

# Test av kläder för skydd av brandmän mot exponering för polycykliska aromatiska kolväten i brandrök



**Beställt av:**

Insamlingsstiftelsen Brandmännens Cancerfond

**Utfört av:**

Lars Ekberg<sup>1</sup>, Sarka Langer<sup>2</sup>, Bo Strandberg<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CIT Energy Management AB

<sup>2</sup> IVL Svenska Miljöinstitutet

<sup>3</sup> Lunds Universitet

## Innehåll

Innehåll .....	2
1. Sammanfattning .....	3
2. Bakgrund .....	4
3. Syfte .....	4
4. Testade material.....	4
5. Testmetod .....	5
5.1 Testtrigg för provning av textilprover .....	5
5.2 Provtagning i samband med rökdykning i full skala.....	6
5.3 Provtagning av PAH .....	6
5.4 Kemisk analys av PAH .....	6
6. Resultat från provning av textilprover .....	7
7. Resultat från rökdykningsövningar .....	9
8. Sammanställning av samtliga rökdykningsförsök .....	13
Bilaga 1. Foton av testuppställning för provning av textilprover .....	16
Bilaga 2. Foton från rökdykningsövningar .....	19
Bilaga 3. Identifierade och kvantifierade enskilda PAH .....	23

## 1. Sammanfattning

Föreliggande rapport redovisar mätningar som genomförts för att bestämma och jämföra det skydd mot exponering för polycykliska aromatiska kolväten (PAH) i brandrök, som erhålls vid användande av två olika konstellationer av skyddskläder för brandmän. Dels har skyddskläder av standardtyp undersökts: Såväl underställ som larmställ är här av den standardtyp som normalt används av brandmän i Sverige idag i samband med rökdykning. Dessutom har skyddskläder med förstärkt skydd undersökts: Understället har här bytts ut mot ett underställ tillverkat av ett adsorptivt material. Ytterkläderna är fortfarande det larmställ som normalt används idag, d.v.s. identiskt med det larmställ som användes vid försöken med skyddskläder av standardtyp.

Sammanfattningsvis visar resultaten tydligt att konstellationen med det adsorptiva understället ger en markant reduktion av mängden PAH som tränger igenom skyddskläderna till huden jämfört med konstellationen utan adsorptivt underställ. Standardkläderna reducerade den totala mängden PAH till i genomsnitt en femtondedel (1/15) av mängden PAH i brandröken. De förstärkta kläderna, med adsorptivt underställ reducerade typiskt mängden PAH till mindre än en tusendel (1/1000) när det adsorptiva understället var nytt. När understället åldrats genom användning vid tio rökdykningar med mellanliggande tvättar sjönk reduktionen av PAH. Skyddskläderna reducerade då mängden PAH till knappt en sexhundrededel (1/600). Siffrorna i föregående stycke innebär att de olika klädkonstellationerna har följande skyddsfaktorer:

<u>Klädkonstellation</u>	<u>Skyddsfaktor</u>
Skyddskläder av standardtyp	15
Med nytt adsorptivt underställ	1000
Med adsorptivt underställ som använts och tvättats 10 gånger	600

Resultaten tyder på att det tränger in mer PAH under det adsorptiva underställets huva än under understället i övrigt. Detta kan bero på att det läcker in kontaminerad luft under huvan i samband med brandmannens rörelser. Den adsorptiva huvan gav dock i genomsnitt ca tre gånger bättre skydd än vad standardhuvan gjorde.

## 2. Bakgrund

Brandmän som exponeras för hälsofarliga ämnen i brandrök löper större risk än befolkningen i stort att utveckla cancer. I det sammanhanget är polycykliska aromatiska kolväten (PAH) speciellt viktiga eftersom flera av de ämnen som ingår i denna ämnesgrupp är dokumenterat cancerframkallande. Exponeringen sker när PAH tränger igenom brandmännens skyddskläder och deponeras på huden.

Med syfte att finna metoder för att skydda brandmän från denna arbetsmiljörisk har Brandmännens cancerfond gett i uppdrag till CIT Energy Management att studera alternativa skyddskläders förmåga att hindra genomträngning av PAH.

Uppdraget har utförts genom mätningar, dels i liten skala på provbitar av skyddskläder, dels i full skala i samband med övningar där brandmän genomförde rökdykningar. Mätningarna genomfördes på Guttasjöns brandövningsplats i samverkan med personal från Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund. Mätningar gjordes dels på de standardkläder som används inom räddningstjänsten idag, dels på ett förstärkt klädsystem, där understället byttes ut mot ett nytt underställ tillverkat av en s.k. adsorptiv textilie, innehållande ett lager med aktivt kol och som har en partikelfiltrerande funktion.

Testerna utfördes vid tre tillfällen under 2019 och 2020. Arbetet har utförts av följande personer:

- Lars Ekberg, Adj. Prof., CIT Energy Management AB, Göteborg. ([www.enerma.se](http://www.enerma.se)).
- Sarka Langer, Adj. Prof., IVL Svenska Miljöinstitutet, Göteborg ([www.ivl.se](http://www.ivl.se)).
- Bo Strandberg, Docent, Arbets- och Miljömedicin, Lunds Universitet (<https://www.lu.se/lucacat/group/v1000552>)

## 3. Syfte

Undersökningen syftar till att bestämma och jämföra det skydd mot exponering för PAH i brandrök som erhålls vid användande av två olika konstellationer av skyddskläder för brandmän. Målen är att undersökningsresultatet ska:

- bidra till ökad kunskap och medvetenhet om den arbetsmiljörisk som exponering för PAH i brandrök innebär för brandmän
- peka på en konkret möjlighet att påtagligt reducera risken genom användande av skyddskläder som effektivt reducerar genomträngningen av PAH.

## 4. Testade material

De testade materialen är av två typer:

1. **Skyddskläder av standardtyp:** Såväl underställ som larmställ är av den standardtyp som normalt används av brandmän i Sverige idag i samband med rökdykning.
2. **Skyddskläder med förstärkt skydd:** Understället har här bytts ut mot ett underställ tillverkat av ett adsorptivt material. Ytterkläderna är fortfarande det larmställ som normalt används idag, d.v.s. identiskt med det larmställ som användes vid försöken med skyddskläder av standardtyp.

