



Fredericia, den 02.08.2004  
KC/CS – 03024-01

**Sag nr. 2003/00009-012**  
**J.nr. 464-01**  
**Ref. JBJ/MMH**

## **Energieffektiv procesudsugning fra kehlemaskiner**

### **Hovedrapport for Udviklingsprojekt nr. 334-7**

*Hovedkontor:*  
Fuglevænget 9, Box 61  
9100 Aalborg  
Fax 98 13 18 18  
Tlf. 98 77 33 33

*Afdeling:*  
Hou Skovvej 3  
9550 Mariager  
Fax 98 13 18 18  
Tlf. 98 58 43 55

*Afdeling*  
Tonne Kjærsvvej 11  
7000 Fredericia  
Fax 75 94 31 19  
Tlf. 75 94 37 01

post@korsbaek.dk  
www.korsbaek.dk

CVR:  
13776083

## Indholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Indledning .....</b>	<b>1</b>
1.1	Kortfattet projektbeskrivelse .....	2
<b>2</b>	<b>Anbefalinger og konklusioner.....</b>	<b>3</b>
2.1	Principper for nye sugeskærme .....	3
2.2	Anbefalinger vedr. implementering af nye sugeskærme .....	5
<b>3</b>	<b>Projektspecifikke resultater .....</b>	<b>6</b>
3.1	Måle- og forsøgsresultater.....	7
<b>4</b>	<b>Undersøgelse af eksisterende kehlmaskiner.....</b>	<b>8</b>
4.1	Luftmængder .....	9
4.2	Udformning af eksisterende sugeskærme .....	11
4.3	Værktøjernes indflydelse .....	14
<b>5</b>	<b>Analyser og forsøg.....</b>	<b>17</b>
5.1	Forsøg med nye sugeskærme .....	17
5.2	Forsøg med afskærmning af store indsugningsarealer.....	17
5.3	Forsøg med ledeplade i sideskærm .....	18
5.4	Forsøg med flanger .....	19
<b>6</b>	<b>Konkrete nye sugeskærme på testmaskine.....</b>	<b>20</b>
6.1	Måleresultater .....	21
<b>7</b>	<b>Erfaringer fra projektet.....</b>	<b>22</b>
7.1	Barrierer og begrænsninger .....	22

## Bilag

**Bilag 1 Foto af ny overskærm**

**Bilag 2 Foto af ny sideskærm**

**Bilag 3 Foto af ny underskærm**

## Ordforklaring

Flange:	Plade som monteres vinkelret på sugeåbninger.
Kehlemaskine:	Træbearbejdende maskine, som bearbejder træ på flere sider i samme arbejds gang. Træet indføres i den ene ende af maskiner og forskellige værktøjer "høvler" træet med profilerede værktøjer.
Kutter:	Betegnelse for skærende værktøj, som påmonteres en roterende aksel (spindel).
Overskærm:	Skærm som er monteret omkring værktøjer, som bearbejder den øverste flade på træet.
Sideskærm:	Skærm som er monteret omkring værktøjer, som bearbejder de to sideflader på træet.
Spindel:	Betegnelse for roterende aksel, hvorpå værktøj kan monteres. Normalt er kehlemaskiner monteret med 4-8 spindler.
Spåntryk:	Mærke på færdigbearbejdet træ, som følge af spåner som er blevet klemte på træet.
Spånudslip:	Træspåner og støv fra bearbejdningsprocessen, som ikke opfanges via spånsuget.
Sugeskærm:	Fællesbetegnelse for skærm omkring et værktøj, hvori der suges luft og spåner bort.
Underskærm:	Skærm som er monteret omkring værktøjer, som bearbejder den nederste flade på træet. Underskærme er normalt integrerede dele af kehlemaskinen (støbte).

# 1 Indledning

Nærværende rapport beskriver kortfattet resultaterne fra et udviklingsprojekt, som omhandler muligheden for at effektivisere procesudsugningen fra kehlemaskiner i træindustrien. Projektet er en videreførelse af et tidligere udredningsprojekt "Effektiv udsugning for træindustriens maskiner".

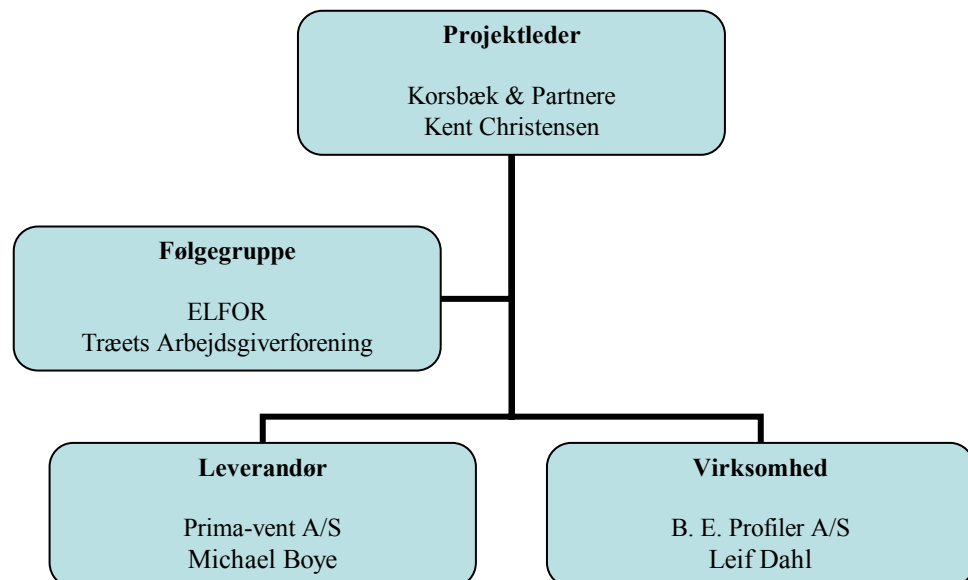
Energiforbruget til spånudsugning udgør ca. 35% af det samlede elforbrug for branchen, svarende til ca. 250 GWh om året. Heraf anvendes ca. 60 GWh til procesudsugning fra kehlemaskiner.

Kehlemaskiner anvendes hovedsagelig i træ - og møbelindustriens produktion, hvor maskinen anvendes til fremstilling af lister, produkter med fer og not eller som tilpasning af profiler til videre forarbejdning.

Energiforbruget til drift af procesudsugningen fra kehlemaskiner kan reduceres væsentlig ved anvendelse af energieffektive sugeskærme, som påvist i nærværende projekt.

Udviklingsprojektet har dokumenteret, at både luft- og energiforbruget kan reduceres markant ved anvendelse af nye sugeskærme. De beskrevne løsninger og principper for kehlemaskinerne kan anvendes på andre maskintyper med roterende værktøjer.

Projektet er udført med følgende projektgruppe:



Figur 1 Projektorganisation

## 1.1 Kortfattet projektbeskrivelse

Formålet med projektet var at udvikle energieffektiv procesudsugning fra kehlemaskiner (via nye sugeskærme) samt at udbrede kendskabet til principper for effektiv udsugning fra træindustriens maskiner.

Der blev indledningsvis udført en forundersøgelse, bestående af registrering og opmåling af en række kehlemaskiner.

Målet med forundersøgelsen var at underbygge eksisterende viden og samtidig forbedre grundlaget for den efterfølgende analysedel i projektet. Der blev i alt målt på 13 forskellige kehlemaskiner.

I forlængelse af forundersøgelsen blev der gennemført et analyseprogram, en testdel og en sammenligning af nye og eksisterende sugeskærme.

På baggrund af forundersøgelsen og analyseprogrammet blev én repræsentativ kehlemaskine udvalgt, som skulle anvendes til at demonstrere prototyperne af nye sugeskærme.

