

## **Bilagor**

Bilaga A: Fettåtgång

Bilaga B: Marknad och ekonomi

Bilaga C: Leverantörer av lagerlösningar

Bilaga D: Skisser på yttre skydd

Bilaga E: Skisser på speciallager

Bilaga F: Resultat från AHP-analysen

Bilaga G: Bilder på trasiga slangar

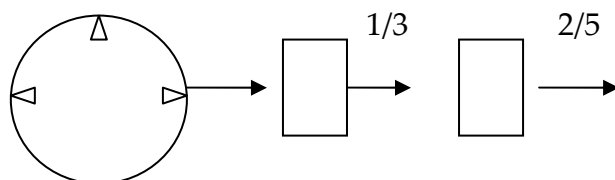
Bilaga H: Modell av gummiskydd

Bilaga I: Beräkning av lagertryck

Bilaga J: AHP-analyser

## Bilaga A: Fettåtgång

Beräkning av fettåtgången för de fyra smörjpunkterna



### Ingående värden:

Paustid: 6h

Gåtid: 6 min

Uppskattad tid då maskinen ej är i produktion under ett smörjintervall: 1h

Kapacitet per pumpelement:  $0,2 \text{ cm}^3$  /kolvslag

Varvtal på pump: 17 rpm

Pumpslag:  $6 \cdot 17 = 102$  slag/min

På grund av hur fördelningsblocken är portade och fördelade så kommer det ut  $1/3$  av det som kommer in ur första blocket. Av det som kommer in i andra blocket så kommer det endast ut  $2/5$  till de fyra smörjpunkter som uträkningen är gjord på.

Beräkningen är baserad på att en rigg i genomsnitt borrar 900 timmar på ett år. Tiderna är tagna från två verksamma riggar i Sverige.

$$17 \times 0,2 = 3,4 \text{ cm}^3 = 0,0034 \text{ liter/minut}$$

$$0,0034 \times 6 = 0,0204 \text{ liter per gångtid och pumpelement}$$

$$\text{Gå cykler: } 900/6,1 = 147,5$$

$$\text{Totala pumpslag 1 år : } 150 \cdot 102 = 15300 \text{ st}$$

$$\text{Faktor p.g.a. fördelningsblock: } (1/3) \cdot (2/5) = 0,133$$

$$\text{Volym 1 år: } 15300 \cdot 0,2 = 3060 \text{ cm}^3/\text{år} = 3,06 \text{ l/år}$$

$$\text{För fyra smörjpunkter: } 3,06 \cdot 0,133 = 0,407 \text{ l/år}$$

$$\text{Totalt volym 8 år: } 8 \cdot 0,407 = 3,25 \text{ l}$$

---

## Bilaga B: Marknad och ekonomi

### Analys

Denna tekniska rapport som berör utvalda leder med lager har inte avhandlat ekonomi eller några marknadsmässiga aspekter kring valet av nya lösningar. Denna bilaga tjänar till att ta upp denna del för att göra en lättare bedömning om det skulle vara ekonomiskt och marknadsmässigt försvarbart att genomföra lösningskoncepten. Beräkningarna är inte på något sätt exakta och det finns betydligt fler parametrar som bör vägas in. Dock visar denna enkla uppställning att det finns ekonomisk vinning i investering.

### Smörjfritt

Idag finns behovet att smörja lederna i lagerlösningen som används. En option som ofta används är det automatiska bomsmörjsystemet. Om man slår ut kostnad samt inkomst per smörjpunkt så gör man idag en förtjänst på att sälja systemet. Då är arbetet inräknat som är en lika stor summa som hela systemet kostar idag.

Ett lager som inte skulle kräva något underhåll skulle innebära en direkt förlust om man inte får sälja smörjsystemet. Men lägger man till detta lager som standard så kan man mycket väl öka priset på riggen som skulle motsvara eller överträffa dagens förtjänst eftersom att en smörjfri rigg är åtråvärt för kunden.

### Nya lager

Lager som rekommenderas måste först testas för att bedöma en absolut vinnare. Skulle utfallet bli jämnt så skulle en sista faktor för beslut kunna bli pris. Detta är ungefärliga priser på lager som skulle kunna ersätta dagens lösning. Priset skulle sjunka betydligt om antalet lager skulle ökas vid köp. Dagens lager köps in för X kr/st. Priserna nedan redovisas med en faktor multiplicerad med priset på dagens lager p.g.a. sekretess.

- Glasfiberarmerat lager med ett skikt av PTFE.
  - Ca 1,1xX kr/st utan tätning (DEVA.tex, Federal Mogul)
  - Ca 3,8xX kr/st med integrerad tätning (Sealed Bearing Cartiridges "SBC", GGB)
- PEEK-lager med tillsatser av kolfiber, PTFE.
  - En initialkostnad på ca 20000 kr för tillverkning av specialverktyg. Lagerpris per styck skulle sedan bli relativt lågt.
- Lager av fenolkomposit med vävd aramid och grafit.
  - Ca 5,6xX kr/st utan tätning (COM-30, DE-trading)

### Eftermarknad

En inriktning som man kan välja när det gäller marknad är att konstruera ett lager som skiljer sig från de standardiserade lagren. Dessa skulle man kunna sälja som reservdel och som ensam leverantör. Denna variant känns onödig när lagren är beräknade att hålla hela livslängden. Man får dock tänka på att viktiga funktioner kan byggas in i den komplexa geometrin som kan vara till fördel applikationen.

### Kostnadsanalys

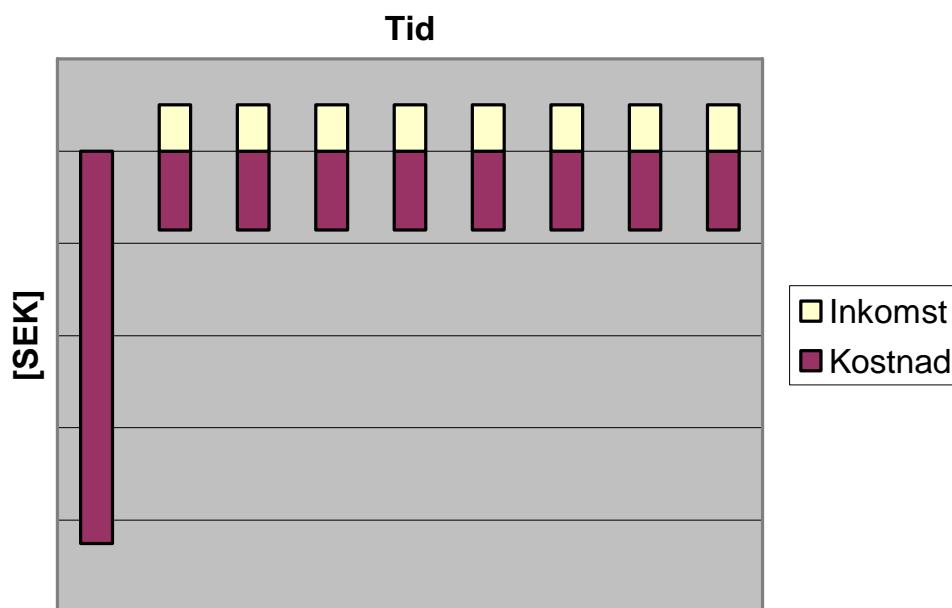
I nedanstående diagram presenteras kostnaden för dagens system samt en uppskattad kostnad för det föreslagna lösningsalternativet. Det är gjort både ur kunden samt företagets synvinkel. De tar endast hänsyn till de fyra lager som behandlas i rapporten men man kan tydligt se att AC kan göra en större förtjänst med smörjfria lager. Viktigt att notera är att ur en helhetssyn på riggen så är det inga stora summor. Det som är positivt med det smörjfria systemet är att driftstoppen försvinner vilket kan leda till ökade intäkter för kunden i form av ökad produktivitet.