Tester genomfördes med nya, alltså tidigare oanvända, klädmaterial och med kläder som använts tidigare vid tio rökdykningsövningar. Mellan varje rökdykningsövning tvättades både underställ och larmställ i tvättmaskin. Det adsorptiva understället tillhandahölls av CPP Garments (CPP).

## 5. Testmetod

I detta avsnitt beskrivs i tur och ordning:

- Testtrigg för provning av textilprover
- Provtagning i samband med rökdykning i full skala
- Provtagning av PAH
- Kemisk analys av PAH

### 5.1 Testtrigg för provning av textilprover

- Provbitar av den adsorptiva textilien tillhandahölls av CPP Garments. Provbitar av skyddskläderna av standardtyp klipptes ut från nya larmställ och underställ.
- En brandsituation simulerades i en stålcontainer genom förbränning av träbaserat material. Foton i Bilaga 1 illustrerar testuppställningen.
- De testade textilproverna exponerades för brandröken genom 200x200 mm öppningar försedda med 300x300 mm ställuckor.
- PAHs provtogs med provtagare av polyuretanskum (PUF) enligt den metod som beskrivs i separat avsnitt nedan.
- Textilproverna applicerades tillsammans med PUF-provtagare på ställuckan enligt skiss i Figur 1.
- Temperaturen mättes dels på insidan/brandsidan, dels på utsidan/hudsidan, med termo-element typ K.



**Figur 1.** Skiss och foto som illustrerar hur PUF-provtagare och textilier anbringades mot ställuckan i samband med provning av textilprover. Foton som visar arrangemanget återfinns i Bilaga 1.

### 5.2 Provtagning i samband med rökdykning i full skala

- En brand simulerades i en byggnad avsedd för rökdykningsövningar. I Bilaga 2 återfinns foton av den aktuella övningsplatsen.
- Rökdykare genomförde rökdykningar två och två, varvid den ena av rökdykarna var klädd i skyddskläder av standardtyp, och den andra rökdykaren var klädd i det förstärkta klädsystemet, enligt beskrivning i separat avsnitt ovan.
- PAHs provtogs med provtagare av polyuretanskum (samma sorts PUF som vid provning av textilprover) enligt den metod som beskrivs i separat avsnitt nedan.
- PUF-provtagarna anbringades direkt på brandmännens hud, på lår, bröstkorg, överarmar och nacke.
- Temperaturen mättes med fristående temperaturloggers modell TinyTag som anbringades i larmställets fickor, del på låg nivå (benficka), dels på hög nivå (bröstkorg).
- Varje rökdykning varade i 25 minuter. Några övningar innefattade endast en sådan rökdykning, medan andra övningar innefattade två 25 min rökdykningar med mellanliggande rast under 25 minuter.

### 5.3 Provtagning av PAH

- Huvuddelen av PAH-proverna togs med passiva provtagare av polyuretanskum (PUF). Provtagarna är cirkulära med en diameter på 14 cm.
- PUF-provtagarna anbringades på hudsidan, alltså innanför det innersta klädsnittet (understället).
  - Vid provningen av textilprover placerades PUF-provtagaren på en aluminiumfolie som i sin tur anbringades mot ställluckan enligt Figur 1. En provbit av understället placerades på PUFen och till sist anbringades en provbit av larmstället. Kanterna av luckan/textilpaketet förseglades med aluminiumtejp. När luckan stängdes var larmstället exponerat direkt mot brandröken.
  - Vid rökdykningsövningarna i full skala anbringades PUF-provtagarna direkt på brandmännens hud, på lår, bröstkorg, överarmar och nacke. De hölls på plats med kirurgtejp.
- En PUF-provtagare applicerades på utsidan av kläderna – direkt exponerad för den högkoncentrerade brandröken, både i fallet med provning av textilprover och i fallet med rökdykning i full skala.
- Provtagarna applicerades omedelbart innan varje exponeringsförsök och togs bort omedelbart efter avslutad exponering.
- Provtagarna packades in i aluminiumfolie och transporterades utan dröjsmål till laboratorium för kemisk analys.

### 5.4 Kemisk analys av PAH

Efter provtagning extraherades PAH från provtagarna med en utrustning för *Accelerated Solvent Extraction* (ASE 350). Provet renades därefter från interferenser med hjälp av en kolumn med kiselgel. Till sist genomfördes analys med en gaskromatograf med masspektrometer (GC/MS).

Resultaten uttrycks som summan av 32 st enskilda polycykliska aromatiska kolväten. Detta värde benämns Total-PAH. Även enskilda ämnen identifierades och kvantifierades (inklusive de 16 US EPA PAH). Kvantifieringen uttrycktes som mängden PAH i enheten nanogram per provtagare (ng/prov).

För bedömning av klädernas förmåga att hindra genomträngning av PAH redovisas resultatet som mängden PAH på "hudsidan" (under kläderna) i relation till mängden PAH på "utsidan" (i brandröken). Detta mått benämns i rapporten "genomträngning" och det anger den andel av mängden PAH i brandröken som tränger igenom klädlagren. Inversen av det numeriska värdet på genomträngningen benämns "skyddsfaktor". Exempelvis innebär skyddsfaktorn 1000 att mängden PAH under kläderna, på hudsidan, är en tusendel (1/1000) av mängden PAH i den omgivande brandröken.

