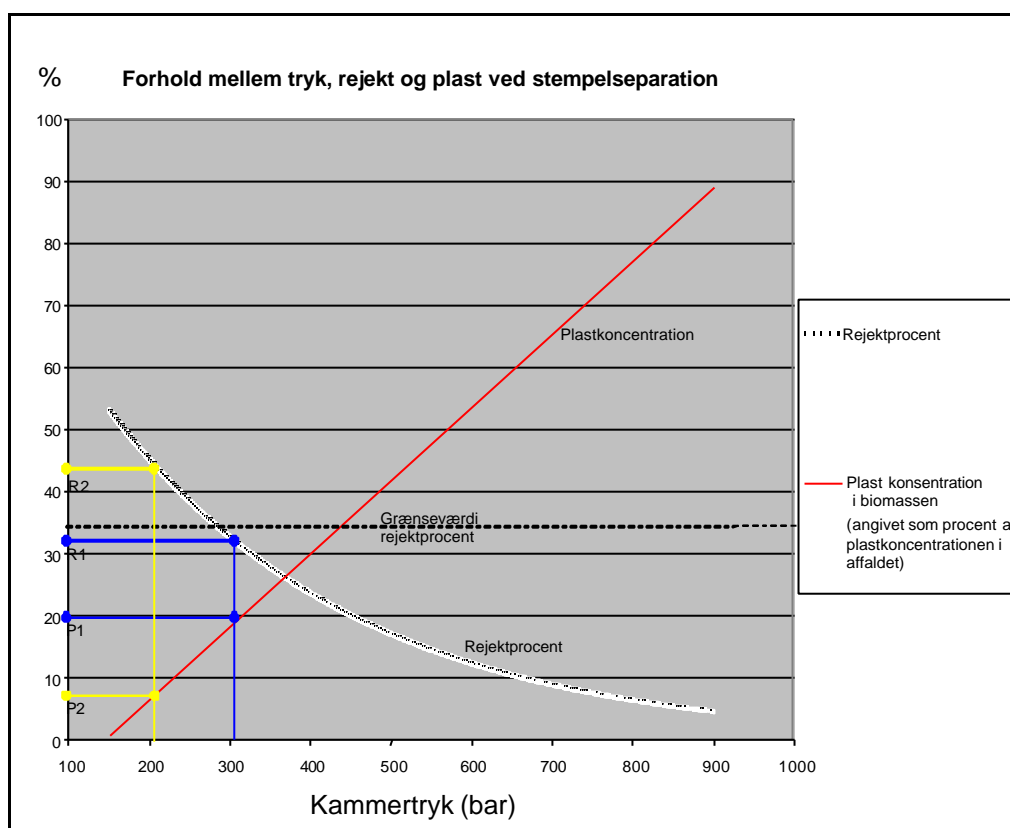
For at opnå et plastindhold i biomassen på maksimalt 0,3 W 0/00, svarende til 20 % af plastkoncentrationen i affaldet (P1) kan der maksimalt køres med et tryk på ca. 310 bar, hvilket giver en rejektprocent på ca. 32 % (R1). Da denne

procentsats er under grænseværdien for rejektprocenten, vil højtryksseparation være tilstrækkelig for denne affaldskvalitet.

Eksempel 2

Plast (total) W 0/00	3,75	
Plast grænseværdi W 0/00	0,3	Svarende til 8 % af plast-koncentrationen i affaldet
Rejektprocent - grænseværdi	35%	

For at opnå et plastindhold på maksimalt 0,3 W 0/00, svarende til 8 % af plastkoncentrationen i affaldet (P2), kan der maksimalt køres med et tryk på ca. 210 bar, hvilket giver en rejektprocent, på ca. 44 % (R2). Da denne procentsats er over grænseværdien for rejektprocenten, vil det for denne affaldskvalitet være nødvendigt at investere i et to-trinsseparationsanlæg. I det tilfælde gennemføres højtryksprocessen ved et meget højt tryk (over 400 bar) for at opnå så lav en rejektprocent som muligt, hvorefter plasten fjernes af snegleseparatoren.



Figur: 2 Illustration af ovenstående forklarede eksempler. De gule (LYSE) punkter viser sammenfaldende værdier for plastkoncentration og rejektprocent ved affald med et højt plastindhold. De blå (MØRKE) punkter viser sammenfaldende værdier for plastkoncentration og rejektprocent ved affald med lavt plastindhold. For begge eksempler vil biomassen efterfølgende indeholde 0,3 promille plast.

Målet med snegleseparatoren er alene at fjerne plastik fra biomassen. Processen garanterer, at plastkoncentrationen i biomassen kan bringes under enhver normal grænseværdi (der er ikke synligt plast i biomassen efter snegleseparationen). Snegleseparatorens primære omkostning, udover energiforbrug og løbende driftomkostninger, er den øgede producerede rejehtmængde. Som beskrevet i afsnit 5.5 forventes rejehtmængden fra trin to at kunne optimeres således at 80-90 % af biomassen fra trin 1 bibeholdes.

5.2 Omkostninger til separation af affald

Økonomien i anlægget er betinget af såkaldte interne og eksterne faktorer:

Interne faktorer

- Drift- og vedligeholdelsesomkostninger
- Renter og afskrivninger

Eksterne faktorer

- Forbrændingsomkostninger inklusive forbrændingsafgift
- Afregningspris for biomasse inklusive omkostninger til transport (biomasse til fællesbiogasanlæg)

5.2.1 Pris og driftsomkostninger

Hele maskinanlægget til en to-trins separator med en kapacitet på 5 tons pr. time svarende til en årlig kapacitet på 10.000 tons forventes at koste ca. 4.500.000 DKK i den færdigt standardiserede kommercielle version. Herunder er opgjort et overordnet anslået driftbudget for et anlæg til behandling af 10.000 tons/år. Ved en kapacitet på 5 tons pr. time svarer det ca. 10 drifttimer/ dag.

Kortfattet anslået driftbudget ved årlig kapacitet på 10.000 tons.		
<i>Driftomkostninger</i>		1.370.000
Elomkostninger	200.000 kWh à 0,6 kr.	120000
Vedligehold & Service		600000
Personale	2 årsværk	650000
<i>Renter og afskrivninger</i>		630.000
	Anlægsomkostning: 4500000 kr.	
	Afskrivningsperiode: 10 år	
	Rente: 4 % p.a.	
<i>Samlede omkostninger</i>		2.000.000
<i>Omkostninger pr. ton</i>	kr./ ton	200

5.2.2 Indtjeningspotentiale

For at vurdere investeringen i et samlet to-trins anlæg balanceres driftomkostningerne på omkring 200 kr./ ton med de eksterne faktorer, dvs. de sparede omkostninger til forbrænding fratrukket omkostningerne til at komme af med biomassen.

Selv ved en høj samlet rejektprocent på 35 % vil der være en besparelse i forbrændingsafgift på ca. 700 kr. pr. ton produceret biomasse, svarende til en besparelse på $(700 \cdot 0,65) = 455$ kr./ ton behandlet affald.

Der er således i størrelsesordenen $(455 - 200 \text{ kr.}) = 255$ kr./ ton behandlet affald til at dække omkostninger til afsætning og transport af biomasse til fællesbiogasanlæg.

5.3 Måleproblemer

Som beskrevet har der været betydelige problemer med deformation og erosion af separator kamrene. Det har ikke umiddelbart været muligt at opdage, hvornår i et driftsforløb kammeret er deformeret. Det var ikke muligt at detektere en deformation ved hjælp af ændringer i trykforløbet for en afvandingscyclus. Deformationer er først konstateret, når der kunne ses større partikler i biomassen. En del af målingerne i dette projekt må derfor forventes at have været udført med deformeret kammer.

Det har ligeledes været et problem, at skydeventilen for enden af trykkammeret er blevet mere og mere læk i løbet af projektperioden. Ventilen er dog også løbende blevet "lagt sammen", hvorefter den en tid har været mere tæt. Det anslås, at lækraten til tider (ved høje kammertryk) kan have udgjort op til 30 % af rejktmængden. Dette bevirker, at en del af den forbedring af separator effektivitet (rejktandel), der ses ved øgede kammertryk, ikke fremgår af resultaterne.

Et andet forhold, der har givet anledning til usikkerhed omkring målingerne, er plast, der bliver hængende i spalte kammerene. Det medfører, at plastbestemmelsen kan influeres af, om der hænger meget eller lidt plast og biomasse i kammeret. Dette forhold gør sig imidlertid ikke gældende for kammer 4, da der ikke hænger nævneværdige plastmængder i hulkammeret.

5.4 Affalds sortering og indsamling

Der er i løbet af forsøgsperioden kørt med meget varierende affaldskvaliteter. En dårlig kildesortering giver naturligvis en høj rejktandel, men da der vil kunne "gemme sig" biomasse i rejktet, vil en dårlig kildesortering også kunne give en dårligere biomasseudnyttelse.

Der er med AFAV affaldet observeret en tendens til, at affaldet blev mere tørt ved overgang fra vinter- til forårsperioden. Samtidig begyndte der også at komme en del haveaffald. Det kunne herefter konstateres, at rejktandelen ved et givet sæt driftsparametre steg.

Den største del af papiret i det forholdsvis tørre AFAV affald blev udskilt som rejkt, hvorimod papiret i det mere våde R-98 affald (indsamlet i containere) hovedsageligt var at finde i biomassen.

På baggrund af disse observationer kan det ved separering med højtryksstempeleparatoren ikke anbefales, at affaldet indeholder bleer og haveaffald, da disse fraktioner udelukkende udskilles som rejkt og samtidig kan øge biomassetabet fra det øvrige affald. Tørt affald (f.eks. indsamlet i sækkestativer) giver

også større biomassetab, men da der samtidig herved indsamles mindre affald, er den samlede effekt heraf ikke umiddelbart klar.

Indsamling af affald i bionedbrydelige plast- eller papirsække vil, selv om der sættes høje krav til biomasse renheden, kunne gøre det muligt at separere affaldet via en et-trins separering. Hvis der derimod anvendes traditionelle plastposer, vil der, med mindre kravene til biomassens renhed er lempelige, normalt være behov for en to-trins separering.

En totrins separering forventes, som nævnt i afsnit 5.3, at flytte 10 – 20 % af biomassen over i rejktet. Den flyttede masse består dog i høj grad af fiber-materiale, der med relativ høj energivirkningsgrad også kan omsættes i et forbrændingsanlæg.

Brug af bionedbrydelige poser giver således en mulighed for at reducere omkostningerne til forbrænding (pga. den lave rejktmængde) samtidig med, at gasproduktionen kan øges. Herudover vil et behov for totrins separering formentligt også give øgede anlægs- og driftsomkostninger. Om dette kan betale for meromkostningen ved brug af bionedbrydelige poser vurderes ikke her.

Det skal hertil bemærkes at;

Ved brug af almindelige tynde plastposer, hvilket normalt vil kræve totrins separering, vil biomassen efter trin to være af væsentligt højere renhed end efter trin 1 ved indsamling i bionedbrydelige poser, idet en vis fejlsortering er vanskelig at undgå i praksis.

5.5 Optimerings potentiale

Kammer 4 er det eneste hulkammer, der er afprøvet. Det forventes derfor, at det ved en variation af huldiameter og -geometri vil være muligt at optimere rejktmængde og plastandelen i biomassen.

Snegleseparatoren har et stort optimeringspotentiale. Sneglen er som nævnt konstrueret således, at biomassen "vales" 4 gange. Under drift bliver der også presset biomasse ud ved den sidste valsning. Det antages derfor, at det er muligt at forbedre sneglens effektivitet ved at forøge antallet af valsebehandlinger.

Ved samtidig at anvende en valseplade med større huller og ved at forøge sammenspændingen af denne, vil det ved en trin 2 rensning af biomasse være muligt at opnå et resultat, der minimum svarer til det håndvalsede, 14-27 %, samtidig med, at biomassen holdes fri for plast.

Da det formentligt vil være tilfredsstillende at producere en snegleseparator med så store huller, at den lader en mindre del af de helt små plaststykker gå med over i biomassen, forventes det, at plastseparation af biomassen kan udføres således, at kun 10 – 20 % af biomassen produceret i trin 1 flyttes over i rejktet. Herved kan biomasse-mængden fra et optimeret totrins anlæg anslås som 80-90 % af de via trin 1 fundne optimale mængder.

Omkostningerne ved disse tiltag for optimering af snegleseparatoren vil være større slid og højere energiforbrug, men i den samlede økonomi vil dette kun have marginal betydning.

6 Konklusion

Forsøgene med højtryksstempelseparationsanlægget viser lovende resultater, der ved en videreudvikling kan være attraktiv for bl.a. affaldsselskaberne.

- Forsøgene har vist, at udformningen af det oprindelige kammer på stempelseparatoren skal ændres, da den planlagte opbygning med lameller er vanskelig at bygge tilstrækkelig kraftigt. Forsøg med en cylinder med borede huller til separering af det organiske affald har til gengæld vist sig at have en tilfredsstillende holdbarhed.
- Plastprocent og rejktprocent er stort set omvendt proportionale. Høje tryk giver høj plastprocent og lav rejktprocent, og lave tryk giver lav plastprocent og høj rejktprocent.
- Alt kraftig plast (emballage, almindelige bæreposer o.s.v.) frasepareres i stempelseparatoren, hvilket udgør en betydelig fordel, da de miljøfremmede stoffer primært forefindes i det kraftige emballageplast og ikke i den tynde poseplast.
- Alle analyserne for tungmetaller og miljøfremmede stoffer ligger et pænt stykke under grænse- og afskæringsværdierne.
- Over 80-90 % af det totale gaspotentiale bringes videre til biogasanlægget, uanset om der er tale om affald fra R-98 eller AFAV affald. Det er et meget tilfredsstillende resultat og absolut konkurrencedygtigt i forhold til de øvrige forsøg gennemført i Danmark.
- Ved separering med højtryksstempelseparatoren kan det ikke anbefales, at affaldet indeholder bleer og haveaffald, da disse fraktioner udelukkende udskilles som rejkt.
- Indsamling af affald i bionedbrydelige plast- eller papirposer vil, selv om der sættes høje krav til biomasse renheden, kunne gøre det muligt at separere affaldet via en et-trins separering. Hvis der derimod anvendes traditionelle plastposer, vil der, med mindre kravene til biomassens renhed er lempelige, normalt være behov for en to-trins separering.
- Forsøgene har demonstreret, at målsætningerne for samlet rejktprocent og for plast i biomassen kan overholdes for R-98 affaldet, hvorimod det med AFAV affaldet ikke har været muligt at opnå den ønskede renhed.
- Det forventes dog at der i forbindelse med en optimering af hele processen, for AFAV affald, vil være muligt at producere en biomasse renere end den ønskede renhed ved ca. 30 % total rejkt (via en to-trins proces). Hvis bleer og haveaffald fjernes forventes det at den totale rejktmængde kan bringes et stykke ned under målsætningens 25 %, samtidig med at renheds målsætningen på under 1 promille plast vil kunne overholdes.

DTU's analyser af rejekt og biomasse d. 28/6 der indirekte viste at det med kammer 4 vil være muligt at nærme sig målsætningen hvis affaldet ikke indeholder bleer. Der blev d. 26/8 produceret 34 % rejekt hvoraf indholdet af bleer udgjorde 30 %. Rejekt andelen uden bleer i affaldet må således forventes at have udgjort omkring 26 %. Der blev målt 1,2 promille plast i biomassen.

I løbet af projektet er det dog konstateret, at det i målsætningen for anlægget burde have været taget højde for kvaliteten af affald som variabel. Man kunne således opstille en ny og mere nuanceret målsætning:

”Målet er at udvikle et separatoranlæg, der kan fjerne den oprindelige rejktmængde, der findes i det kildesorterede affald, den fraseparerede rejkt må samtidig ikke indeholde mere end 25-50 vægt % biomasse. Parallelt med at rejktprocenten holdes på et lavt niveau skal biomassen holdes helt fri for emballageplast og ikke indeholde synlige mængder af affaldsposeplast.”

7 Perspektivering

Som det fremgår af afsnittet vedrørende optimeringspotentialer, vil en optimering af kammer fire (hulkammeret) sikre en et-trinsløsning, der for nogle affaldskvaliteter vil være tilfredsstillende i forhold til rejktmængde og plastmængde.

Ved samtidig at anvende en valseplade med større huller og ved at forøge sammenspændingen af denne, vil det ved en trin 2 rensning af biomasse være muligt at opnå et resultat, der minimum svarer til det håndvalsede, 14-27 % rejkt af biomassen fra stempelseparatoren, samtidig med, at biomassen holdes fri for plast.

For at markedsmodne teknologien er hensigten at udvikle anlægget i tre faser indenfor de næste 12 måneder:

1. Endelig optimering og efterfølgende afprøvning af den nuværende konstruktion inklusive det fjerde kammer og snegleseparatoren.
2. Opskalering af anlægget og efterfølgende afprøvning.
3. Standardisering og produktion af anlægget.

Bilag A

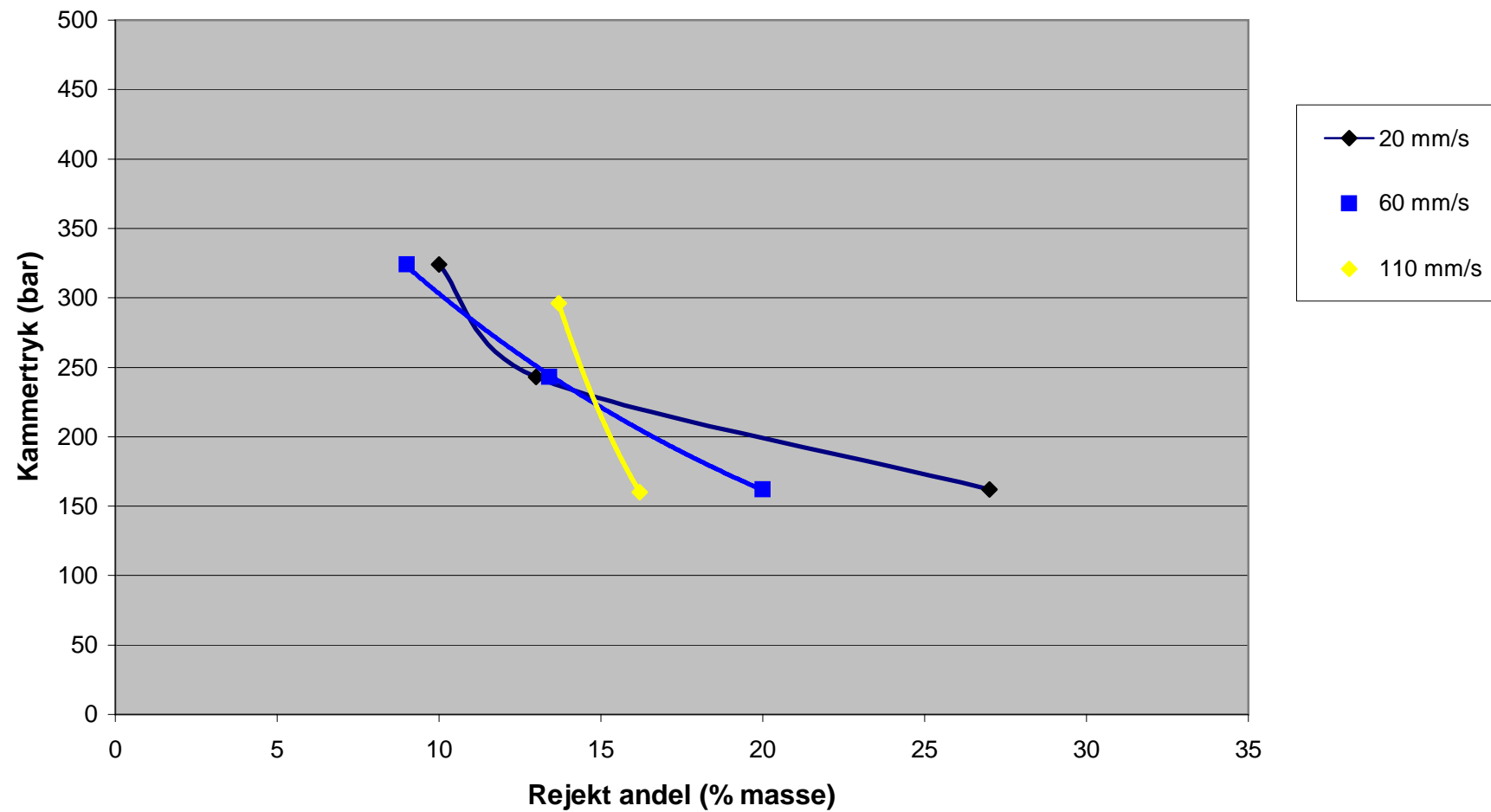
Til Forbehandling af organisk husholdningsaffald ved hydraulisk stempelseparation



Forsøg med varieret tryk og hastighed

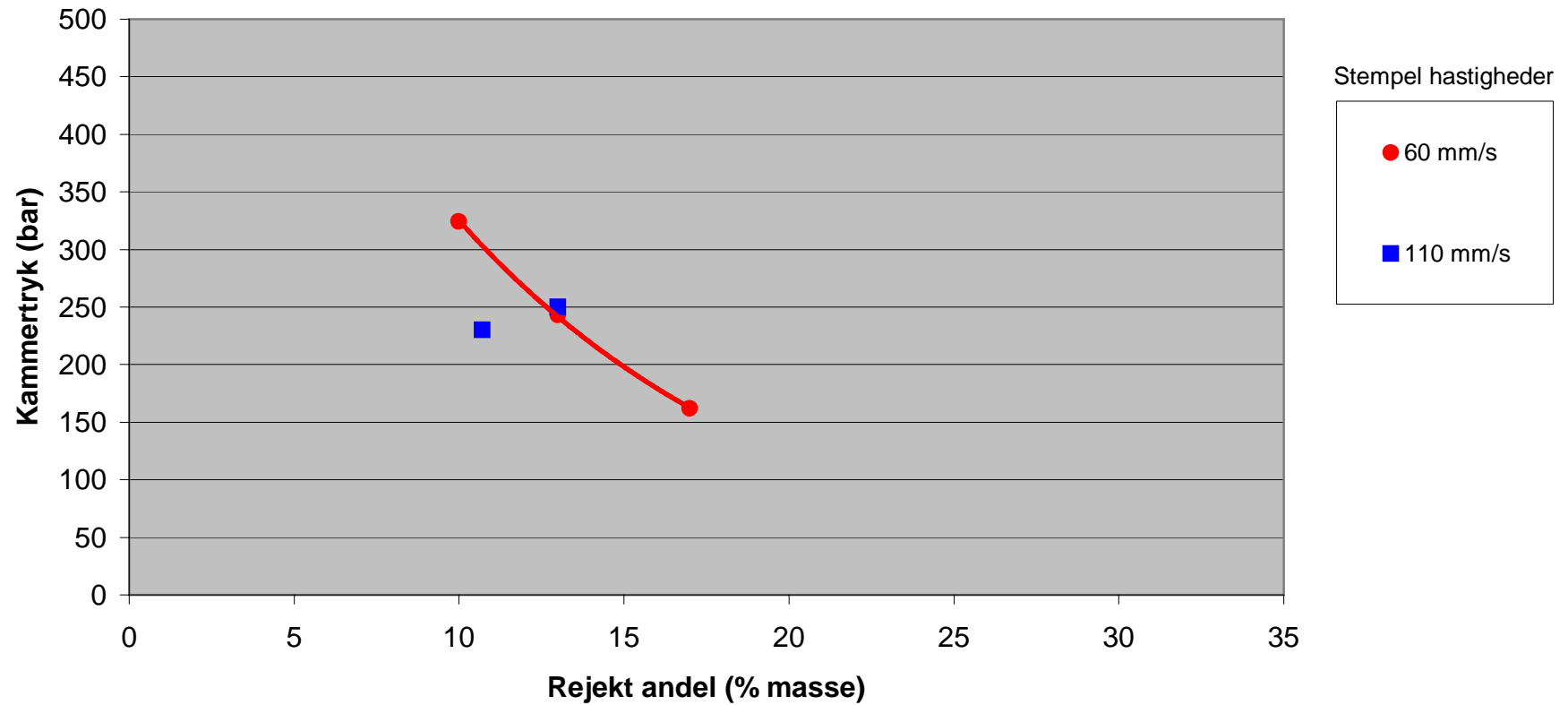
24/4-02 kammer 1

Affaldet er indsamlet i Kbh. "Ellebjerg området"



Forsøg med varieret tryk og hastighed

25/4-02 kammer 1

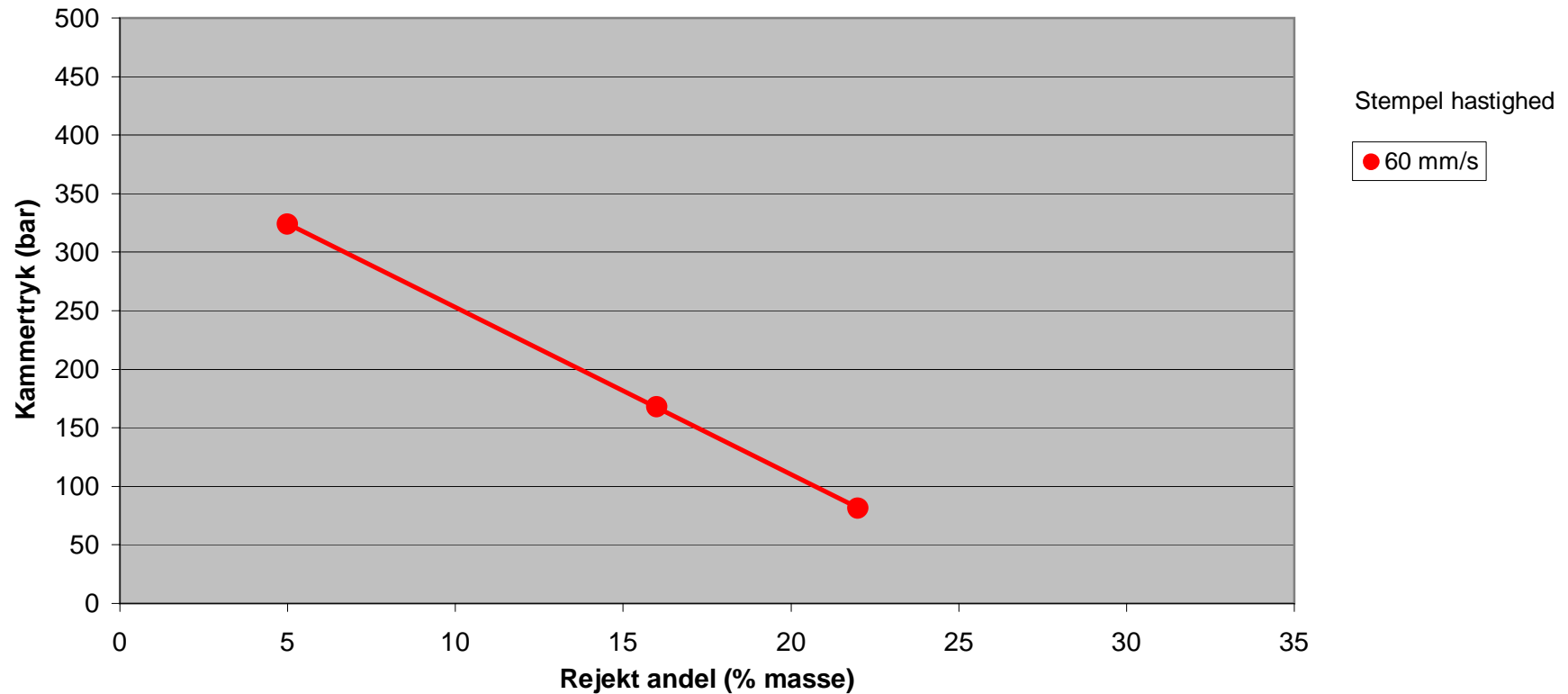


Placeringen af de to punkter optaget ved 110 mm/s tilskrives den varierende affalds kvalitet (vurderet ud fra computerens kurvedata).

Ved sammenligning med R-98 affaldet kørt dagen før ses der ikke nogen ændring af rejktmængderne (AFAV affaldet er endnu ikke

Forsøg med defekt kammer

30/4-02 kammer 1



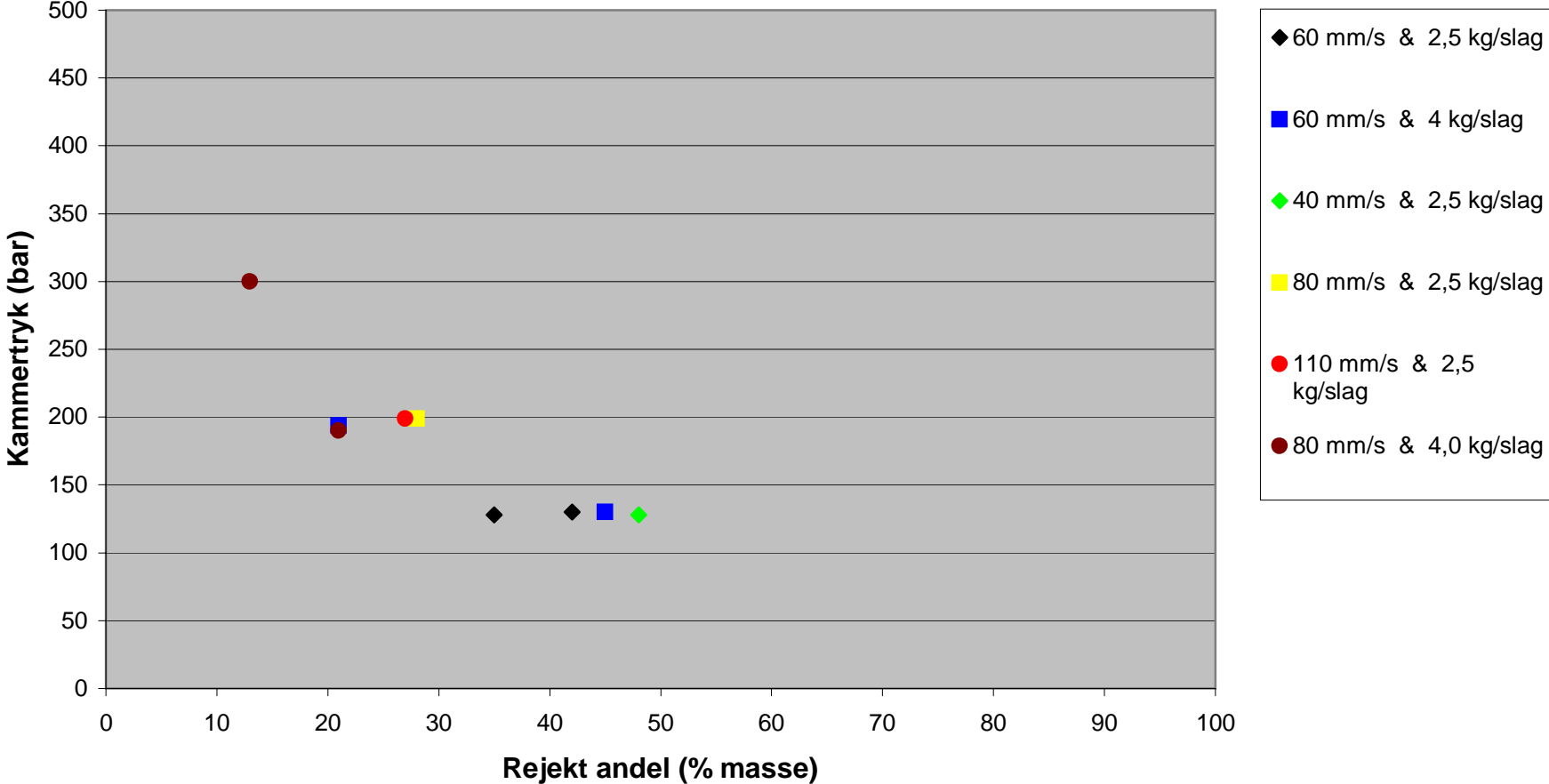
Affaldet er ældre end normalt og er derfor ret "tyndt" og ildelugtende

Der er blev først kørt ved ca. 325 bars kammertryk, biomasse indeholdt utroligt meget plast og andre ting der skulle have være at finde i rejektandelen. Det var derfor umiddelbart klart at kammeret var defekt, den resterende mængde affald blev herefter kørt igennem ved lavere tryk .