Efter forsøg med forskellige afskærmninger og ledeplader blev 3 nye prototyper af sugeskærme udvalgt til test på én repræsentativ kehlemaskine, med 5 spindler (af fabrikatet Grama):

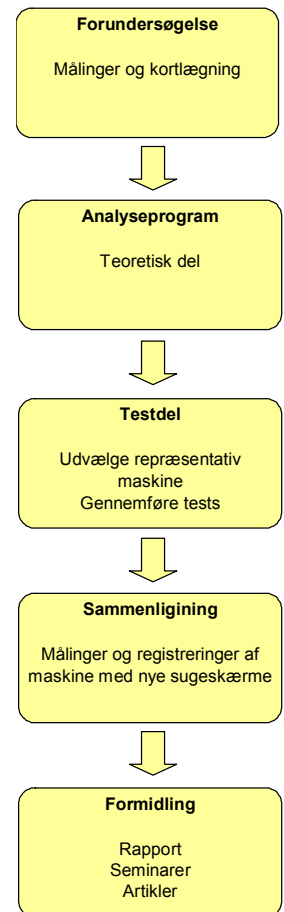
- 2 nye sideskærme
- 1 ombygget overskærm
- 1 ombygget underskærm til afretteren

I forundersøgelsen har nedenstående virksomheder i træ- og møbelindustrien stillet kehlemaskiner til rådighed for undersøgelsen.

Vi siger tak for hjælpen til:

- Gangsø Møbler, Fårvang
- Schreibers Møbelfabrik, Tørring
- Vima lister, Silkeborg
- Spekva, Vamdrup
- Danket, Taulov

B.E. Profiler har deltaget som værtsvirksomhed, til udvikling af nye sugeskærme. Virksomheden har udført smedearbejde og indsamlet praktiske erfaringer.



## 2 anbefalinger og konklusioner

Projektet har dokumenteret at både energi-, luftforbruget og spånsudslippet kan reduceres markant – uden kvalitetsforringelser. I det følgende er vore tekniske anbefalinger beskrevet kortfattet.

### 2.1 Principper for nye sugeskærme

Ved udformning af effektive sugeskærme kan man enten tilpasse de eksisterende, eller lave helt nye sugeskærme.

Den endelige udformning af sugeskærmen bør findes ved forsøg for at opnå den mest optimale løsning, med den laveste mulige luftmængde.

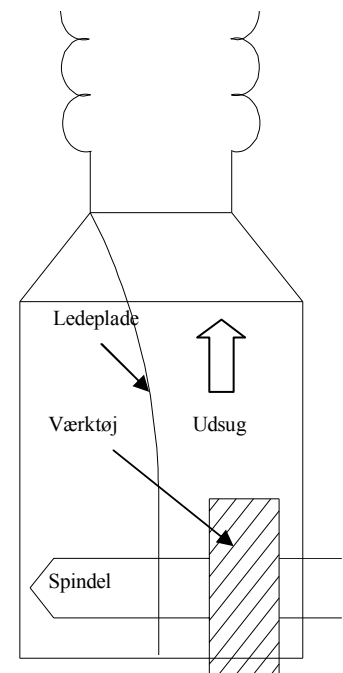
Et af hovedproblemerne ved de eksisterende sugeskærme er store arealer indvendig i skærmen, som kan løses ved reduktion af sugeskærmens areal på forskellig vis. Store sugeskærme kræver store luftmængder for, at opretholde en tilstrækkelig bærehastighed på 18-25 m/s.

Mulighederne for tilpasning af overskærmen er ofte begrænset af den fysiske plads omkring værktøjet.

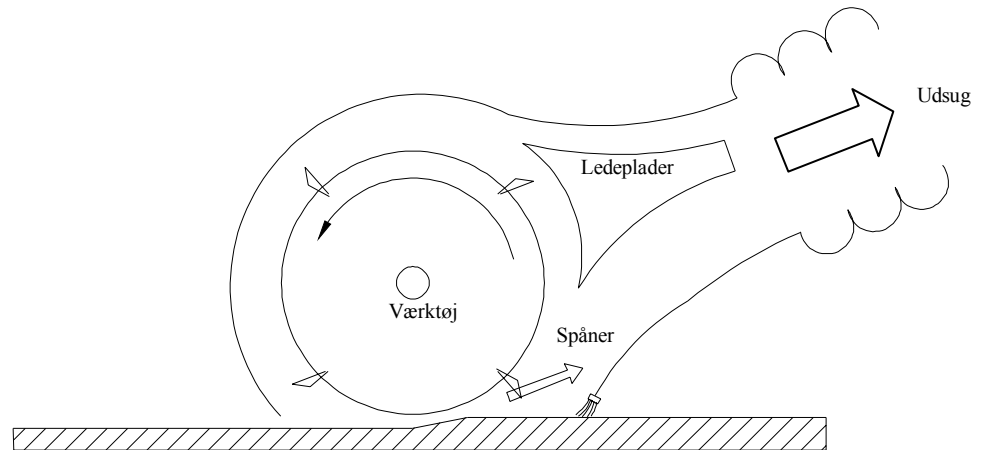
En mulig løsning er i denne situation er montage af en ledeplade indvendig i skærmen. Ledeplade kan gøres bevægelig, hvilket har den fordel at udsugningsarealet kan varieres efter størrelsen af det roterende værktøj.

Et andet vigtigt område i sugeskærmen er indløbet, som både skal være strømningsvenlig og virke afskærmende for spånerne. Smalle indløb giver høje gribe-hastigheder, og bedre mulighed for at bremse spånerne. Afskærmninger i spånretningen stopper spånerne, som suges bort og transporteres til filtret.

Nye typer af sugeskærme skal tilpasses til værktøjet og spånernes fysiske præmisser. Sugeskærmen bør suge i samme retning som spånerne kastes, som det ses på figuren herunder.



Figur 2 Tilpasset sug til overskærm



**Figur 3** Principskitse for optimeret sugeskærm (over- og sideskærme)

Vinklen på nye sugeskærme bør tilstræbes at følge spånernes afkastningsretning, som normalt er omkring  $20^\circ$ . I praksis fungerer værktøjet som en ”ventilator”, hvilket forøger vinklen for spånernes afkastningsretning.

Der *kan* indsættes ledeplader i sugeskærmen til både at lede spåner og luft, samt at holde en passende lufthastighed på 18-25 m/s.

Sugeskærmen skal slutte tæt til træet, som bearbejdes for, at undgå at spåner kastes direkte forbi sugeskærmen, når skæredybden i træet er meget lille. Ved små skæredybder formindskes spånernes vinkel for afkastning til omkring  $10^\circ$ .

I praksis kan pladsen omkring værktøjet være trang, og det kan være nødvendigt at gå på kompromis med udsugningsretningen.

### Specielt omkring underskærme

Underskærme i maskinen er svært at tilpasse, da skærmene normalt er støbte dele af maskinen. Suget kan dog optimeres ved at indbygge indsats i den støbte skærm, som passer til den ønskede luftmængde. Normalt er det relativt let at fange spånerne via underskærme, da spånerne påvirkes af tyngdekraften, og naturligt kastes nedad fra værktøjet.

Efterfølgende foto illustrerer en indbygget indsats.



**Figur 4** Princip for ny underskærm med ny indsats

Ved optimering af sugeskærmene bør maskinens sug samtidig optimeres, hvilket indebærer reduktion af længderne på flexslanger. Herudover skal dimensioner på kanaler reduceres for at holde en tilstrækkelig bærehastighed.

Ved reduktion af dimensionerne skal man tage i betragtning at modstanden i flexslanger stiger kraftig ved valg af en mindre dimensioner.