## 6. Resultat från provning av textilprover

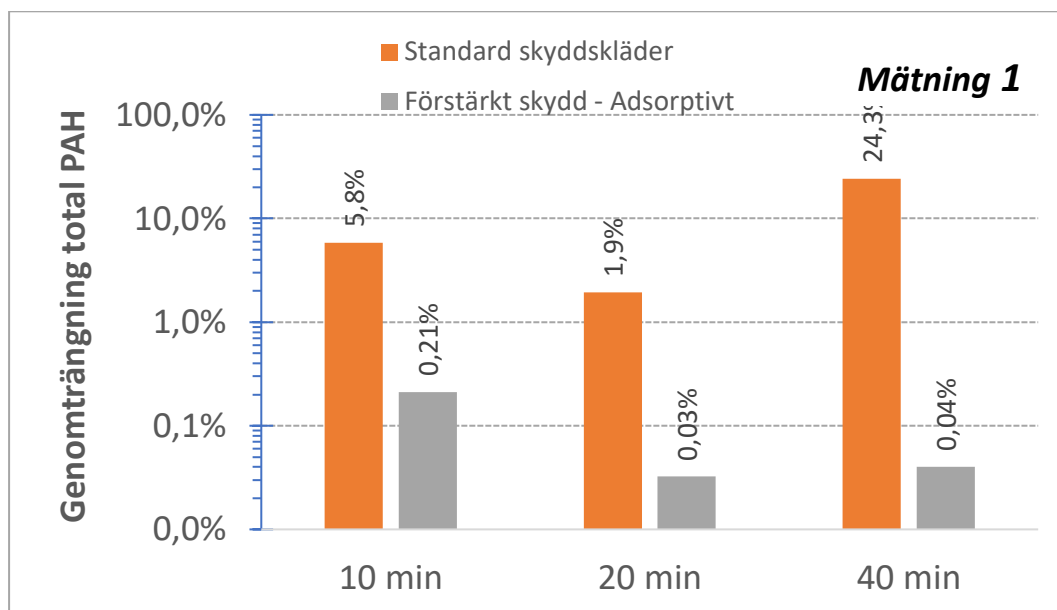
I Figur 2 och Figur 3 redovisas resultatet av två mätomgångar på provbitar av textilier. De två mätomgångarna genomfördes på identiskt vis. I båda fallen provades textilprover av standardkläderna samt textilprover för förstärkt skydd av adsorptiv textilie.

Resultaten från de två mätomgångarna är samstämmiga och visar att i genomsnitt trängde 10% av den totala mängden PAH i brandröken igenom skyddskläderna av standardtyp. Motsvarande siffra för materialet med förstärkt skydd är 0,1% för det adsorptiva materialet.

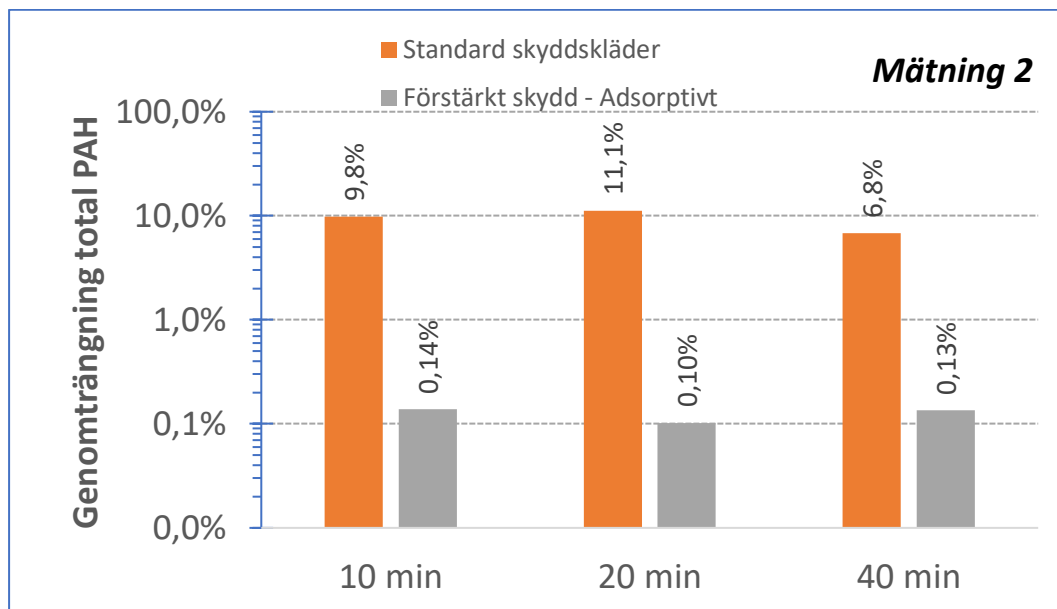
Siffrorna ovan innebär att skyddsfaktorn för det förstärkta skyddet med adsorptivt material var ca 100 gånger högre än skyddsfaktorn för standardmaterialet.

Både av Figur 2 och av Figur 3 framgår att genomträngningen av PAH inte påverkades av exponeringstiden i någon mätbar omfattning.

Samtliga skyddskläder som provades i full skala i samband med rökdykningsövningar var tillverkade av det adsorptiva materialet testat enligt ovan.



**Figur 2.** Resultat från en provning av textilier genomförd i september 2020. Materialproverna exponerades för brandrök under tre olika tider, 10 minuter, 20 minuter och 40 minuter. Resultatet uttrycks som mängden PAH på insidan/hudsidan i relation till mängden PAH i brandröken.



**Figur 3.** Resultat från en andra provning av textilier genomförd i september 2020. Materialproverna exponerades för brandrök under tre olika tider, 10 minuter, 20 minuter och 40 minuter. Resultatet uttrycks som mängden PAH på insidan/hudsidan i relation till mängden PAH i brandröken.