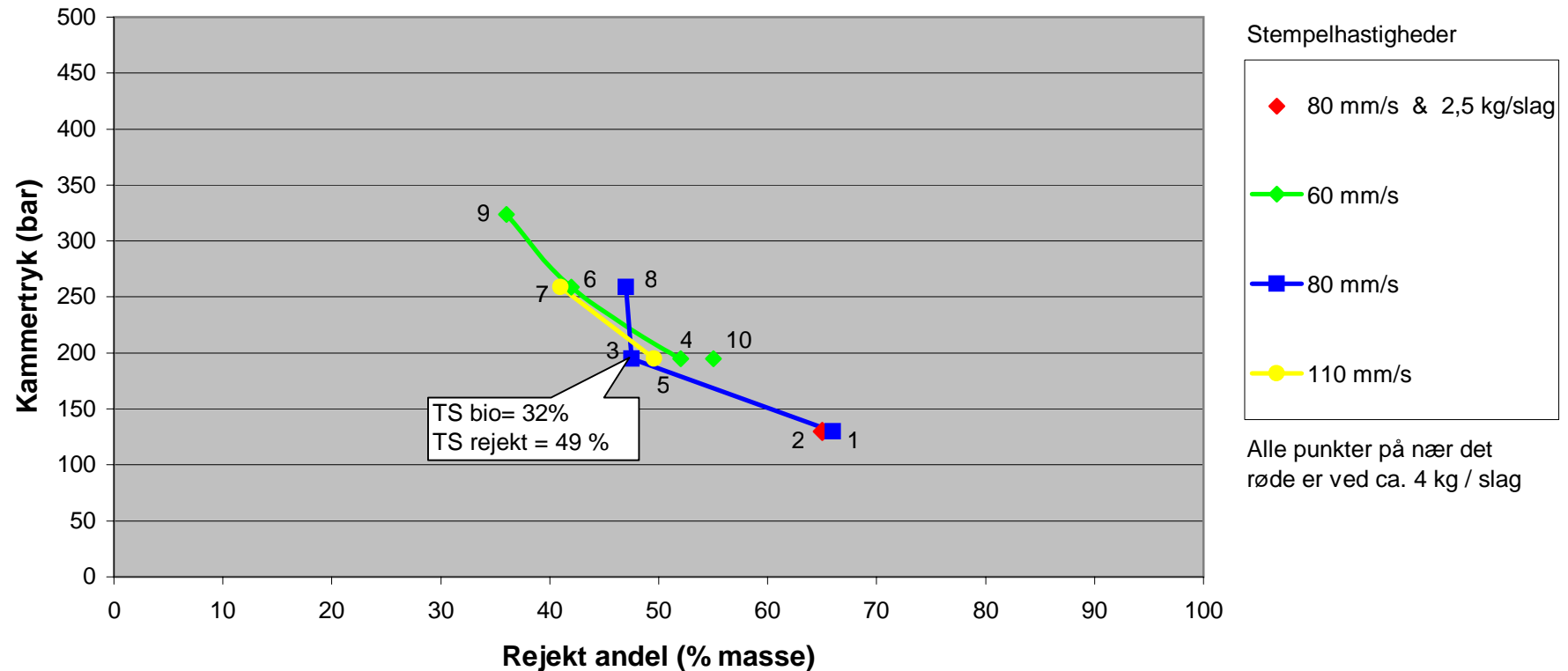
Da kammeret blev nedtaget blev der fundet flere spalter på op til 5 mm.

Indledende forsøg med kammer 2

2/5 og 3/5-02



Forsøg med varieret tryk og stempelhastighed 7/5-02 kammer 2

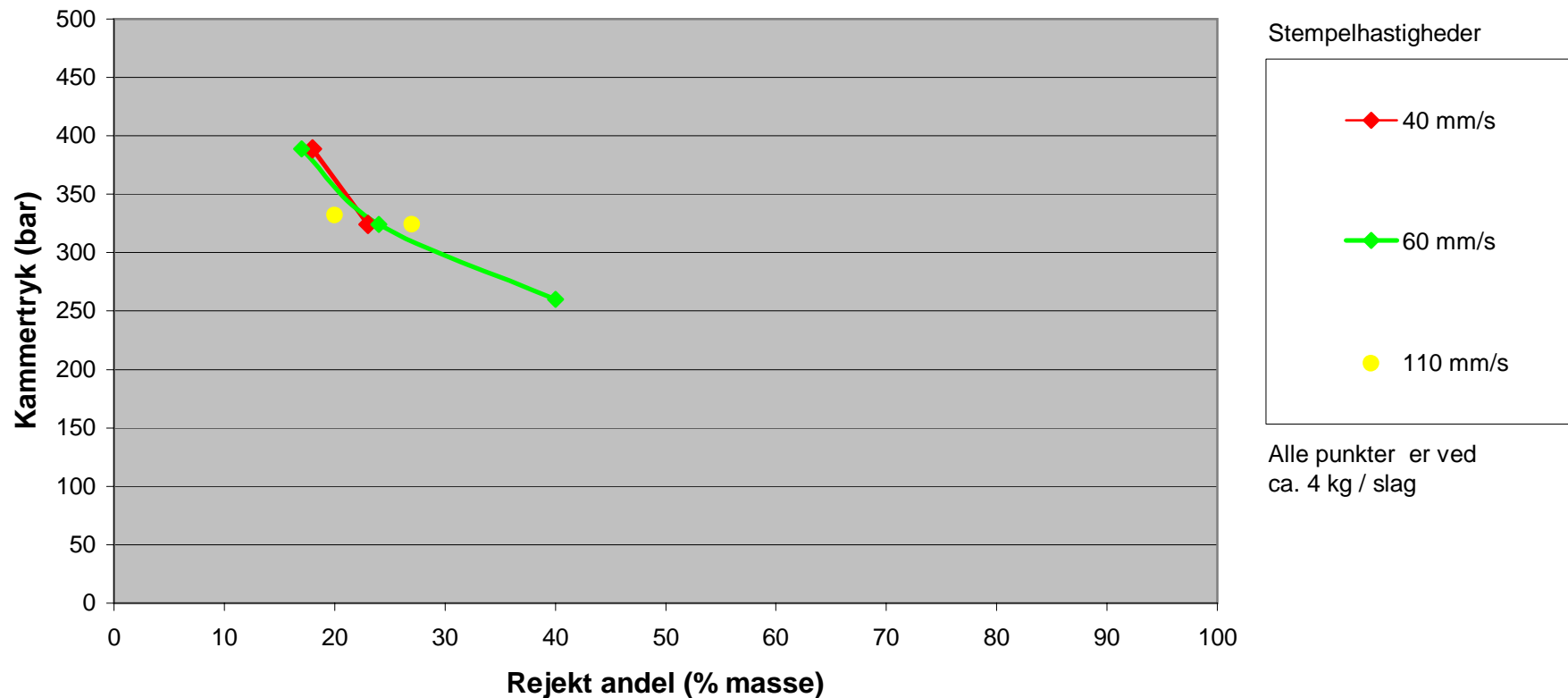


Numrene ud for de enkelte punkter indikerer rækkefølgen af forsøgene.

I løbet af forsøgsrækken blev affaldet i blandesneglen mere og mere sammenlættet og der blev flere og flere små plaststykker (sneglen kørte for hurtigt). Der var således meget mere plast i biomassen ved forsøg nr. 10 end ved forsøg nr. 4.

Det ses samtidigt at punkterne nr. 10 og nr. 8 har "for høje" rejektandele hvis de sammenlignes med de øvrige punkter ved samme tryk, dette indikerer at den øgede plastmængde ikke skyldes et defekt kammer, men det faktum at plastposerne rives itu i blandesneglen.

Forsøg med varieret tryk og stempelhastighed 8/5-02 kammer 2

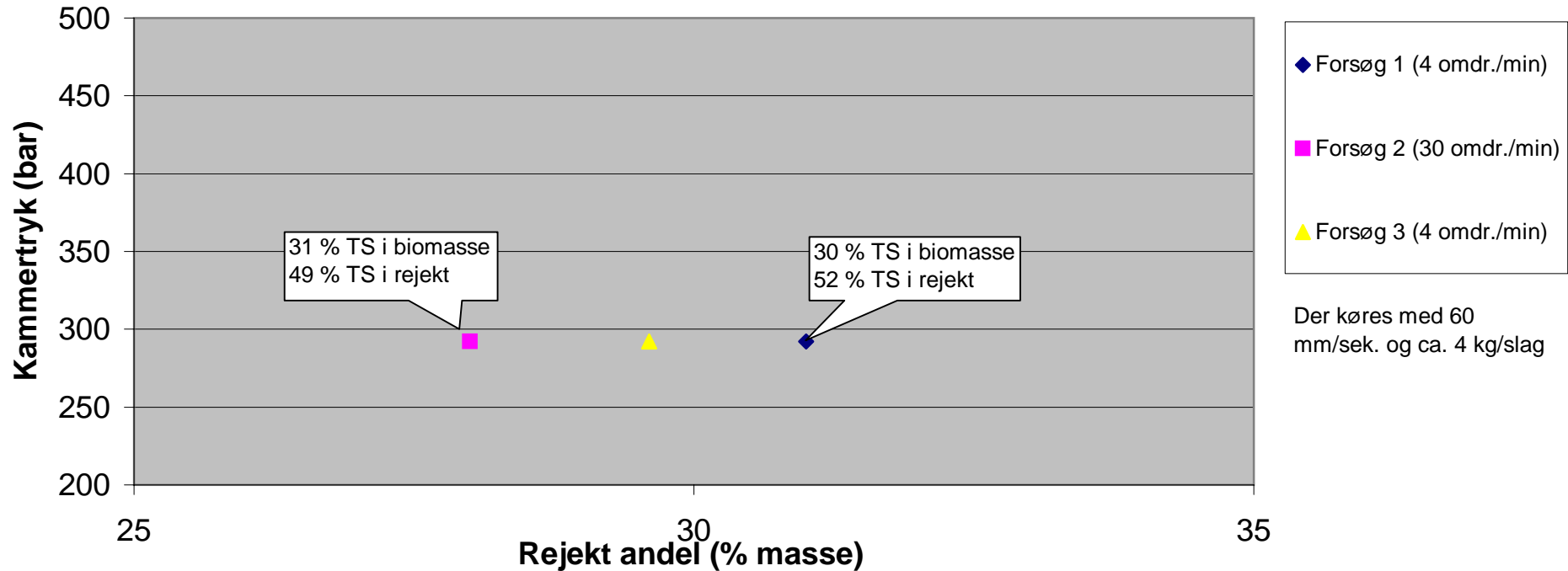


Blandesneglens hastighed er reduceret til ca. 7 omdr. / min. mod normalt ca. 30 omdr. / min. Affaldet bliver herved ikke så sammenblandet og platen forbliver i større stykker. Det ser dog ud til at blandesneglens hastighed bør reduceres yderligere.

Sammenlignet med forrige dags punkt 9 produceres der mindre rejekt ved tilsvarende driftsparametre, om dette skyldes den ændrede blandehastighed eller blot affaldets kvalitet er ikke klart.

Der har i løbet af dagen sat sig en et par søm om noget ståltråd fast mellem nogle af spalterne (formentligt start på deformation af kammeret).

Forsøg med varieret hastighed på blandesneglen 16/5 kammer 2



Alle tre forsøg er udført med "meget grimt" affald (savsmuld, gulvtæppe, jord, mange bleer o.s.v.)

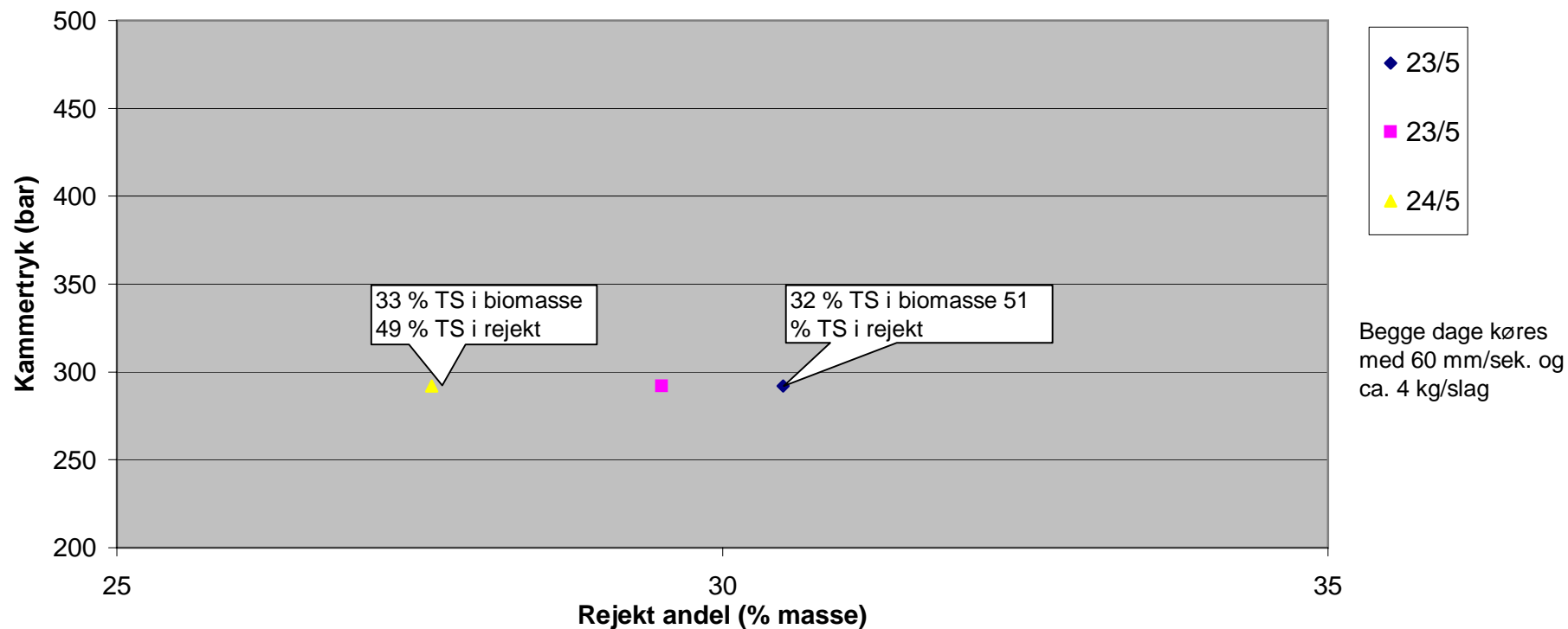
Forsøg 1: Rejektet ser tørt ud. Biomasse valseprøve på 3 mm hulplade giver 20 % rejekt

Forsøg 2: Rejektet ser mere vådt ud og indeholder mere plast. Biomasse valseprøve på 3 mm hulplade giver 27 % rejekt

Forsøg 3: Der konstateres væsentligt mere plast end ved prøve 1. Kammeret nedtages for inspektion, denne viste en spalte på 3-4 mm og flere spalter af 1-2 mm

Forsøg med genoprettet kammer

23 & 24/5 kammer 2



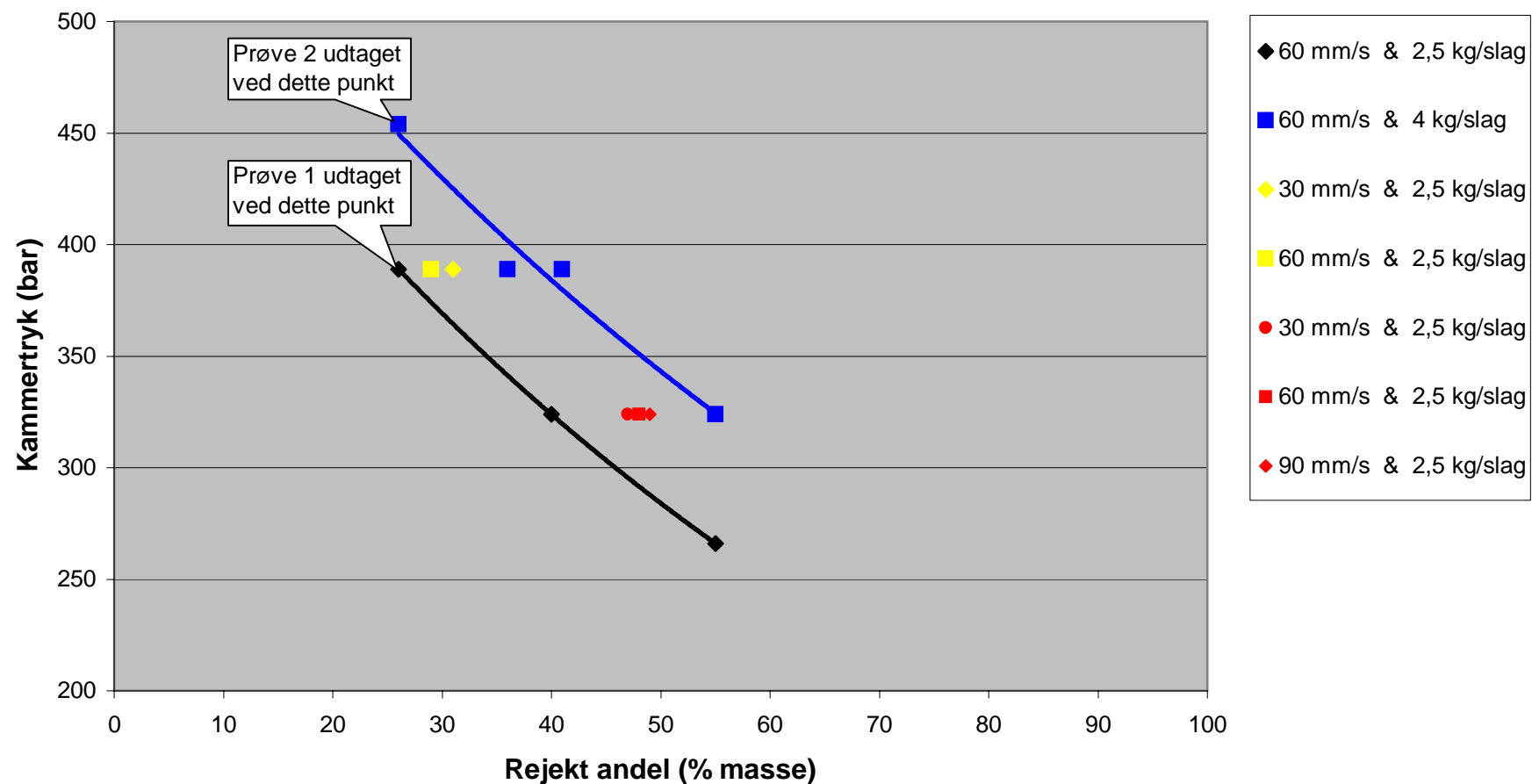
23/5 Kammeret er lige oprette og forstærket. Besøg fra Århus.

24/5 Der udtages prøver til DTU men dette afbrydes, da der i løbet af dagen kommer mere og mere plast. En plastprøve udtaget midt på dagen viste 5,6 promille.

Kammeret nedtages for inspektion, denne viste en spalte på 4-5 mm og flere spalter af 1-2 mm

Forsøg med varieret tryk fyldning og hastighed

31/5-02 kammer 3

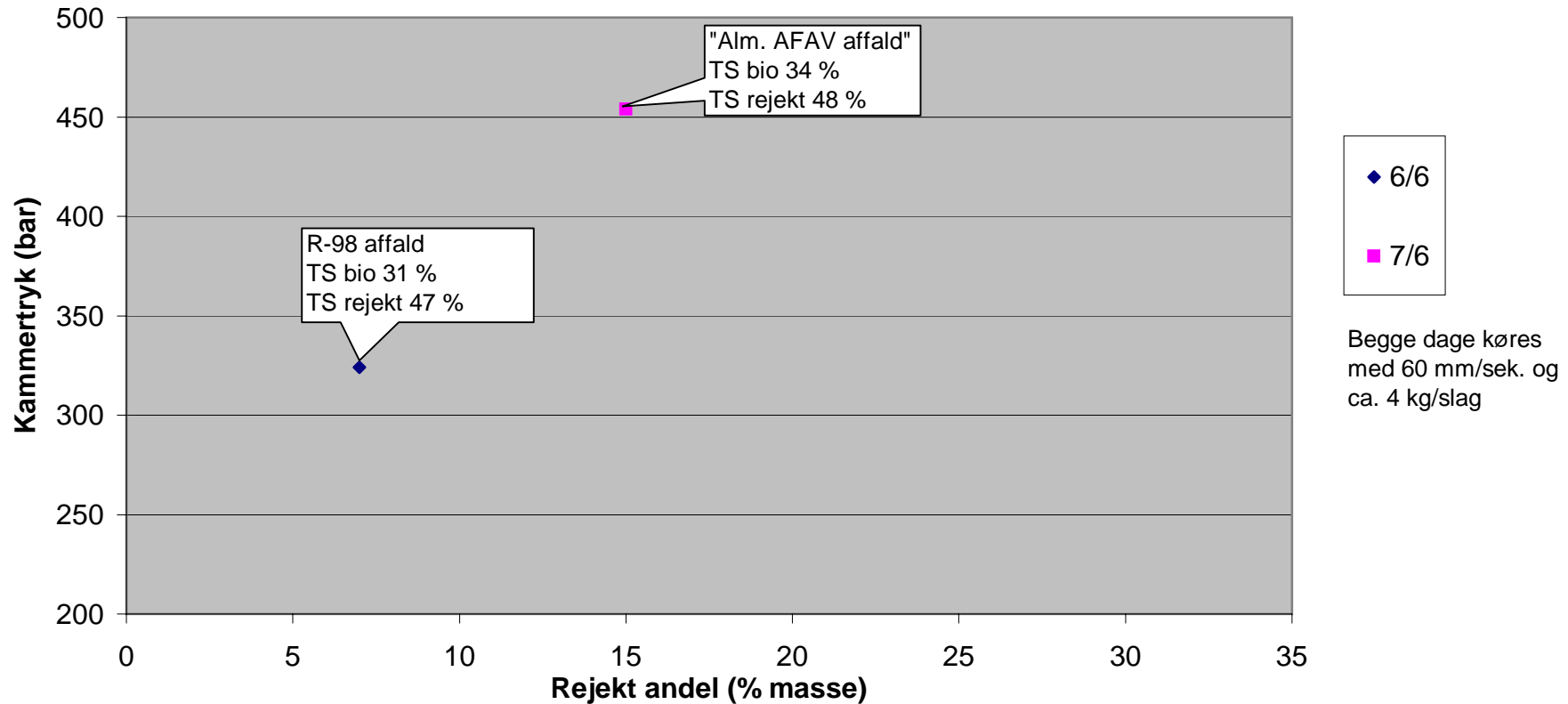


Prøve 1: 9,6 promille plast - 39 % TS i biomasse - 49 % TS i rejekt

Prøve 2: 5,8 promille plast - 36 % TS i biomasse - 50 % TS i rejekt

"København- / AFAV affald"

6 & 7/6 kammer 3

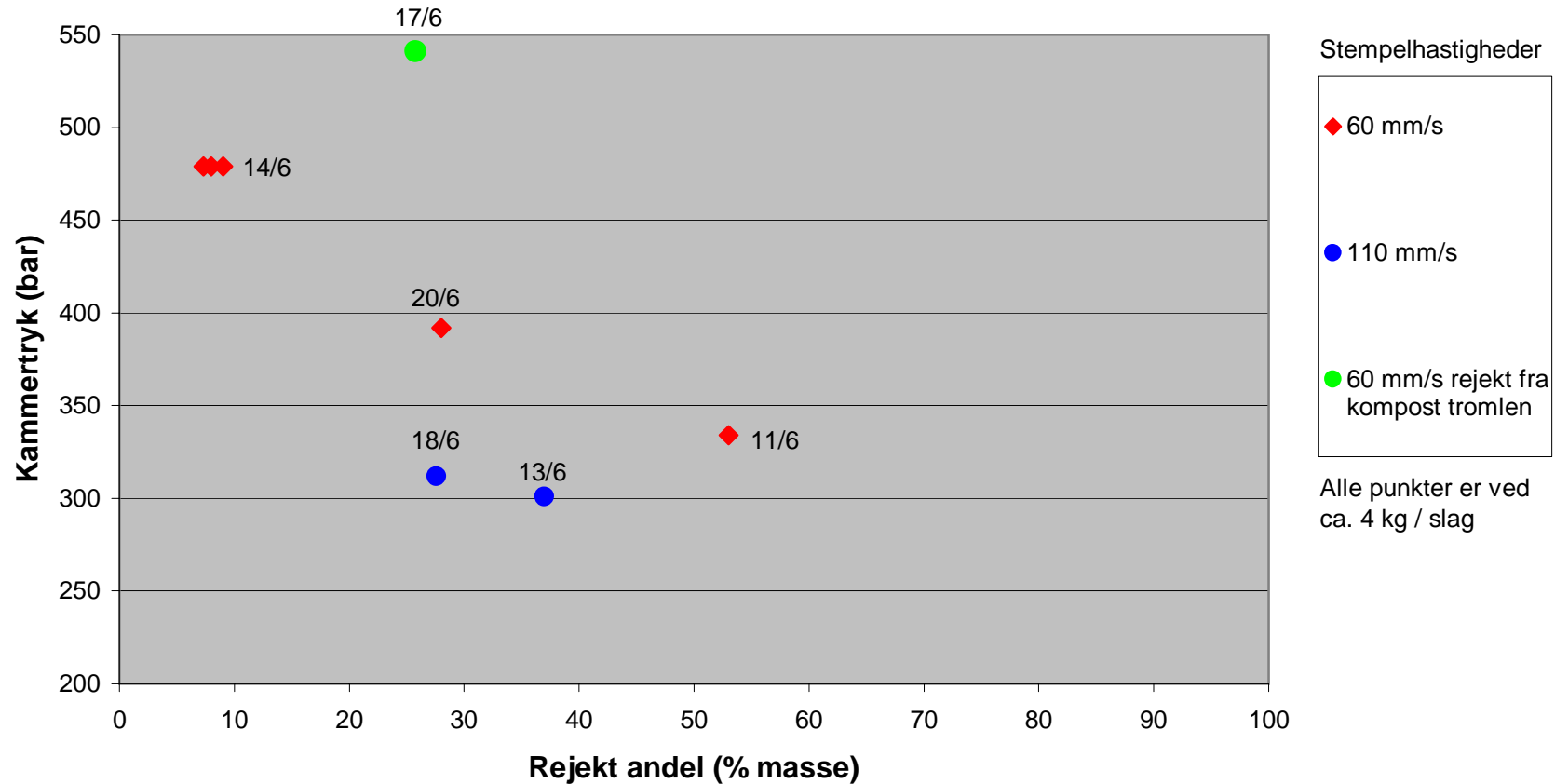


6/7 Der udtages prøver til DTU. "København affaldet" er meget pænt, der er kun meget lidt plast og stort set ingen andre urenheder. Biomassen er derfor også meget pæn. Det vurderes at rejktmængden kan reduceres yderligere 50% ved at hæve trykket, dette blev dog ikke afprøvet.

7/6 Der udtages prøver til DTU. "AFAV affaldet" er meget anderledes end "København affaldet" det indeholder bl.a. bleer, skumklude, haveaffald og en hel del papir. Ved dette relativt høje tryk, og den for "AFAV affaldet" relativt lave rejktandel, påvirkes biomassekvaliteten negativt.