### Beräkningar

Kostnads/inkomst-objekt (AC)	Kostnad [SEK]
Smörjssystem (kostnad)	
En tunna fett ca 19 liter	
Arbete	
Totalkostnad	
Kostnad per smörjpunkt	
Försäljning Centralsmörjning	
Inkomst per smörjpunkt	
Förtjänst per smörjpunkt	

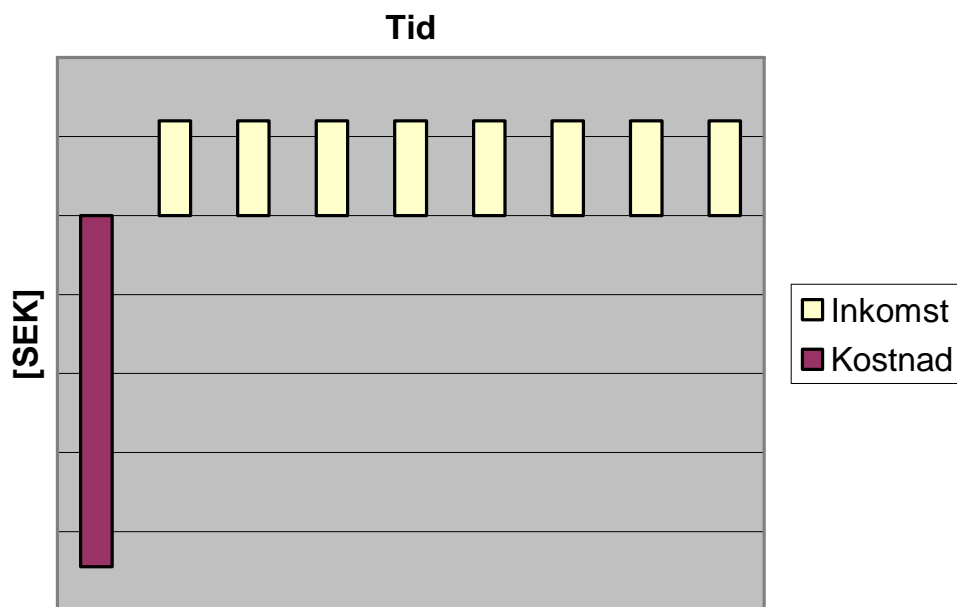
De framräknade kostnads- samt inkomstkalkylerna kan inte redovisas p.g.a. företagshemliga skäl. Dock kan förhållanden visas i de efterföljande diagrammen som visar vilken effekt de nya lagren skulle ha för kunden samt företaget.

## Diagram

**Kund med automatiskt smörjsystem (4 st smörjpunkter och lager)**

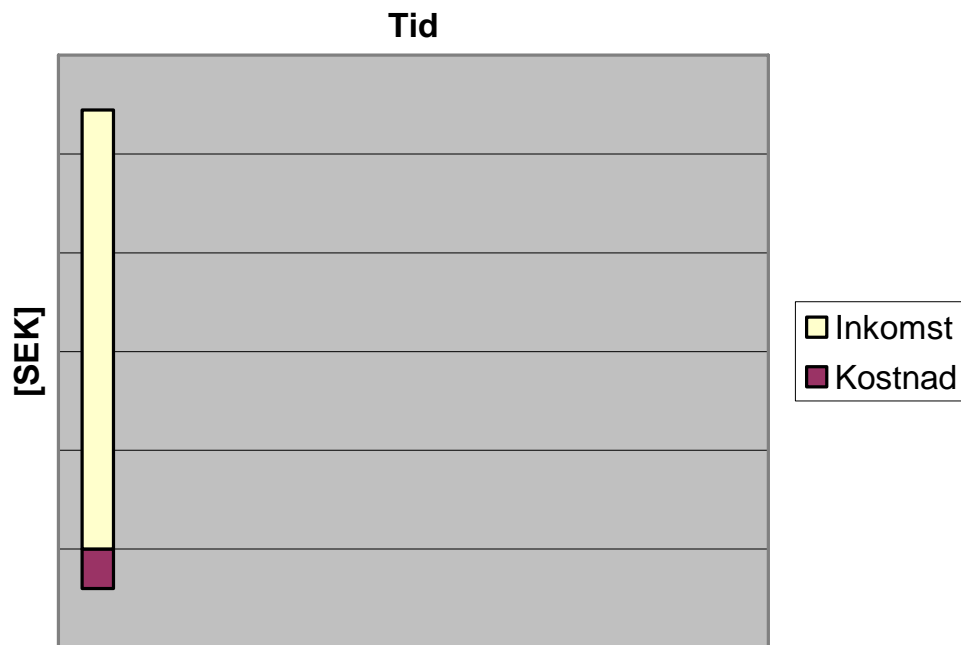
Den initialt största kostnaden för kunden blir i detta diagram smörjsystemet. Kvarvarande tid som maskinen är i produktionen så krävs service och underhåll av systemet. Men eftersom det automatiska smörjsystemet skall ersätta att man manuellt smörjer så kan man tänka sig inkomster p.g.a. ökad produktivitet. Dessa inkomster och kostnader som beror på produktivitet är uppskattade som exempel. Med verkliga siffror från kund så skulle utfallet antagligen bli annorlunda från kund till kund.

## Kund smörjfria lager (4 st lager)



I detta diagram är kostnaden väl tilltagen för att utrusta maskinen med den smörjfria lagerlösningen. Man får här en lösning som är underhållsfri och skall klara jobba hela maskinens livslängd i teorin. Den eventuella intäkten för kunden skulle då kunna vara den ökade produktiviteten p.g.a. minskade driftstopp. Beroende på kund så ändras självklart stapeln för inkomst, summan i detta diagram är ingen verklig siffra utan en gissning som skall visa effekten som ett exempel.

## AC smörjfria lager (4 st lager)



Här är inkomsten samma som kundens kostnad i föregående diagram. Det som tydligt ses här är att kostnaden för AC sjunker markant eftersom det automatiska smörjsystemet och många arbetstimmar på maskinen försvinner.

## Bilaga C: Leverantörer av lagerlösningar

**PMC lubrication** är den svenska leverantören av företaget Federal Moguls glidlagerlösningar som kallas DEVA. De lager som är intressanta från denna leverantör är:

- DEVA.tex som är ett robust smörjfritt glasfiberlager med mycket bra egenskaper.
- DEVA.bm som är ett sintrat bronslager med grafit som har bra självsörjande egenskaper. Dock rekommenderas detta inte i rapporten.