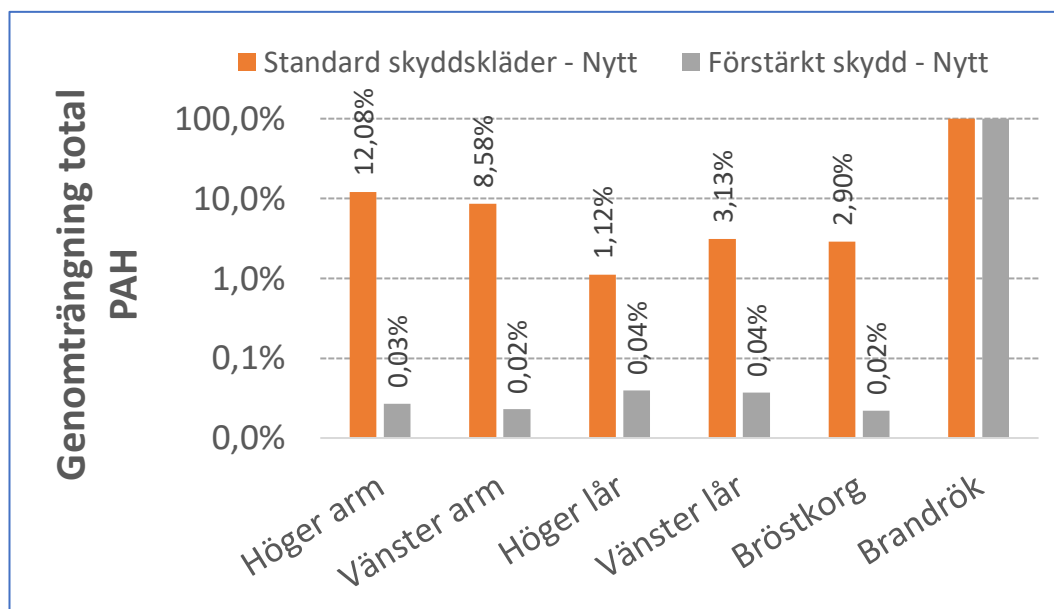


## 7. Resultat från rökdykningsövningar

Figur 4 visar resultat från en rökdykningsövning genomförd i september 2020. Rökdykningen pågick under 25 minuter med nya, tidigare oanvända, kläder. Resultatet uttrycks som genomträngning av summa PAH, dvs den totala mängden PAH på insidan/hudsidan i relation till den totala mängden PAH i brandröken på utsidan av kläderna.

Figuren visar att mellan 1% och 12% av den totala mängden PAH trängde igenom skyddskläderna av standardtyp. Dessa siffror innebär att mängden PAH under kläderna, på hudsidan, var mellan 1/89 och 1/8 av mängden PAH i den omgivande brandröken. Således betyder resultatet att skyddsfaktorn för standardkläderna varierade mellan 8 och 89.

För kläderna med förstärkt skydd var genomträngningen istället mellan 0,02% och 0,04%. Skyddsfaktorn för det förstärkta skyddet varierade således mellan 2500 och 5000. Det adsorptiva understället var vid detta försök i form av en hel overall med lös huva.



**Figur 4.** Resultat från en rökdykningsövning genomförd i september 2020. Rökdykningen pågick under 25 minuter med nya tidigare oanvända kläder. Resultatet uttrycks som mängden PAH på insidan/hudsidan i relation till mängden PAH i brandröken på utsidan av kläderna.

I december genomfördes nya rökdykningsförsök, både med nya skyddskläder och med skyddskläder som använts tidigare. De använda underställen av adsorptivt material var de samma som användes vid försöken i september (Figur 4), alltså en hel overall med lös huva. Innan försöken i december påbörjades hade de dock använts vid tio olika tillfällen innefattande 25-minuters rökdykningsövningar och tvättats däremellan.

Dessutom testades nya adsorptiva underställ som var tvådelade (byxa och överdel) med lös huva. De var tillverkade av samma typ av textilie som de tidigare använda och testade underställen i form av hel overall.

Figur 5 visar resultatet från en rökdykningsövning med tidigare använda och tvättade underställ och larmställ. I båda fallen omfattade övningen två st 25-minuters rökdykningar med mellanliggande rast i 25 minuter. Som framgår av figuren trängde mellan 6% och 8% av den totala mängden PAH igenom de tidigare använda skyddskläderna av standardtyp. Detta innebär att standardkläderna vid detta försök uppvisade en skyddsfaktor som varierade mellan 12 och 16.

För kläderna med förstärkt skydd (i samma utsträckning använda och tvättade) var genomträngningen istället mellan 0,10% och 1,43%, vilket betyder att skyddsfaktorn i detta fall varierade mellan 70 och 1000. Precis som i fallet med nya underställ (redovisas i Figur 7 nedan) observerades det lägre värdet på skyddsfaktorn för provtagare placerad på nacken. Om provet i nacken exkluderas är det lägsta värdet på skyddsfaktorn 770.

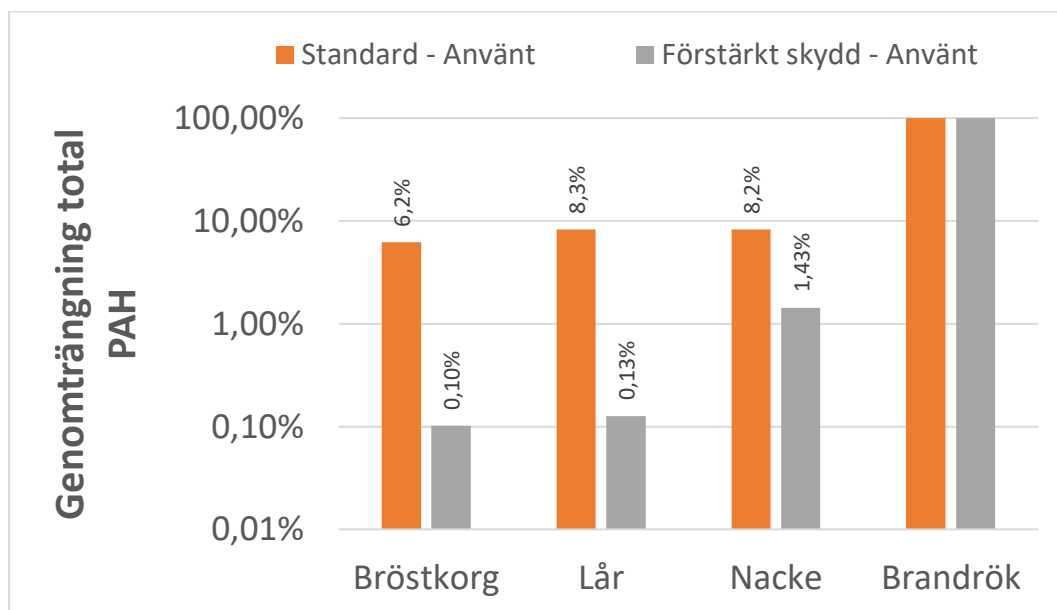
I Figur 6 redovisas resultaten av ytterligare en rökdykningsövning med tidigare använda och tvättade skyddskläder. I detta fall omfattade övningen dock endast en rökdykning om 25 minuter. Skyddsfaktorn för standardkläderna varierade i detta fall inom intervallet 28 - 67. För kläderna med förstärkt skydd varierade skyddsfaktorn istället i intervallet 17 - 1111. Åter var det provet i nacken som visade lägst skyddsfaktor. Det är möjligt att huvan inte var tillräckligt instoppad i understället vilket kan ha lett till ett "glapp" när brandmannen rörde på huvudet. Det skulle i så fall kunna förklara den lägre skyddsfaktorn i nacken. Det är också möjligt att huvan var något för stor vilken kan ha lett till dålig passform. Om provet i nacken exkluderas är det lägsta värdet på skyddsfaktorn 500.