Kontinuerte forsøg med AFAV affald 11/6 til 20/6-02

kammer 3



14/6 TS bio = 34 % TS rejekt = 67 % TS total = 38 %

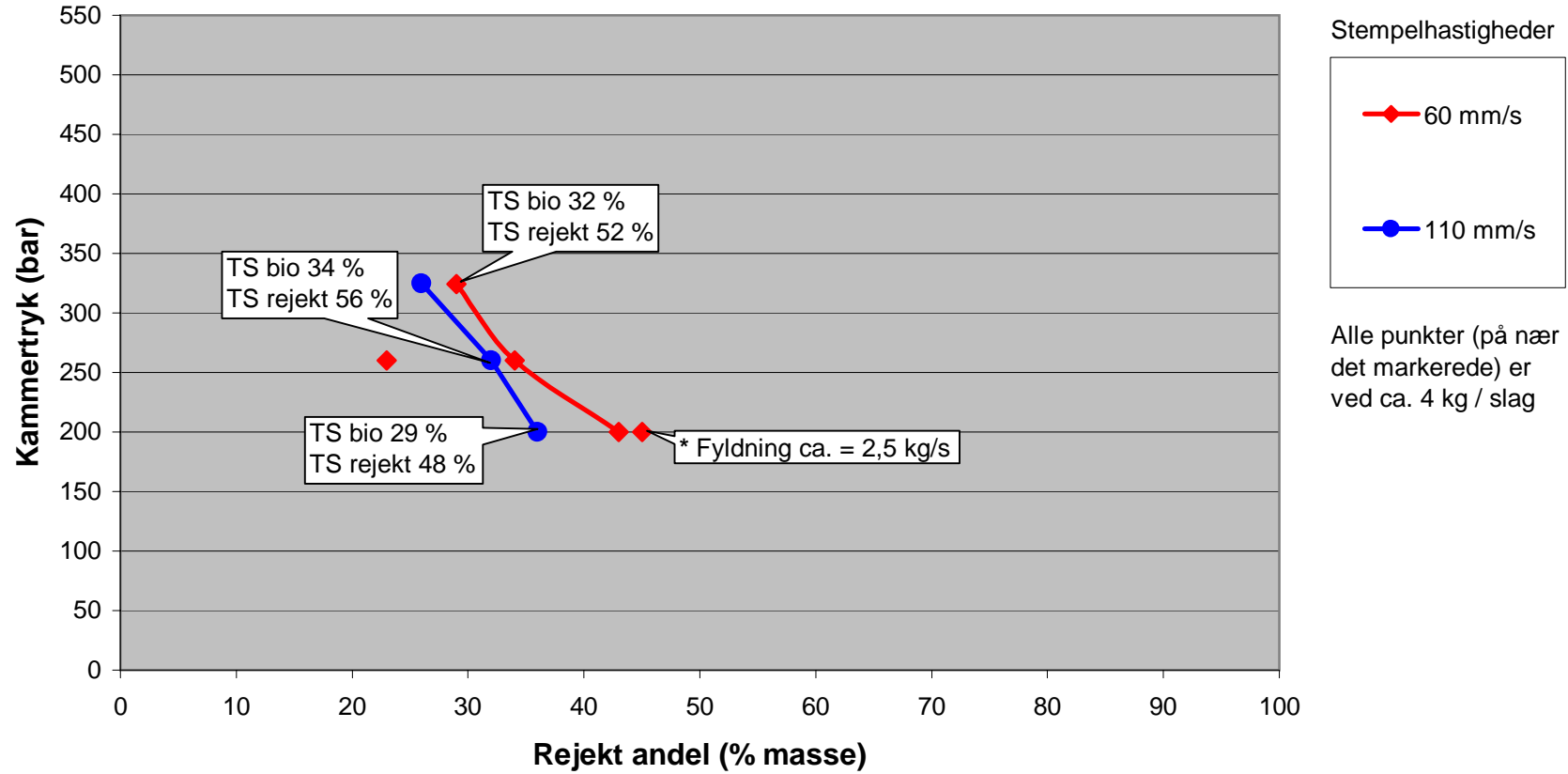
17/6 TS bio = 44 % TS rejekt = 59 % TS total = 48 %

20/6 TS bio = 39 % TS rejekt = 53 % TS total = 44 %

Kammeret er d. 20/6 nedtaget for inspektion da der blev mere og mere plast i biomassen. Inspektionen viste at mange af spalterne var lukkede p.g.a. deformation af spaltekanterne. De resterende åbninger var kraftigt eroderede, blandedt andet var der et hul på ca. 10*5 mm.

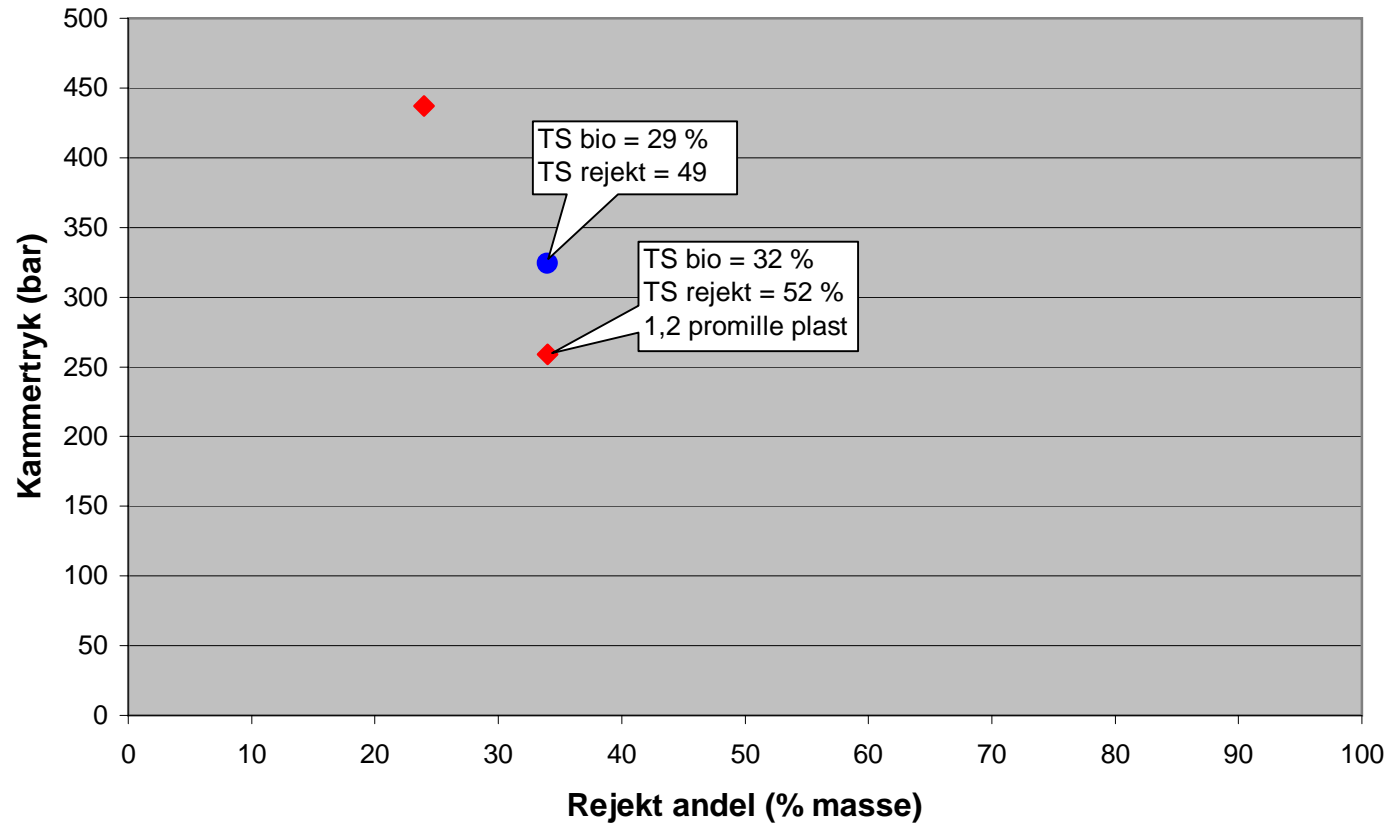
Forsøg med AFAV affald 27/6-02

kammer 4



* Højere rejektandel ved lav fyldning indikerer at skydeventilen er læg, dette blev også visuelt observeret under selve forsøget.

Forsøg med AFAV affald 28/6- & 12/7-02 kammer 4



Alle 3 punkter er ved ca. 4 kg / slag og 60 mm / sek.

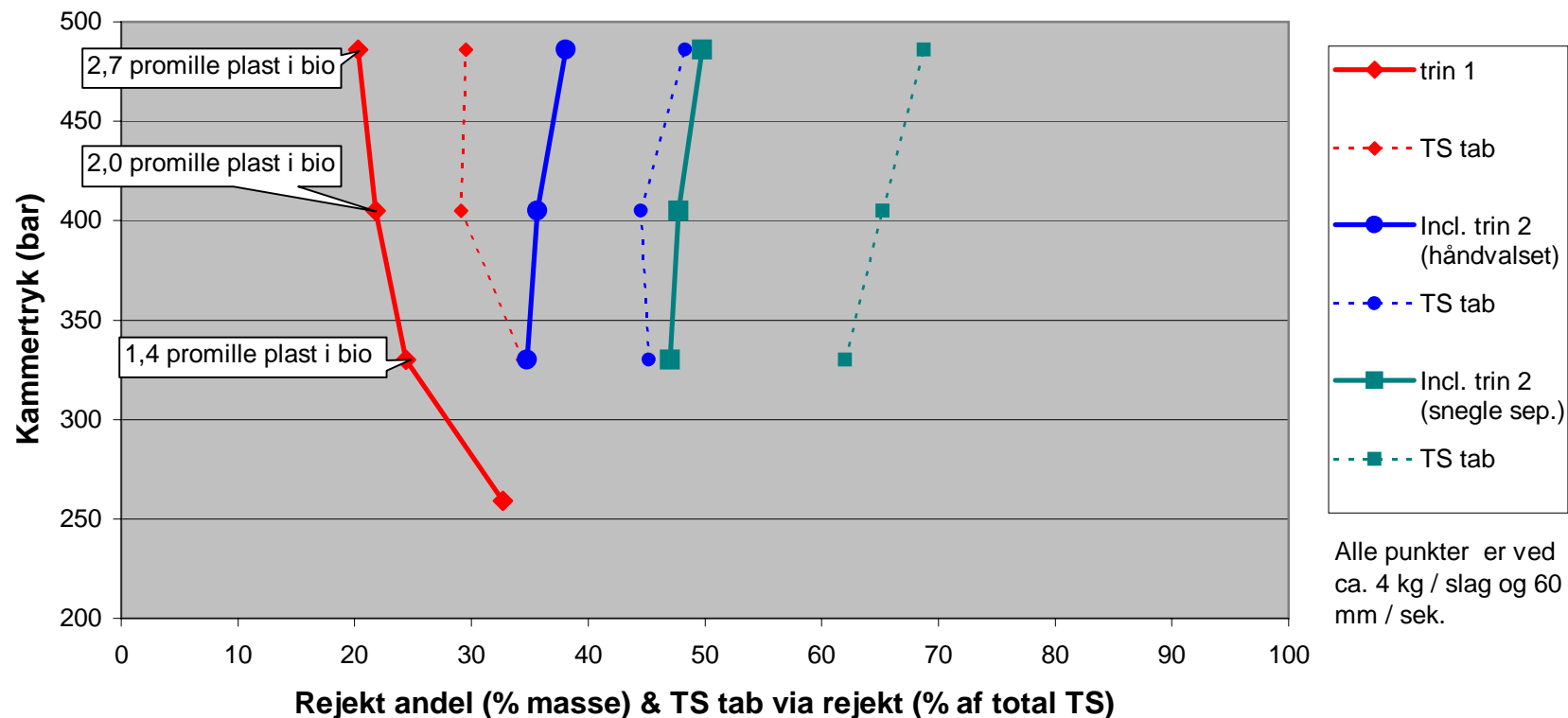
Skydeventilen er læk hvilket giver en for høj rejektandel.

Punktet ved 260 bar d. 28/6 repræsenterer DTU's prøveudtagning (3. prøve).

Snegle forsøg 12/7: Renset bio = 65 %, total bio herefter = 43 % (af 19 % TS)

Håndvalse forsøg 12/7: Renset bio = 78 %, total bio herefter = 52 % (af 26 % TS)

Forsøg med plastrensning af R-98* affald 18/7-02 kammer 4



* Affaldet er, sammenlignet med almindelig R-98 affald, af noget dårligere kvalitet. Umiddelbar så det ud til at indeholde ca. 50 % AFAV affald, dette er dog ikke forklaringen, for der blev udvis stor forsigtighed ved udtagning af affaldet.

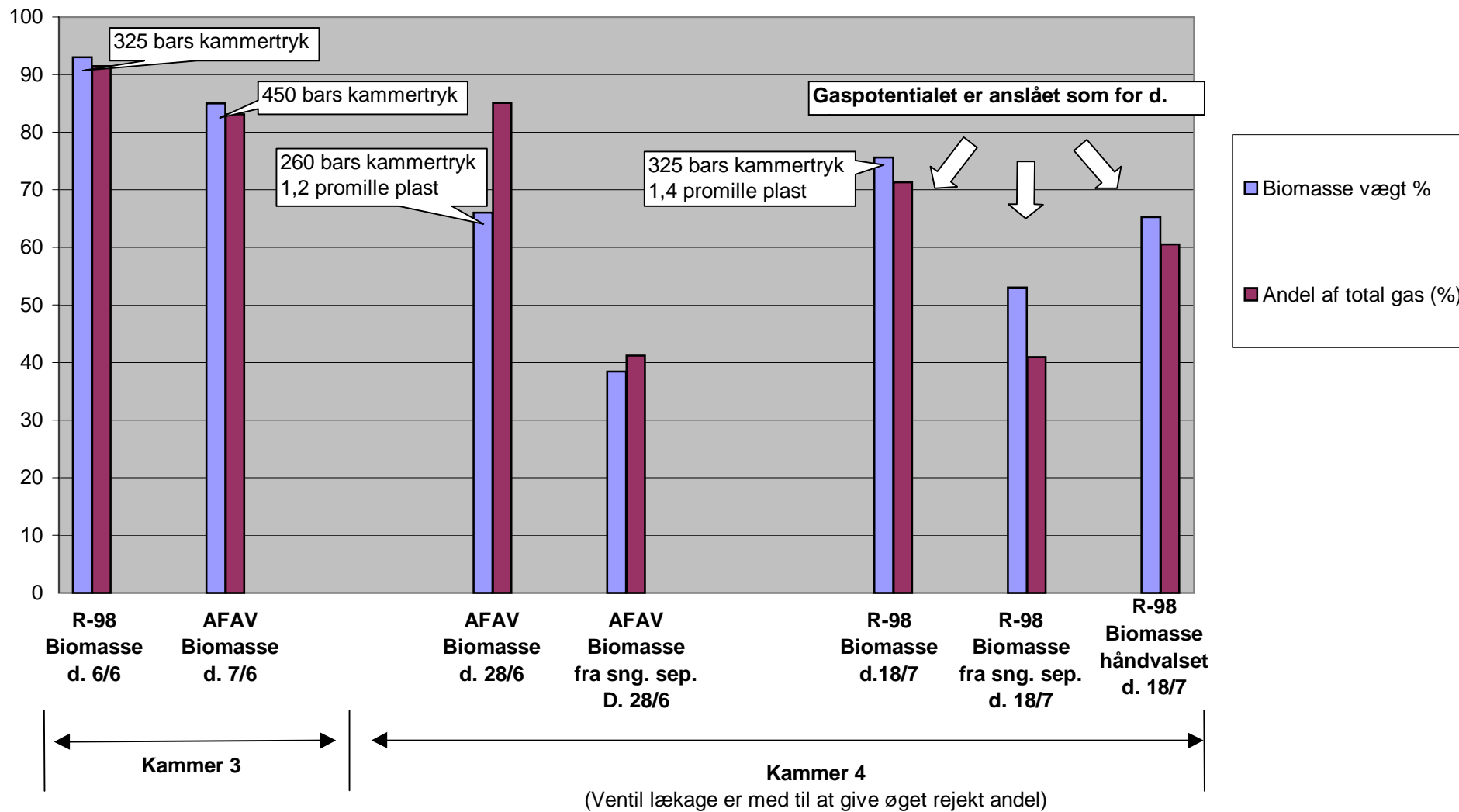
Note:

Trin 1 kurven er stejlere end normalt, dette skyldes en ventil lækage der bliver mere og mere udpræget ved høje tryk. Det vurderet at en tæt ventil vil flytte de øvrige kurvers hældning til den anden side af lodret, således at der bliver faldende (evt. konstant) rejekt andel og TS tab ved stigen tryk.

Platsindholdet i "råaffaldet" var ca. 6,3 promille (kun tyndt poseplast er medregnet da alt andet plast går med over i rejektet)

TS i "råaffaldet" var ca. 34 %

Gasproduktion og fordeling beregnet via gaspotentiale fra DTU



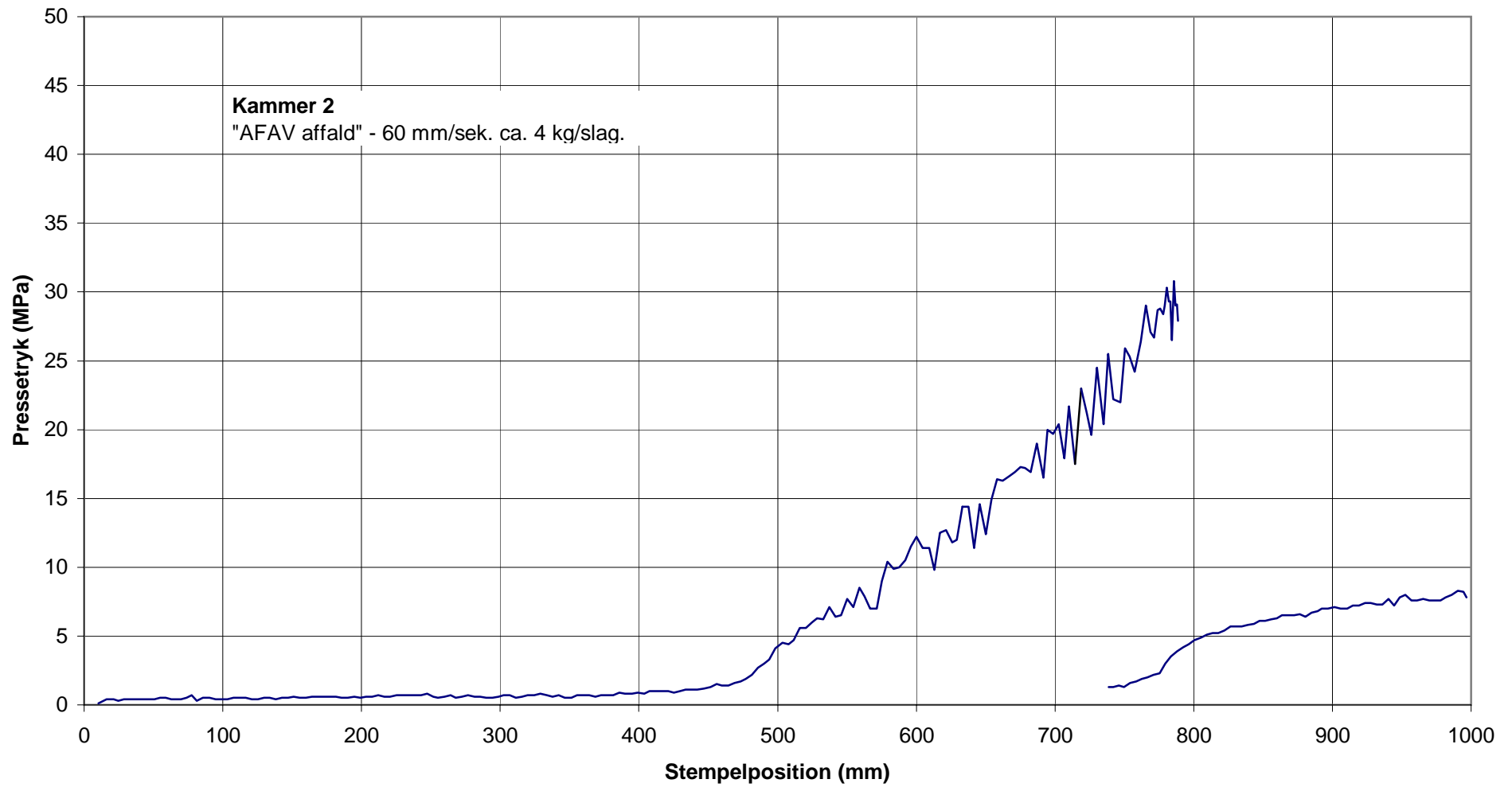
Bilag B

Til Forbehandling af organisk husholdningsaffald ved hydraulisk stempelseparation

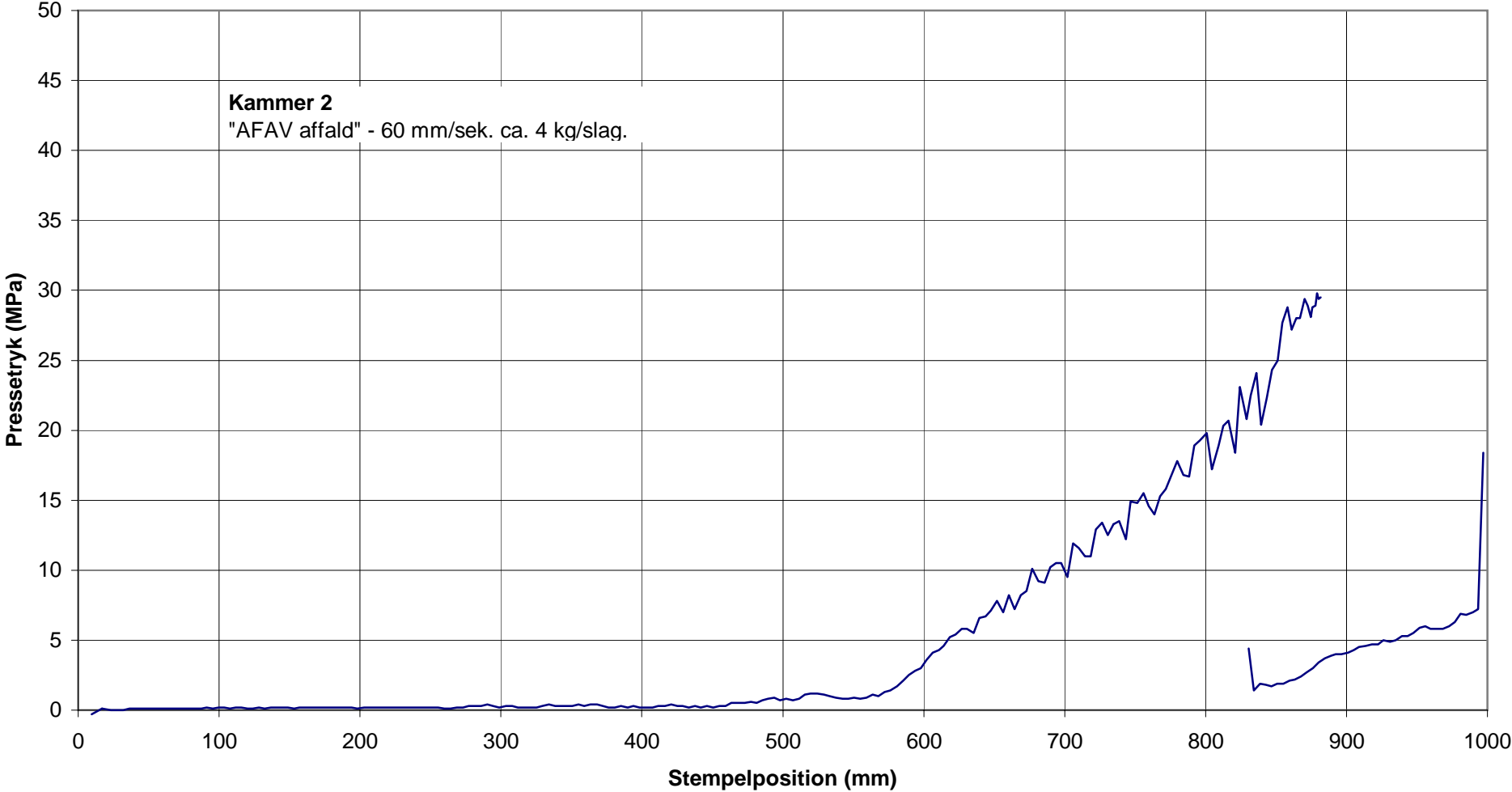


Miljøstyrelsen
Miljø- og Energiministeriet

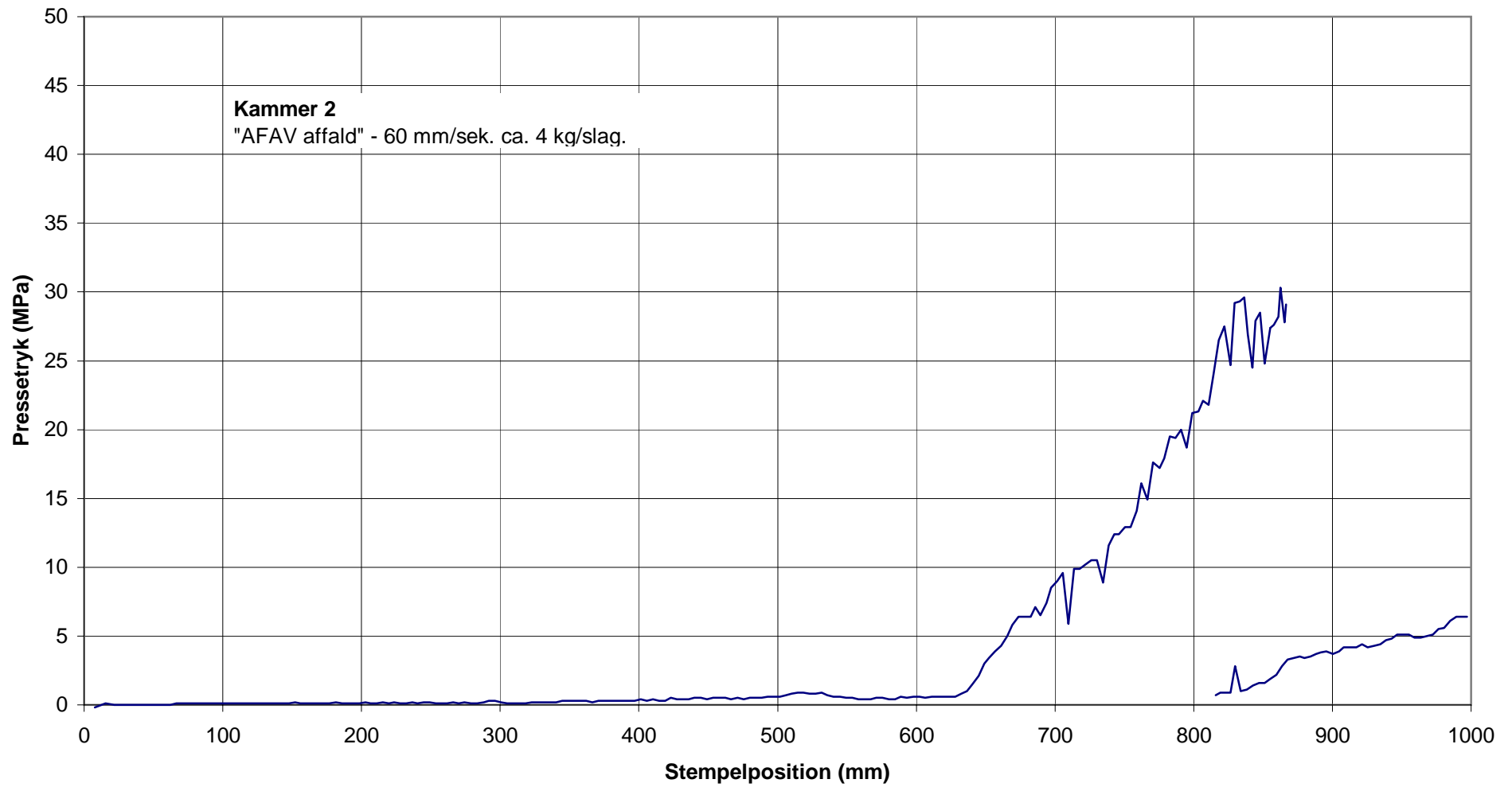
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 23 maj kl. 10.56.17 til 10.56.42



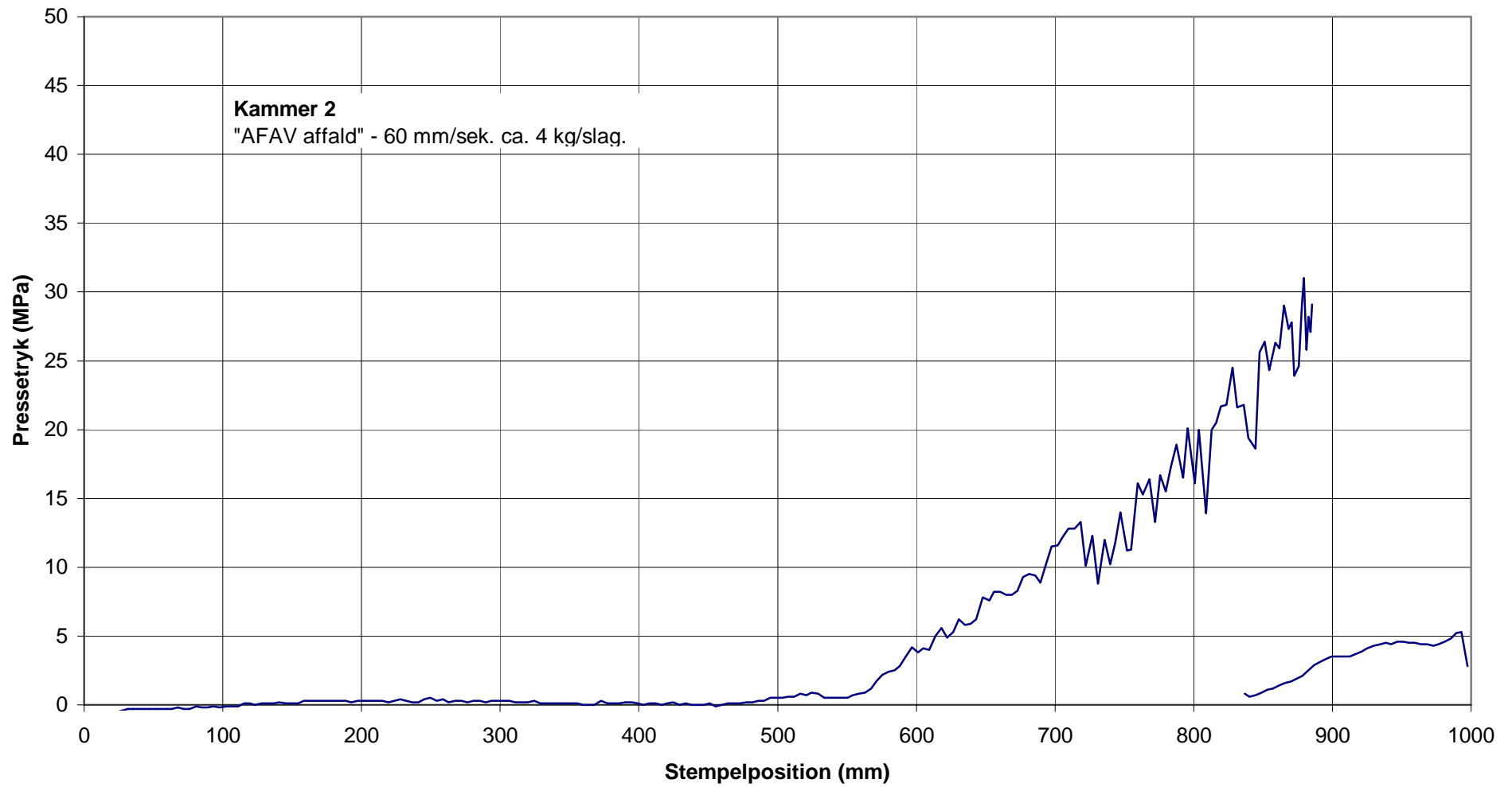
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 23 maj 2002 kl. 10.56.54 til 10.57.19



