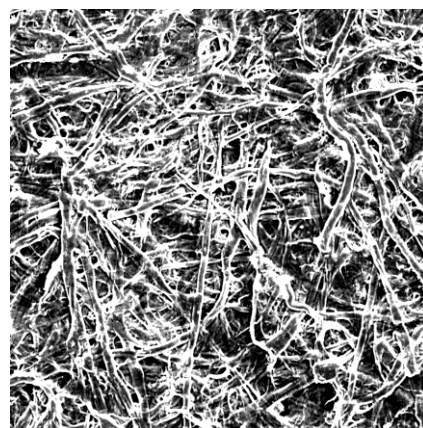


# Polyuretansvamp i kontakt med papper

- en jämförande studie inom konservering



**Anna Schottländer**

Uppsats för avläggande av filosofie kandidatexamen i  
Kulturvård, Konservatorprogrammet

15 hp

Institutionen för kulturvård  
Göteborgs universitet

2014:03





Polyuretansvamp i kontakt med papper  
- en jämförande studie inom konservering

Anna Schottländer

Handledare: Yvonne Fors

Kandidatuppsats, 15 hp  
Konservatorprogram  
Vt 2014



Program in Conservation with Specialization in Conservation of Cultural Heritage Objects  
Graduating thesis, BA/Sc, 2014

By: Anna Schottländer  
Supervisor: Yvonne Fors

## Polyurethane foam sponge in contact with paper - a comparative study within conservation-restoration

Dry surface cleaning methods are essential tools in paper conservation-restoration. Polyurethane sponges, also known as cosmetic sponges, are fairly new tools to the conservation field but are used by several conservation disciplines for dry surface cleaning. However, available literature regarding potential surface residues or alteration due to usage of polyurethane sponges is limited.

The aim of the study was to evaluate the suitability of the usage of polyurethane sponges in paper conservation, focusing on surface residues and the sponges impact on the paper surface. In a comparative study between polyurethane sponges and soot sponges surface residue experiments and cross section analysis were carried out on two types of paper. The two different of papers, one smooth and one coarse paper, originated from the same pulp. The samples were analyzed with stereo microscope and scanning electron microscope (SEM). The analysis revealed residues from both types of sponges. However, the amount of soot sponge particles were significantly higher, especially in the size interval 1-5  $\mu\text{m}$ . The cross sections and surface analysis of the paper samples showed no aggregation of the paper surfaces or fibers caused by either sponge. No significant difference in the amounts of particles could be associated with the two different papers' surface textures.

The small amount of polyurethane sponge particles and lack of paper surface aggregation speaks in favour for the suitability of the polyurethane sponge, compared to soot sponges, as a conservation tool for sized rag paper. But further studies are necessary before the polyurethane sponges potentially could be incorporated as a reliable and principally correct tool for surface cleaning in paper conservation-preservation treatments.

Title in original language: Polyuretän i kontakt med papper - en jämförande studie inom konservering

Language of text: Swedish

Number of pages: 29 pp. + appendix

Keywords: polyurethane foam, paper conservation, SEM, soot sponge, surface cleaning.

ISSN 1101-3303

ISRN GU/KUV—14/03--SE



## Förord

Att skriva uppsats är frustrerande, utvecklande och djupt katektiskt, och jag har många att tacka för stöd, råd och hjälp med denna uppsats.

Tack till studiekamraterna för fikastunder, stöd och inspiration.

Tack till Huugo Harju för bygget av riggen Mary och överseendet med mina ritningar.

Tack till Jonny Bjurman för åsidosatt tid och goda idéer.

Tack till Jacob L. Thomas för råd, hjälp och entusiasm.

Tack till Ingalill Nyström för hjälp med analyser.

Och slutligen, ett välbehövt tack till Yvonne Fors för handledning.