Mätvärdena i Figur 5 och 6 antyder att mer PAH trängde igenom standardkläderna vid två upprepade 25-minuters rökdykningar jämfört med en enda rökdykning på 25 minuter. Det syns emellertid ingen sådan skillnad för kläderna med förstärkt skydd.

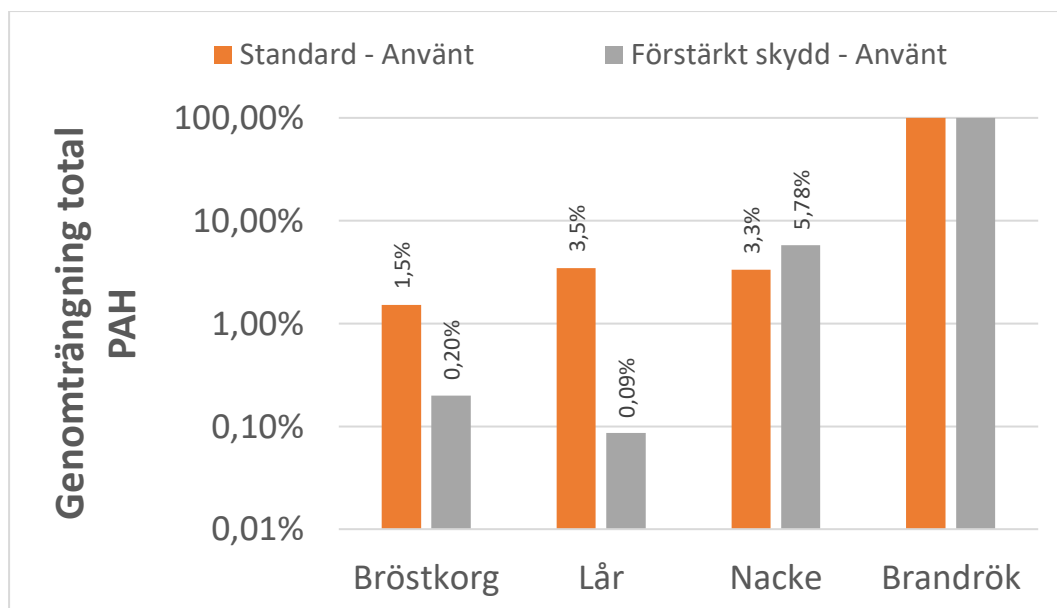
Genom att jämföra Figur 4 och Figur 6 erhålls en indikation på hur klädernas skyddsförmåga förändras när närt det adsorptiva understället åldras. Båda figurerna redovisar data för den odelade adsorptiva overallen i samband med en enda 25-minuters rökdykning. Figur 4 gäller fallet med nya underställ och Figur 6 fallet med underställ som använts och tvättats tio gånger.

För de nya kläderna visade mätningarna en total genomträngning av PAH i intervallet 0,02% - 0,04% med ett medelvärde på 0,03%. När samma overall använts tio gånger visade mätningarna istället en genomträngning i intervallet 0,09% - 0,2% på i genomsnitt 0,15% (vilket motsvarar en skyddsfaktor på 660). Provtagning i nacke gjordes endast i fallet med de använda kläderna varför detta värde exkluderas från jämförelsen. Sammanfattningsvis tyder mätresultatet på att de använda adsorptiva kläderna erbjöd ett sämre skydd än de nya.

Skyddsfaktorn för de använda adsorptiva kläderna var emellertid betydligt högre än skyddsfaktorn för standardkläderna.



**Figur 5.** Resultat från en rökdykningsövning genomförd i december 2020. Övningen omfattade två rökdykningar under vardera 25 minuter med mellanliggande rast på 25 minuter. Både larmställen och underställen hade använts och tvättats tio gånger innan försöket. Det adsorptiva understället var i form av hel overall. Resultatet uttrycks som mängden PAH på insidan/hudsidan i relation till mängden PAH i brandröken på utsidan av kläderna.