### Udformning af sugeskærme

- Sugeskærme skal udformes uden skarpe kanter og knæk
- Den maksimale udsugning pr. spindel bør ikke overstige 1.000 m<sup>3</sup>/h
- Åbningsarealet og det frie tværsnit i sugeskærme (tværsnit af skærm minus værktøj) bør være omkring 100-150 cm<sup>2</sup> (0,010-0,015 m<sup>2</sup>).
- Udnyt spånernes naturlige bevægelsesretning (fra værktøjet) ved udformningen af sugeskærmen (se figur 3)
- Tværsnittet i sugeskærmen bør udformes således, at der overalt opretholdes en passende bærehastighed på min. 18-25 m/s
- Større åbninger i sugeskærme bør afskærmes

### Generelle anbefalinger vedr. udsugning

- Anvend glatte kanaler i stedet for flexslanger i videst mulige omfang
- Montér lukkespjæld på udsugningskanal fra hver spindel
- Returnér procesluft fra filter til kabine omkring maskinen
- Installér frekvensomformer på udsugningsventilator såfremt driften varierer

## 2.2 Anbefalinger vedr. implementering af nye sugeskærme

Det er vigtigt for projektets fremtidige succes at der gennemføres en informationsindsats rettet mod specielt leverandører af kehlemaskinerne samt køberne af maskinerne (træ- og møbelvirksomhederne). Det er vigtigt at begge parter aktivt tilbyder og efterspørger mere effektive kehlemaskiner, som har gode sugeskærme monteret.



### 3 Projektspecifikke resultater

De projektspecifikke resultater ved montage af nye effektive sugeskærme på én kehlmaskine (af fabrikatet Grama med 5 spindler), er gennemgået efterfølgende. Den ene underskærm blev ikke modificeret, efter ønske fra værtsvirksomheden.

De efterfølgende resultater ville således have været bedre såfremt alle 5 sugeskærme var blevet optimeret, i modsætning til de faktiske 4 skærme.

Resultaterne for maskinen med prototyper af nye sugeskærme er opgjort efterfølgende.

- Eludgift er reduceret med 48 %
- Varmeudgift er reduceret med 36 %
- Spånudslip er reduceret med 65 %
- Kortere tidsforbrug til rengøring af maskine
- Reduceret risiko for brand i elmotorer
- Bedre arbejdsmiljø i form af mindre støvudslip



Figur 5 Foto af kehlmaskine af fabrikatet Grama med 5 spindler før montage af nye sugeskærme

I bilag 1-3 er de anvendte prototyper af sugeskærme vist med fotos.

### 3.1 Måle- og forsøgsresultater

Efterfølgende tabeller viser hhv. måleresultaterne og de beregnede energiforbrug til udsugning af spåner fra kehlemaskinen af fabrikatet Grama med 5 spindler.

Måling	Kehlemaskine Udgangspunkt	Kehlemaskine med nye skærme	Reduktion
Udsuget luftmængde	7.050 m <sup>3</sup> /h	4.500 m <sup>3</sup> /h	36,2 %
Tryktab over skærm	- 2.650 Pa	- 2.440 Pa	7,9 %
Spånudslip	1,35 kg/h	0,47 kg/h	65,2 %

Tabel 1 Oversigt over resultater

Energiforbrug og -effekter	Kehlemaskine Udgangspunkt	Kehlemaskine med nye skærme	Reduktion
Tryktab over system	4.000 Pa	3.200 Pa	20,0 %
Eleffekt	14,2 kW	7,3 kW	48,6 %
Varmeeffekt gns. vinter	44,2 kW	28,2 kW	36,2 %
El (230 dage/år)	26.940 kr.	13.850 kr.	48,6 %
Varme (150 dage/år)	24.860 kr.	15.860 kr.	36,2 %
Årlig energiudgift	51.800 kr.	29.700 kr.	42,7 %

Tabel 2 Energiudgifter ved to-holdsdrift

Forudsætninger:

Totalvirkningsgrad for ventilatorer på 55 %

Nyttevirkning for varmeanlæg på 85 %

Driftstid på 15 timer om dagen

Elpris på 55 øre/kWh

Varmepris på 25 øre/kWh

Ingen varmegenvinding ved opvarmning af erstatningsluft

#### Rentabilitet

Projektets rentabilitet er opgjort ved at sammenholde energibesparelsen med investeringen.

Energibesparelse	22.100 kr./år
Investering	~ 25.000 kr.
Simpel tilbagebetalingstid	1,1 år

#### Realistisk potentiale ved montage af nye effektive sugeskærme

Det er vurderet af projektgruppen at det er realistisk at 300 kehlemaskiner i Danmark monteres med nye sugeskærme, hvilket vil medføre efterfølgende reduktioner.

Reduceret elforbrug:	7.100 MWh/år	5.500 ton CO <sub>2</sub> /år
Reduceret varmeforbrug:	10.800 MWh/år	~ 700 ton CO <sub>2</sub> /år
Samlet reduktion:	17.900 MWh/år	6.200 ton CO <sub>2</sub> /år

## 4 Undersøgelse af eksisterende kehlemaskiner

Kehlemaskiner anvendes i træ - og møbelindustriens produktionsapparat, hvor maskinen anvendes til fremstilling af lister, produkter med fer og not eller som tilpasning af profiler til videre forarbejdning.

Kehlemaskinen er normalt udstyret med 5 til 8 spindler (roterende værktøjer), til bearbejdning af træet på alle fire sider. Hvert værktøj er udstyret med en sugeskærm, til borttransport af støv og spåner.

Hos de besøgte virksomheder var maskiner af følgende fabrikater repræsenteret: Grama, Unimat, Profimat og Weinig.

På billederne herunder ses de to mest anvendte typer af kehlemaskiner i Danmark. Forskellen på de to maskiner ligger hovedsagelig i udformningen af udsugning og den udsugede luftmængde.



Figur 6 Grama kehler



Figur 7 Kehler af tysk fabrikat

Der anvendes to typer af sugeskærme. En enkelt sugeskærm uden mulighed for tilpasninger (figur 8) og en robust sugeskærm (figur 9) med mulighed for indstilling af indvendige arealer.



Figur 8 Enkel side- og overskærm



Figur 9 Justerbar overskærm

Fra sugeskærmene føres spånerne via den interne rørføring ud af maskinen og over i spånudsugningsanlægget. Den interne rørføring i maskinen er ofte udført med flexslanger, mens resten af spånudsugningsanlægget er udført i glatte stålkana-ler. De større maskiner er ofte tilsluttet til deres egen ventilator og er udstyret med automatspjæld til afbrydelse af hovedluftstrømmen.



Figur 10 Ekstern rørføring



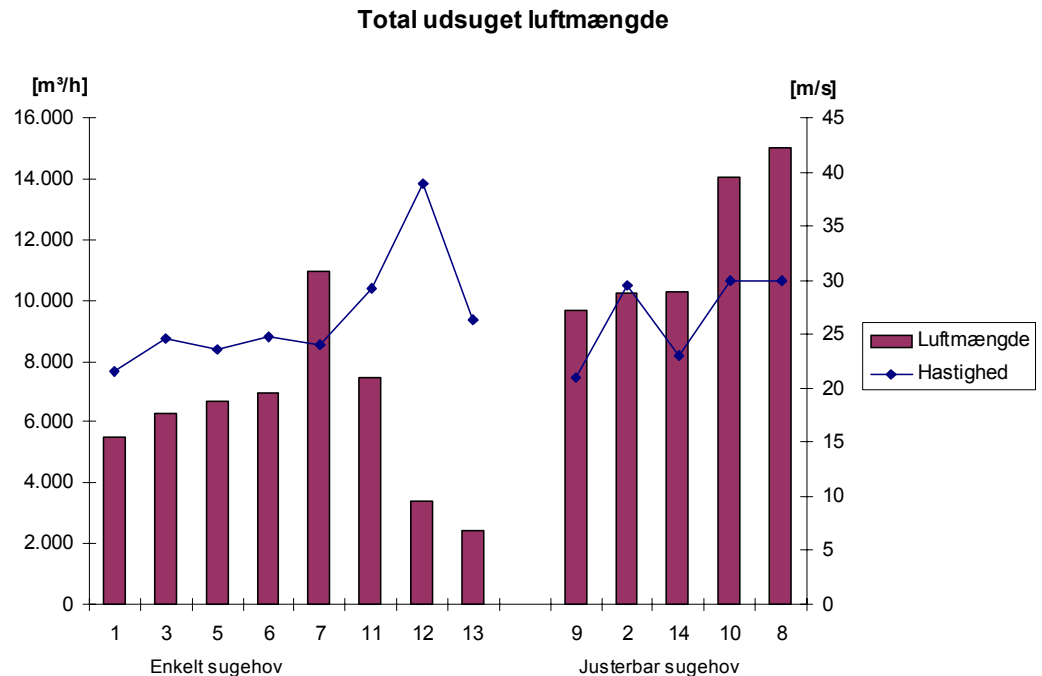
Figur 11 Intern rørføring

## 4.1 Luftmængder

Indledningsvis blev der udført en kortlægning af luftmængder og hastigheder for kehlmaskiner udstyret med sugeskærme både med og uden mulighed for indstilling.