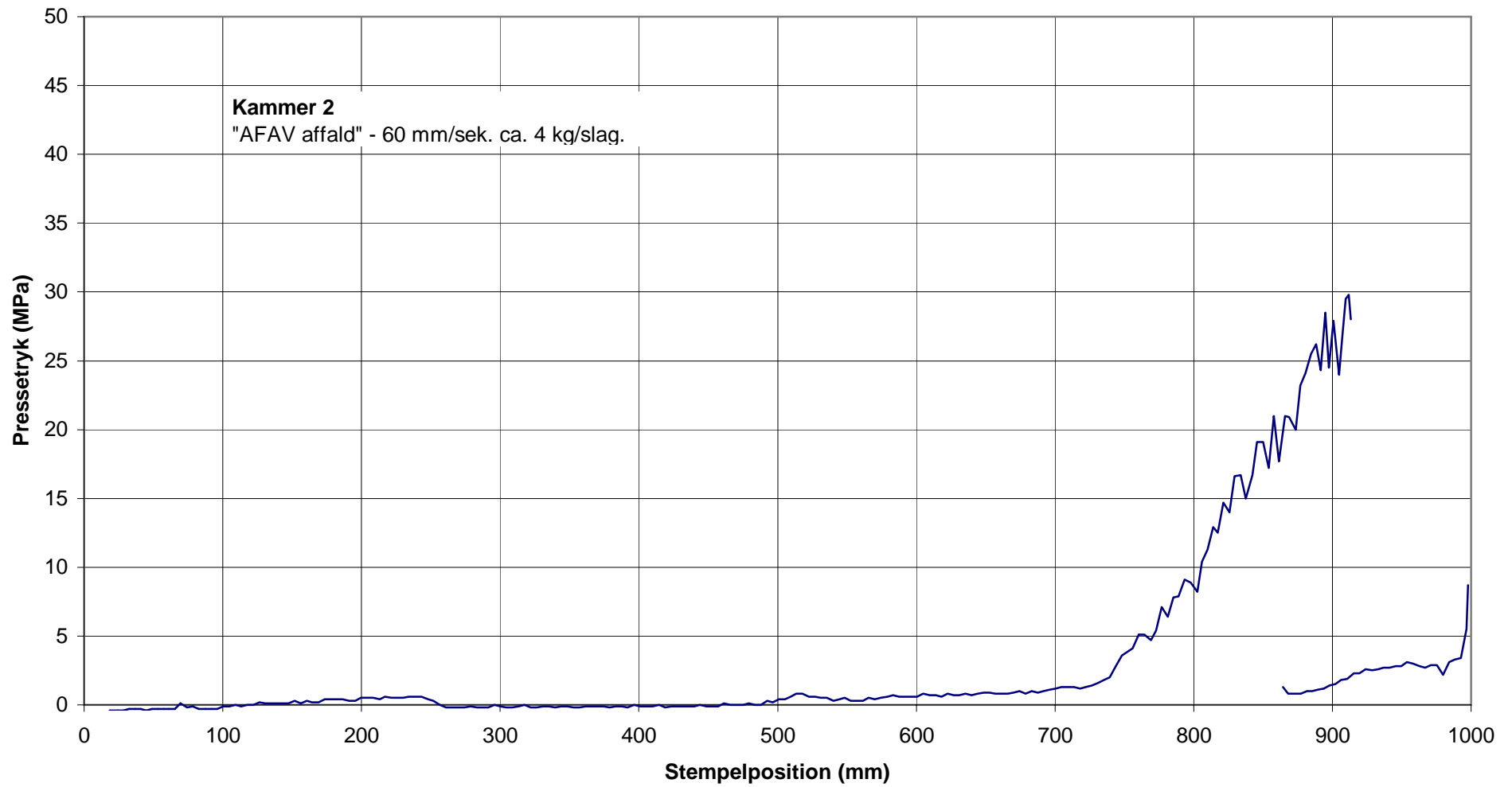
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 23 maj 2002 kl. 10.57.31 til 10.57.56



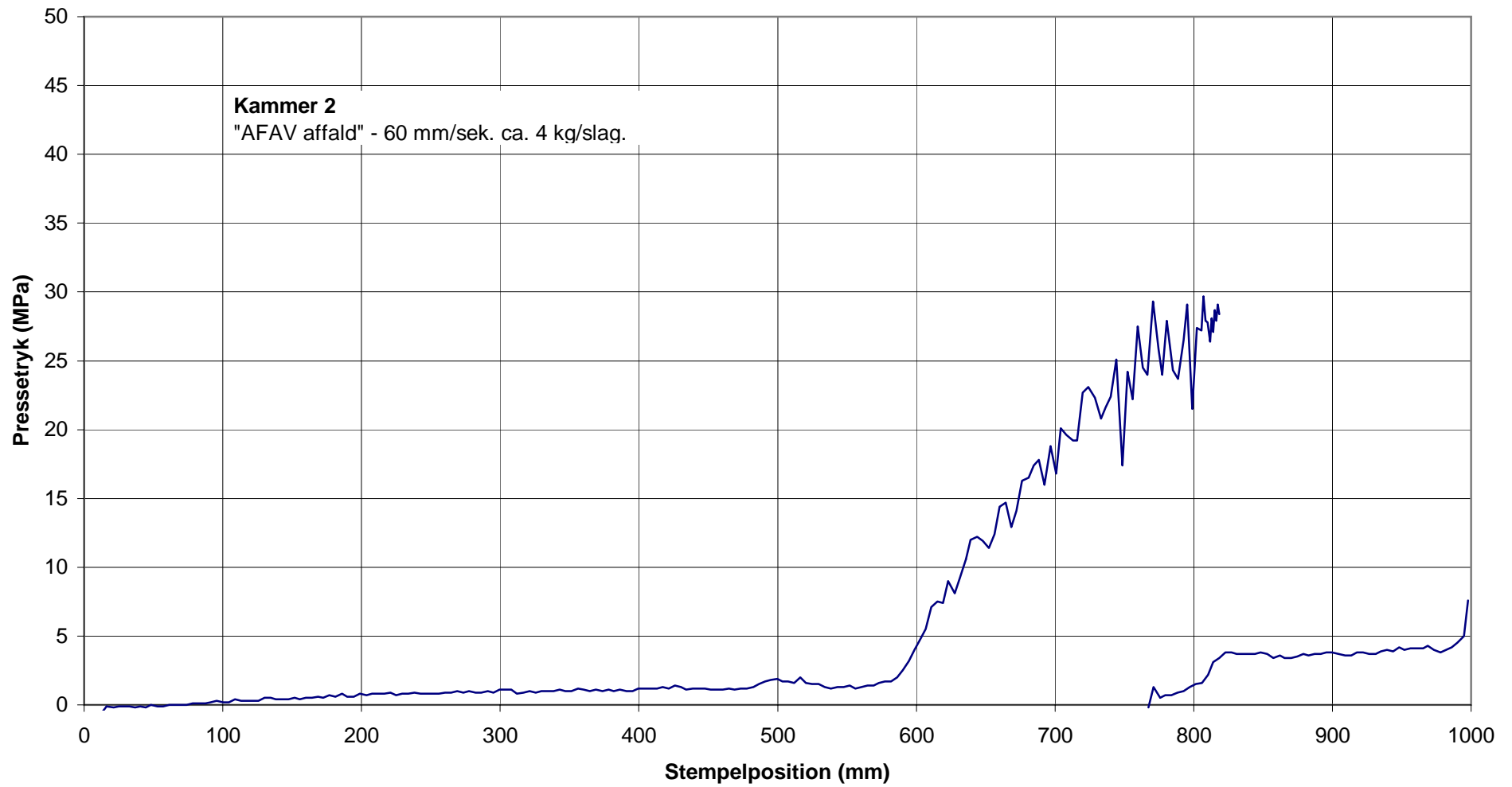
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 24 maj 2002 kl. 11.41.51 til 11. 42.16



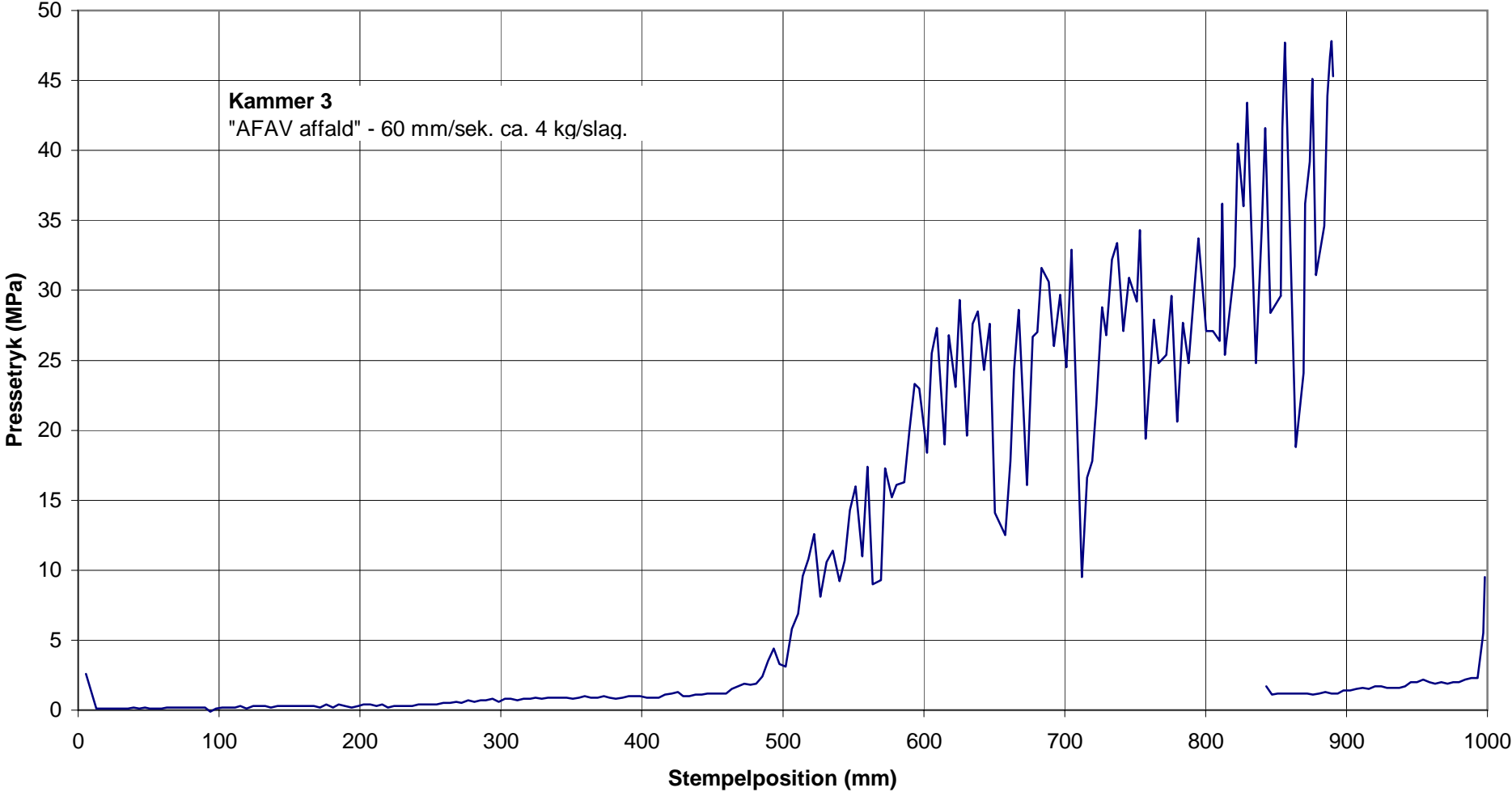
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 24 maj 2002 kl. 11.42.28 til 11. 42.53



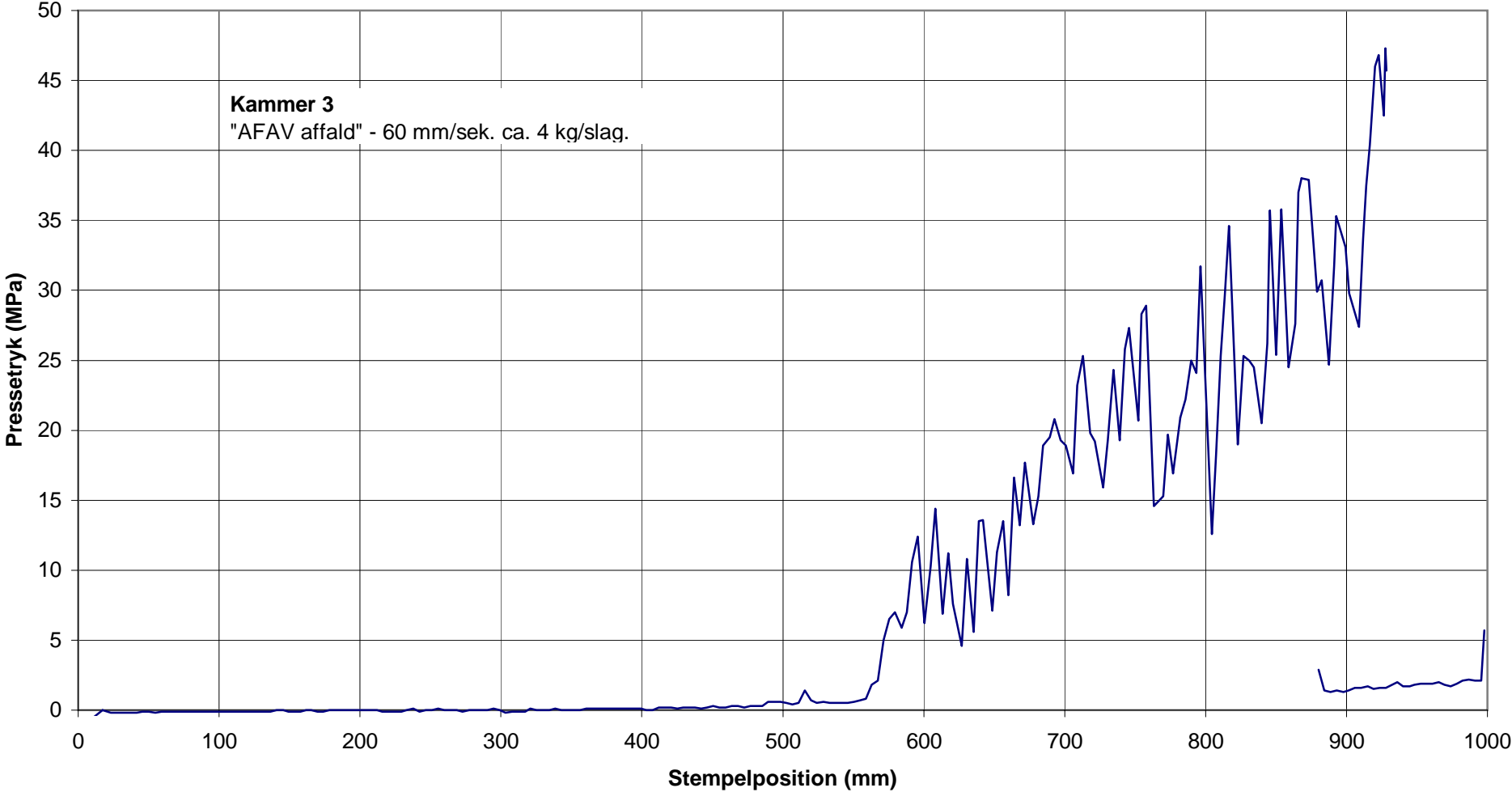
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 24 maj 2002 kl. 11.43.05 til 11. 43.32



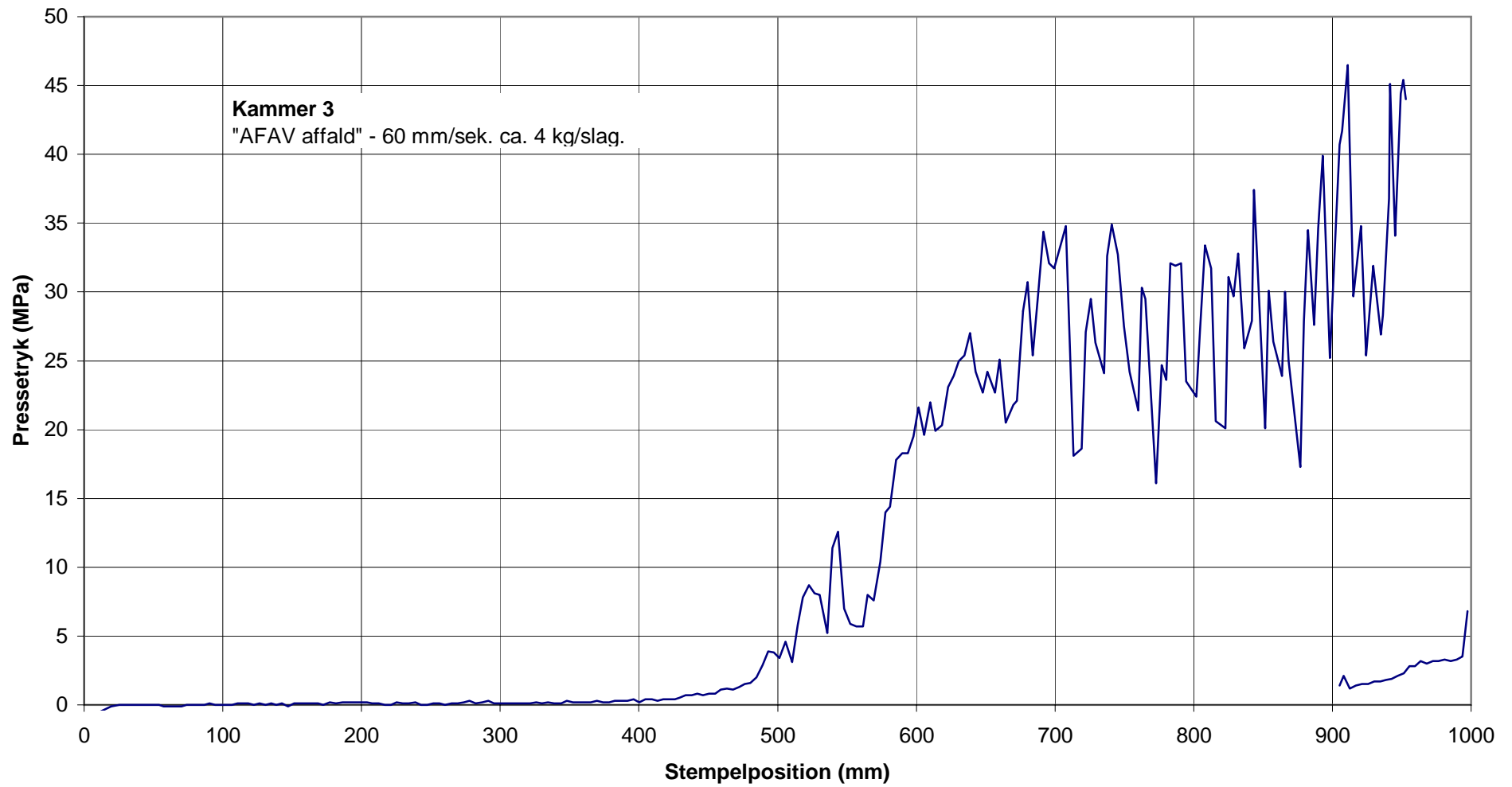
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 31 maj 2002 kl. 15.42.18 til 15.42.45



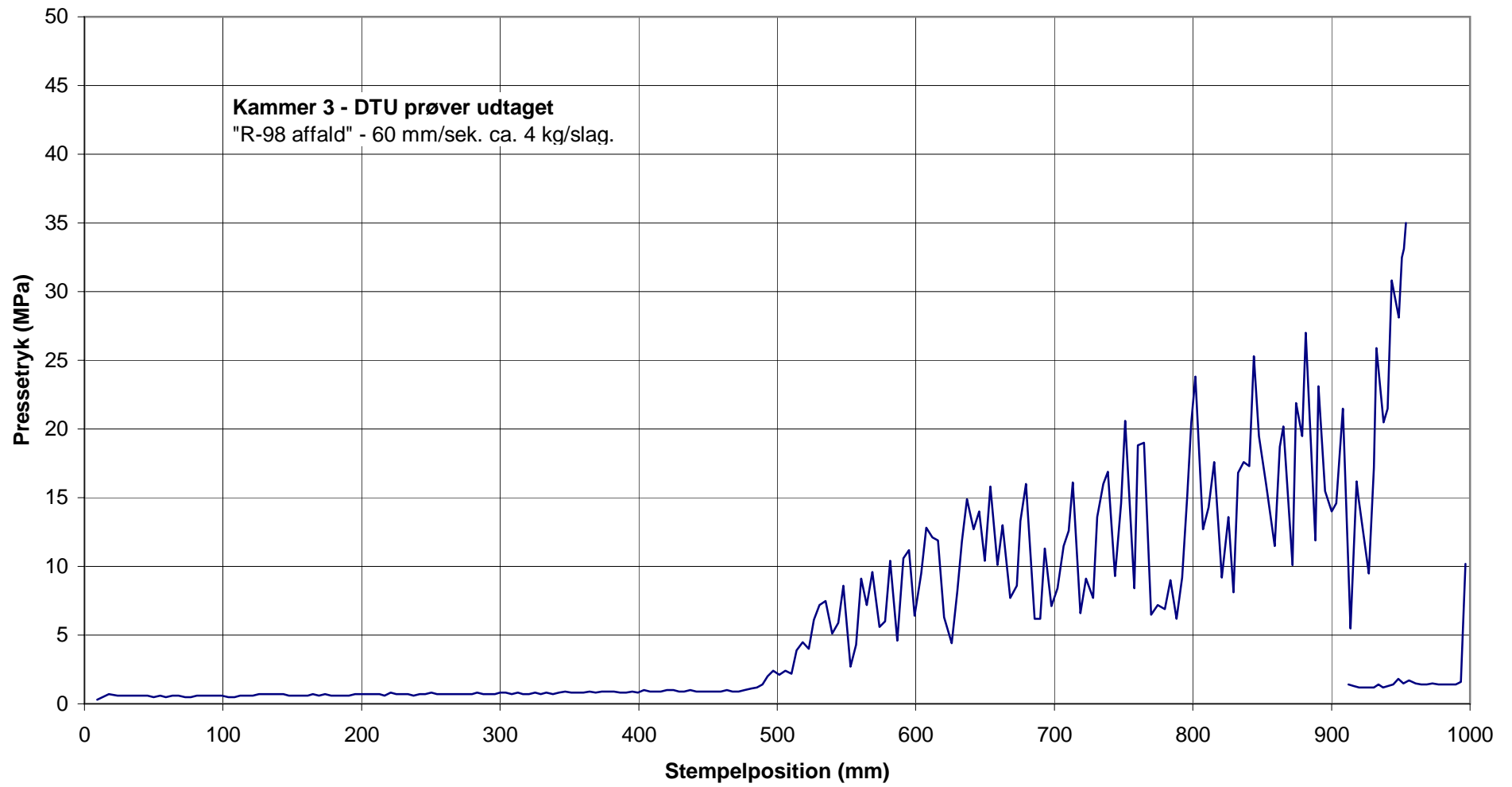
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 31 maj 2002 kl. 15.42.56 til 15.43.23



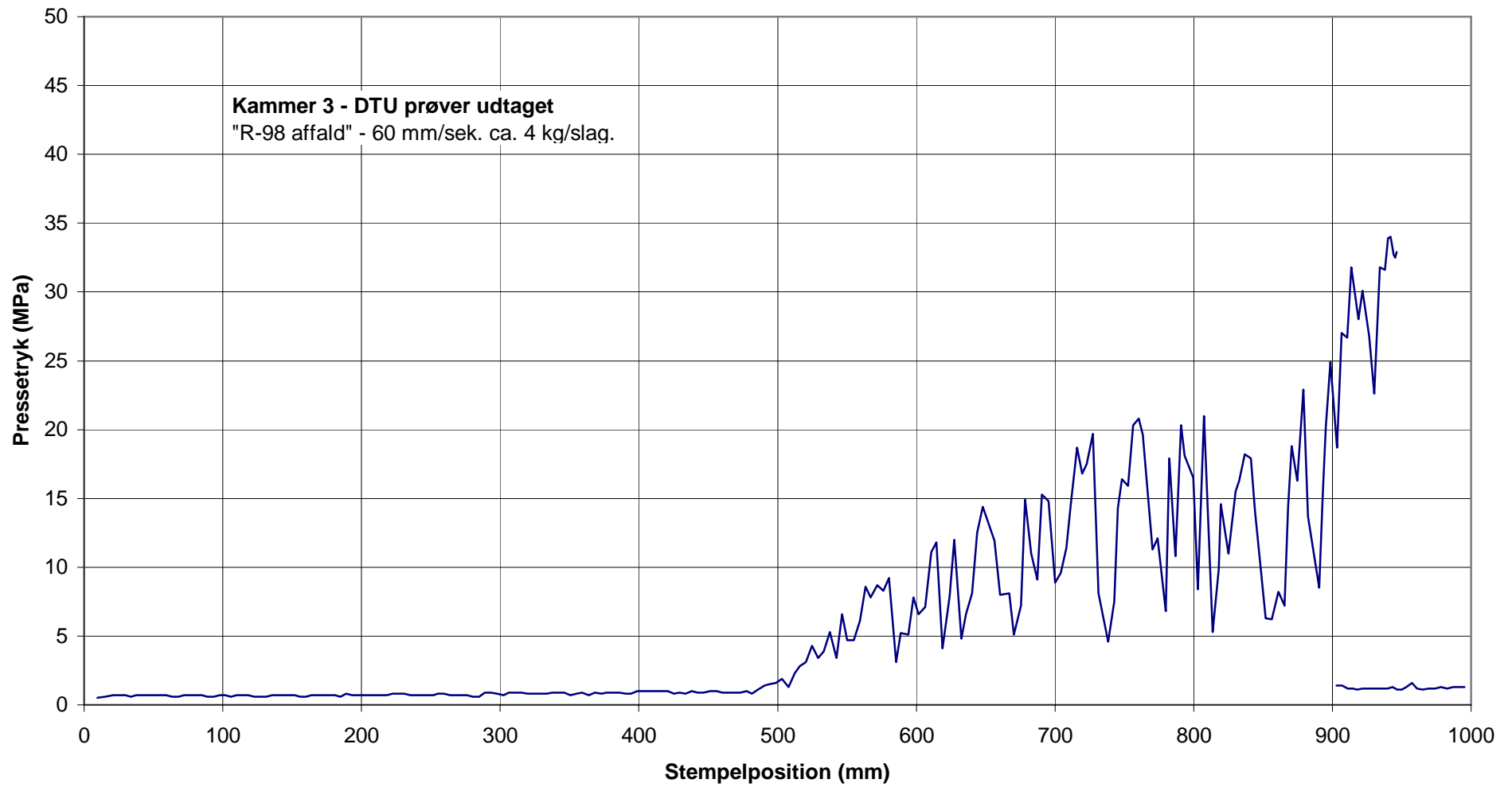
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 31 maj 2002 kl. 15:43:43 til 15:44:01



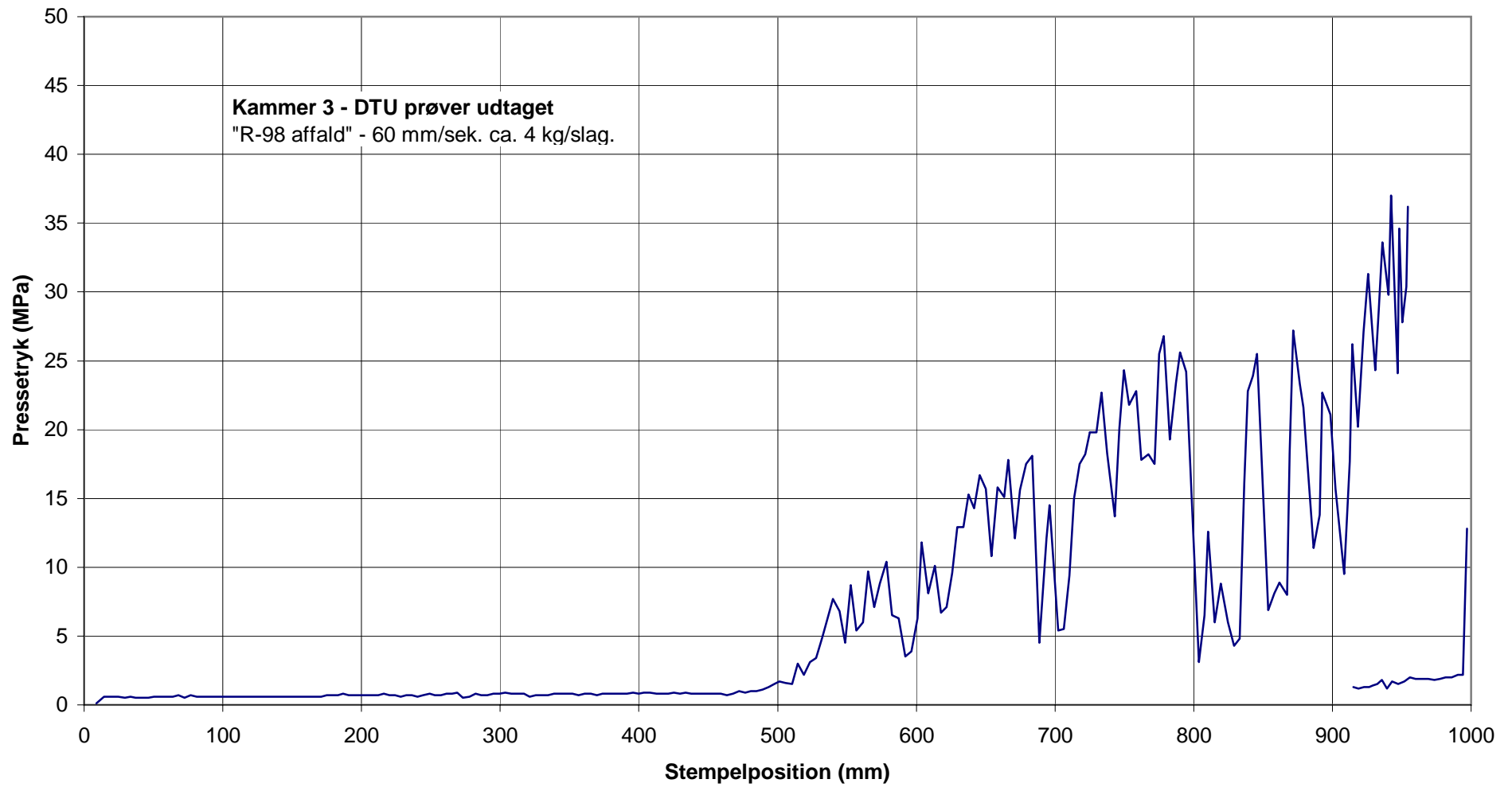
Presstryk som funktion af stempelposition
AFAV den 6 Juni 2002 kl. 8.40.10 til 8.40.35