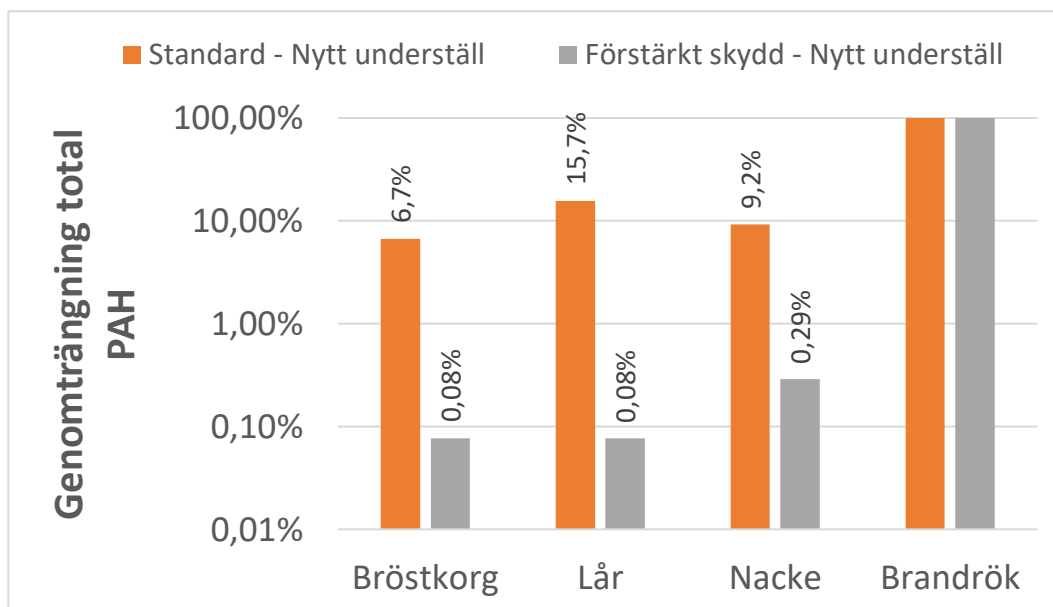


**Figur 6.** Resultat från en rökdykningsövning genomförd i december 2020. Övningen omfattade en enda rökdykning om 25 minuter. Både larmställen och underställen hade använts och tvättats tio gånger innan försöket. Det adsorptiva understället var i form av hel overall. Resultatet uttrycks som mängden PAH på insidan/hudsidan i relation till mängden PAH i brandröken på utsidan av kläderna.

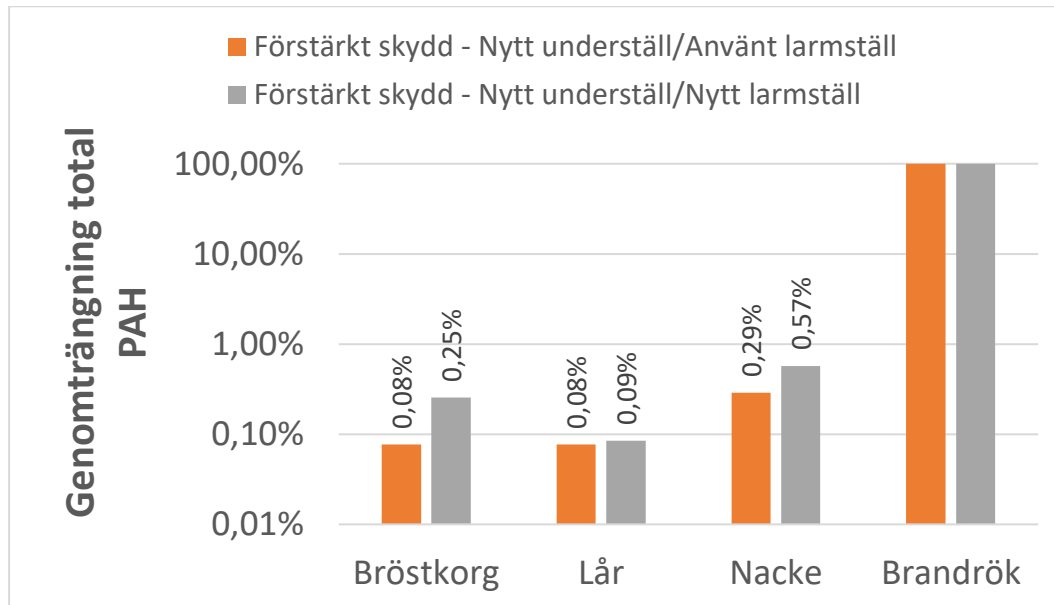
Figur 7 visar resultatet från en rökdykningsövning i december 2020 med nya, tidigare oanvända, tvådelade underställ (men använda larmställ). Som framgår av figuren trängde mellan 6% och 16% av den totala mängden PAH igenom skyddskläderna av standardtyp (nytt underställ och använt larmställ). Dessa siffror innebär att denna klädkombination uppvisade en skyddsfaktor som varierade mellan 6 och 16.

För kläderna med förstärkt skydd var genomträngningen istället mellan 0,08% och 0,29%, vilket betyder att skyddsfaktorn i detta fall varierade mellan 345 och 1250. Det lägre värdet på skyddsfaktorn observerades för provtagningen på nacken. Det är möjligt att denna provtagningsplats-/kroppsdel kontaminerats genom luftläckage in under huvan i samband med brandmannens huvudrörelser. Det är även möjligt att huvan var något för stor vilket kan ha ökat inläckaget.

I Figur 8 jämförs resultaten för två rökdykare som båda var klädda i nytt adsorptivt tvådelat underställ; den ena hade ett tidigare använt larmställ och den andra ett nytt oanvänt larmställ. För rökdykaren med nytt larmställ var skyddsfaktorn i intervallet 175 - 1111 medan den för rökdykaren med tidigare använt larmställ var 345 - 1250. I likhet med tidigare redovisade resultat observerades de lägsta värdena på skyddsfaktorn för provtagaren i nacken.



**Figur 7.** Resultat från en rökdykningsövning genomförd i december 2020. Övningen omfattade två rökdykningar under vardera 25 minuter med mellanliggande rast på 25 minuter. Larmställena hade använts tidigare medan underställerna (tvådelade) var nya. Resultatet uttrycks som mängden PAH på insidan/hudsidan i relation till mängden PAH i brandröken på utsidan av kläderna.



**Figur 8.** Resultat från rökdykningar genomförda i december 2020. Övningen omfattade två rökdykningar under vardera 25 minuter med mellanliggande rast på 25 minuter. Båda rökdykarna var klädda i nytt adsorptivt tvådelat underställ. Den ena rökdykaren hade ett tidigare använt larmställ och den andra ett nytt oanvänt larmställ. Resultatet uttrycks som mängden PAH på insidan/hudsidan i relation till mängden PAH i brandröken på utsidan av kläderna. Resultatet för rökdykaren med använt larmställ har redan redovisats i Figur 7 ovan.