Dette indledende arbejde blev udført for at dokumentere udsugningen fra eksisterende kehlmaskiner samt at kunne udvælge én repræsentativ maskine til senere tests.

Der blev gennemført målinger på i alt 13 kehlmaskiner.



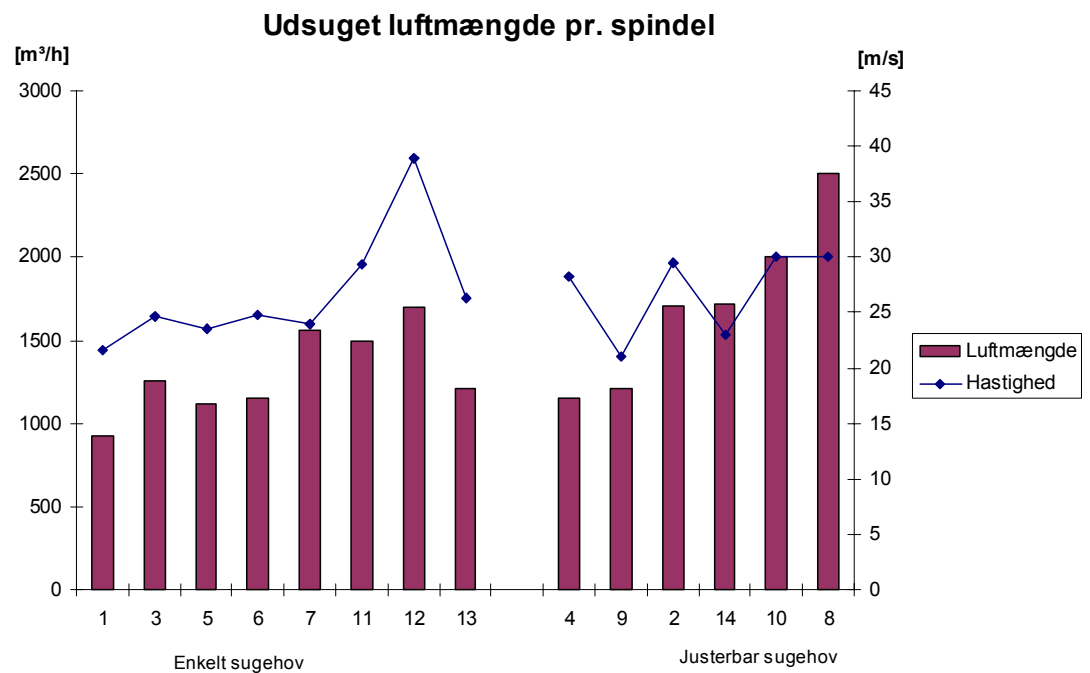
Figur 12 Luftmængder for kehlmaskiner

Total udsuget luftmængde for nr. 12 og 13 ligger meget lavt da maskinerne kun er udstyret med 2 spindler mod almindeligvis 5 – 8 spindler.

Maskine nr. 11 blev udvalgt som repræsentativ testmaskine til efterfølgende tests af modificerede sugeskærme, og senere prototyper.

Den totale udsugede luftmængde blev suppleret med beregninger af de gennemsnitlige luftmængder pr. spindel (værktøj), da det i virkeligheden er dette tal som er interessant. Kehlmaskiner kan kun sammenlignes, hvis antallet af værktøjer med sugeskærme (spindler) er kendte.

Den efterfølgende figur viser den udsugede luftmængde pr. spindel.



**Figur 13 Udsuget luftmængde pr. spindel**

Som det ses af figuren er der meget stor forskel på den faktiske udsugede luftmængde pr. spindel (fra knap 1.000 m³/h til 2.500 m³/h).

Maskiner med enkle sugeskærme (som figur 6 og 8):

Luftmængde i alt:	5.500 – 11.000 m³/h
Luftmængde pr. spindel:	1.000 – 1.700 m³/h
Hastighed i kanal:	22 – 25 m/s
Tryktab over sugeskærm:	400 – 700 Pa
Tryktab over maskinen:	1.300 – 3.000 Pa
Tilslutning:	Ø 120 flexslange
Hastighed på spindler (værktøj):	6.000 – 9.000 o/min

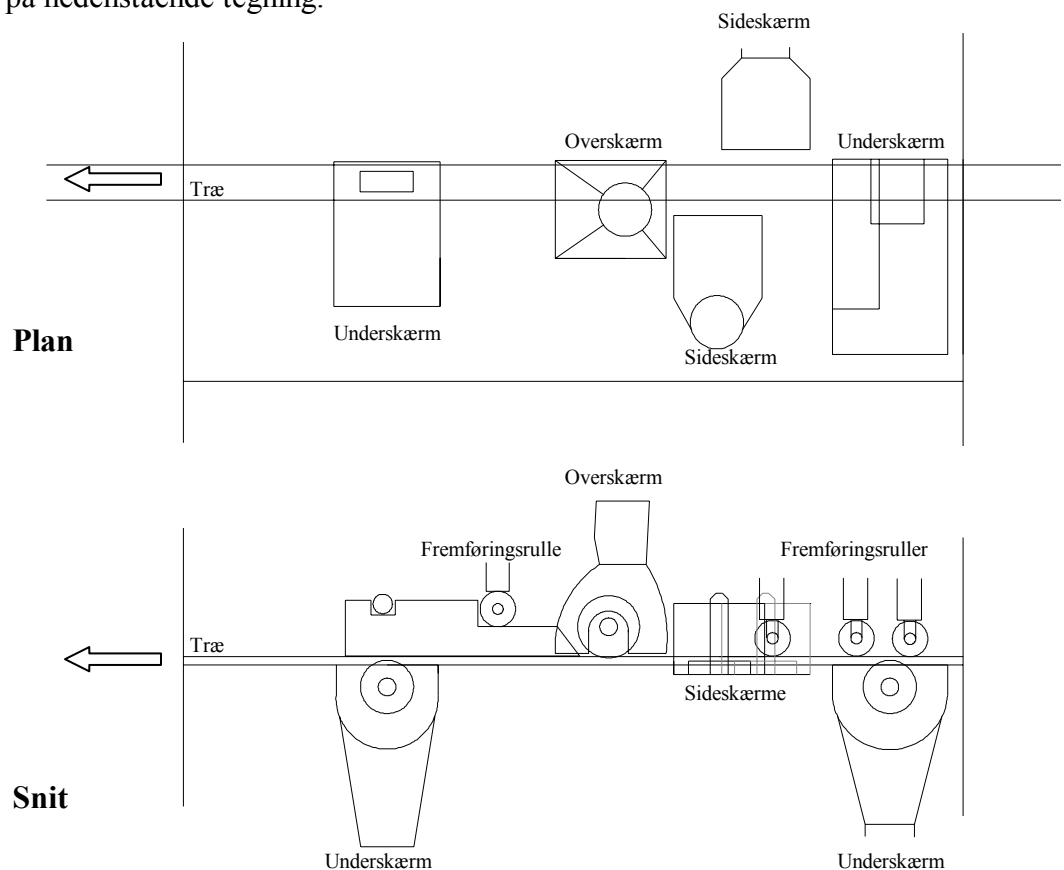
**Maskiner med justerbare sugeskærme (som figur 7 og 9):**