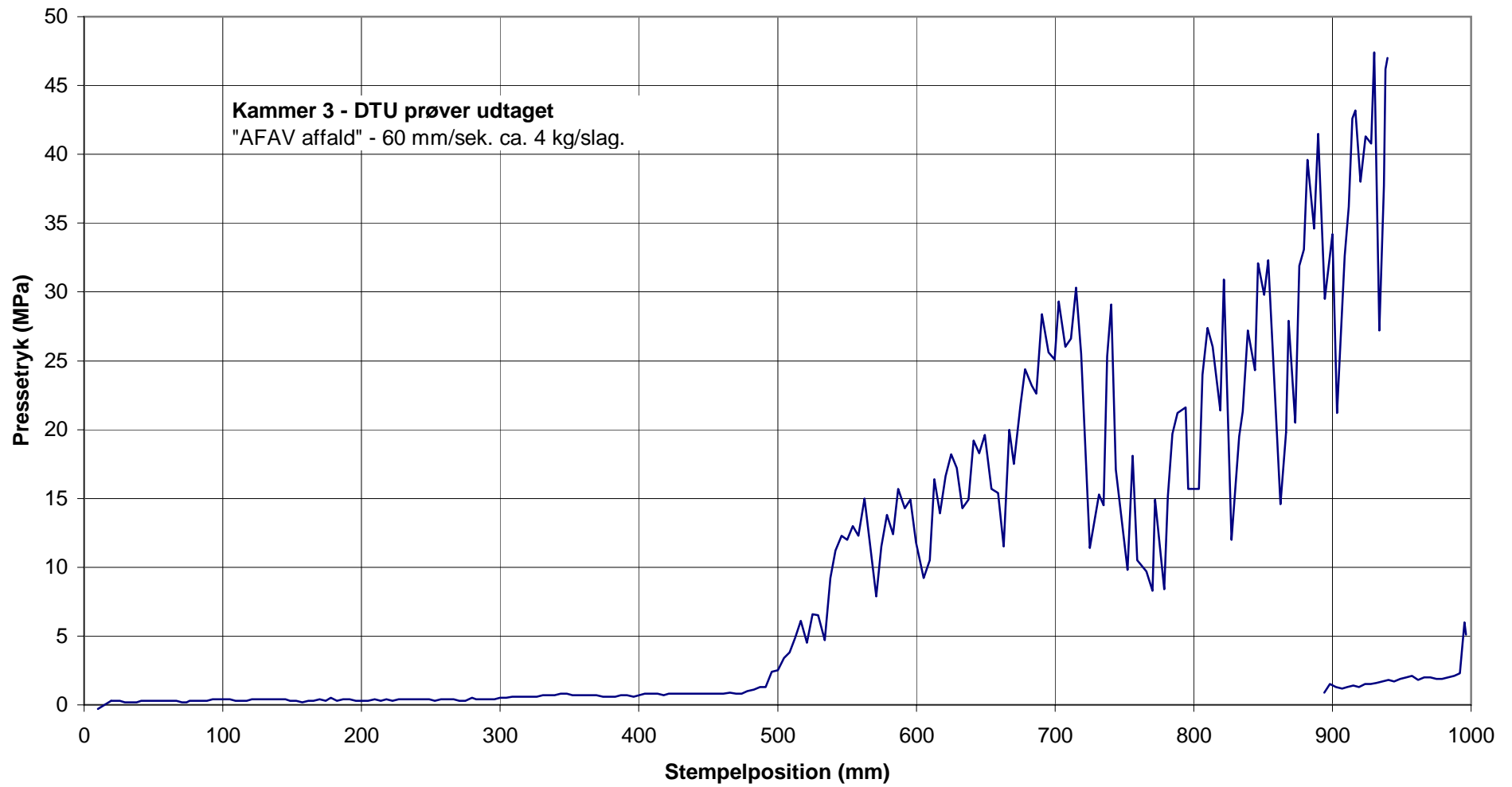
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 6 Juni 2002 kl.8.40.47 til 8.41.11



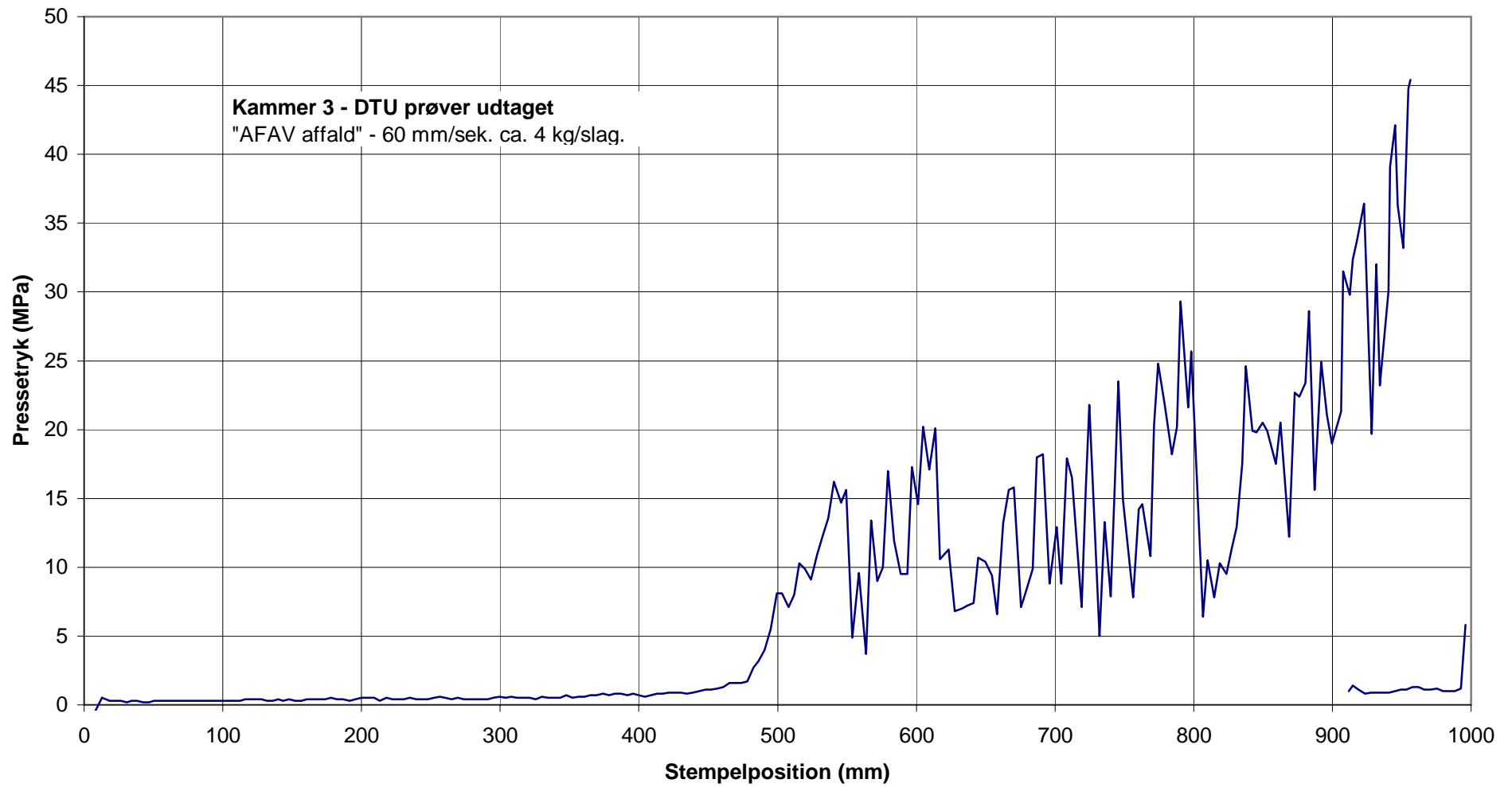
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 6 Juni 2002 kl. 8.41.11 til 8.41.47



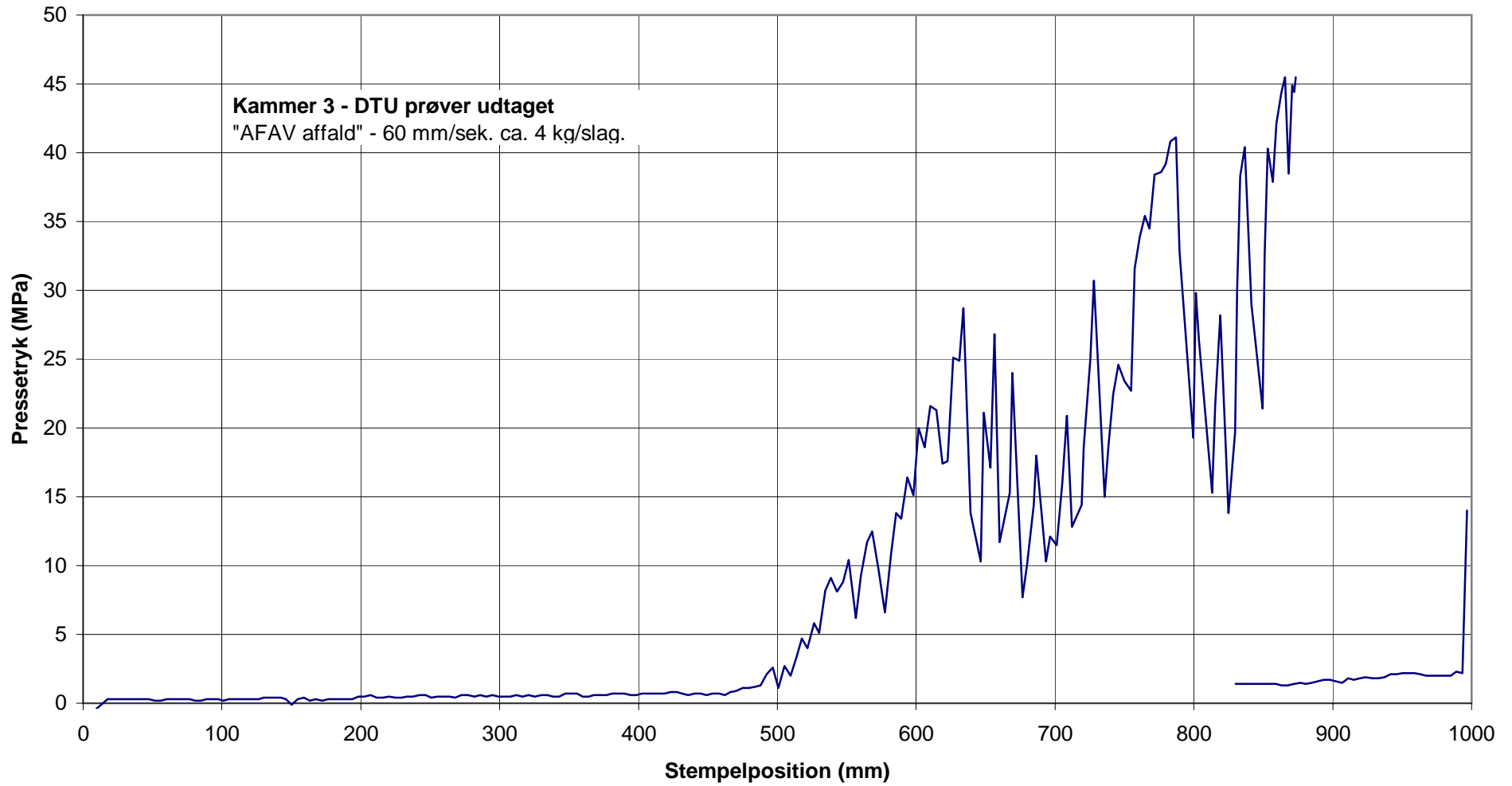
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 7 Juni kl. 9.09.10 til 9.09.36



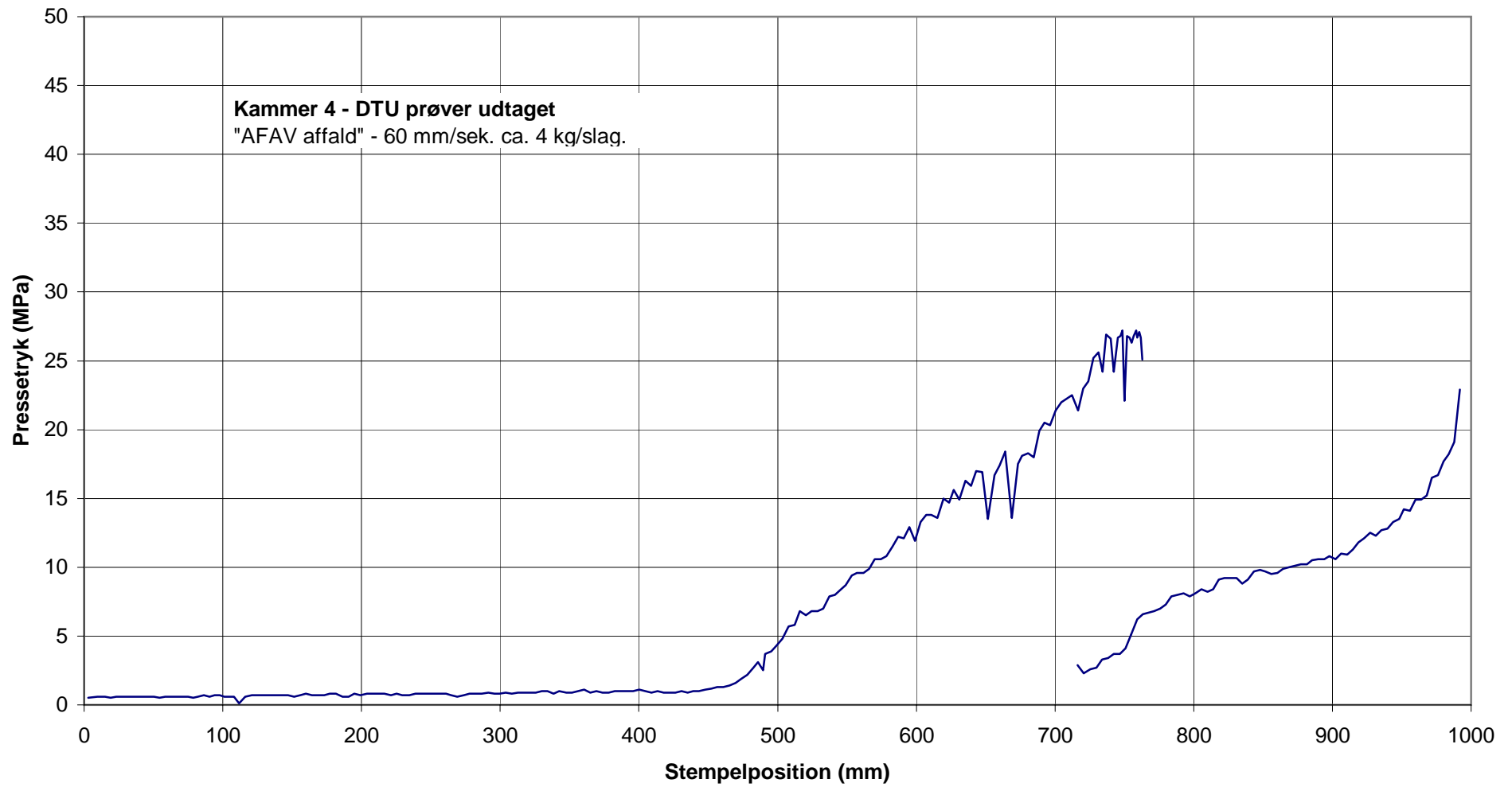
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 7 Juni kl. 9.09.48 til 9.10.14



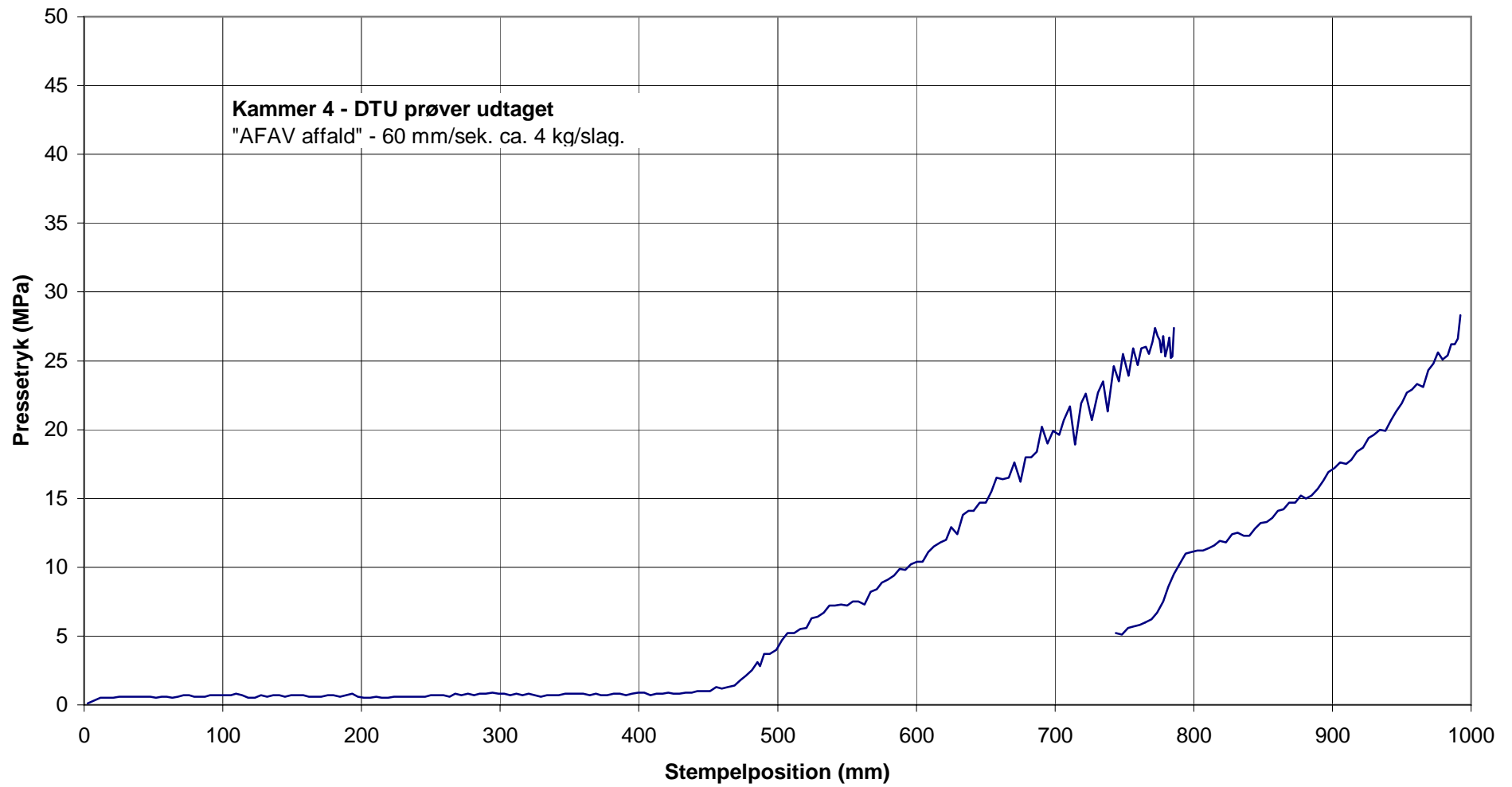
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 7 Juni kl. 9.10.26 til 9.10.52



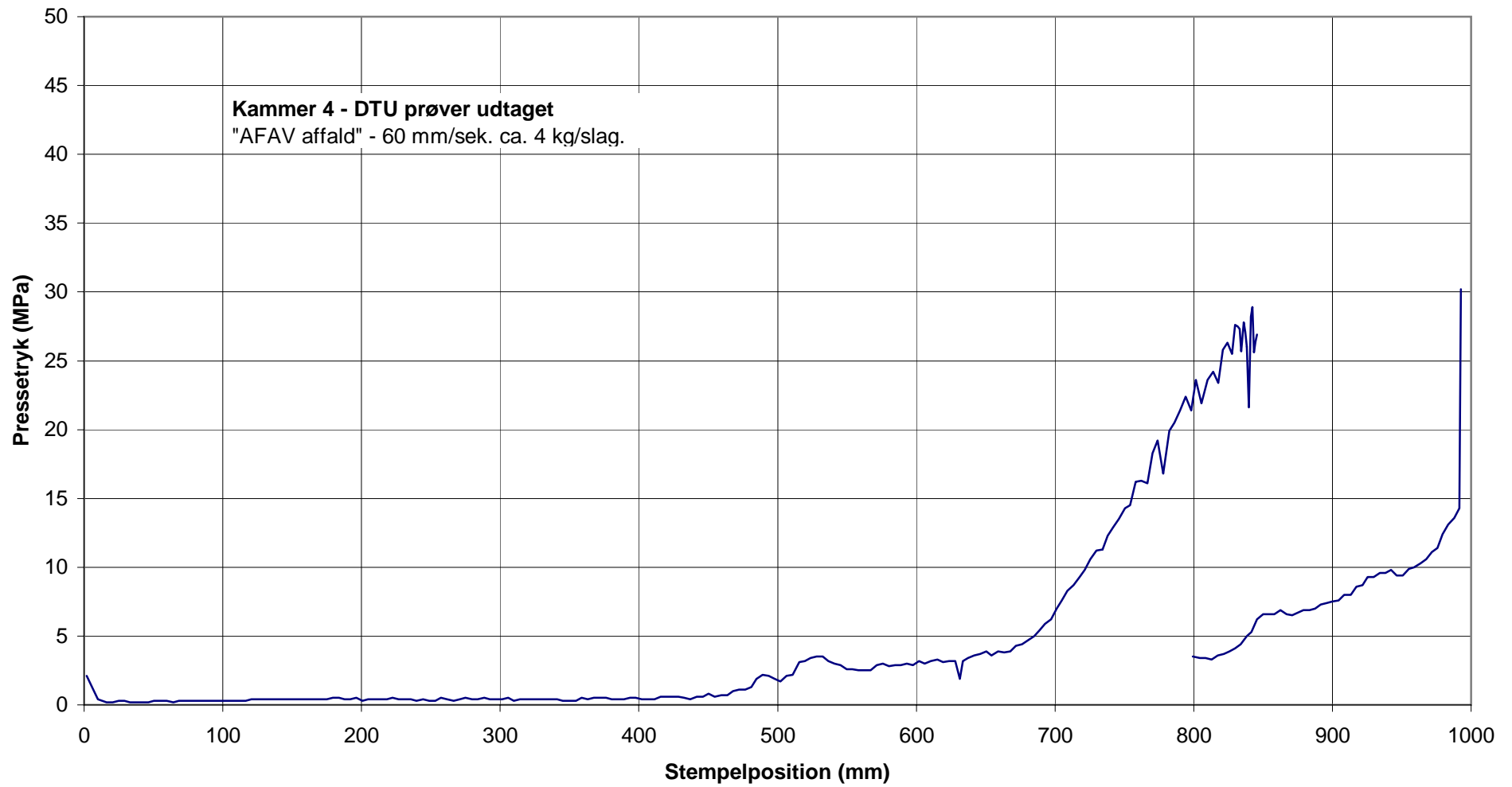
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 28-06-2002 kl.9.34.04



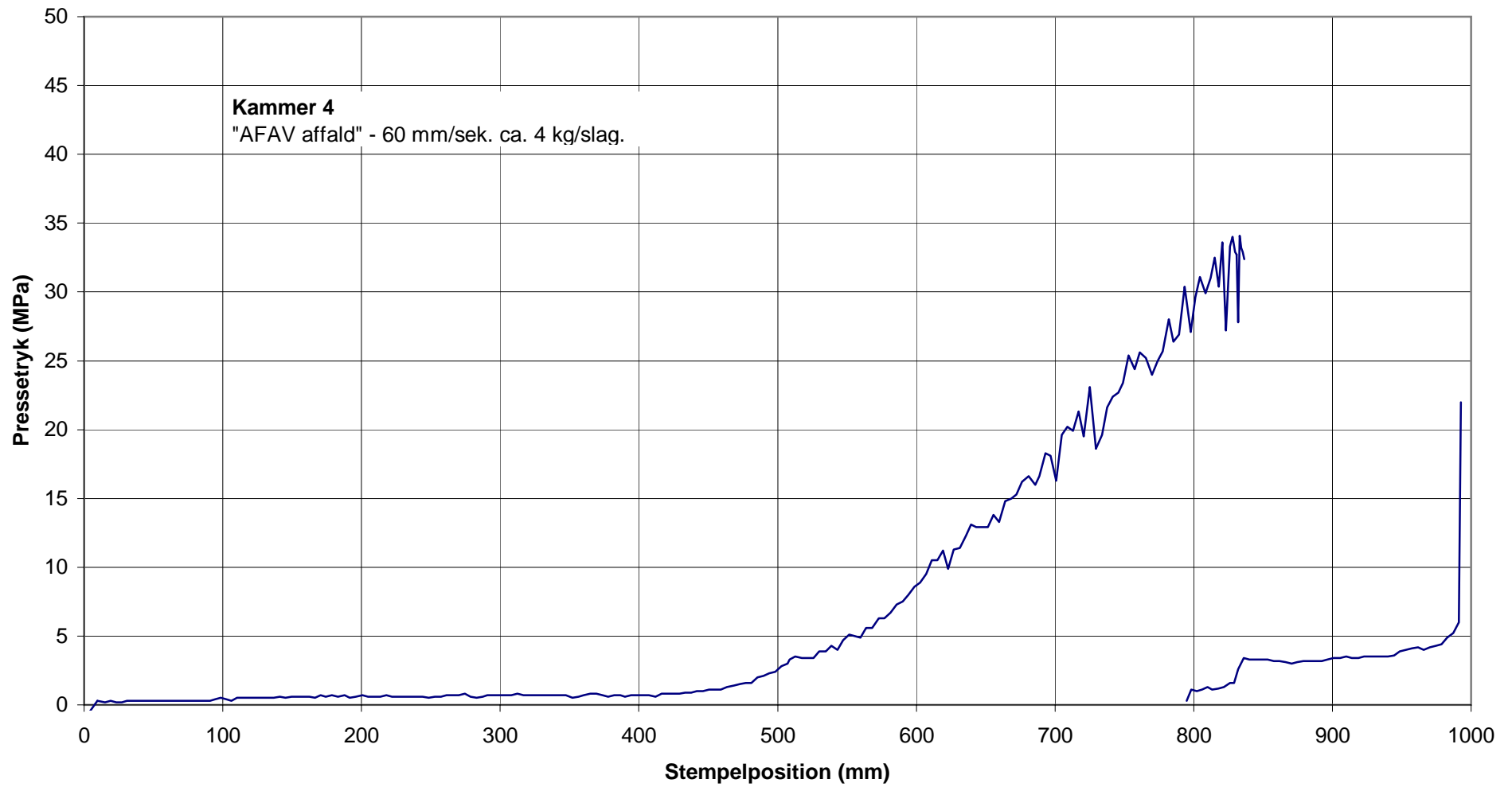
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 28-06-2002 kl.9.34.44



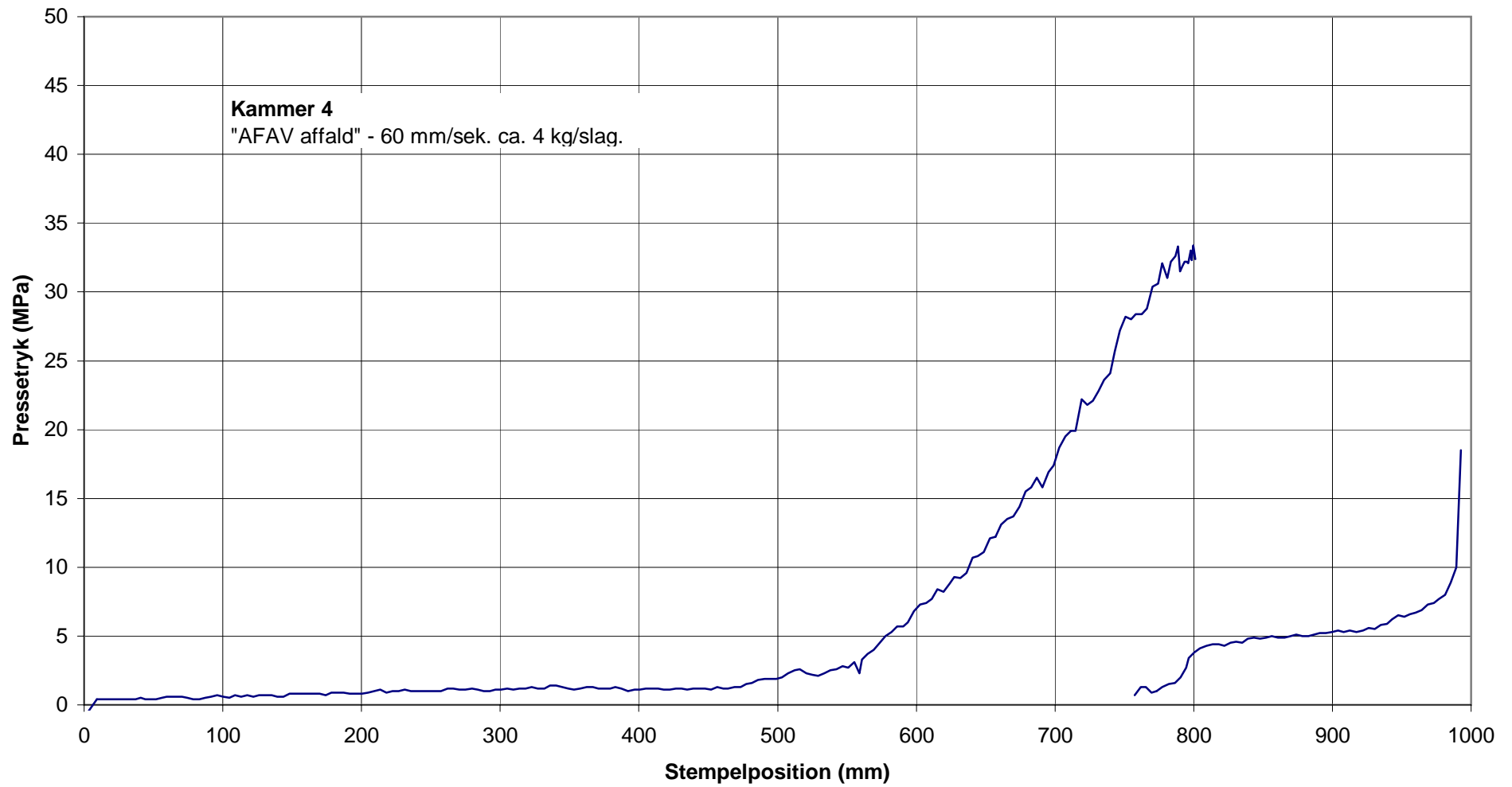
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 28-06-2002 kl.9.36.34