**Nomo kullager AB** är den svenska leverantören av GGB Bearing Technology's lagerlösningar. De levererar:

- SBC som är ett väl testat glasfiberlager med inbyggda tätningar. Detta lager garanteras att stå emot smuts, sand och vatten som appliceras direkt på lagret vilket är unikt. Det uppfyller även alla andra kriterier. Detta lager används på John Deeres frontlastare och kallas då för "Never Grease". Andra områden där det kan användas är på de flesta tungt belastade anläggningsmaskiner, skogsmaskiner mm.

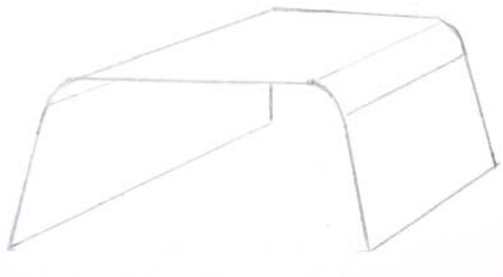
**SKF** levererar ett urval av smörjfria lager. Dock är det endast deras glasfiberarmerade lager som uppfyller kriterierna.

**DE-trading** är dagens leverantör av bronsbussningar, men de har även ett urval av smörjfria lager. De som uppfyller kriterierna för applikationen är:

- Lager tillverkade i materialet PEEK. Detta material kan skräddarsys för applikationen beroende på vilka additiv som blandas i. Det har en dyr initialkostnad p.g.a. att ett verktyg måste tillverkas speciellt för applikationen. Det går i gengäld att göra lager med fläns i ett stycke.
- Lagret COM-30 tillverkas i ett kompositmaterial av fenolkomposit med vävd aramid och grafit.



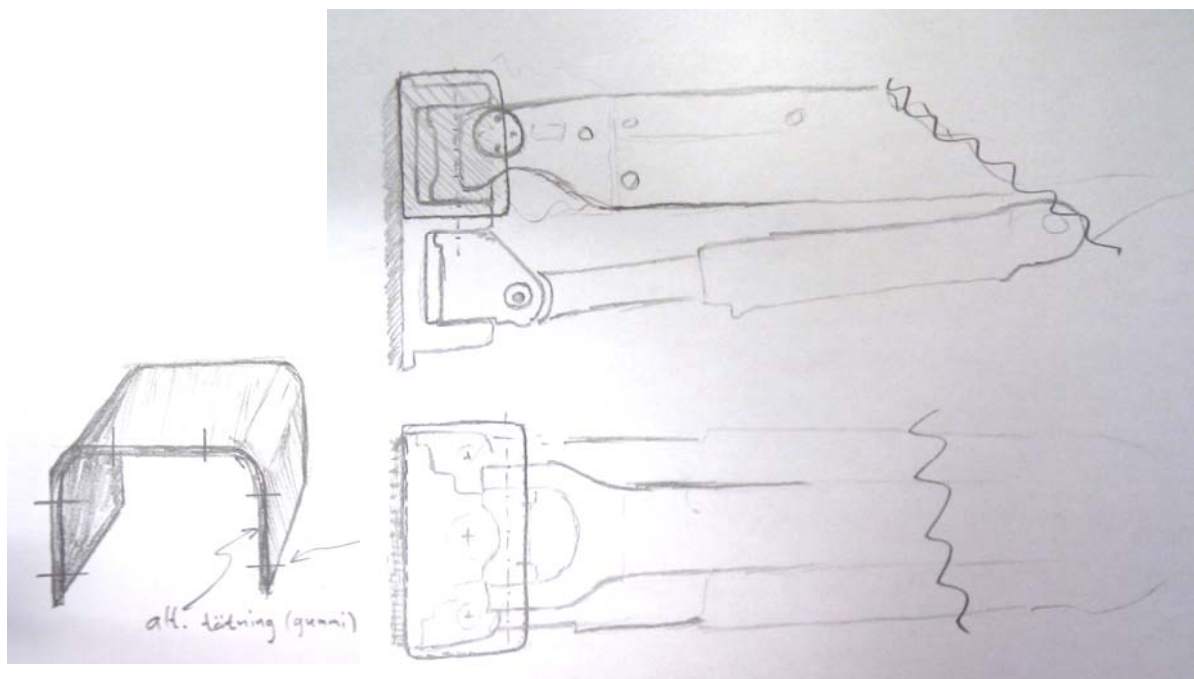
## Bilaga D: Skisser på skydd



Metallskydd som följer bomplattas kontur



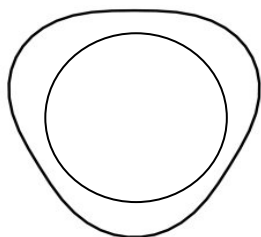
Metallkåpa med gummiskydd



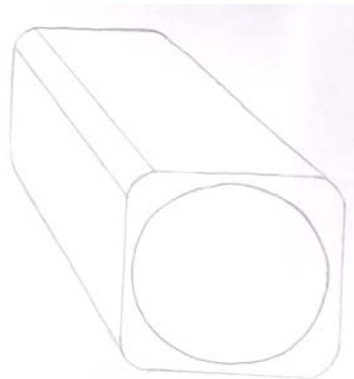
Skiss på metallkåpa

Placering av metallkåpa på bommen

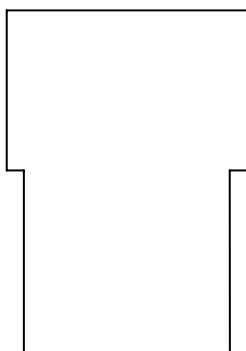
## Bilaga E: Skisser på speciallager



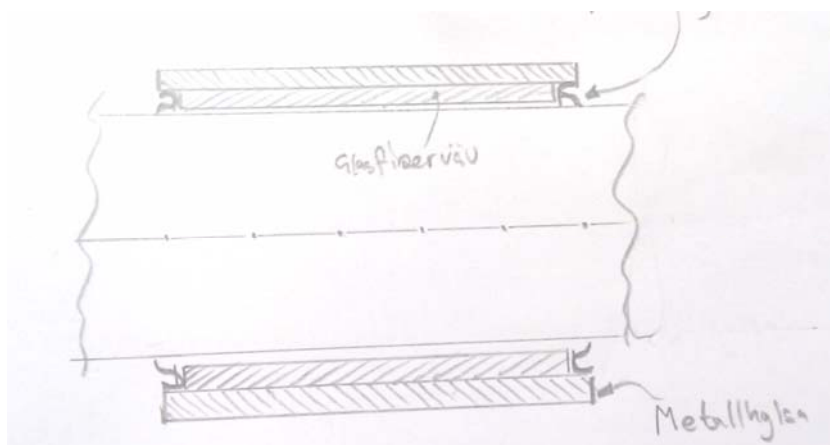
Lager med ett svårkopierat tvärsnitt



Lager inbyggt i ett fyrkantigt tvärsnitt för att fixera lagret vid montering och för att komplicera kopiering



Profilbild på lagerlösning som låser konstruktionen en riktning axiellt.