Luftmængder i alt	9.600 – 15.000 m <sup>3</sup> /h
Luftmængde pr. spindel:	1.100 – 2.500 m <sup>3</sup> /h
Hastighed i kanal:	22 – 30 m/s
Tryktab over sugeskærm:	800 – 1.200 Pa
Tryktab over maskinen:	2.000 – 3.000 Pa
Tilslutning:	Ø 130/140 flexslange
Hastighed på spindler (værktøj):	6.000 – 9.000 o/min

**4.2 Udformning af eksisterende sugeskærme**

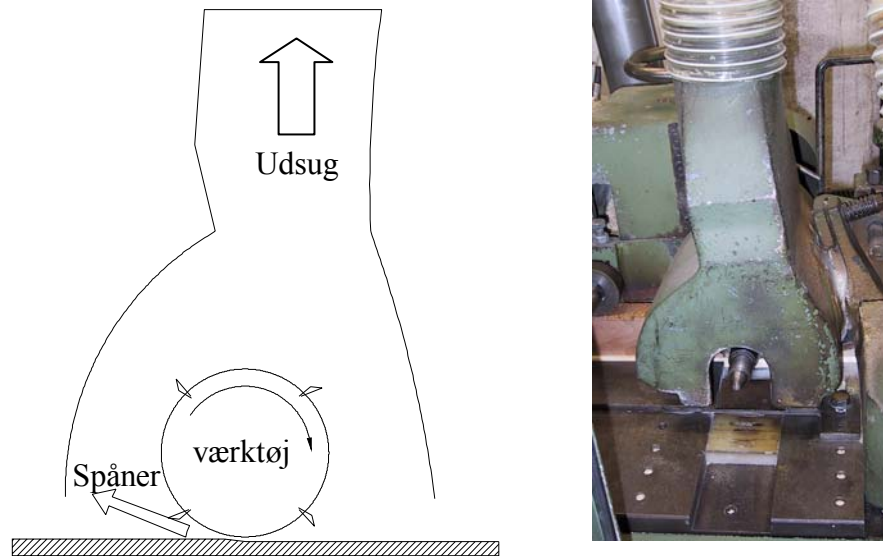
Herunder ses en principskitse for udformningen og placeringen af sugeskærmene på en typisk kehlemaskine. Øverst på figuren ses maskinen ovenfra, nederst ses maskinen fra siden.

Opbygningen er stort set ens for alle maskiner. Maskiner med 6 eller flere sugeskærme har de sidste skærme placeret mellem overskærmen og underskærmen på nedenstående tegning.



**Figur 14** Principskitse for udformning af maskine (placering af spindler og sugeskærme)

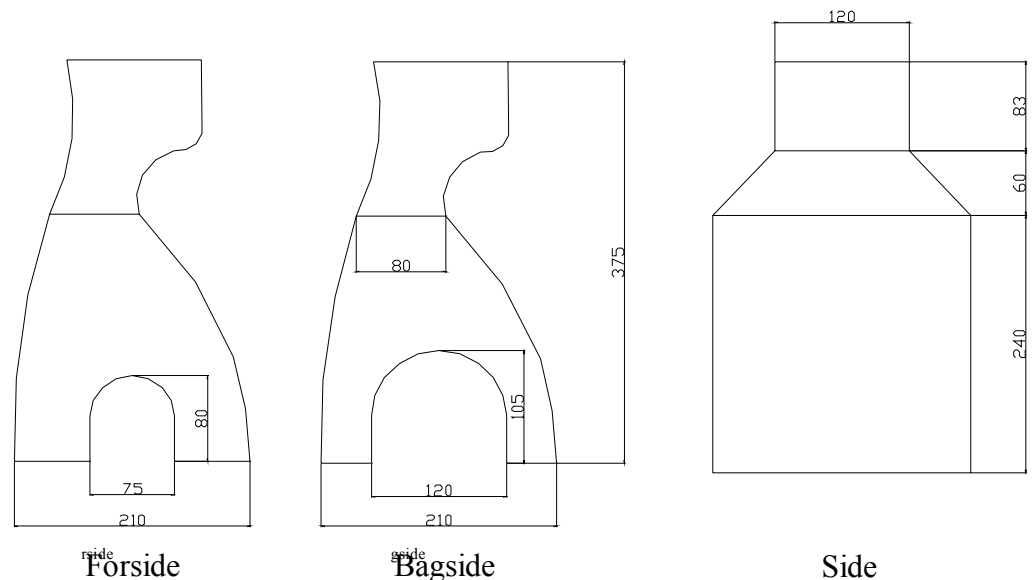
Sugeskærme for testmaskinen af fabrikatet Grama er udformet som vist på principskitsen herunder.



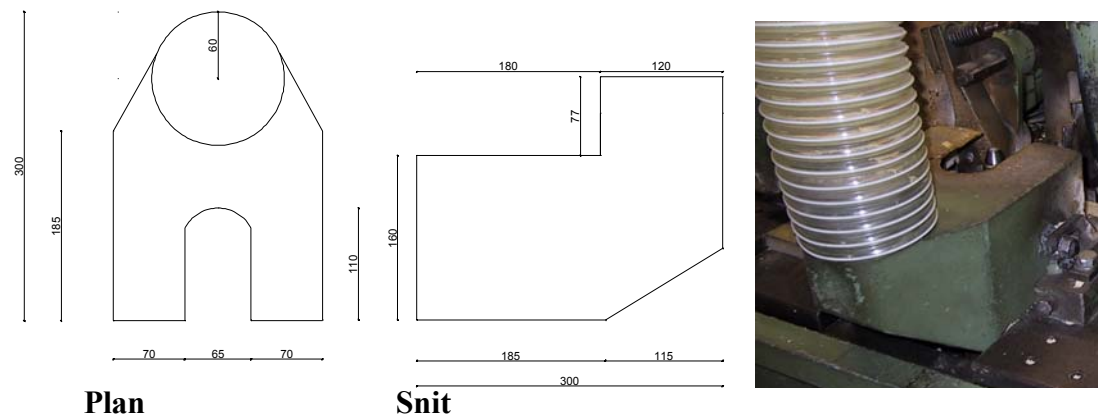
**Figur 15** Principskitse og foto af sugeskærm for Grama kehlmaskine (overskærm)

De nuværende sugeskærme er ikke udformet optimalt, idet de udsugede luftmængder er relativt høje samtidig med at spånudslippet er relativt højt.

Efterfølgende tegninger er måltegninger af hhv. over- og sideskærme som de var oprindeligt.



**Figur 16** Måltegninger (opstalter) for overskærm til Grama kehlmaskiner



**Figur 17** Måltegninger og foto af sideskærm til Grama kehlmaskine

Nyere maskiner har generelt større sugeskærme i forhold til lidt ældre typer. Dette medfører at tilslutningsstudsene er noget større end tidligere. Den udsugede luftmængde er ligeledes også øget. Nogle nyere maskiner har påmonteret justerbare ledeplader i sugeskærmen.

Efterfølgende foto viser hvorledes underskærme er udformet.



**Figur 18** Foto af underskærm på Grama Kehlmaskine

Som det ses af fotoet har sugeskærmen et meget stort åbningsareal, som medfører en stor mængde falskluft udsuges. Det ses endvidere at sugeskærmen er en støbt integreret del af maskinen, som ikke umiddelbart kan erstattes.