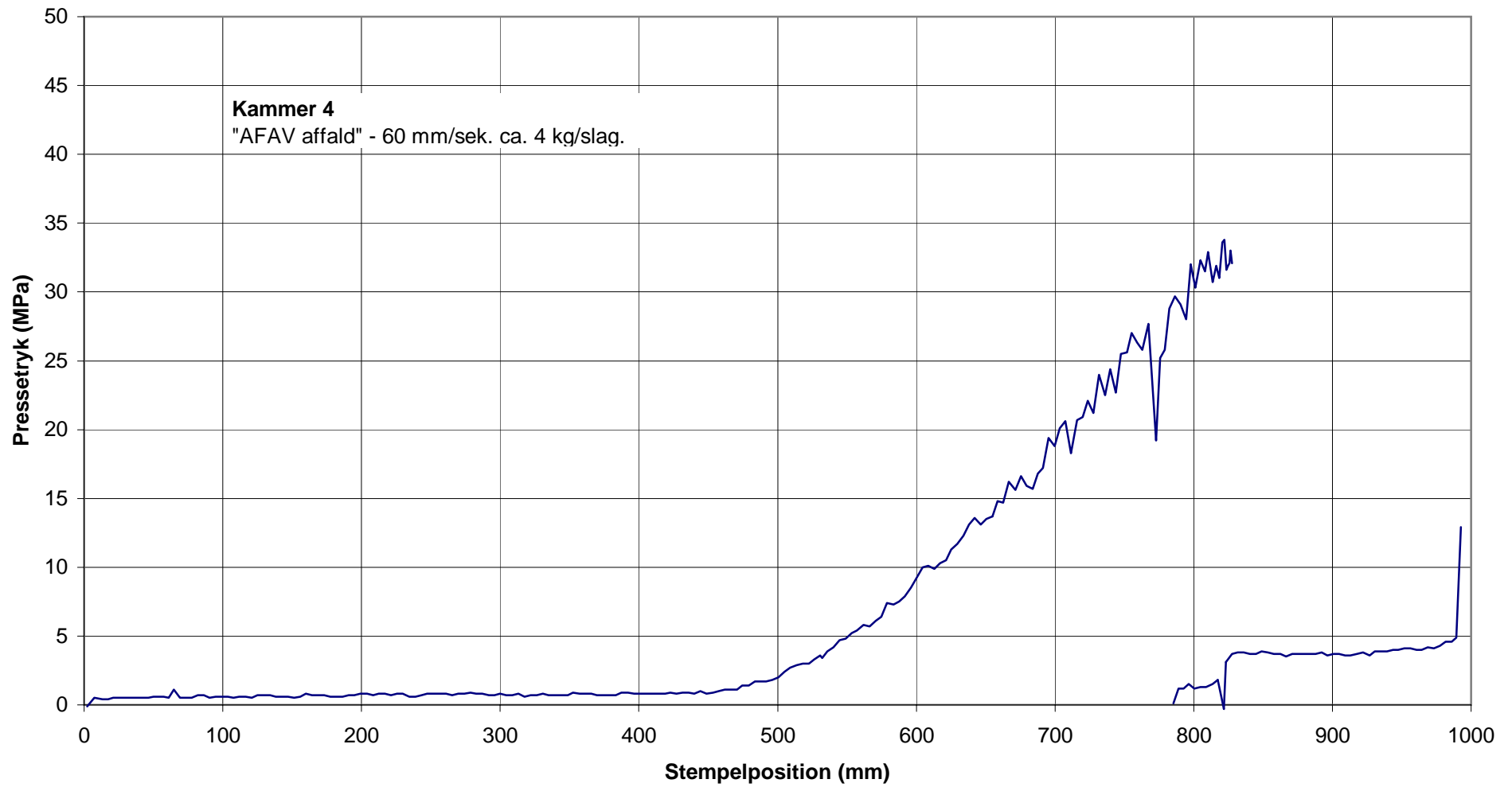
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 12-07-2002 kl. 11.47.23



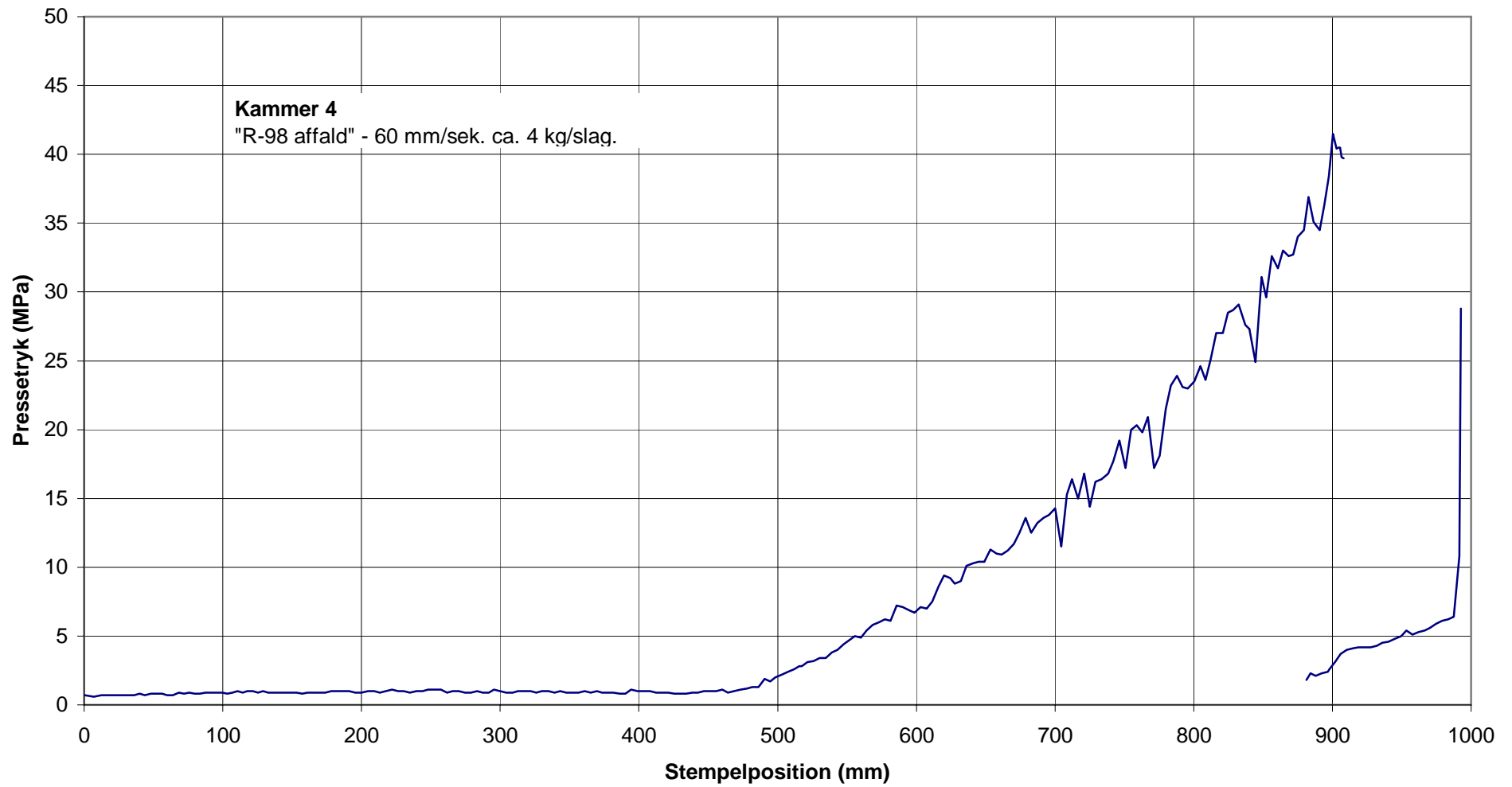
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 12-07-2002 kl. 11.48.01



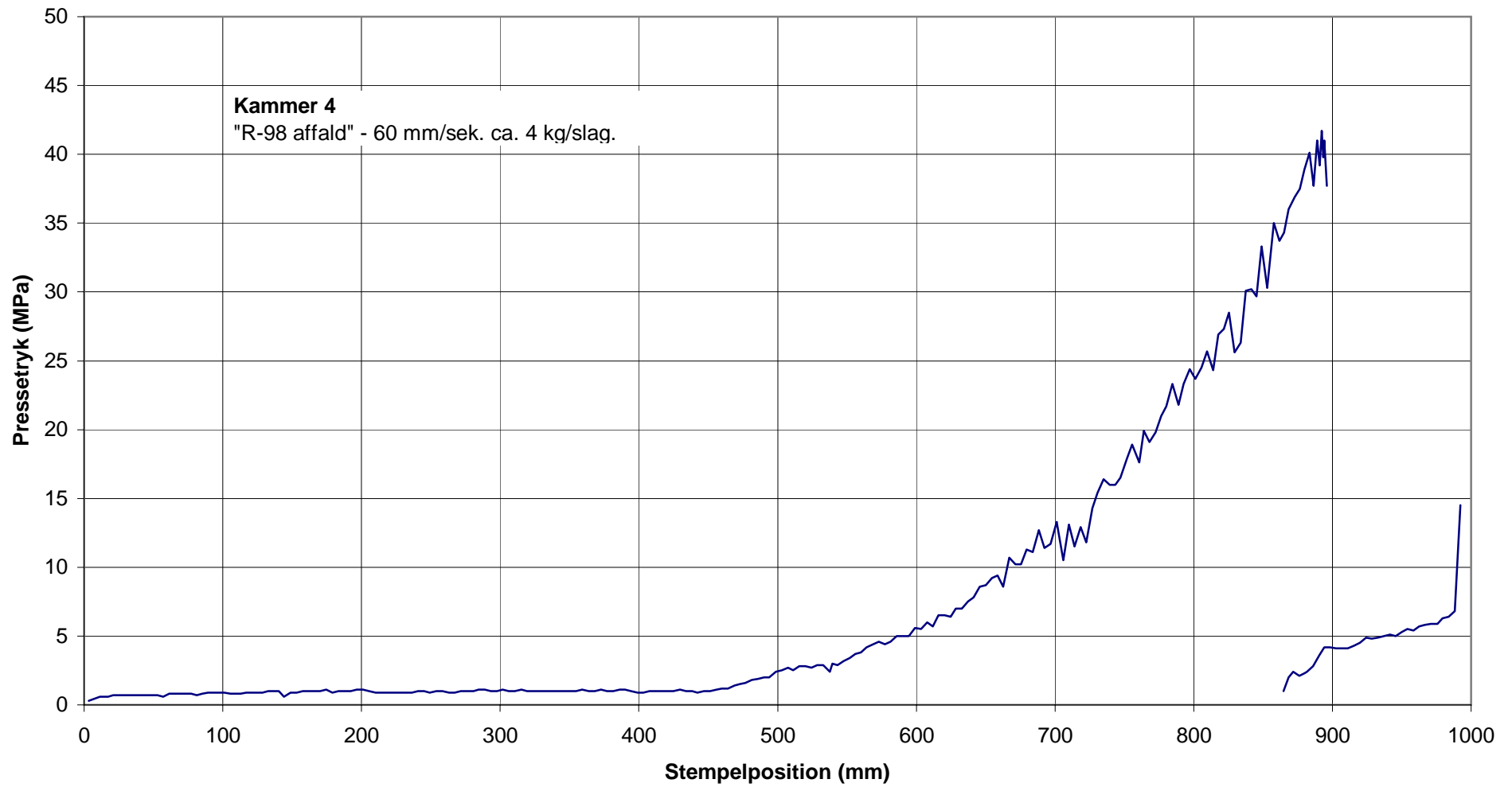
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 12-07-2002 kl. 11.48.37



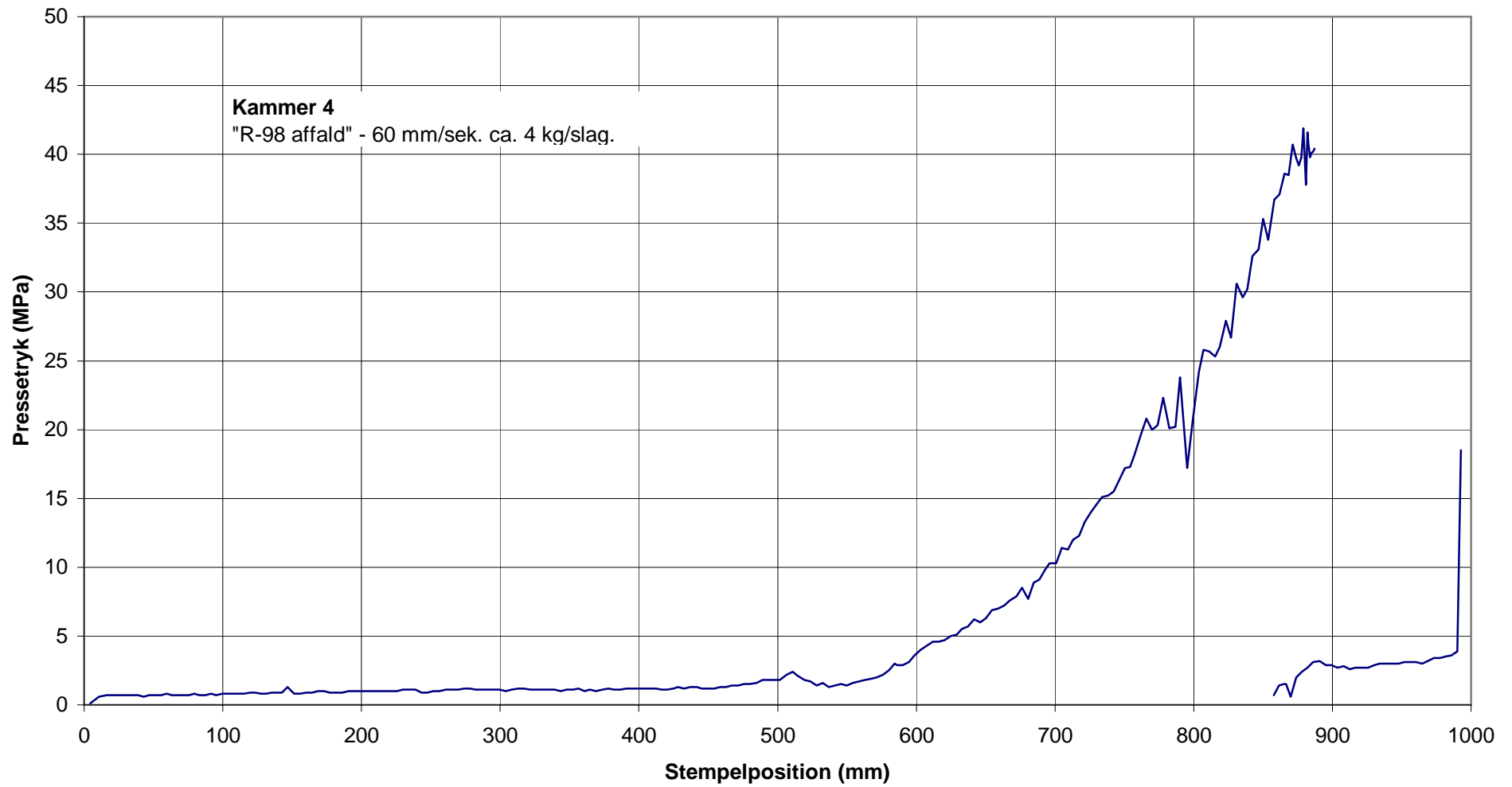
Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 18-07-2002 kl. 11.00.25



Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 18-07-2002 kl. 11.00.46



Pressetryk som funktion af stempelposition
AFAV den 18-07-2002 kl. 11.01.23



Til
Forbehandling af organisk
husholdningsaffald ved hydraulisk
stempelseparation



FORSØGSRAPPORT

1st FASE.

Indledning.

I denne forsøgsrapport beskrives resultaterne fra en række forsøg der er gennemført med separation og afvanding af organisk affald.

Forsøgene er gennemført på AFAV i tidsrummet 22/10 til 2/11 2001.

Forsøgene er gennemført af TK Energi AS.

Teknologisk Baggrund.

TK Energi AS har i en række tidligere projekter udviklet en højtryksafvander til gylle. Udviklingen blev støttet økonomisk af Energistyrelsens UVE og EFP programmer. Formålet med udviklingen af afvanderen var at udvikle en mekanisk afvander der kan afvande tørstoffet i gylle til en kvalitet så det kan bruges til brændsel uden yderligere tørring.

Højtryks afvanderen blev optimeret til afvanding forskellige typer gylle, og der blev opnået tørstof procenter i den afvandede gylle på 50-60 %.

Den udviklede afvander viste sig imidlertid at være behæftet med et kapacitets problem idet de "bløde" bestanddele i gyllen bliver presset ud sammen med væsken hvis trykket i afvandingskammeret bliver opbygget (for) hurtigt.

Politisk baggrund.

I fremtidens affaldshåndteringspolitik er der en række aktører der arbejder på at introducere biologisk forgasning som behandlingskoncept for det organiske affald.

Det forventes at der kan opnås en miljømæssig, en energimæssig og en selskabs økonomisk gevinst ved at behandle det organiske affald i biogasanlæg.

Om potentialet realiseres er blandt andet afhængig af om der kan udvikles en effektiv separation af det organiske affald, således at det biologisk forgasbare affald og vandet tilføres biogas processen mens det brændbare ikke biologisk forgasbare affald sendes til forbrænding med lavest muligt vandindhold.

Projektets formål.

Det er dette projekts formål at udføre forsøg med den ovennævnte hydrauliske stempelseparator for udskillelse af organisk affald, med henblik på at undersøge om den kan anvendes til separation og afvanding af organisk affald.

I det følgende kaldet stempelseparering af affald.

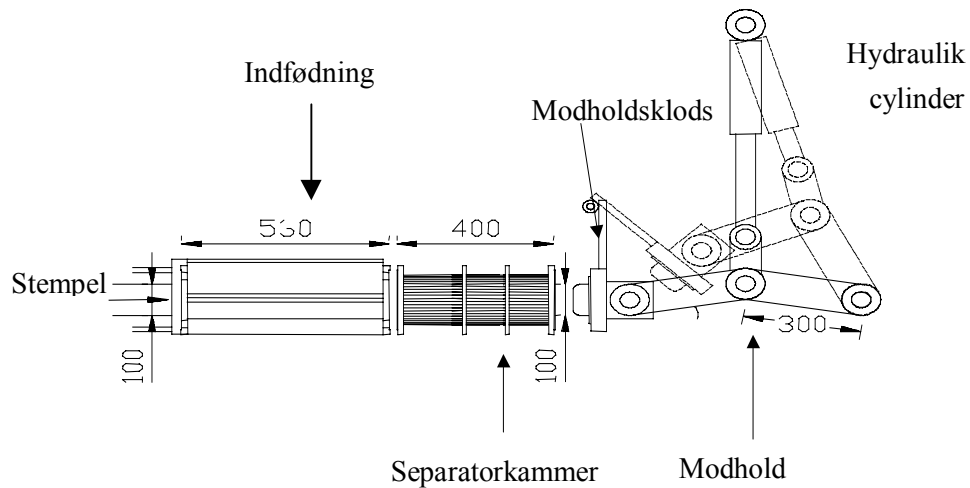
Projektets skal give en indledende vurdering af kvaliteten af den tørre og den våde fraktion fra stempelseparatoren.

Projektet skal desuden give en vurdering af potentialet i en stempelseparator der er optimeret til affalds separation.

Beskrivelse af Stempelseparatoren.

Den eksisterende stempelseparator er installeret i en 40 fods container med indbygget laboratorium. Selve stempelseparatoren består af:

- Stempel
- Indfødningskammer
- Separatorkammer
- Modholdsventil
- Hydraulikstation



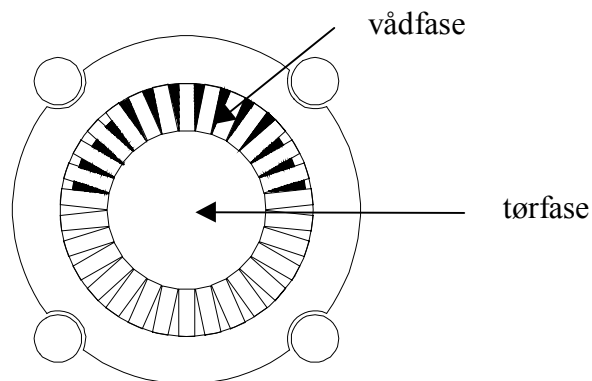
Figur 3. Stempelseparatoren.

Stempelseparatoren består af et 100 mm stempel der drives af en hydraulisk cylinder.

Et indfødningskammer for manuel indfødnings, med mulighed for let sammenpresning oppefra af materialet foran stemplet.

Et separatorkammer med langsgående spalter og et modhold der fungerer som fasttoft ventil.

Stempelseparatoren holdes sammen af 4 stagbolte.



Figur 4

Figur 4. Tværsnit af separator-kammeret med angivelse af tørfasens placering og med rester af vådfase imellem separator-kammerets fladjernslameller efter presningen.

Separator-kammeret er opbygget af langsgående fladjern. Et tværsnit i kammeret er vist på figur 2.

Spalterne var oprindeligt 0,5 mm. ved den inderste kant. Fladjernslamellerne er imidlertid deformeret således at spaltebredden nu varierer mellem 0,5 og 2-3 mm.

Faststof ventilen er opbygget som en knæledsventil. Formålet med at anvende knæledsprincippet er at opnå et tilstrækkelig højt paknings tryk til at tætte mod gyllen ved over 700 bar

Hydraulikstationen består af en totrins hydraulikpumpe.

Det første trin er en lavtryks transportpumpe der bruges til flytning af stemplet. Transportpumpen alene kan give stemplet en hastighed på op til ca. 60 mm pr. sekund.

Det andet trin er en variabel højtrykspumpe der bruges i separations fasen. Denne pumpe gør det muligt at variere stempelhastigheden med mellem 0 og 20 mm pr. sekund.

Stempelseparatorens funktion.

Det kilde sorterede affald der skal separeres placeres foran stemplet i indfødnings kammeret og modholds ventilen lukkes.

Derfra skubbes affaldet ind i separator-kammeret hvor det komprimeres samtidig med at vandet og en del af de bløde bestanddele af affaldet presses ud gennem de langsgående spalter i separator-kammeret kammeret.

Under denne sammenpresning vokser den kraft der påtrykkes affaldet.

Når trykket har nået den ønskede værdi åbnes modholds ventilen og det affald der ikke er presset ud gennem spalterne skubbes ud af enden af separator kammeret.

Den udpressede våde fraktion af affaldet som er presset ud gennem spalterne kaldes vådfasen og den tørre fraktion der tilbageholdes i separator kammeret kaldes tørfasen.

Beskrivelse af forsøgene.

Der er gennemført 12 forsøg med stempelseparering af kildesorteret husholdningsaffald og et forsøg med usorteret affald, i forbindelse med dette projekt.

Affaldsbeskrivelse.

Der er gennemført forsøg med 5 forskellige typer affald, betegnet A, B, C, D og E.

- A. Betegner den organiske del af almindeligt frisk husholdningsaffald sorteret i grønne plastposer.
- B. Betegner samme affald men med en kraftig papir sæk udenom de grønne poser.
- C. Betegner ugegammelt vådt affald af samme art som A.
- D. Betegner helt usorteret affald i klare plastposer.
- E. Betegner forbehandlet, ikke komposteret affald fra AFAV. Dette forelå som propper, kugler, trevler og kviste.

Forbehandling af affald.

Affaldet foreligger som kildesorteret affald i grønne plastposer.

Det var oprindeligt planen at affaldet skulle forbehandles af AFAV ved hjælp af en ombygget cementblander, det viste sig imidlertid at være sværere end forventet.

Poserne blev i stedet opskåret af TKE's medarbejdere i forbindelse med indfødingen, men affaldet blev ikke udsat for behandling herudover.

Forsøgsbeskrivelse.

For at udføre forsøgene så ensartet som muligt gennemføres de på følgende måde:

Ca. 25 kg afvejes i en plastbalje, og overføres manuelt til stempelseparatorens indfoder i mængder på en pose eller to ad gangen.

Poserne opskæres med 2-3 snit hvorefter affald og pose presses ned foran stemplet ved hjælp af en vægtarm.

Stempelseparatoren startes og stemplet presser affaldet ind i separator-kammeret; under det voksende tryk sprøjter vådfasen ud gennem spalterne og tørfasen forbliver inde i separator-kammeret.

Når trykket bag stemplet har nået en forudbestemt værdi går stemplet automatisk tilbage og processen kan gentages.

Med mellemrum åbnes modholderventilen, hvorefter en fast prop, tørfasen, kan skubbes ud ved hjælp af stemplet, gribes og lægges i en spand.

Når hele den afvejede mængde er behandlet i stempelseparatoren er al tørfasen opsamlet i en spand.

En del af vådfasen sprøjtes ned i en balje under separator kammeret.

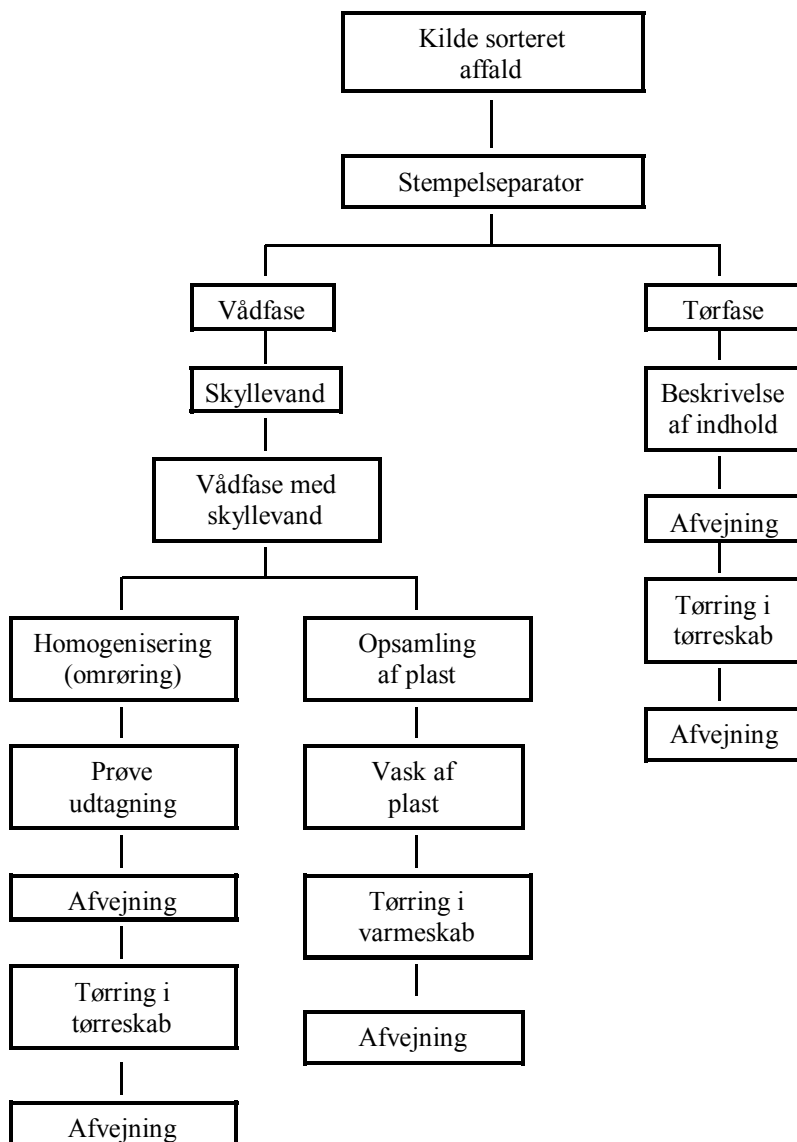
Dele af vådfasen er sprøjtet ud på afskærmningen og hænger der. Afskærmningen som er anbragt udenom separator-kammeret, består af en cylindrisk polykarbonatskærm; en mindre del af vådfasen hænger som vist figur 2, i spalterne på separator-kammeret.

Med en højtryksrenser forsynet med vandmåler spules skærmen og stempelseparatoren ren.

Den afskyllede vådfase og skyllevandet opsamles i baljen sammen med den øvrige vådfase.

Procesdiagram.

Nedenstående trædiagram beskriver handlingsforløbet i forbindelse med forsøgene.



Måleudstyr.

- Stopur
- 150 kg vægt af fab. OHAUS –INDIKATOR D1505, se. nr. 1K02150, med deling på 0,01 kg.
- 11 kg vægt af fab. Geniwigher GM 11, se. nr. EF 5988, med 1 g.
- 300 g vægt af fab. OHAUS E 300 J se. Nr. 1069, med 0,001 g. Ventilret ovn ca. 30 liter fab. Helios
- Ventilret ovn ca. 1200 liter af fab. Lytzen.

- 250 bar Manometre til måling af trykket i det hydrauliske system.

Forsøgsresultater fra Stempelafvanderforsøg på AFAV oktober 2001

Affalds- type og forsøg nr.	Vægt af indført affald (kg)	Antal grønne poser	Stempel hastig- hed (mm/s)	Presse- tryk (bar)	Vægt af våd fase (kg)	Våd fase andel af indført affald (%)	Tørstof- indhold våd fase (%)	Vægt af plast fra våd fase (g)	Plast andel våd fase (ppm)	Vægt af tør fase (kg)	Tør fase andel af indført affald (%)	Vægt af tørret tør fase (kg)	Andel tørstof i tør fase (%)	Samlet vægt af våd + tør fase (kg)	Svind i f.h.t. indført mængde (%)
B 1	22,50		78	487-712	18,80	84				3,97	18			22,71	-1
A 2	26,80	13	78	487-712	Forsøg stoppet										
A 3	20,59	14	3	487-712	13,32	65	37	7,43	558	6,68	32	3,32	48	20,18	2
A 4	25,40	11	7	487-712	19,49	77	32	11,35	582	5,88	23	2,83	48	25,37	0
C 5	25,60	13	10	487-712	19,15	75	30	9,46	558	5,20	20	2,69	52	24,35	5
A 6	25,70	14	14	227	17,87	70	34	6,35	355	7,67	30	3,93	51	25,54	1
A 7	4,50		40	250	2,40	53				1,90	42	0,91	48	4,30	4
A 8	4,53		40	125	2,90	64				1,28	28	0,54	42	4,18	8
E 9	7,62		15	670	4,10	54				3,02	40	1,54	51	7,12	7
E 10	4,38		40	486	2,10	48				1,72	39	0,96	56	3,82	13
D 11	5,30		40	712	1,78	34				3,20	60			4,98	
A 12	25,70	14	78	487	18,50	72				6,34	25			24,84	3
A 13	22,74	16	10	487	17,20	76				4,78	21			21,98	3

Bemærkninger til resultatskemaets kolonner.

Efter affaldet er separeret: Vådfasen og tørfasen, vejes hver for sig.

Ved bestemmelse af vådfasens vægt tages der højde for den anvendte mængde spulevand, og der opstilles en massebalance for de enkelte forsøg.

Svindet bestemmes som vægten af tilført affald, fratrukket vægten af de to faser

Beskrivelse af vådfase: Den igennem spalterne udpressede, og i baljen opsamlede, vådfase havde en tyk grødagtig karakter.

Små grønne plaststykker fra plastposerne kunne ses heri. Derudover fandtes kun forsvindende mængder anden plast i vådfasen.

Den samlede spulevandholdige vådfase havde karakter af tynd homogen vælling.

Vådfase. % tørstofindhold: Denne fremgår af resultatskemaet, og er bestemt ved udtagning af prøver på ca. 300 g fra den grundigt omrørte spulevandholdige vådfase.