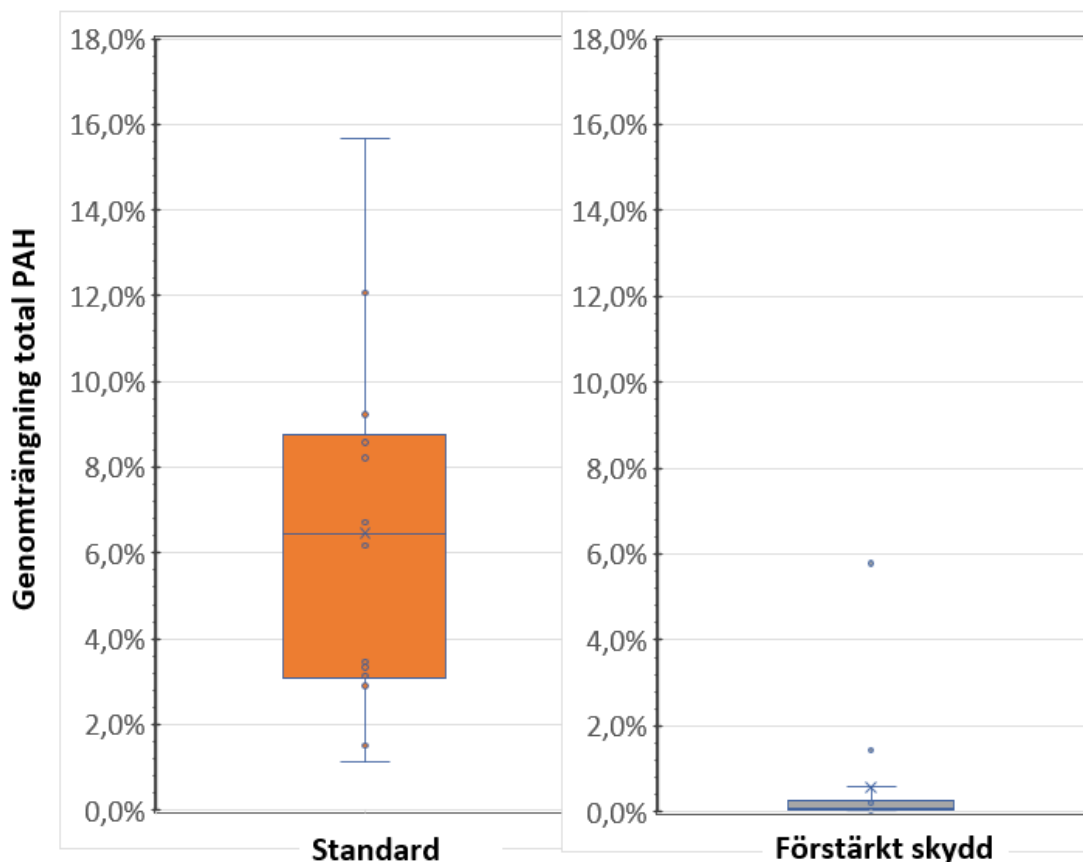
## 8. Sammanställning av samtliga rökdykningsförsök

Mätresultaten från rökdykningsövningarna sammanfattas i sin helhet i Tabell 1 och i Figur 9. Som framgår av tabellen uppvisade standardkläderna drygt 6% genomträngning av PAH, både som medelvärde och som medianvärde. Resultaten var ganska väl samlande; 25% av proverna visade lägre än ca 3% genomträngning och 25% av proverna visar över ca 9% genomträngning (25%-in respektive 75%-il).

Mätresultaten för de kläder som förstärkts med adsorptivt underställ uppvisade större spridning. Genomträngningen av PAH var i det fallet ca 0,5% uttryckt som medelvärde, men endast 0,09% uttryckt som medianvärde. Detta beror på att de prover som togs i nacke under den adsorptiva huvan i flertalet fall visade väsentligt högre genomträngning än övriga prover under det adsorptiva understället (på lår, armar och bröstorg). Medelvärdet av PAH-genomträngningen för samtliga prover exklusive de i nacken var ca 0,09%. Detta värde motsvarar en skyddsfaktor på ca 1100.

**Tabell 1.** Sammanfattning av samtliga rökdykningsförsök med skyddskläder av standardtyp respektive skyddskläder med underställ för förstärkt skydd. Uppgifterna i tabellen redovisas för åskådlighetens skull även i Figur 9.

Mått	Standardkläder		Förstärkt skydd med adsorptivt underställ		Skyddsfaktorns kvot förstärkt/standard
	Genomträngning total PAH	Skyddsfaktor	Genomträngning total PAH	Skyddsfaktor	
Max	15,7%	6	5,78%	17	3
75%-il	8,7%	11	0,25%	400	36
Medelvärde	6,5%	15	0,54%	185	12
Median	6,4%	15	0,09%	1100	73
25%-il	3,1%	32	0,04%	2500	78
Min	1,1%	91	0,02%	5000	55



**Figur 9.** Låddiagram som visar den totala PAH-genomträngningens medel, median, min- och maxvärden för samtliga prover på skyddskläder av standardtyp respektive skyddskläder med underställ för förstärkt skydd. Värdena anges även i Tabell 1.