**Figur 19** Fotos af sugeskærme til nyere kehlemaskine

## Konklusioner for undersøgelse af sugeskærme

I forbindelse med kortlægningen af kehlemaskinerne kunne følgende konkluderes:

- Relativt lange (og mange) flexslanger, med et højt tryktab. Flexslangerne anvendes internt i maskinen, mellem sugeskærme og faste kanalsystemer.
- Generelt er der store åbne indløb, med store falskluftmængder.
- Der er valgt løsninger med store tragt- eller kasseformede skærme, hvor lufthastigheden er langt under den nødvendige bærehastighed.
- Ingen styring på luftmængden til den enkelte skærm, luften tager den letteste vej f.eks. gennem underskærmen og dermed er der en lavere luftmængde til de øvrige skærme.
- De nye maskiner som er udstyret med større sugeskærme, arbejder med relativt store udsugede luftmængder (op til 2.500 m<sup>3</sup>/h pr. spindel).

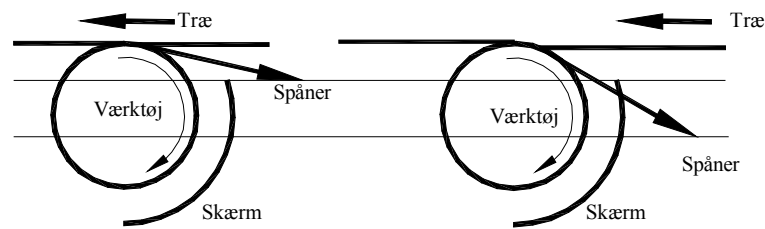
Mange virksomheder oplever manglende effekt af spånudsugget, da udformningen med store arealer og høje tryktab giver for små gribe- og bærehastigheder. Mange har ligeledes problemer med spåntryk på de færdige produkter. Problemerne er mindre på de nye maskiner men dette er på bekostning af et langt højere energiforbrug.

## 4.3 Værktøjernes indflydelse

Værktøjet er i høj grad bestemmende for udformningen af en effektiv sugeskærm. Værktøjet er bestemmende for spånernes kasteretning og længde.

Partiklens retning afhænger af hvor dybt det roterende værktøj skærer i træet. Spånerne bevæger sig i samme retning som tangenten til det punkt på cirklen hvor træets kant rammer det roterende værktøj.

Sugget bør tilstræbes placeret i tangentens retning for at udnytte partiklernes kraft og fart, i stedet for at modarbejde partiklernes naturlige bevægelsesretning.



**Figur 20** Primær bevægelsesretning for partikler samt foto af værktøjer.

Tangenten for partiklernes retning er omkring  $10^\circ$  for små skæredybder på 3 mm, mens vinklen stiger til omkring  $20^\circ$  for skæredybder omkring 10 mm. Vinklen afhænger af skæredybden samt værktøjets diameter.

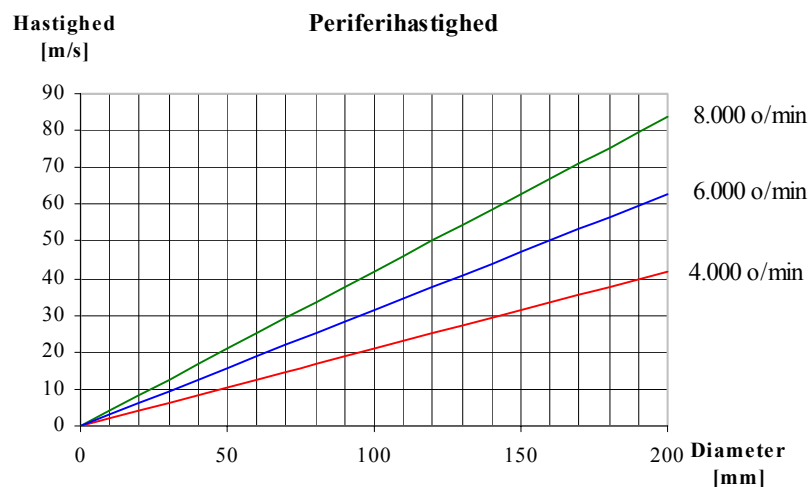
Periferihastigheden er partiklens hastighed i det punkt hvor partiklen forlader værktøjet. Hastigheden afhænger af værktøjets omdrejningstal og udformning. For roterende værktøjer kan periferihastigheden beregnes som:

$$V = \pi \cdot d \cdot n$$

V: Periferihastigheden [m/s]

d: Værktøjets diameter [m]

n: Værktøjets omdrejningstal [omdr./s]



**Figur 21** Partikelhastighed for varierende diametre på roterende værktøjer

Som illustreret på figuren medfører store diametre og/eller høje omdrejningshastigheder høje periferihastigheder. Dette medfører at træ- og støvpartikler kan forlade det roterende værktøj med en endog meget høj hastighed på indtil omkring 140 km/h (40 m/s).

Værktøjet som anvendes har normalt en diameter på ca. 12 til 20 cm og en indre diameter på ca. 4 cm, mens værktøjet varierer i højden.

Værktøjet roterer med mellem 6.000 og 9.000 omdrejninger pr. minut. Dette giver en periferihastighed på 35 – 100 m/s eller 130 – 360 km/h, spånerne vil have ca. samme hastighed som periferihastigheden når de forlader værktøjet.

Små støvpartikler kan kun vandre få centimeter i fri luft, selvom de frigøres med stor begyndelseshastighed. Sådanne små partikler følger ofte tilfældige luftstrømninger i lokalet. Derimod kastes regulære træspåner langt bort fra det roterende værktøj, afhængig af spånstørrelsen og spånernes periferihastighed.

Ved udformning af nye sugeskærme er det nødvendigt at udnytte inertien i spånernes bevægelse, da det er meget vanskeligt at bremse spåner i høj fart.

NB.

Store omdrejningstal på værktøjer giver små spåner med høj fart, mens lave omdrejningstal giver store spåner med høj fart. I begge tilfælde er spånernes inertier høje.

## 5 Analyser og forsøg

I forlængelse af kortlægningen af eksisterende sugeskærme, blev der gennemført et analyseprogram hvor B.E. Profiler deltog som værtsvirksomhed ved udvikling af nye sugeskærme.

Der er udført en grundig undersøgelse, bestående af registrering og opmåling af tre af virksomhedens kehlmaskiner. Målet med undersøgelsen var at kortlægge eksisterende luftmængder, udformning af sugeskærmene og effektiviteten, som grundlag/reference for opnåede forbedringer ved test af sugeskærmene.

### 5.1 Forsøg med nye sugeskærme

På baggrund af undersøgte principper for nye sugeskærme blev der udvalgt en række af løsningsmodellerne til en nærmere analyse. De enkelte delelementer blev testet for deres effekt på udsugningseffektiviteten.

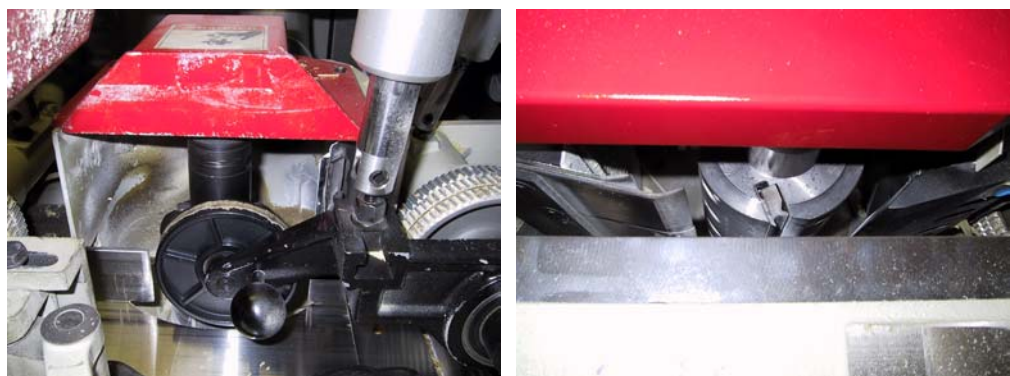
Der blev udført forsøg med følgende:

- Afskærmning af indløbsåbninger
- Udfyldning af store åbne arealer
- Isætning af ledeplader

De enkelte forsøg er gennemgået efterfølgende

### 5.2 Forsøg med afskærmning af store indsugningsarealer

Forsøget blev udført på en Weinig kehlmaskine med 6 spindler.