Disse prøver, er herefter tørret i varmeskab ved 80⁰ C, formalet i morter og på ny tørret ved 90⁰ C til konstant vægt, og tørstofindholdet i vådfasen bestemt.

Den udtagne prøves vægt omregnes til den egentlige vægt af vådfaseprøven og tørvægten angives i % af denne.

Plast i vådfase, g: Vægten af plasten i vådfasen er bestemt ved opsamling af al plasten fra vådfase ved hjælp af si og pincet. Plasten er derefter omhyggeligt vasket, rensed og tørret ved 80⁰ C. og endelig vejat.

Det er kontrolleret at en ny plastpose ikke ændrer nævneværdig vægt ved den samme behandling.

Vådfase: plast ppm i vådfase: Al plast fundet i den samlede vådfase er efter vask, tørring og vejning angivet i ppm i forhold til den vejede og for vand korrigerede vægt af vådfase.

Beskrivelse af tørfase: Tørfasen var presset til meget kompakt tilstand og føltes temmelig tør.

Bestandelene var især plast, pap, blerester, engangshandsker, engangs vaskeklude og lejlighedsvis, især ved større mængder papir eller bleer, lidt tryk-indkapslet organisk materiale, f.eks. appelsinskal.

Tørfase % tørstofindhold: Tørstofindholdet i tørfasen er bestemt ved at den samlede mængde tørfase tørres i ventileret varmeskab. Derpå vejning indtil konstant vægt. Vægten af den tørrede fase er herefter angivet i % af vægten før tørring.

Korrektion for skyllevand: I forbindelse med opstillingen af de første massebalancer konstateredes et betydeligt svind.

Vandmålerens nøjagtighed blev kontrolleret ved vejning af en nøjagtig afmålt vandmængde, som blev spulet direkte i en plast balje.

Der viste sig at være god overensstemmelse mellem den afmålte vandmængde og vægten af dette vand.

En række forsøg med spuling af det rene separator-kammer, på samme måde som ved rensning og med ca. samme vandmængde som ved rensningen under forsøgene viste, at der forsvandt ca. 15 % af det anvendte vand gennem tåge og sprøjt.

En korrektion på -15% af de udmålte vandmængder ved de allerede udførte forsøg viste sig at give god overensstemmelse ved massebalancerne.

Denne korrektion er derfor anvendt ved de resterende forsøg.

Særligt om enkelte af forsøgene.

Specielt om forsøg B1: Ved starten af forsøgsrækken forefandt en tør papirsæk indeholdende grønne plastposer med kildesorteret husholdningsaffald.

Det blev besluttet at starte med at undersøge om processen kunne gennemføres på trods af den tørre papirsæk.

Sækken i kun delvis oprevet stand med poser uoprevet blev proppet i indfoderkammeret og presninger blev gennemført med op til meget store tryk / 712kg cm².

Store mængder papir og plast satte sig fast i separator-kammerets spalter og forårsagede tilstopning.

Tilstopningen nødvendiggjorde voldsom spuling med en større vandmængde end ved de øvrige forsøg hvilket har medført fejl i forhold til den korrektion for vand som ellers blev anvendt.

Jævnfør skemaets negative svind

Forsøg A2: Dette blev søgt udført lige efter B1, men måtte opgives og en særlig rensning af spalter, med udbrænding af papir og plast var nødvendig.

Forsøgene A7,8,-E9,10: Disse blev gennemført ene og alene som demonstrationsforsøg for en række gæster, og derfor af tidsmæssige årsager kun udført med små mængder affald.

Problemer ved stempelseparatoren.

Samtidig anvendtes forsøgsvis mindre stempel tryk som det fremgår af skemaet.

En visuel vurdering, som nok på grund af de små mængder må tages med forbehold, synes at antyde at lave tryk kan give mindre plastgennemblæsning og alligevel tilfredsstillende adskillelse i vådfase og tørfase.

Forsøg D11: Dette blev gennemført på en af professor Thomas Christensen medbragt portion ikke sorteret husholdningsaffald, som ikke blev nærmere beskrevet men som indeholdt bl.a. en kraftig plastbeholder. Denne kvastes fuldstændig og fandtes i stumper i tørfasen, mens vådfasen lignede de tidligere sete, men udgjorde en mindre vægt % af den samlede vægt af affaldet.

En kraftig tør papirsæk omkring de grønne plastposer giver en hurtig tilstopning af spalterne i separator-kammeret.

Et forsøg på ved meget højt tryk at blæse disse tilstopninger ud har givet en deformation

af den første del af lamellerne i separatorkammeret, dette har givet øget spalteafland mellem lamellerne, samt øget indvendig diameter i separatorkammeret.

Dette har medført at en del plast er blæst gennem spalterne, og at dele af vådfasen er blevet presset baglæns langs indfødningsstempleet tilbage i indfødningskammeret.

Konstruktivt har en svejst lukning af spalterne ved påsvejsningen af lamellerne givet anledning til opsamling af plast i den sidste ende af spalterne.

Ved knuder på plastposerne har kombinationen med deformation af lamellerne og den heraf følgende større spaltebredde ført til ekstra opfangning af plast i spalterne.

Konstruktive forbedringer.

- En konstruktion af separatorkammeret med spalterne fuldt åbne helt ud til modholdet, forventes at kunne gøre spalterne selvrensende da plast og papir i såfald vil have mulighed for at blive trukket ud med tørfase i tømningens cyklus.
- Da det nuværende modhold er konstrueret til at holde væsker tilbage og ikke som her tørt affald, vil en simplificering til et hurtigt glidelukke, sammen med en delvis automatisering af affaldstilførslen ved hjælp af en sneglekonstruktion kunne forøge kapaciteten på den nuværende stempelseparator betydeligt.

Potentiale.

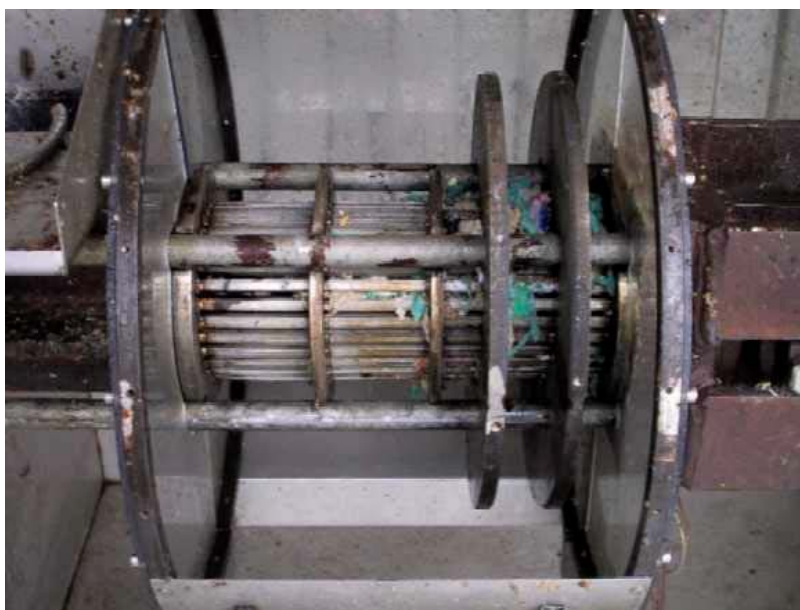
Ved at opskalere til et separatorkammer på 300 mm i diameter og 1500 mm i længden, vil det være muligt at behandle ca. 10 m³ affald pr time.

Konklusion.

Den eksisterende hydrauliske stempelseparator kan separere kildesorteret affald i en fraktion på ca. 75% af det tilførte affald med et tørstofindhold på ca. 35% og en fraktion på ca. 25% af det tilførte affald med et tørstofindhold på ca. 50% .

Den våde fraktion indeholder ca. 0,05% plast.

Der blev ikke fundet stumper af den klare plast i vådfasen



Figur 5 Stempelseparatorokammer med plastrester fanget i spalter



Figur 6 Vask af plastrester fra vådfase før vejning



Figur 7 Tørfase efter separering



Figur 8 Vådfase efter separering

Til
Forbehandling af organisk
husholdningsaffald ved hydraulisk
stempelseparation



Rapport over forsøg med udvikling og indkøring af snegleforbehandler til kildesorteret husholdningsaffald.

Denne rapport beskriver en række indledende forsøg med udvikling og indkøring af en snegleforbehandler til kildesorteret husholdningsaffald.

Forsøgene er udført af TK Energi AS for AFAV i november og december 2001.

Formålet med forsøgene.

Disse forsøg har til formål at vise om det er muligt at neddele og homogenisere forskellige typer husholdningsaffald således at dette er egnet til separering i stempelseparator som beskrevet i rapporten: *FORSØGSRAPPORT 1ST FASE*.

Konklusion.

2 typer bioaffald blev behandlet.

Kildesorteret bioaffald i grønne poser indsamlet i containere blev af snegleforbehandleren på ca. 20 min. bearbejdet til et gennemblandet og ensartet produkt, som er velegnet til færdigseparering i stempelseparator .

Kildesorteret bioaffald indsamlet i papirsække indeholdt ud over de grønne poser store mængder andet affald. I snegleforbehandleren blev papirsækkene i løbet af 1/2 time opsplittet i ca. 30 cm lange snoede stykker som fandtes grundigt opblandet med det øvrige affald.

Et forsøg på at færdigbehandle dette affald i den eksisterende defekte stempelseparator mislykkedes som følge af tilstopning i separatorkammeret.

Baggrund for forsøgene.

Der er udført en række lovende forsøg på separering af kildesorteret husholdningsaffald ved hjælp af en stempelseparator med det formål at separere affaldet i en fraktion kaldet biomasse, som kan føres direkte til bioforgasning, samt et reject som kan føres til forbrænding med stærkt reduceret vægt i forhold til vægten af det oprindelige affald.

Dette anlæg skal nu udbygget til et kontinuert behandlingsanlæg hvori sidste trin før separatoren er en snegleforbehandler som skal gøre det muligt at føde separatoren kontinuerligt med affald i en for separatoren egnet tilstand.

Snegleforbehandleranlægget

Snegleforbehandleren, vist i længdesnit på vedlagte tegning, er opbygget af forhåndenværende komponenter hos TK Energi og er udført af 5mm jernplade som et vandret liggende 8-kantet trug: 2000 mm langt og 500 mm bredt. Truget er åbent foroven i fuld længde.

På trugets vægge og bund er svejset et antal medbringere af 10 x10 mm jern i 400 mm's længde og med afrundede ender, medbringerne er monteret således, at de er vinkelrette på sneglegængen som er midt for medbringeren.

I truget er anbragt en snegl med yderdiameter 450 mm og længde 1500 mm hvis aksel er ført gennem den ene lodrette endevæg og udenfor kammeret ophængt i 2 svære lejer.

Akslen er sammenbygget med en hydraulikmotor med følgende data:

Max intermitterende tryk 293 bar, moment 11,7 Nm/bar, max kontinuert omdrejningstal 400 r/min.

Sneglekammerets modsatte ende er en ligeledes lodret væg, forsynet med en tophængslet lem som dækker en åbning med samme størrelse som sneglens diameter.

I sneglekammeret kan der fyldes affald over hele længden.

Der er svejset ben på hele anlægget således at tømning af kammeret til en balje anbragt direkte på gulvet under lemmen uden videre kan finde sted.

Anlægget er opstillet i en hal ved siden af TKE's container og forbundet med hydraulikslanger til hydraulikanlægget i containeren.

Prøvekørsel tom.

Efter opstilling blev apparaturet prøvekørt tomt, en hastighed svarende til 40 r/min. er tilstrækkelig til at opfylde den skønnede nødvendige kapacitet for snegleforbehandleren.

Kørsel ved dette omdrejningstal foregik meget stilfærdigt og støjsvagt og denne hastighed blev derfor valgt til de efterfølgende forsøg.

Prøvekørsel 1.

Hertil blev anvendt frisk indbragt kildesorteret affald i grønne poser leveret af traktor i de opstillede baljer. Affaldet blev afvejet i mindre portioner (23,3 39,0 47,8) kg. i alt 110.1 kg og fyldt i truget mens sneglen kørte.

Sneglen skubbede som forventet affaldet op mod endeflader af truget, affaldet blev presset helt op til kanten for enden af truget og en mindre del faldt tilbage over sneglen, indholdet faldt ud af poserne, som for de flestes vedkommende ikke blev revet itu.

Konstruktionsændring 1.

Ved udgangsenden af truget blev sidevæggene forhøjet med trekantede stykker jernplade med kateter på 480 mm, og for at opnå at affaldet faldt tilbage over en større del af sneglelængden blev en plade med længde 675mm i fuld bredde svejst ovenpå disse ved udgangsenden af truget.

Prøvekørsel 2.

Ved en ny prøvekørsel blev der med roterende snegl fyldt yderligere (22,24 17,34 24,47 33,77 32,62 44,39) kg i. Totalt 284,9 kg.

Alt affaldet blev presset mod trugets endeflade og videre op herfra til det stødte mod den skråstillede overliggende plade. Herved blev affaldet ført noget længere ind over sneglen før det faldt ned ca. en gængeomgang inde over sneglen.

Oprivningen foregik pænt, med udmærket tømning af plastposer og kun lidt iturivning af selve plastposerne.

Med henblik på udførelse fra sneglekammeret blev endelemmen åbnet. Trykket på lemmen var lille og kun meget lidt affald blev presset ud.

Sneglens evne til at trykke affaldet mod endeflader var trods det opadløftede materiale så lille, at en afkortning af truget i forhold til sneglelængden var påkrævet.

Snegletruget blev herefter tømt manuelt ved stillestående snegl, materialet var pakket temmelig hårdt sammen og måtte vrikkes løs med jernstang og skovl, og det var for at kunne foretage tømningen nødvendigt først at afskære de ekstra jernplader som forinden var svejset på.

Konstruktionsændring 2.

Forsøget viser klart at truget skal afkortes kraftigt i forhold til sneglelængden.

Der blev med vinkelsliber skåret 380 mm af snegletruget, endepladen og den hængslede klap samt de to trekanter med den overliggende dækplade som forhøjede enden af truget blev atter svejst på.

Prøvekørsel 3.

Der blev med stillestående snegl fyldt (22,43 23,47 13,81 15,5 16,71 13,51 25,73) i alt 131 kg i truget. Hydraulikflowet blev justeret svarende ca. 40 r/min.

Det på sikkerhedsventilen indstillede tryk på ca. 180 bar viste sig at være utilstrækkeligt.

Trykket blev herefter sat i vejret indtil sneglen startede ved et tryk på ca. 220 bar. Motoren vred kortvarigt kraftigt imod monterings stativet uden at dette tog skade.

Affaldet blev behandlet i ca. 20 min.

Snegletruget blev herefter uden problemer tømt af den roterende snegl ved at man åbnede endeklappen.

Konstruktionsændring 3.

For at muliggøre større fyldning af truget blev forhøjelsen af sidestykkerne med 390 mm udført over yderligere 490mm af længden. Længden kun begrænset af at en bekvem manuel fyldning fortsat skulle være mulig.

Prøvekørsel 4.

Med stillestående snegl blev der fyldt op igen med i alt 164 kg.

Sneglen var som tidligere ikke i stand til at rotere ved 180 bar, ved tryk på 240 bar blev et syltetøjsglas som havde at sig i klemme knust og sneglen startede.

Affaldet blev løftet op ved enden af sneglen fulgte dækpladen bagud og faldt ned ca. 400 mm fra start af snegle gænger, svarende til ca. en gænge inde på sneglen, hvorefter det på ny blev ført frem af sneglen, resultatet blev en slags æltning af affaldet.

Sikkerhedsventilen blev sat til 180 bar, men sneglen kørte fint ved knap 100 bar, dog førte forskellige emner til trykforhøjelse, og endnu et syltetøjsglas satte trykket op til nær 180 bar.

Behandlingstider på 15 – 20 min. medførte en nogenlunde ensartet konsistens og en efter vor hidtidige erfaring passende grad af oprivning til, at affaldet kunne behandles i stempelseparator. Der kunne opnås endnu bedre tilbageblanding af affaldet under kørslen ved større fyldningsgrad. Dette blev afprøvet med op til ialt ca. 250 kg fyldt i under drift.

Prøvekørsel 5. med ny affaldstype.

Affaldet blev udvalgt og leveret i hallen af AFAV i form af bioaffald indsamlet i papirsække.

Det bestod overvejende af papirsække med indhold af grønne plastposer med husholdningsaffald men også meget andet: Herunder konservesdåser af forskellig størrelse, store plastdunke,

rødbedeglas, batterier, aviser, ugeblade, telefonbøger og mange almindelige indkøbsposer af plast. En stor del af dette meget varierede indhold blev først synligt under opsplittningen i snegleforbehandleren.

Det leverede affald blev mens sneglen kørte kastet direkte i snegletruget.

Efter ca. 20 min's behandling fremtrådte affaldet langt mere tørt end det tidligere behandlede kildesorterede affald i grønne poser.

Papirsækkene lå efter behandlingen i ret store stykker, ofte snoet og lignede næsten tovværk. Længder op til 30 cm forekom almindeligt.

Både grønne plastposer og almindelige plastposer blev stort set tømt for indhold og kun i begrænset omgang revet i stykker, og affaldet fremtrådte godt blandet, men med et betydeligt indhold af fremmedelementer i forhold til hvad vi hidtil havde fundet i det affald som blev leveret i form af grønne plastposer med indhold.

Forsøg med stempelseparator.

Stempelseparatorens kammer er som nævnt i en tidligere rapport deformeret og stærkt slidt.

Som det tillige er rapporteret mislykkedes forsøget på uden forbehandling at separere affald leveret i papirsække, idet separator-kammerets spalter blev tilstoppet af papir og plast.

Da papirsækkene i denne forsøgserie imidlertid er blevet revet itu, forsøgte vi alligevel at sende dette affald gennem stempelseparatoren..

Snegletruget blev åbnet for enden og sneglen pressede behandlet affald ud så det var let at opfange i en balje. Der blev udvejet en række portioner à ca. 10 kg.

En mindre del af en portion blev lagt i stempelseparatorens indføderkammer og presningen blev startet.

Separatorstemplets fremløbshastighed blev sat til 75 mm/s og afbrydertrykket sat svarende til ca. 480 bar i separator-kammeret.

I stempelseparatoren skete hurtigt en tilstopning af spalterne i kammerets fjerneste ende.

Rejectet blev trykket ud og den videre fyldning af indføderkammeret skete i små portioner og med hyppig udtrykning af reject. Alligevel blev tilstopningen hurtigt forværret.

I alt blev der presset 14 gange og rejectet blev udtrykket 6 gange. Efter få presninger gled en grødagtig biomasse tilbage langs stemplet og måtte manuelt lægges ned i indfyldningskammeret igen før næste presning, hvor det samme gentog sig.

Separator-kammeret blev hurtigt helt tilstoppet og det viste sig umuligt at få den sidste del af det tilbagepressede materiale igennem kammeret.

Al den opsamlede biomasse forekom mere tør end ved de tidligere forsøg med affald uden papirsække.

Det opsamlede reject blev under udtrykningen fugtet af væske som fulgte med stemplet frem gennem det tilstoppede kammer under udtrykningen.

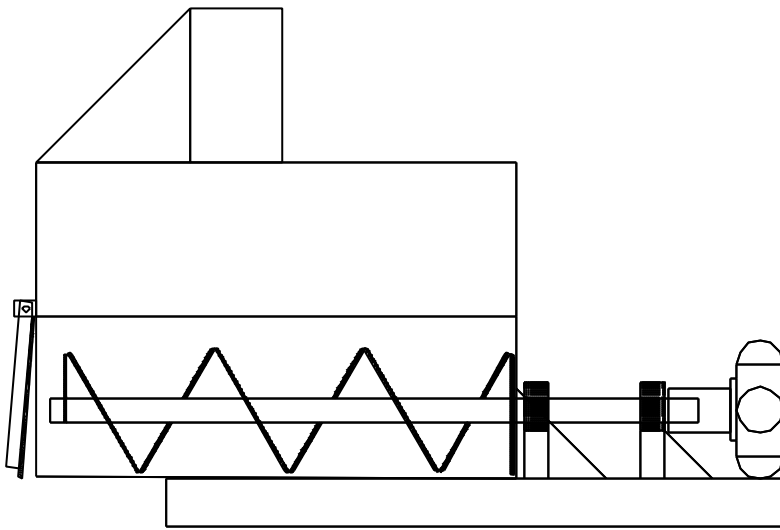
Spalterne i kammeret var tilstoppet især af papir, men også af en del plast.

En fortsættelse af forsøget med yderligere materiale ville kræve en udbrænding af fasthængende affald fra separator-kammeret ligesom det var nødvendigt ved det tidligere forsøg med affald i papirsække.

Separator-kammeret vil efter udbrænding stadig være defekt, hvorfor yderligere forsøg med dette kammer vil være uden værdi.

Efter samtale med TK blev Stampe kontaktet om problemet ved at køre papirsække gennem det gamle deformerede separator-kammer. Stampe accepterede en standsning af forsøget.

Denne forsøgsrække var hermed afsluttet.



Karakterisering af biomasse og rejekt fra forbehandling med stempelseparator, AFAV, Sommeren 2002

Trine Lund Hansen, Søren Gabriel & Thomas
Højlund Christensen, Miljø & Ressourcer, DTU,
Danmarks Tekniske Universitet

Indhold

1	PRØVETAGNING	5
2	FORBEHANDLINGSEFFEKTIVITET	6
2.1	FORDELING AF BIOMASSE OG REJEKT	6
2.2	REJEKT	6
2.3	SAMMENSTILLING AF RESULTATER FOR AFFALD FRA HOVEDSTADSOMRÅDET	7
3	KEMISKE ANALYSER	10
3.1	KOMPONENTANALYSER	10
3.2	TUNGMETALLER OG MILJØFREMMEDE STOFFER	11
4	BIOGASPOTENTIALER	12
5	REFERENCELISTE	15

1 Prøvetagning

I forbindelse med forsøgene med separation af kildesorteret organisk husholdningsaffald på AFAV har Miljø & Ressourcer, DTU, Danmarks Tekniske Universitet, udtaget og analyseret prøver af biomasse og rejekt fra forbehandling med stempelseparator på AFAV, se tabel 4.

De fire af prøverne består af sammenhørende biomasse og rejekt (markeret B og R) fra to forskellige prøvekørsler af affald på AFAV. Affaldet er separeret i forskellige separationskamre under forskelligt tryk. Disse prøver er suppleret med en enkelt prøve af biomasse, der yderligere er behandlet i en snegleseparator (AFAV_renset). Rejektet fra snegleseparatoren indgår ikke i undersøgelsen.

For at muliggøre sammenligning af den anvendte stempelseparator med de separationsteknikker, der indgår i Miljøstyrelsens igangværende forsøg, /1/ og /2/, er der i et forsøg behandlet affald fra samme opland i Hovedstadsområdet, som indgår i Miljøstyrelsens forsøg. Biomasse og rejekt fra dette affald indgår som to prøver i denne undersøgelse.

Tabel 4: Oversigt over analyserede prøver

Prøvenavn	Dato for prøvetagning	Affaldets oprindelse	Kammer (spaltebredde + tryk)
AFAV_1_B	7. juni 2002	AFAV	0,25mm, 450 bar
AFAV_1_R	7. juni 2002	AFAV	0,25mm, 450 bar
AFAV_2_B	28. juni 2002	AFAV	0,xx mm, 260 bar
AFAV_2_R	28. juni 2002	AFAV	0,xx mm, 260 bar
AFAV_Ho_B	6. juni 2002	Hovedstadsområdet	0,25mm, 325 bar
AFAV_Ho_R	6. juni 2002	Hovedstadsområdet	0,25mm, 325 bar
AFAV_renset	28. juni 2002	AFAV	0,xx mm, 260 bar + snegleseparator

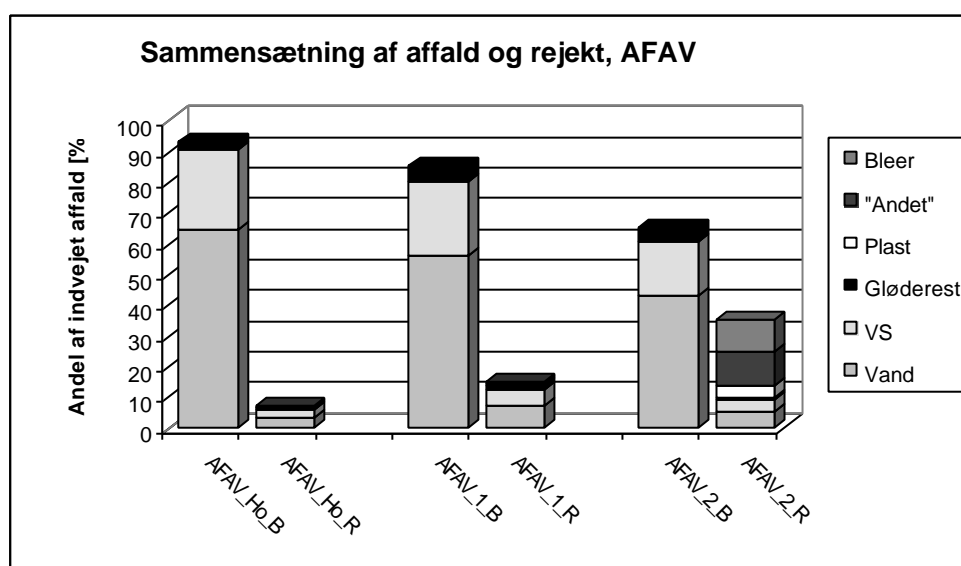
I forbindelse med prøvetagningen er forsorteringens effektivitet (fordeling på biomasse og rejekt) opgjort for de prøver, hvor der også er udtaget prøver af rejektet.

2 Forbehandlingseffektivitet

2.1 Fordeling af biomasse og rejekt

Fordelingen af biomasse og rejekt og sammensætningen af de enkelte fraktioner er væsentlige parametre ved optimering af en forbehandlingsmetode til kildesorteret organisk husholdningsaffald.

I figur 9 er biomassen fra forbehandling af de tre affaldsprøver på AFAV afbilledet sammen med det tilhørende rejekt. Højden af søjlerne viser, hvor stor andel af den totale affaldsmængde den enkelte fraktion udgør. Biomassen er opdelt i vand, VS og gløderest, da der ikke er foretaget yderligere sortering af denne fraktion. Mængden af plast og "andet" (hovedsageligt metal) i biomassen vurderes ud fra en visuel bedømmelse at være så lille, at den ikke ville fremgå af figuren. Andelen af VS i biomassen udgør omkring en tredjedel for alle tre prøver. Data fremgår af bilag 2.



Figur 9: Sammensætning af biomasse og rejekt efter forbehandling af kildesorteret organisk husholdningsaffald på AFAV.

2.2 Rejekt

Efter prøvetagningen blev rejektet sorteret i tre fraktioner: Organisk, plast og "andet". Fraktionen "andet" indeholdt hovedsagelig fejlsorteringer i form af metal. Af hensyn til den videre oparbejdning af den organiske fraktion af rejektet var det nødvendigt også at inkludere bleer (våd vægt) i "andet". I rejektet fra AFAV_2 var mængden af bleer dog så stor, at det blev bestemt at opføre denne fraktion for sig selv. Tabel 5 viser sammensætningen af de enkelte rejektprøver.

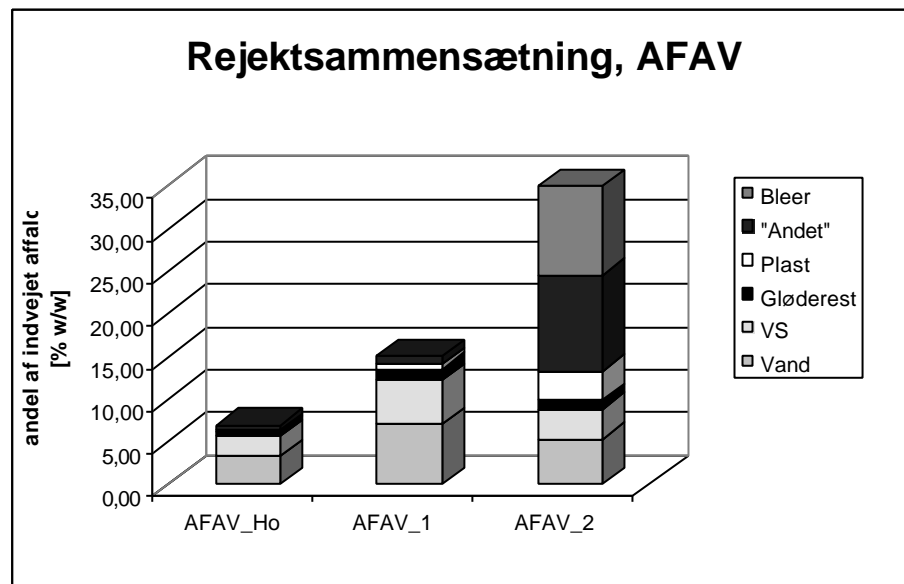
Tabel 5: Sammensætning af rejejtprøver. Hver fraktion er angivet som % (w/w) af rejejtmassen

Prøvenavn	Andel af affald [% w/w]	Organisk [% w/w]	Plast [% w/w]	"Andet" [% w/w]	Bleer [% w/w]
AFAV_Ho_R	7	88	3	9	i.m.
AFAV_1_R	15	90	4	6	i.m.
AFAV_2_R	35	28	10	32	30

Som det ses i tabel 5 afviger rejejtet fra AFAV_2 fra de øvrige rejejter ved en betydelig fraktion af "andet" (fejlsortering i form af store metalstykker fra dåser og lignende) samt væsentligt flere bleer end i de øvrige rejejtprøver. Denne forskel vil ikke kunne ses på de kemiske analyser eller biogaspotentialerne, da disse analyser udelukkende udføres på den organiske fraktion.

Figur 10 viser sammensætningen af de tre rejejter opgjort på basis af den indvejede mængde affald. Søjlernes højde udgør rejejtets procentmæssige andel af det indvejede affald. Vand, VS og gløderest af organisk stof udgør tilsammen det organiske stof i rejejtet. Der vil ligeledes forefindes en vis del VS og vand i fraktionen "bleer", men dette er ikke medregnet i "vand" og "VS", der udelukkende er baseret på den organiske fraktion af rejejtet.

Der ses store variationer mellem de enkelte rejejtprøver både med hensyn til mængde og sammensætning. Især skiller AFAV_2_R sig ud. Ved separationsprocessen er opnået et restindhold af vand i rejejtet (der går til forbrænding) på omkring 50%. I rejejtet fra AFAV_2 udgør andelen af vand fra det organiske stof væsentligt mindre (15% w/w) pga. det forholdsmæssigt lavere indhold af organisk stof i dette rejejt.