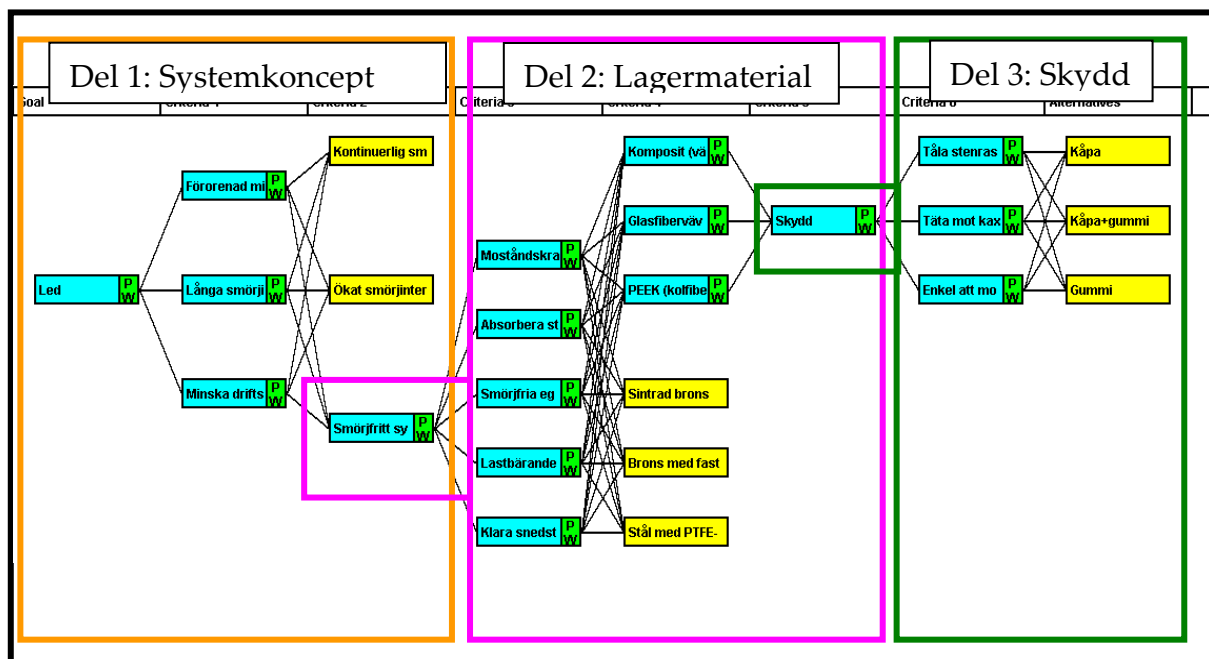
Lagerlösning med inbyggd tätning och ett metallhölje som är möjliga att bearbeta.

## Bilaga F: Resultat från AHP-analys

Nedan redovisas resultaten från de AHP-analys som gjorts på de olika förbättringsområdena. Analyserna har genomförts med hjälp av det Web-baserade programmet "Web-Hipre" och alla bilder är skärmdumpar från programmet.

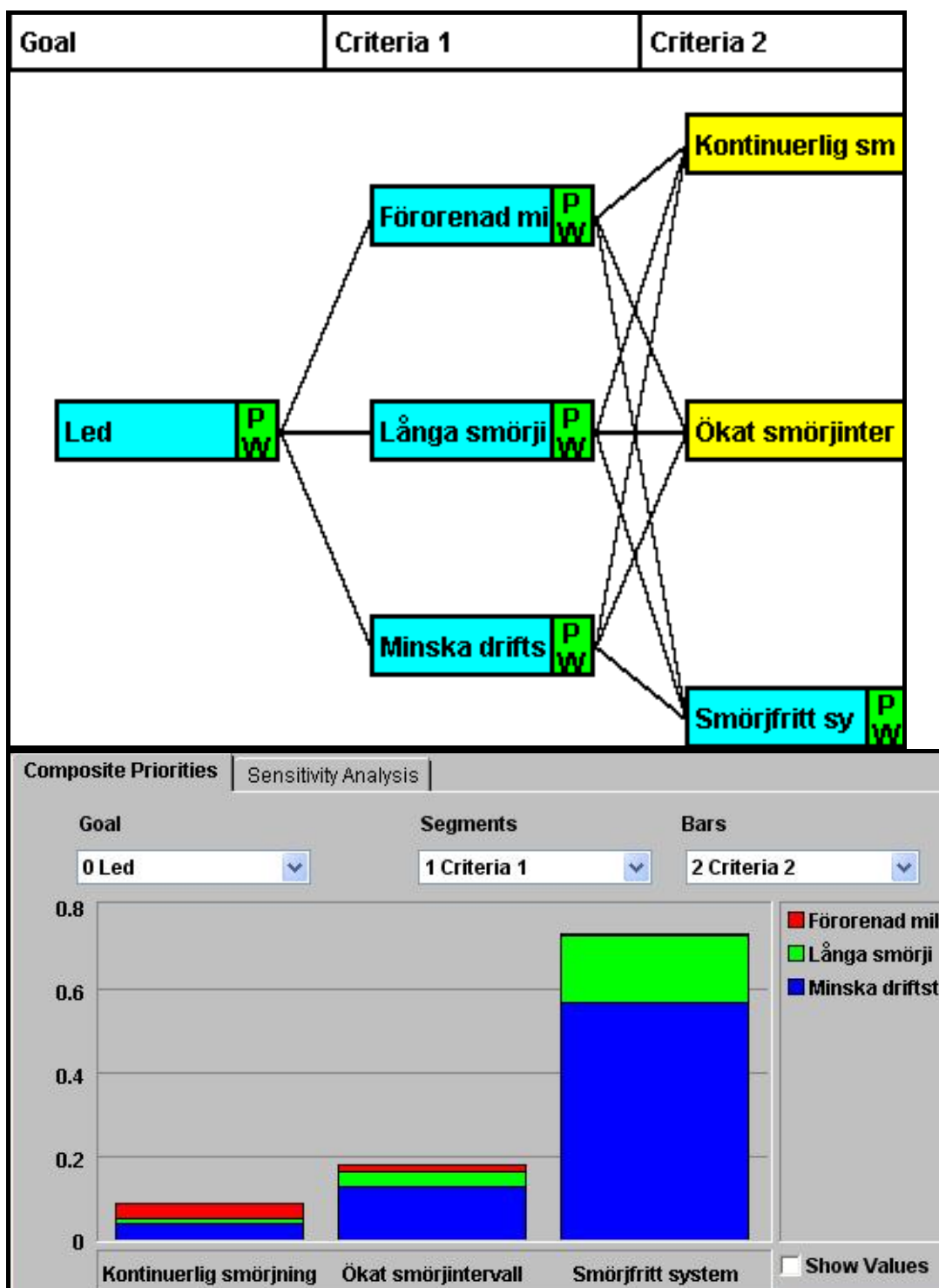
### AHP-analysen

AHP-trädet kan delas in i tre olika delar med olika kriterier och alternativ. Delarna i AHP-analysen har genomförts i den ordningen som de presenteras. Därför har trädet byggts på genom att vinnaren i första delen har blivit grunden till analysen i del 2 o.s.v.