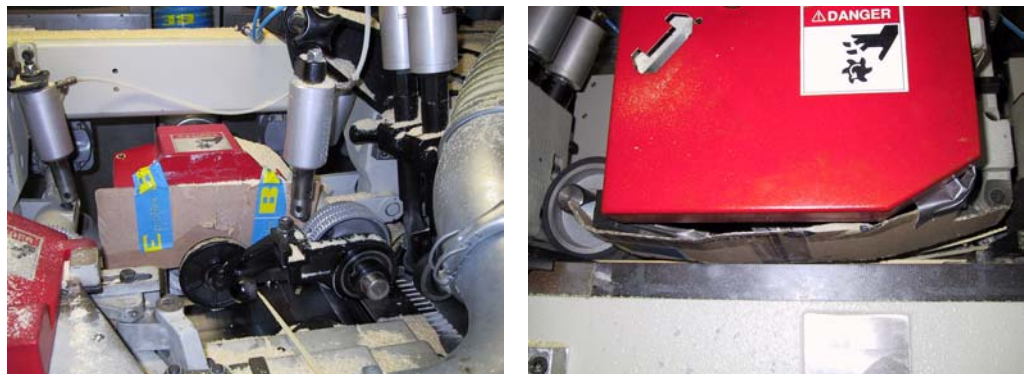


Figur 22 Side og overskærm på Weinig uden afskærmning

Inden forsøget blev udført, blev der lavet en række målinger på maskinen som den kørte inden.

Luftmængde: 10.300 m<sup>3</sup>/h  
Statisk undertryk i hovedkanal: -2.500 Pa

Der blev lavet et forsøg med afskærmende plader for de store åbningsarealer for at øge hastigheden ved indløbet.



**Figur 23** Afdækninger på over og sideskærm

Luftmængden blev reduceret til spånerne igen begyndte at undslippe sugeskærmen.

Luftmængde: 8.500 m<sup>3</sup>/h  
 Statisk undertryk i hovedkanal: -2.200 kPa

Afskærmningspladerne er blevet siddende på maskinen efter forsøget og maskinen kører i dag, med en reduceret luftmængde:

Der er fra udgangspunktet og til i dag opnået en reduktion på:

Luftmængde	1.800 m <sup>3</sup> /h	17 %
Statisk tryk	300 0Pa	12 %

**Tabel 3** Reduktioner ved reduktion af åbne arealer med simpel afdækning

Delkonklusionen for dette forsøg var at luftmængden kan reduceres med ca. 15-20 % alene ved at afskærme åbne arealer i sugeskærme.

### 5.3 Forsøg med ledeplade i sideskærm

Forsøget blev udført på en Weinig kehlemaskine med 6 spindler. Maskinen var ”født” med ledeplader i sideskærme, som blev anvendt i forsøget.



**Figur 24** Sideskærm med nye ledeplader

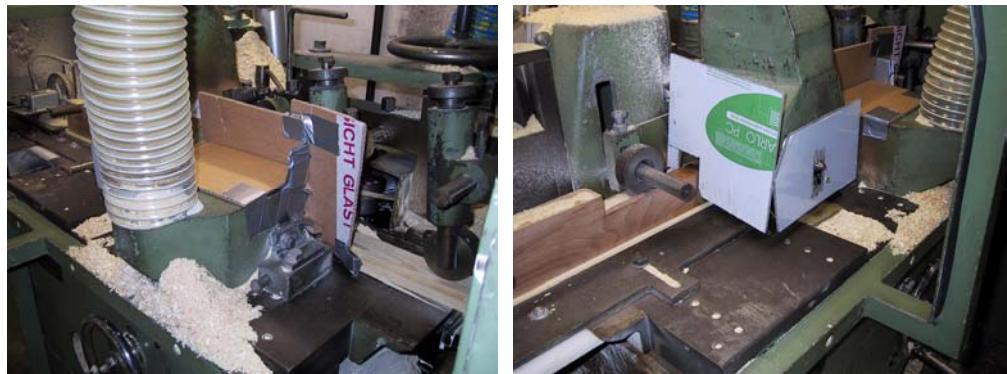
Ledepladen i sideskærmen blev placeret helt tæt på værktøjet og sammenlignet med spånmengden når ledepladen var fjernet fra sugeskærmen. Der var ingen synlig ændringer i spånmengden.

På baggrund af forsøget kunne der ikke konstateres nogen målbar effekt.

## 5.4 Forsøg med flanger

Forsøget blev udført på en Grama kehlemaskine med 5 spindler

Der blev udført forsøg med påsætning af flanger på sideskærmene for at hindre indsugning af falskluft. Flangerne var placeret som vist nedenfor.



Figur 25 Flanger på side og overskærm

Påsætning af flangerne gav ingen synlig reduktion af spånmengden på maskinen.

## 6 Konkrete nye sugeskærme på testmaskine

I det følgende er de nye prototyper af sugeskærme og resultater beskrevet. De nye prototyper blev udformet på baggrund af de indledende forsøg og målinger samt anvisninger.

B. E. Profiler har deltaget særdeles aktivt i udformningen af de nye sugeskærme.

### Overskærm

Sugeskærmen blev ændret en lille smule med montage af en ledeplade indvendig i skærmen således, at den faktiske bredde af skærmens åbning passer til værktøjets bredde. Endvidere er ledepladen udformet på en hensigtsmæssig måde, som forhindrer falskluft i at trænge ind i skærmen.



Figur 26 Ny ledeplade i sugeskærm

### Sideskærme

De nye sugeskærme blev udformet som en rund skærm, hvor spånernes inerti udnyttes til borttransport. Skærmen slutter meget tæt om værktøjet, og der kommer kun minimale mængder falskluft ind i skærmen. Studsen på skærmen er placeret på siden lige hvor spånerne kommer ud fra maskinens værktøj.



Figur 27 Ny sugeskærm

### Underskærme

Underskærmene er en integreret del af maskinen og kan ikke skiftes. Som følge heraf blev der i stedet monteret en indsats i skærmen, som passer til værktøjet. Indløbsåbningen er reduceret kraftigt. Underskærme er relativt lette at gøre bedre, da spånerne kastes bort i nedadgående retning.



Figur 28 Ny indsats

De beskrevne nye sugeskærme blev monteret på maskinen, og der blev gennemført målinger af luftmængder og effektivitet for, at dokumentere resultater af forsøget.

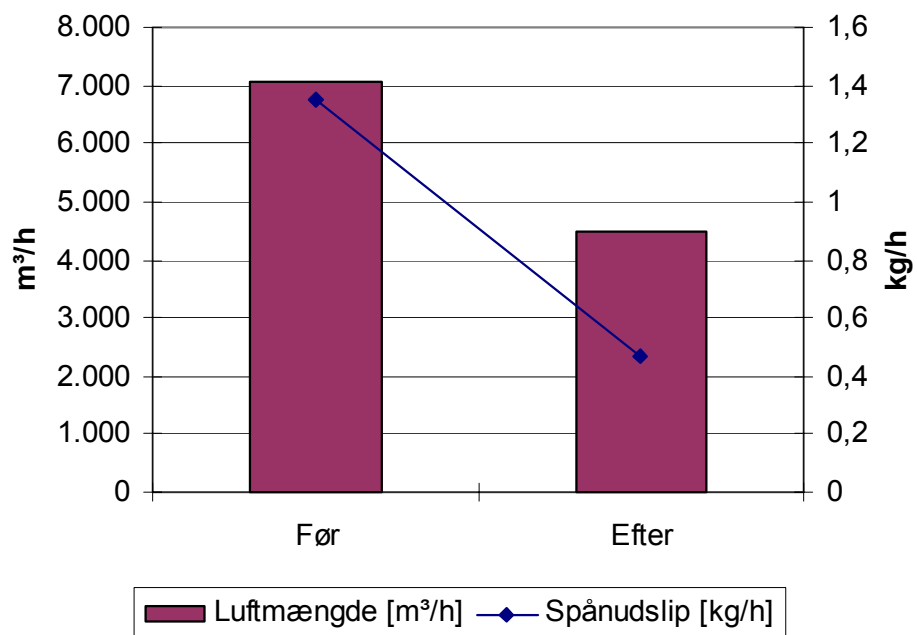
## 6.1 Måleresultater

Kehlemaskinen er, som tidligere nævnt, en Grama kehler med 5 spindler. Den ene underskærm blev ikke modificeret, efter ønske fra værtsvirksomheden. De efterfølgende målinger ville således have været bedre såfremt alle 5 sugeskærme var blevet optimeret, i modsætning til de faktiske 4 skærme.