### Sammanfattningsvis visar de genomförda mätningarna följande:

- Den totala mängden PAH på hudsidan, innanför de testade skyddskläderna av standardtyp, var i genomsnitt ca 6% av den totala mängden PAH i brandröken. Detta motsvarar drygt en femtonfaldig reduktion av mängden PAH (skyddsfaktor 15).
- Den totala mängden PAH på hudsidan, innanför de skyddskläder förstärkts med ett adsorptivt underställ, var för de flesta av proverna mindre än 0,1% av den totala mängden PAH i brandröken. Detta motsvarar drygt en tusenfaldig reduktion av mängden PAH (skyddsfaktor 1000).
- Den totala mängden PAH på brandmännens nackar, under standardklädernas huva, var i genomsnitt 7% av den totala mängden PAH i brandröken.
- Den totala mängden PAH på brandmännens nackar, under de förstärkta klädernas adsorptiva huva, var i genomsnitt 2% av den totala mängden PAH i brandröken. Detta är mindre än en tredjedel av motsvarande värde för standardklädernas huva. Dock påvisade proverna under den adsorptiva huvan större genomträngning än vad övriga prover under det adsorptiva understället gjorde (prover på lår, armar och bröstorg).
- Mätresultaten indikerar alltså att det förstärkta klädsystemet gav sämre skydd av nacken än av övriga kroppsdelar där PAH provtogs. Det är inte klarlagt vad det beror på, men en förklaring skulle kunna vara att det uppstår luftläckage in under huvan när brandmannen rör på huvudet.
- Mätresultaten tyder på en försämring av de adsorptiva klädernas skyddsfaktor efter tio användningar med mellanliggande tvättar. För den odelade adsorptiva overallen visade mätningarna en total genomträngning av PAH på i genomsnitt 0,03% när den var ny. När samma overall använts tio gånger visade mätningarna istället en genomträngning på i genomsnitt 0,15%. Dessa siffror innebär att skyddsfaktorn sjönk från 3300 till 660.

Bilaga 1. Foton av testuppställning för provning av textilprover



Figur B1.1 Paket med PUF-provtagare och textilier förberedda inför provning i testrigg.



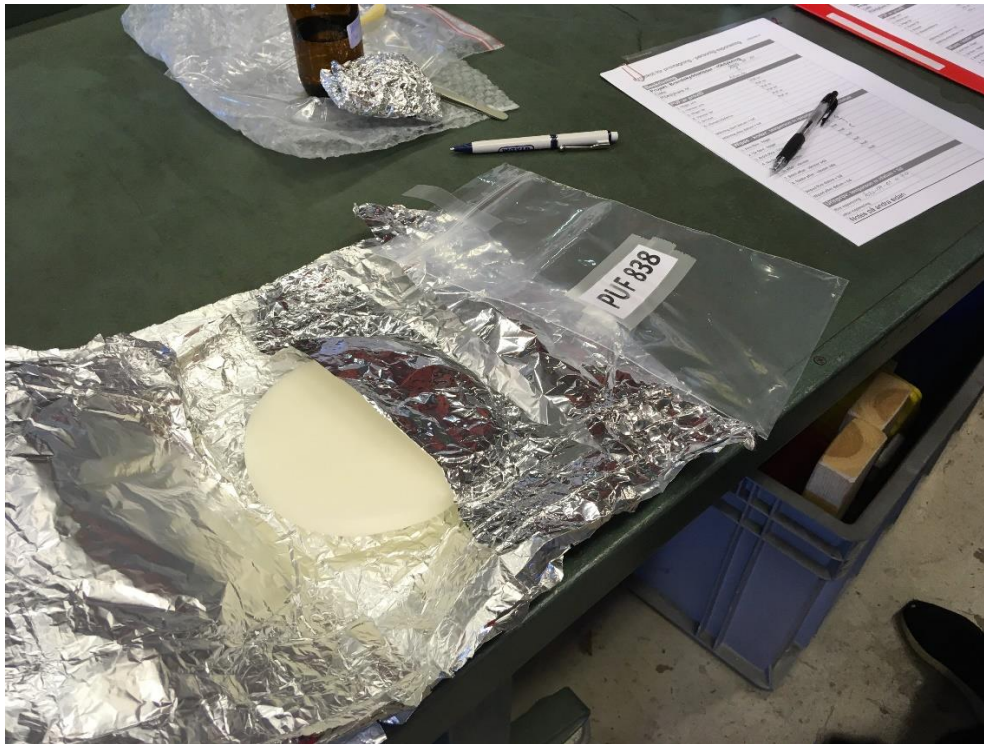


**Figur B1.2** Testrigg i form av stålcontainer förberedd inför provning av textilier. De översta fotona visar fem luckor där materialproverna applicerades.



**Figur B1.3** Testrigger sedd utifrån. Det översta fotot till vänster visar luckorna innan materialproverna applicerats. Överst till höger har materialproverna applicerats inför försöket. De två undre fotona visar materialproverna efter exponering för brandrök.

## Bilaga 2. Foton från rökdykningsövningar



Figur B2.1 PUF-provtagare i aluminiumfolie.



Figur B2.2 PUF-provtagare applicerad på arm.



Figur B2.3 Brandman klädd i adsorptivt underställ.



**Figur B2.4** Brandmän i larmställ utan komplett huvudbonad. De två till vänster är har adsorptivt underställ med huvan påtagen.



**Figur B2.5** Brandmän i larmställ klara för insats.



Figur B2.6 Brandövningsplatsen under pågående rökdykning.



Figur B2.7 Brandmän efter rökdykning.

### Bilaga 3. Identifierade och kvantifierade enskilda PAH

naphthalene  
2-methylnaphthalene  
1-methylnaphthalene  
biphenyl  
2,3-dimethylnaphthalene  
acenaphthylene  
acenaphthene  
2,3,5-trimethylnaphthalene  
fluorene  
1-methylfluorene  
phenanthrene  
anthracene  
2-methylphenanthrene  
3-methylphenanthrene  
1-methylphenanthrene  
1-methylanthracene  
2-phenylnaphthalene  
fluoranthene  
pyrene  
1-methylfluoranthene  
retene  
1-methylpyrene  
benzo(a)anthracene  
chrysene  
2-methylchrysene  
5-methylchrysene  
benzo(b)fluoranthene  
benzo(k)fluoranthene  
benzo(e)pyrene  
benzo(a)pyrene  
perylene  
indeno(1,2,3-c,d)pyrene  
dibenzo(a,h)anthracene  
benzo(g,h,i)perylene  
coronene