**Systemkoncept (del 1)**

Vinnaren bland systemkoncepten blev ett smörjfrittssystemet. Det smörjfria systemet vann i huvudsak på att det kommer minska driftstoppen. De övriga alternativen kräver smörjning vilket kommer att leda till att driftstoppen ger låg poängsättning.



Resultat i siffror kopierat från programmet:

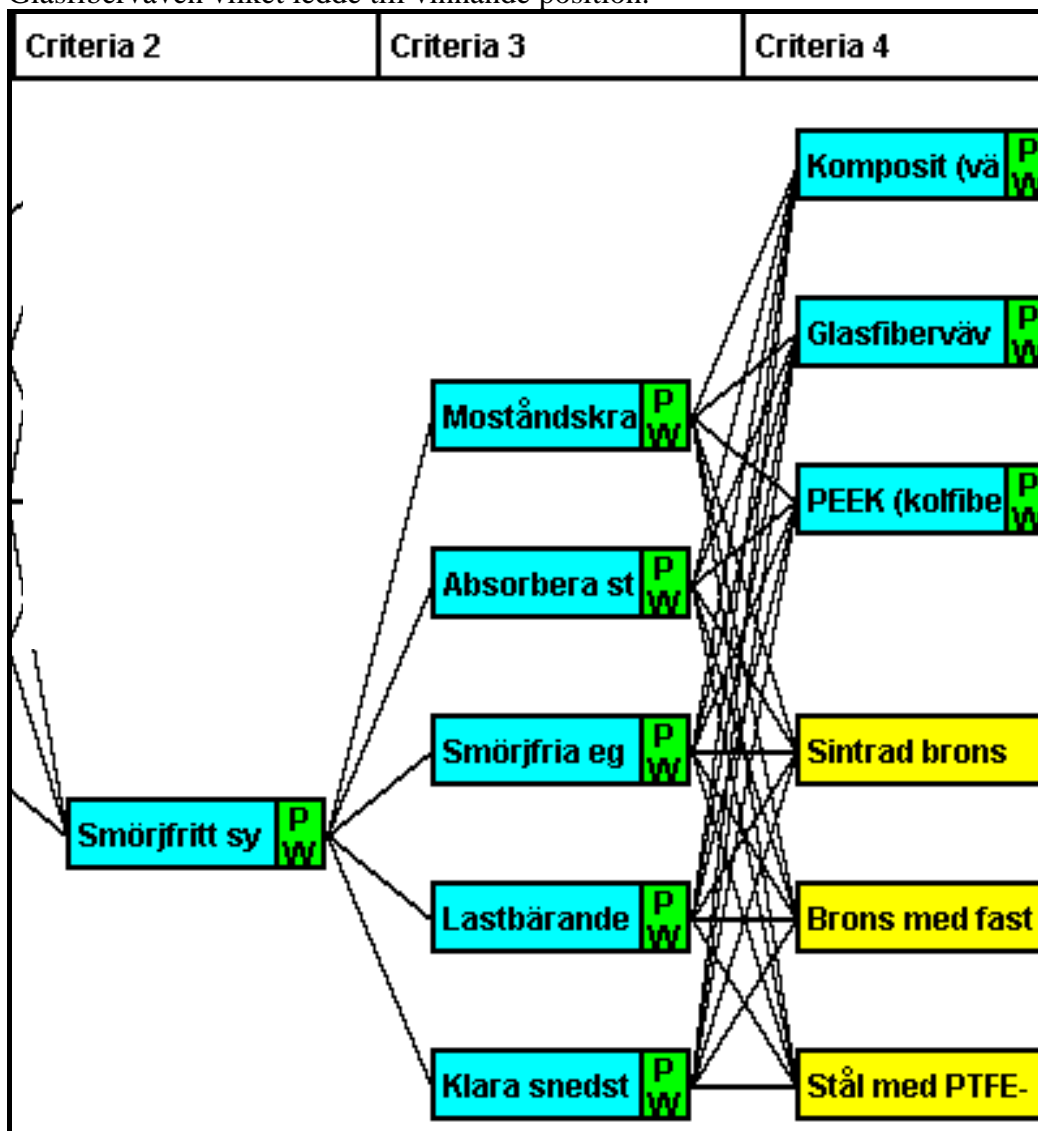
Composite Priorities			
	Kontinuerl	Ökat smörj	Smörjfritt
Förorenad	0.037	0.015	0.006
Långa smör	0.011	0.036	0.16
Minska dri	0.04	0.128	0.568
Overall	0.088	0.178	0.733

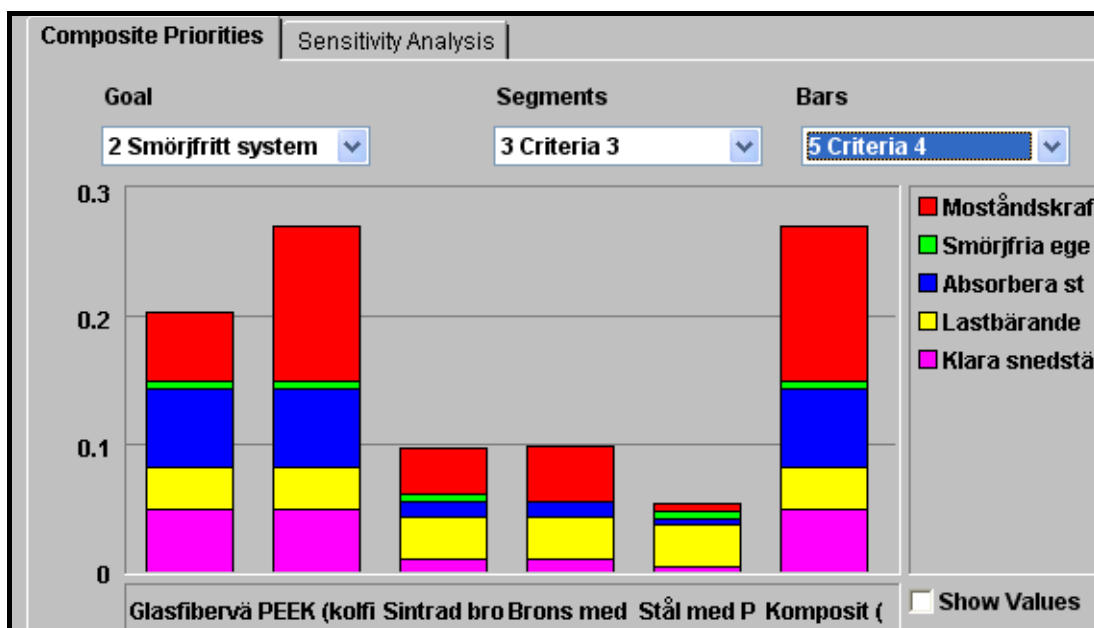
### Lagermaterialiet (del 2)

Lagermaterialen som bäst lämpar sig i ett smörjfritt blev:

1. PEEK (kolfiber, grafi, PTFE) och Komposit (vävd aramid+grafit+fenolkomposit)
2. Glasfiberväv (PTFE-skikt)

PEEK- samt Kompositlagret viktades att stå emot föroreningar något bättre än Glasfiberväven vilket ledde till vinnande position.