Efterfølgende tabeller viser måleresultaterne ved udsugning af spåner fra kehlmaskinen.

Måling	Kehlemaskine før	Kehlemaskine efter	Reduktion
Udsuget luftmængde	7.050 m <sup>3</sup> /h	4.500 m <sup>3</sup> /h	36,2 %
Tryktab over skærm	- 2.650 Pa	- 2.440 Pa	7,9 %
Spånudslip	1,35 kg/h	0,47 kg/h	65,2 %

Tabel 4 Oversigt over resultater



Figur 29 Grafisk fremstilling af resultater

Som det ses af tabellen og grafen er der opnået ganske store reduktioner.



## 7 Erfaringer fra projektet

Der er i forbindelse med forundersøgelsen, analysedelen og testdelen høstet en del erfaring med såvel eksisterende som nye sugeskærme.

### Spånængder

I forbindelse med arbejdet med udformningen af en effektiv sugeskærm er det konstateret at reduktionen af de indvendige arealer er den mest effektive metode til forbedring af udsugningseffektiviteten.

Forsøg med påsætning af flanger gav ikke umiddelbart nogen synlig effekt på mængden af spåner som ikke blev fanget af udsugningen.

Afskærmning af store åbne arealer gav en god effekt på skærmene.

Montage af ledeplader har ikke helt samme effekt som ombygning af sugeskærmen, men kan være et godt alternativ til total ombygning.

### Erfaringer fra driftspersonale

Driftspersonalet har over en længere periode registreret forholdene på to ens kehlmaskiner, hvoraf den ene var testmaskinen. Dette er gjort for at indsamle erfaringerne hos driftspersonalet, som har den daglige gang med maskinerne.

Konklusionerne på dette har været følgende:

- Rengøringstiden er blevet halveret på maskinen med nye sugeskærme
- Spånængden er blevet mærkbart reduceret
- De nye skærme har ikke haft negativ betydning for mængden af spåner som sætter sig fast i skærmene
- De nye skærme er lidt mere besværlige at montere ved værktøjsskift

### 7.1 Barrierer og begrænsninger

Generelt er der manglende opmærksomhed omkring udformningen af sugeskærmene til kehlmaskiner, fra både leverandører, producenter, rådgivere og brugere. I det følgende er barriererne for implementering af nye sugeskærme beskrevet.

#### Træ- og møbelindustrien samt rådgivere

Generelt er branchen (og rådgiverne) ikke bekendt med de store muligheder for effektivisering af sugeskærme på kehlmaskiner, og stiller derfor ikke krav til leverandørerne.

#### Maskinleverandører

Leverandørerne i Danmark køber ofte kehlmaskiner i udlandet, typisk Tyskland og Italien. Kun nogle få producenter har forsøgt at udviklet nye sugeskærme, men

stilles ikke overfor krav af købere. Producenternes incitament for udvikling af nye sugeskærme er således ikke til stede, og en udvikling skal ske på producenternes eget initiativ.

Der har været forsøg på initiativ fra de tyske producenter, med forbedring af sugeseffektiviteten på enkelte maskintyper, hvilket primært er sket ved anvendelse af ledeplader og ved en forøgelse af luftmængden med 1½ gang – i forhold til traditionelle sugeskærme.

Luftmængder og energiforbrug er ikke en konkurrenceparameter, men er ved at blive det og dette kan lette på problemerne med manglende interesse.

Dimensionering af luftmængderne sker i dag normalt efter princippet med 25-30 m/s i transporthastigheder i alle kanal, ganget med antallet af tilslutninger til maskinen. Luftmængderne burde i stedet fastsættes ved forsøg, og kanaldimensioner tilpasses herefter.

### Ventilationsleverandører

Ventilationsleverandørerne har ingen (eller meget lille) indflydelse på kundernes valg af spåntagende maskiner. Leverandørerne opfylder maskinleverandørernes krav mht. luftmængder og tryktab.

Generelt har ventilationsleverandørerne været meget aktive mht. effektivisering af spånsugningsanlæg gennem de seneste 5-10 år. Man har dog ikke beskæftiget sig med den del af udsugningen som ligger før tilslutningen af maskinen og man har derved ikke taget fat ved nældens rod.

Der skal her gøres et ekstra arbejde for at nå ud til især maskinleverandørerne og ventilationsleverandørerne for, at få dem til at viderebringe budskabet og anvende det i deres daglige arbejde.

### Leverandører af værktøj

Der er inden for de seneste år kommet nyt forbedret værktøj på markedet, som på sigt kan reducere behovet for udsugning markant. Det kræver dog at sugeskærmene tilpasses de nye værktøjer.

### Udførelsesmæssige barrierer

Ved udformning af nye sugeskærme er der en række praktiske og arbejdsmæssige forhold som der skal tages hensyn til.

Maskinerne indeholder i princippet tre typer af sugeskærme, en overskærm, en sideskærm og en underskærm. Maskinen er ofte monteret med 5 – 8 spindler, med varierende værktøjer. Dette giver et stort antal af sugeskærme, hvis de skal tilpasses til det enkelte værktøj. Det må derfor blive et kompromis hvor der laves en række sugeskærme med mulighed for tilpasning til flere værktøjer. Samtidig skal sugeskærmene være let anvendelige og nemme at håndtere ved omstilling.

Ved forarbejdning af træet genereres spåner i mange størrelser alt efter værktøjs-type og træets hårdhed. Sugeskærme skal både kunne transportere store spåner og fint støv.

Sugeskærmen er udsat for stor slitage hvor spånerne rammer og skal derfor laves i en hvis godstykkelse, hvilket kan vanskeliggøre en optimal løsning. Samtidig kan fremdrivere og styreskinner være i vejen.

### Brugernes barrierer

Anvendes sugeskærme med mulighed for justering og tilpasning til enkelte profiler eller værktøjer indstilles sugeskærmen ofte kun én gang – nemlig til den størst mulige indstilling, og bliver herefter ikke rørt.

Der bør generelt gøres en indsats for at opstillere mv. forstår vigtigheden af at anvende mulighederne for justering. Især ved maskiner som kører lange produktionsserier med samme værktøj og profil.

## Bilag 1 Foto af ny overskærm



### Bemærkninger:

Ny ledeplade er monteret indvendig i den eksisterende overskærm. Den nye ledeplade er tilpasset værktøjet på maskinen, og falskluftmængden er kraftigt reduceret.

## Bilag 2 Foto af ny sideskærm



### Bemærkninger:

Ny sugeskærm er udformet således at spånerne kastes direkte fra værktøjet ind i skærmen, og videre ud i flexslangen. Sugeskærmen slutter relativt tæt om værktøjet og mindsker indtrængen af falskluft.

## Bilag 3 Foto af ny underskærm



### Bemærkninger:

Den eksisterende sugeskærm (integreret del af maskinen) er blevet udstyret med en indsats, som passer til den nødvendige luftmængde. Herudover er falskluftmængden reduceret vha. endestykke som vippes på plads.