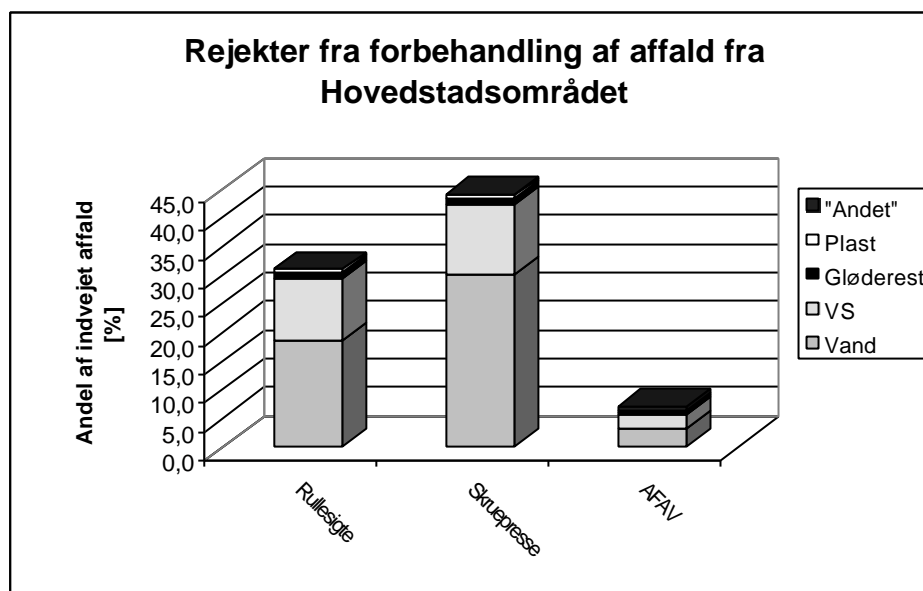
Figur 10: Sammensætning af rejejter fra affald forbehandlet på AFAV. Mængderne er opgjort som % af det indvejede affald.

2.3 Sammenstilling af resultater for affald fra Hovedstadsområdet

For at sammenligne effektiviteten af stempelseparatoren med andre forbehandlingsmetoder er affald fra Hovedstadsområdet forbehandlet med stempelseparator på AFAV. Affald fra samme område er i forbindelse med

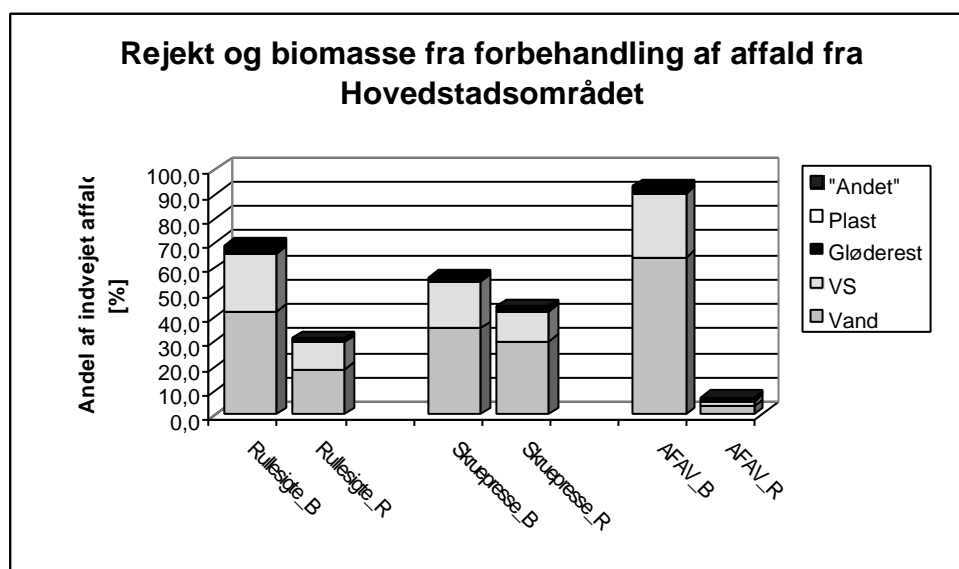
udførelse af /1/ og /2/ behandlet ved de øvrige forbehandlingsmetoder (rullesigte, skruepresse og shredder + magnet). Tidsmæssig forskydning af forsøgene gør dog, at der kan være nogen forskel i det undersøgte affald.

Figur 11 sammenligner rejekter fra organisk affald fra Hovedstadsområdet forsorteret med henholdsvis rullesigte, skruepresse og forsorteringen på AFAV /1/, /2/. Forbehandling med shredder + magnet er ikke medtaget i denne figur, da rejecktængden herfra er meget lille (<1%) og derfor ikke er undersøgt nærmere.



Figur 11: Sammenligning af rejecktængde og sammensætning for forskellig forbehandling af kil desorteret organisk husholdningsaffald indsamlet i Hovedstadsområdet.

Alle tal for rullesigte og skruepresse er gennemsnitstal for fire målinger, mens tallene for AFAV forbehandlingen bygger på en måling. Figuren viser, at rejecktængden er langt mindst fra forbehandlingen hos AFAV. Der er ligeledes forskel på sammensætningen af rejekterne fra de tre forbehandlinger. I Figur 12 inkluderes biomassen fra de samme forsøg.



Figur 12: Sammensætning af biomasse og rejekt efter forbehandling af kil desorteret

organisk husholdningsaffald indsamlet i Hovedstadsområdet forbehandlet med tre forskellige forbehandlingsmetoder.

Figur 4 viser, at sammensætningen af rejekt og biomasse er meget afhængig af den benyttede forbehandlingsmetode. Forbehandlingen på AFAV resulterer i en lidt vådere biomasse og et tørrere rejekt end ved de to øvrige forbehandlingsmetoder. Således er vandindholdet i biomassen 69% efter forbehandling på AFAV mod hhv. 61 og 63% for rullsigte og skruepresse. For rejektet er vandindholdet i den organiske fraktion 47% efter forbehandling på AFAV mod hhv. 60 og 68% for rullsigte og skruepresse. Disse tal fremgår af bilag 2 og 3.

For alle tre forbehandlingsmetoder udgør VS indholdet i både biomasse og rejekt vægtmæssigt omkring en tredjedel (tallene fremgår af bilag 3). Dermed afhænger andelen af VS i de forskellige fraktioner af fordelingen mellem biomasse og rejekt efter forbehandling. En lille rejektmenge vil derfor betyde, at størstedelen af VS fra det kildesorterede affald ender i biomassen.

Ud fra tallene i bilag 2 og 3 kan andelen af VS i biomasse og rejekt beregnes for de tre forbehandlingsmetoder. Det ses, at forbehandlingen på AFAV medfører, at 92% af det totale VS-indhold går i biomassen, mens det for rullsigte og skruepresse er hhv. 68 og 61%.

3 Kemiske analyser

Der er udført komponentanalyser på samtlige biomasse- og rejektprøver. Analyser for tungmetaller og miljøfremmede stoffer er udført på biomasseprøverne. Alle kemiske analyser er udført på tørrede og neddelte prøver (pulverform) for at sikre, at prøverne er så repræsentative og homogene som muligt. Analyserne er udført af DTU, Eurofins, Alcontrol og DLG Centrallaboratorium. Metodebeskrivelser for de enkelte analyser findes i /1/.

3.1 Komponentanalyser

Analyser for enkeltkomponenter er udført på biomasseprøverne samt de tre rejekter. Disse resultater fremgår af tabel 6. Her ses ingen væsentlig variation mellem de forskellige biomasseprøver. Rejektprøverne adskiller sig fra biomasseprøverne ved et lavere kvælstofindhold og lidt lavere brændværdi.

Tabel 6: Indhold af enkeltkomponenter i biomasse og rejejt. Analyserne af rejektet er foretaget på den organiske delfraktion.

	TS	VS	K	TotP	TotN	C	H	S tot	Brændværdi	Cl
Biomasse	% (w/w)	% af TS	% af TS	% af TS	% af TS	% af TS	% af TS	% af TS	MJ/kg TS	g/100 g
AFAV_Ho_B	31	89	1,0	0,3	2,3	47,0	7,1	0,2	20,9	0,7
AFAV_1_B	34	83	0,9	0,3	2,5	46,0	6,8	0,2	19,3	0,6
AFAV_2_B	34	78	0,8	0,3	2,3	44,0	6,5	0,2	18,1	0,5
AFAV_rensset	26	78	1,2	0,4	2,9	45,0	6,6	0,3	18,8	1,1
Rejejt										
AFAV_Ho_R	47	81	0,7	1,3	1,8	43,0	6,2	0,2	17,6	0,5
AFAV_1_R	48	81	0,6	0,3	2,0	44,0	6,3	0,2	18,5	0,2
AFAV_2_R	46	79	0,5	0,3	1,6	42,0	6,0	0,2	16,2	0,3

Tabel 7 viser resultater fra analyser af forskellige komponenter i biomasse- og rejejtprøverne (fedt, protein, træstof, stivelse, sukker og enzymfordøjeligt organisk stof, EFOS). Ud fra tallene i tabellen ses ingen stor variation mellem de forskellige biomasseprøver. Dog har den rensede biomasseprøve (sneglebiomassen) et lidt højere indhold af fedt og protein og dermed et forholdsvist lavere indhold af træstof end de øvrige prøver.

Tabel 7: Indhold af fedt, protein, træstof og aske i biomasseprøverne.

		Råfedt	Råprotein	Træstof	Stivelse	Sukker	EFOS
Biomasseprøver		% af TS	% af TS	% af TS	% af TS	% af TS	% af TS
020606	AFAV_Ho_B	11	14	26	11	4	98
020607	AFAV_1_B	10	14	27	8	3	90
020628	AFAV_2_B	12	14	21	9	2	88
020628	AFAV_rensset	16	17	9	10	2	100
Rejejtprøver							
020606	AFAV_Ho_R	10	11	34	5	2	92
020607	AFAV_1_R	5	11	31	6	3	82
020628	AFAV_2_R	5	10	29	7	2	73

3.2 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer

Biomasseprøverne blev analyseret for miljøfremmede stoffer og tungmetaller. Resultaterne fremgår af tabel 8. Der er ingen problemer med overholdelse af gældende grænse- og afskæringsværdier for de analyserede prøver.

Tabel 8: Indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i biomassen

	<i>AFAV 1</i>	<i>AFAV 2</i>	<i>AFAV Ho</i>	<i>AFAV rensset</i>	<i>Kravværdier</i>
Tungmetaller	[mg/kg TS]				Max. /3/
Bly	11	7	4,7	10	120
Cadmium	0,15	0,19	0,18	0,18	0,80
Chrom	14	8,5	17	30	100
Kobber	27	96	25	120	1000
Kviksølv	0,043	0,022	0,033	0,04	0,80
Nikkel	21	9	17	19	30
Zink	58	100	66	160	4000
Blødgørere	[mg/kg TS]				
DEHP	10	27	16	30	50
Nonylphenoler	[mg/kg TS]				
Nonylphenoler	1,9	2,7	2,3	5,6	
Nonylphenolmonoethoxylater	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	
Nonylphenoldiethoxylater	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	
Sum	1,9	2,7	2,3	5,6	30
PAH	[mg/kg TS]				
Acenaphthen	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	
Fluoren	<0,020	<0,020	<0,020	0,23	
Phenanthren	<0,25	0,028	0,044	0,059	
Fluoranthren	<0,05	0,024	0,032	0,07	
Pyren	<0,35	<0,05	<0,1	<0,15	
Benz(b+j+k)fluoranthren	<0,05	0,037	0,038	0,049	
Benzo(a)pyren	<0,020	<0,020	<0,020	0,036	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	
Benzo(g,h,i)perylene	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	
Sum	i.p.	0,089	0,11	0,44	3,0
Linære alkylbenzensulfonater	[mg/kg TS]				
LAS	<250	<400	<350	<250	1300

4 Biogaspotentialer

Der er målt biogaspotentialer efter DTU's metode på alle 7 prøver, dvs. 4 prøver på biomasse og 3 prøver på rejekt. Metoden omfatter termofil bioforgasning i batch ved 55°C i 50 dage. Alle prøver udføres i triplikater, og der benyttes podemateriale fra Vegger Biogasanlæg. Metanindholdet i de enkelte batch måles jævnlgt gennem forsøgsperioden, og resultaterne opgives i Nm³ CH₄/t VS. Ud fra dette kan metanpotentialet for biomassen og det kildesorterede organiske husholdningsaffald beregnes. For nærmere beskrivelse af metoden henvises til /1/.

Tabel 9 viser de målte metanpotentialer. De angivne værdier er gennemsnit af triplikater, og der er stor spredning på resultaterne indenfor den enkelte prøve (se bilag 1). Desuden er en del af potentialerne meget høje (højere end det teoretiske potentiale, der kan beregnes ud fra de kemiske analyser). Der kan ikke umiddelbart gives en forklaring på de dårlige analyseresultater, og det betyder, at der ikke kan lægges afgørende vægt på de enkelte værdier. Det anbefales, at disse analyser laves om. DTU har prøver af det relevante affald i fryseren, men analysen strækker sig over 50 dage og kan tidligst påbegyndes i oktober/november 2002.

Tabel 9: Biogaspotentialer for biomasse- og rejektprøver. Tallene er gennemsnitstal for de kørte triplikater (se bilag 1). I søjle 1 er metanen opgjort pr tons VS, i søjle 2 pr tons våd biomasse og i søjle 3 pr tons vådt kildesorteret affald (beregninger fremgår af bilag 1).

Prøvenavn	Metanpotentiale [Nm³/t VS]	Metanpotentiale [Nm³/t biomasse]	Metanpotentiale [Nm³/t kildesor. affald]
AFAV_Ho_B	448	124	115
AFAV_Ho_R	659	221*	
AFAV_1_B	489	138	117
AFAV_1_R	385	135*	
AFAV_kompost	467	140	
AFAV_2_B	747	198	129
AFAV_2_R	520	53*	
AFAV_rensset	579	117	45

*Metanpotentialet er målt på den organiske fraktion af rejektet, men angivet pr ton rejekt (total). Det antages dermed, at de øvrige rejektfraktioner ikke indeholder direkte tilgængeligt metan.

Ud fra de kemiske analyser af biomassen og den organiske del af rejekterne (indhold af fedt, protein, kulhydrater og træstof) er det muligt at beregne et teoretisk metanpotentiale for hver enkelt fraktion. Ved batchforsøg antages det, at det er muligt at opnå omkring 85% af dette potentiale /1/. På grund af usikkerheden på de målte metanpotentialer er det valgt at lægge de teoretiske metanpotentialer til grund for videre beregninger, se tabel 10.

Tabel 10: Biogaspotentialer for biomasse- og rejektprøver baseret på teoretiske metanpotentialer beregnet ud fra de udførte kemiske analyser.

Prøvenavn	Teoretisk metan-potentiale [Nm³/t VS]	Opnåeligt metan-potentiale [Nm³/t VS]	Metan-potentiale [Nm³/t biomasse]	Metan-potentiale [Nm³/t kildesor. affald]
AFAV_Ho_B	471	400	110	103
AFAV_Ho_R	482	410	137*	-
AFAV_1_B	473	402	113	96
AFAV_1_R	436	371	130*	-
AFAV_2_B	496	422	112	73
AFAV_2_R	443	377	38*	-
AFAV_renset	542	461	93	36

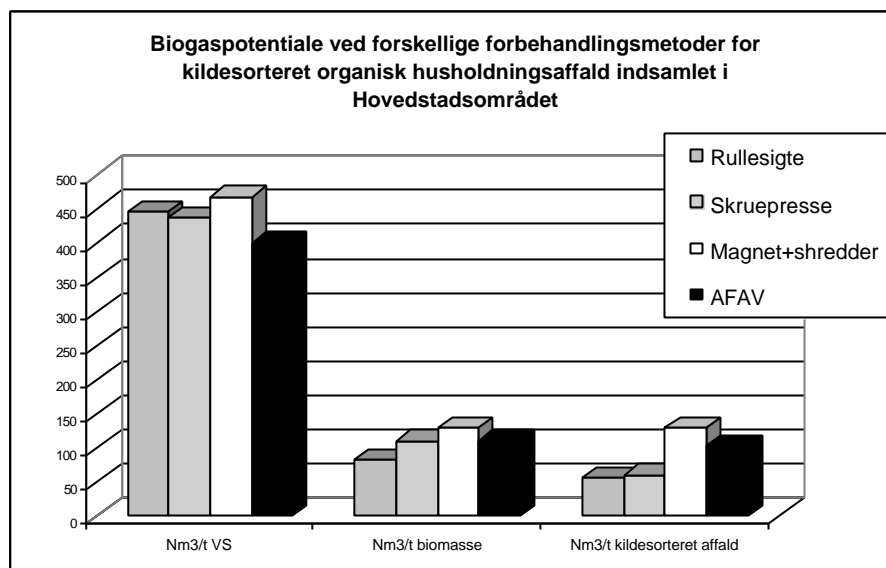
*Metanpotentiallet er målt på den organiske fraktion af rejektet, men angivet pr ton rejekt (total). Det antages dermed, at de øvrige rejektfraktioner ikke indeholder direkte tilgængeligt metan.

Der er i anden forbindelse målt metanpotentialer på affald fra Hovedstadsområdet forbehandlet hhv. på Vaarst Fjellerad (skruepresse), Herning (rullesigte) og Grindsted (shredder + magnet). Metanpotentialerne fra disse forsøg ses i tabel 11. Metanpotentiallet for AFAV-prøven i denne tabel er det teoretiske metanpotentiale beregnet ud fra de kemiske analyser.

Tabel 11: Biogaspotentialer fra tidligere prøvetagninger af affald fra Hovedstadsområdet forbehandlet på forskellig måde. Tallet i parentes angiver antallet af prøver, som gennemsnittet bygger på.

	Nm³/t VS	Nm³/t biomasse	Nm³/t kildesor. affald
	446		
Rullesigte	299-503 (n=4)	82 62-106 (n=4)	57 45-71 (n=4)
	437		
Skruepresse	417-449 (n=4)	110 106-112 (n=4)	61 55-69 (n=4)
	468		
Magnet+shredder	416-529 (n=4)	129 116-141 (n=4)	129 116-141 (n=4)
AFAV	400 (n=1)	110 (n=1)	103 (n=1)

Tabel 11 viser, at der er begrænset variation i biogaspotentiallet for affald indsamlet i Hovedstadsområdet forbehandlet med de fire forskellige forbehandlingsmetoder, når potentialet opgøres på baggrund af VS. AFAV-prøven ligger dog lidt lavere end de øvrige. Opgjort på basis af biomassen er der ikke afgørende forskel mellem de forskellige forbehandlingsmetoder, mens gaspotentiallet ses at være væsentligt større for AFAV-behandling og magnet + shredder end for rullesigte og skruepresse, når potentialet opgøres på basis af det indsamlede affald. Dette skyldes hovedsageligt den lave rejecktængde ved disse forbehandlingsmetoder. Figur 13 viser forskellige opgørelser af biogaspotentiallet for affald indsamlet i Hovedstadsområdet forbehandlet ved de fire forskellige forbehandlingsmetoder.



Figur 13: Biogaspotentialer ved forskellige forbehandlingsmetoder for kildesorteret organisk husholdningsaffald indsamlet i Hovedstadsområdet. Det samme biogaspotentialer er i figuren opgjort i forhold til VS, biomasse og kildesorteret affald.

5 Referenceliste

1. Bioforgasning af organisk dagrenovation: Basisdokumentation for biogaspotentialiet i organisk husholdningsaffald, MST, rapport under udarbejdelse
2. Bioforgasning af organisk dagrenovation: Sammenhæng mellem sorteringskriterier, forbehandling og kvaliteten af råvare til bioforgasning, MST, rapport under udarbejdelse
3. Miljøstyrelsens bekendtgørelse 49, 20. januar 2000 –bilag 1

Bilag F

**Indeholder bilag 1,2 og 3
til Bilag E:**

Karakterisering af biomasse og rejekt fra
forbehandling med stempelseparator
AFAV, Sommeren 2002

Trine Lund Hansen, Søren Gabriel & Thomas Højlund
Christensen, Miljø & Ressourcer, DTU,
Danmarks Tekniske Universitet

Bilag 1

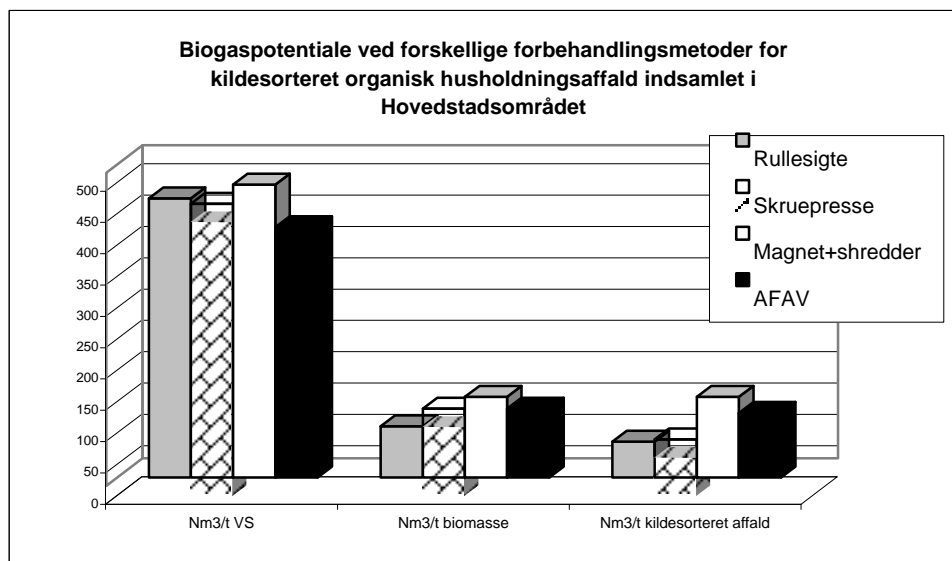
Bilag 1 Gas

Metanpotentialer målt på DTU

	AFAV_Ho_B	AFAV_Ho_R	AFAV_1_B	AFAV_1_R	AFAV_2_B	AFAV_2_R	AFAV_rens	AFAV_komp
a	358	614	592	354	781	414	570	453
b	609	475	458	387	770	819	404	503
c	377	887	417	415	689	326	763	445
Gennemsnit	448	659	489	385	747	520	579	467
stdev	140	210	91	30	50	263	180	31
rel.stdev	0,31	0,32	0,19	0,08	0,07	0,51	0,31	0,07
TS	31	47	34	48	34	46	26	38
VS	89	81	83	81	78	79	78	79
Andel	93	7	85	15	65	35	38	
Org.andel i rejektet		88		90		28		
CH4/t biom.(eller rejekt)	124	221	138	135	198	53	117	140
CH4/t affald	115		117		129		45	

Metanpotentialer for andre forbehandlingsmetoder

Dato	Prøve	Nm3/t VS	Nm3/t forb.afl	Nm3/t kildesort.affald
Rullesigte				
010514	Ho_I_He_A	486,4	105,6	70,7
	Ho_F_He_A	493,8	90,2	58,6
011001	Ho_I_He_A	299,1	71,3	51,6
	Ho_F_He_A	503,1	62,3	45,0
		445,6	82,3	56,5
Skruepresse				
010521	Ho_F_Aa_A	449,1	112,2	60,6
	Ho_I_Aa_A	417,4	110,1	69,4
020122	Ho_F_Aa_A	448,7	111,1	59,5
	Ho_I_Aa_A	434,5	106,1	54,7
		437,4	109,9	61,0
Shredder+magnet				
011115	Ho_I_"Gr"_A	464,3	125,3	125,3
	Ho_F_"Gr"_A	417,0	116,0	116,0
020204	Ho_I_"Gr"_A	529,5	141,2	141,2
	Ho_F_"Gr"_A	463,4	131,6	131,6
		468,6	128,5	128,5



g af biomasse og rejekt
fra forbehandling af AFAV prøver

Bilag 2 Rejekt_AFAV

Tabel 12: Sammensætning af det organiske stof i rejektet

		AFAV_Ho	AFAV_1	AFAV_2
Org. andel af rejekt		88% (W/W)	90%(W/W)	28%(W/W)
Heraf [% af organisk fraktion]	Vand	53%	52%	54%
	VS	38%	39%	36%
	Gløderest	9%	9%	10%

Tabel 13: sammensætning af rejekt [% af rejekt]

		AFAV_Ho	AFAV_1	AFAV_2
Organisk fraktion	Vand	47	47	15
	VS	33	35	10
	Gløderest	8	8	3
Ikke organisk	Plast	3	4	10
	"Andet"	9	6	32
	Bleer	0	0	30
		100	100	100

Andel af indvejet affald	7	15	35
--------------------------	---	----	----

Tabel 14: Sammensætning af rejekt [% af indvejet affald]

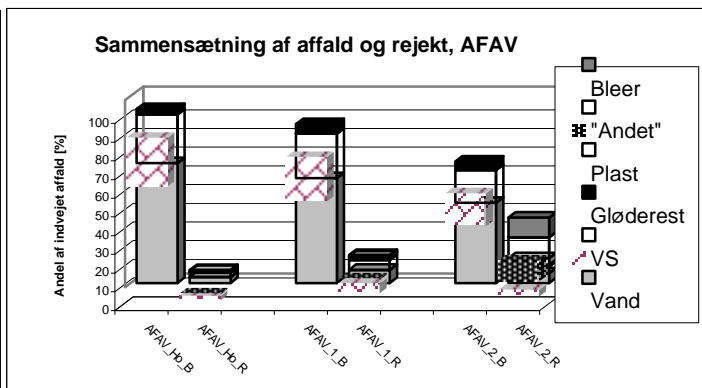
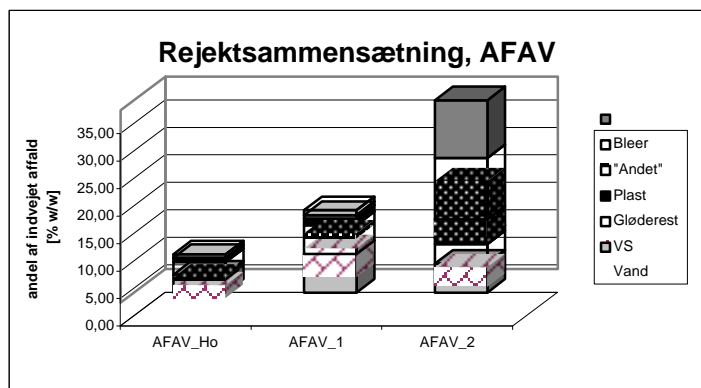
		AFAV_Ho	AFAV_1	AFAV_2
Organisk fraktion	Vand	3,26	7,02	5,29
	VS	2,31	5,27	3,54
	Gløderest	0,55	1,22	0,98
Ikke organisk	Plast	0,21	0,60	3,50
	"Andet"	0,63	0,90	11,20
	Bleer			10,50
Andel af indvejet affald		7,0	15	35

Tabel 15: Sammensætning af biomasse [% af biomasse]

	AFAV_Ho	AFAV_1	AFAV_2
Vand	69	66	66
VS	28	28	27
Gløderest	3	6	7
Andel af indvejet affald	93	85	65

Tabel 16: Sammensætning af biomasse og rejekt [% af indvejet affald]

		AFAV_Ho_B	AFAV_Ho_R	AFAV_1_B	AFAV_1_R	AFAV_2_B	AFAV_2_R
Org.	Vand	64	3,26	56	7,02	43	5,29
	VS	26	2,31	24	5,27	18	3,54
	Gløderest	3	0,55	5	1,22	5	0,98
Ikke org.	Plast		0,21		0,60		3,50
	"Andet"		0,63		0,90		11,20
	Bleer						10,50
Andel af indvejet affald		93	7	85	15	65	35



rejekt fra forbehandling af prøver fra Hovedstadsområdet

Bilag 3 Rejekt_Ho

Tabel 17: Sammensætning af rejekt [% af rejekt]

Rejekt	Organisk	Plast	"Andet"	TS%	VS	VS	Andel	
Rullesigte	%	%	%	%	% af TS	%	% ww	af indvejet affald
Ho_F_He_R	99,5	0,5	0,0	43,2	91,0	39,3	35	
Ho_I_He_R	97,7	2,2	0,1	42,0	90,0	37,8	33	
Ho_F_He_R	96,2	3,5	0,3	40,4	91,0	36,8	28	
Ho_I_He_R	99,7	0,2	0,0	30,3	91,0	27,6	28	
Skruepresse	98,3	1,6	0,1	39,0	90,8	35,4	31	
Rejekt								
Ho_I_Aa_R	99,1	0,8	0,1	34,9	91,0	31,8	37	
Ho_F_Aa_R	99,4	0,6	0,0	22,0	91,0	20,0	46	
Ho_I_Aa_R	97,7	2,1	0,3	34,5	91,0	31,4	48	
Ho_F_Aa_R	96,8	1,5	1,7	31,3	93,0	29,1	46	
	98,2	1,2	0,5	30,7	91,5	28,1	44	
Gennemsnit, rejekt								
Rullesigte	98,3	1,6	0,1	39,0	90,8	35,4	31,0	
Skruepresse	98,2	1,2	0,5	30,7	91,5	28,1	44,2	

Tabel 18: Sammensætning af rejektets organiske fraktion

	Rullesigte	Skruepresse
Org. andel af rejekt [%ww]	98,3	98,2
Vand [% af org.fraktion]	61,0	69,3
VS [% af org.fraktion]	35,4	28,1
Gløderest [% af org.fraktion]	3,6	2,6

Tabel 19: Sammensætning af rejekt [% af rejekt]

	Rullesigte	Skruepresse
Organisk fraktion	Vand 59,9	68,1
	VS 34,8	27,6
	Gløderest 3,6	2,6
Ikke organisk	Plast 1,6	1,2
	"Andet" 0,1	0,5
	Bleer	

Tabel 20: Sammensætning af rejekt [% af indvejet affald]

Rejekt	Rullesigte	Skruepresse	AFAV
Organisk fraktion	Vand 18,6	30,1	3,3
	VS 10,8	12,2	2,3
	Gløderest 1,1	1,1	0,6
Ikke organisk	Plast 0,5	0,5	0,2
	"Andet" 0,0	0,2	0,6
	31,0	44,2	7,0

Tabel 21: Sammensætning af biomasse [% af biomasse]

Biomasse	Rullesigte	Skruepresse
Vand	61	63
VS [% af TS]	88	92
VS [%]	34	34
Gløderest	5	3
Andel af indvejet affald [%ww]	69	56

Tabel 22: Sammensætning af biomasse og rejekt [% af indvejet affald]

	Rullesigte_B	Rullesigte_R	Skruepre:	Skruepresse_R	AFAV_B	AFAV_R
Organisk fraktion	Vand 42,1	18,6	35,3	30,1	64	3,3
	VS 23,7	10,8	19,1	12,2	26	2,3
	Gløderest 3,2	1,1	1,7	1,1	3	0,6
Ikke organisk	Plast	0,5		0,5		0,2
	"Andet"	0,0		0,2		0,6
	Bleer					
Andel af indvejet affald	69,0	31,0	56,0	44,2	93	7

rejekt fra forbehandling af prøver fra Hovedstadsområdet