Resultat i siffror kopierat från programmet:

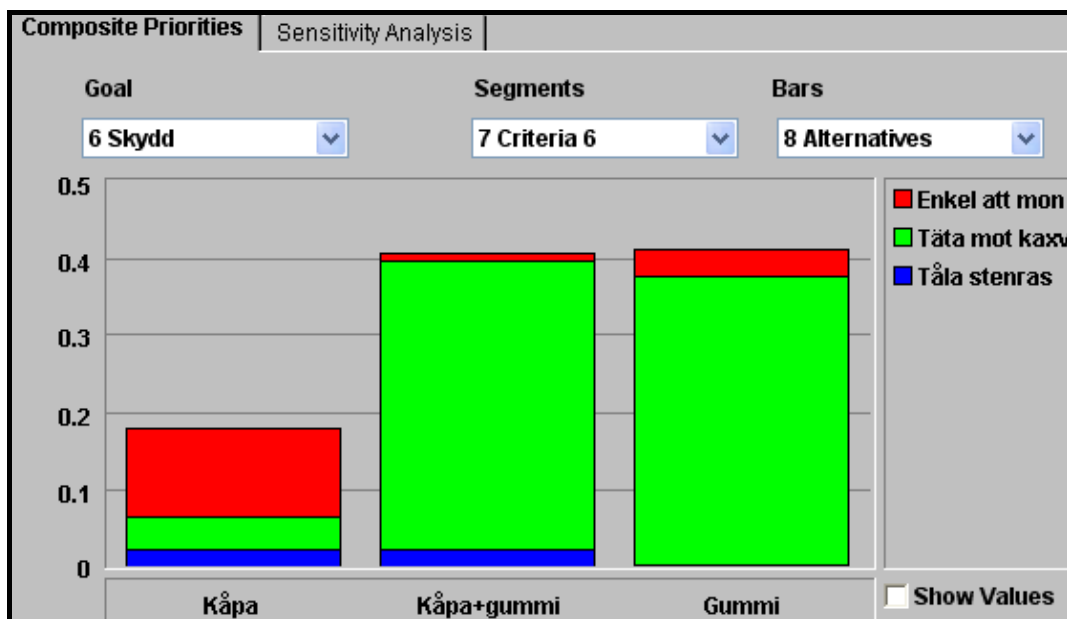
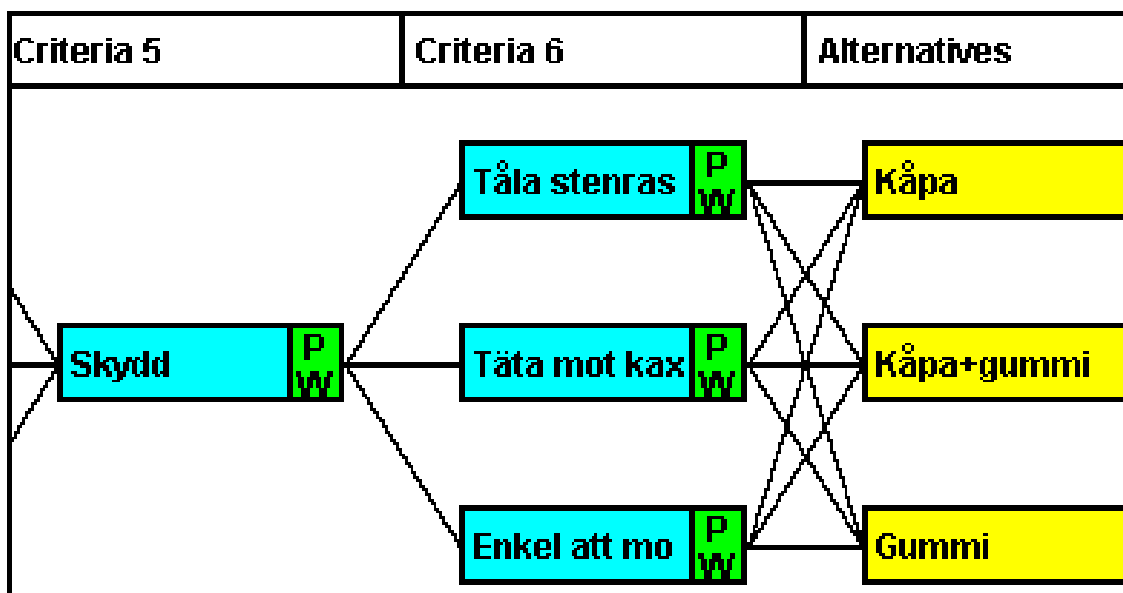
	Glasfibervä	PEEK (kolfi	Sintrad br	Brons med	Stål med P	Komposit
Moståndskr	0.055	0.122	0.037	0.044	0.006	0.121
Smörjfria	0.006	0.006	0.006	0.001	0.006	0.006
Absorbera	0.061	0.061	0.011	0.011	0.004	0.061
Lastbärand	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
Klara sned	0.049	0.049	0.01	0.01	0.004	0.049
Overall	0.205	0.272	0.098	0.099	0.055	0.271

### Skydd (del 3)

De material som lämpar sig bäst som yttre skydd är följande:

1. Kåpa+gummi samt gummi
2. Kåpa

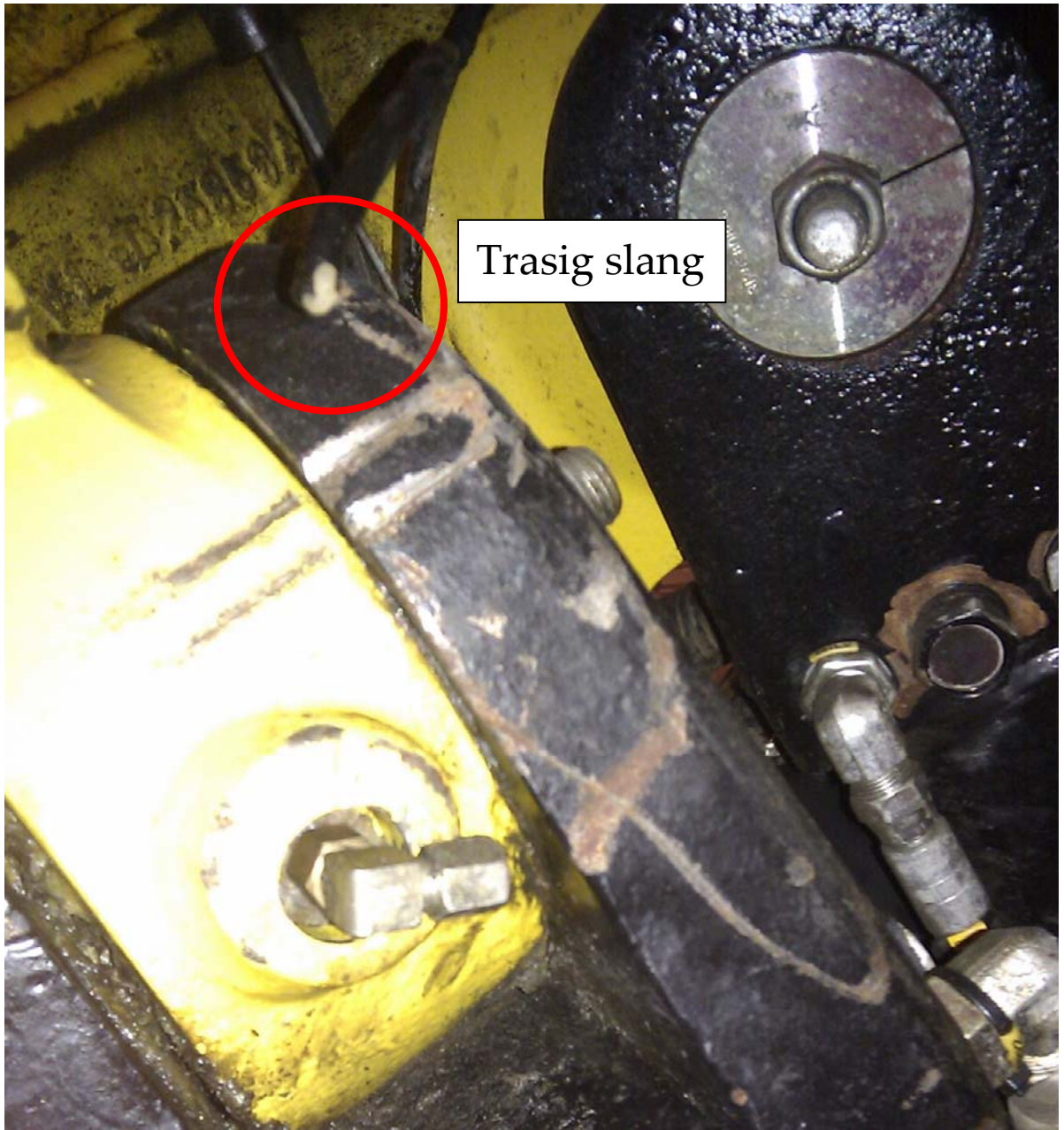
Det starkaste kriteriet för skyddet var att täta av mot borrkax och vatten. Här fick kåpan i kombination med gummi samt enbart gummi det högsta värdet. Kollar man på enkelheten att montera och demontera så vinner kåpan dock med en lägsta totalpoäng.



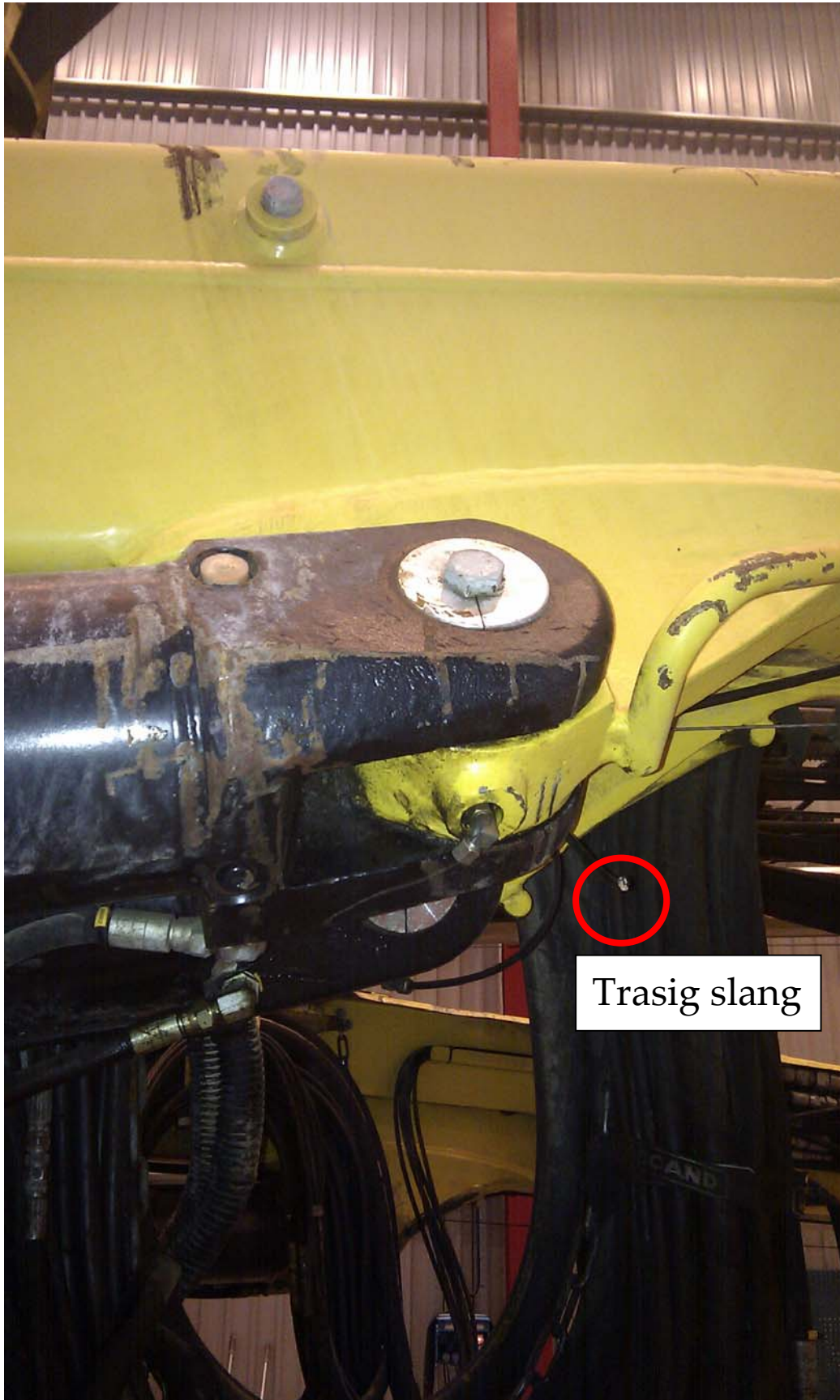
Resultat i siffror kopierat från programmet:

	Kåpa	Kåpa+gummi	Gummi
Enkel att	0.115	0.011	0.035
Täta mot k	0.042	0.375	0.375
Tåla stenr	0.023	0.023	0.003
Overall	0.179	0.408	0.412

## Bilaga G: Bilder på trasiga slangar







## Bilaga H: Modell till gummiskydd



## Bilaga I: Beräkning av lagertryck

Krafterna som används för beräkningarna är de största krafterna som används vid FEM-beräkningar på Atlas Copco Rock Drills AB.

### Lagertryck på Led 1

Maximal kraft:  $648,9 \text{ kN}$ . (fördelat på två lager)

Projicerad area:  $60 \times 100 = 6000 \text{ mm}^2$

Maximalt tryck:  $(648900/2) / 6000 = 54,1 \text{ MPa}$

Kraftens riktning är i bommens riktning vid borring horisontellt rakt fram.

### Lagertryck på Led 2

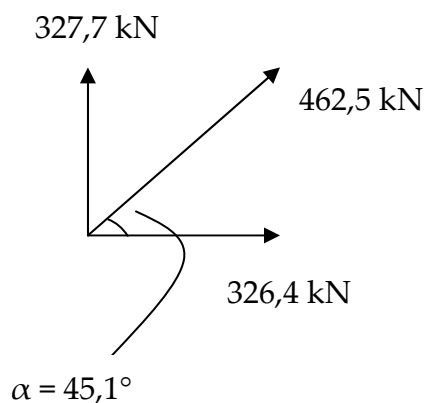
Maximal kraft:  $462,5 \text{ kN}$ . (fördelat på två lager)

Projicerad area:  $65 \times 100 = 6500 \text{ mm}^2$

Maximalt tryck:  $(462500/2) / 6500 = 35,6 \text{ MPa}$

$$\tan(\alpha) = 327,7 / 326,4 \rightarrow \alpha = 45,1^\circ$$

Kraften riktar sig snett upp från bommens horisontalläge rakt fram.



## **Bilaga J: AHP-analyser**

Detta är en kopia av den AHP-analys som genomfördes i ett Excel-dokument innan det WEB-baserade programmet upptäcktes. Det bygger på samma principer där kriterier och alternativ viktas och bedöms mot varandra. Att bygga upp det matematiska systemet i Excel gav en bra förståelse för verktyget och hur det skulle användas. Poängsystemet gjordes till skalan 1-5 för att lättare kunna vikta kriterier och lösningar.

Endast lösningar som uppfyller grundkriterierna (Klarar maxlast, temperaturer, hastigheter och vinkelintervall) analyseras eftersom att det är svårt att vikta grundläggande kriterier i förhållande till varandra.

- Vikt**  
 1 - Lika viktiga  
 2 - Måttligt mer viktig  
 3 - Starkt mer viktig  
 4 - Mycket mer viktig  
 5 - Extremt mer viktig

Kriterier	Lösningalternativ
A Moståndskraft mot föroreningar	1. Glasfiberväv (PTFE-skikt)
B Absorbera stötar och vibrationer	2. PEEK (kolfiber, grafi, PTFE)
C Smörjfria egenskaper	3. Sintrad brons med grafit
D Lastbärande egenskaper	4. Brons med fast grafit
E Klara snedställning	5. Stål med PTFE-skikt
F	6. Komposit (vävd aramid+grafit+fenolkomposit)
G	

Parvis jämförelse av kriterier								Radsumma	Poäng
	A	B	C	D	E	F	G		
A	1	1	4	4	4			14	0.38
B	1	1	3	0.25	3			8.25	0.21
C	0.25	0.33	1	3	1			5.583	0.14
D	0.25	4	0.33	1	3			8.583	0.22
E	0.25	0.33	1	0.33	1			2.916	0.07
F								0	0
G								0	0
								Σ	39.332
									1

Moståndskraft mot föroreningar										Absorbera stötar och vibrationer									
Parvis jämförelse av lösning mot kriterie										Parvis jämförelse av lösning mot kriterie									
A	1	2	3	4	5	6	Σ			B	1	2	3	4	5	6	Σ		
1	1	0.5	2	1	5	0.5	10	0.18		1	1	4	4	4	5	1	19	0.3	
2	2	1	3	1	5	1	13	0.23		2	1	1	4	4	5	1	16	0.25	
3	0.5	0.33	1	1	5	1	8.83	0.16		3	0.25	0.25	1	1	2	0.25	4.75	0.08	
4	1	1	1	1	5	0.5	9.5	0.17		4	0.25	0.25	1	1	2	0.25	4.75	0.08	
5	0.2	0.2	0.2	0.2	1	0.2	2	0.04		5	0.2	0.2	0.5	0.5	1	0.2	2.6	0.04	
6	2	1	1	2	5	1	12	0.22		6	1	1	4	4	5	1	16	0.25	
							55.3	1									63.1	1	
Smörjfria egenskaper										Lastbärande egenskaper									
Parvis jämförelse av lösning mot kriterie										Parvis jämförelse av lösning mot kriterie									
C	1	2	3	4	5	6	Σ			D	1	2	3	4	5	6	Σ		
1	1	1	1	4	1	1	9	0.19		1	1	1	1	1	1	1	6	0.17	
2	1	1	1	4	1	1	9	0.19		2	1	1	1	1	1	1	6	0.17	
3	1	1	1	4	1	1	9	0.19		3	1	1	1	1	1	1	6	0.17	
4	0.25	0.25	0.25	1	0.25	0.25	2.25	0.05		4	1	1	1	1	1	1	6	0.17	
5	1	1	1	4	1	1	9	0.19		5	1	1	1	1	1	1	6	0.17	
6	1	1	1	4	1	1	9	0.19		6	1	1	1	1	1	1	6	0.17	
							47.3	1									38	1	

**Lösningförslag**

1. Glasfiberväv (PTFE-skikt)
2. PEEK (kolfiber, grafi, PTFE)
3. Sintrad brons med grafit
4. Brons med fast grafit
5. Stål med PTFE-skikt
6. Komposit (vävd aramid+grafit+fenolkomposit)

**Vikt**

- 1 - Lika lämpliga
- 2 - Måttligt mer lämplig
- 3 - Starkt mer lämplig
- 4 - Mycket mer lämplig
- 5 - Extremt mer lämplig

Klara snedställning									
Parvis jämförelse av lösning mot kriterie									
E	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$		
1	1	1	3	3	3	1	12	0.24	
2	1	1	3	3	3	1	12	0.24	
3	0.33	0.33	1	1	2	0.33	5	0.1	
4	0.33	0.33	1	1	2	0.33	5	0.1	
5	0.33	0.33	0.5	0.5	1	0.33	3	0.06	
6	1	1	3	3	3	1	12	0.24	
							49	1	

**Sammanställning**

	A	B	C	D	E	F	G
1	0.18	0.3	0.19	0.17	0.24		
2	0.23	0.25	0.19	0.17	0.24		
3	0.16	0.08	0.19	0.17	0.1		
4	0.17	0.08	0.05	0.17	0.1		
5	0.04	0.04	0.19	0.17	0.06		
6	0.22	0.25	0.19	0.17	0.24		

Poäng
0.36
0.21
0.14
0.22
0.07
0
0

**Slutgiltig ranking**

	A	B	C	D	E	F	G		
1	0.06	0.06	0.03	0.04	0.02	0	0	0.21	
2	0.08	0.05	0.03	0.04	0.02	0	0	0.22	
3	0.06	0.02	0.03	0.04	0.01	0	0	0.14	
4	0.06	0.02	0.01	0.04	0.01	0	0	0.13	
5	0.01	0.01	0.03	0.04	0	0	0	0.09	
6	0.08	0.05	0.03	0.04	0.02	0	0	0.21	