# Innehållsförteckning

Titelsida på engelska med abstract.....	iv
Förord.....	vi
1. Introduktion.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Problemformulering.....	1
1.3 Syfte och målsättning.....	1
1.4 Frågeställning.....	2
1.5 Avgränsningar.....	2
1.6 Begreppsdefinition.....	3
2. Kontext.....	4
2.1 Torrengöring inom papperskonservering.....	4
2.2 Sotsvamp.....	5
2.3 Polyuretansvamp.....	6
2.5 Konserveringsetik.....	8
2.6 Källkritik.....	9
3. Material och metod.....	10
3.1 Material.....	10
3.2 Provpreparering.....	11
3.3 Analysmetoder.....	13
4. Undersökning och resultat.....	15
4.1 Mikroskop.....	15
4.2 SEM.....	16
4.3 Felkällor.....	19
5. Diskussion.....	21
5.1 Diskussion.....	21
5.2 Förslag till vidare forskning.....	23
6. Slutsats och sammanfattning.....	24
6.1 Slutsats.....	24
6.3 Sammanfattning.....	24
Käll- och litteraturförteckning.....	26
Bilaga 1. Riggen Mary, bildserie.....	30
Bilaga 2. Provtagningsmönster.....	32
Bilaga 3. Tvärsnittprover, mikroskopbilder.....	33
Bilaga 4. Tvärsnittstabell.....	35
Bilaga 5. Prover, mikroskopbilder.....	36
Bilaga 6. SEM-bilder omgång 1.....	39
Bilaga 7. SEM-bilder omgång 2.....	41

# **1. Introduktion**

## **1.1 Bakgrund**

Torregöring är vanligt förekommande inom papperskonservering. Det är en konserveringsåtgärd papperskonservatorer är välbekanta med och en central del i många konserveringsprojekt.

Att ha god kännedom om redskapen som används är essentiellt för konservatorn men i dagsläget publiceras förhållandevis få nya undersökningar rörande torregöringsredskap. Under 1980- och 1990-talet utfördes och publicerades dock flertalet olika studier på de torregöringsredskap som används inom papperskonservering. Olika radergummin, svampar och rengöringspulver undersöktes och jämfördes. Dessa studier ligger ofta till grund för de beslut papperskonservatorer tar idag vid val av torregöringsredskap.

Torregöring med polyuretansvamp inom konservering är en metod som sedan en tid tillämpats för vissa materialkategorier, exempelvis måleri. Användningen av dem för torr ytregöring av pappersobjekt är dock inte en allmänt vidkänd metod. Den tillgängliga informationen om bruk av polyuretansvamp inom papperskonservering är mycket begränsad.

Denna studien är en jämförande studie mellan en typ av polyuretansvamp såld som konserveringsredskap och en inom konserveringsfältet allmänt accepterad gummisvamp (sotsvamp). Studien fokuserar särskilt på svamparnas mekaniska påverkan och avsättningar på pappersytor, då detta är återkommande aspekter vid utvärdering av torregöringsredskap.

Strävan efter bättre, eller alternativa, metoder och material är ständigt aktuellt för konserveringsfältet. För att konservatorn ska kunna uppfylla de krav och förväntningar som ställs på konserveringsåtgärder är denna typ av studie nödvändig. Arbetet faller därmed in under metodutveckling utifrån på behovet av att utvärdera nya och omvärdera gamla material.

## **1.2 Problemformulering**

Utan grundliga och dokumenterade undersökningar kan inte konservatorn ta ett informerat beslut rörande materials lämplighet eller olämplighet i konserveringssammanhang. Detta kan leda till att ett lämpligt redskap inte tas i bruk eller att ett olämpligt redskap inkluderas i konserveringverksamheten. Polyuretansvampens materialegenskaper innebär att svampen eventuellt kan utgöra ett komplement till nuvarande torregöringsredskap inom papperskonservering, dock är svampen ännu inte ordentligt undersökt.

## **1.3 Syfte och målsättning**

Syftet med studien är att jämföra polyuretansvampen med sotsvampen, i relation till materialavsättning och mekanisk ytpåverkan på traditionellt västerländskt papper. Studien ska påbörja arbetet med att utvärdera riskerna associerade med bruk av polyuretansvamp vid torregöring av papper.

Uppsatsen syftar även till att utgöra ett utgångsläge för konservatorer som är intresserade av att använda eller utföra vidare studier på polyuretansvamp i förhållande till papper. Läsaren ska utifrån studien kunna göra en första bedömning huruvida polyuretansvampen är något

konservatorer kan överväga att inkludera i sin praxis utan att kompromissa med konserveringsetiska riktlinjer.

En positiv effekt skulle även vara om studien fick läsaren, specifikt konservatorer, att reflektera över materialval vid torra rengöringsåtgärder inom papperskonservering.

Uppsatsen har även syftet att belysa förekomsten av nya alternativa material och vikten av att utvärdera dem. Få av de material som används för torrengöring av papper är framtagna specifikt för konserveringsfältet, detta innebär att de måste upptäckas och undersökas.

#### **1.4 Frågeställning**

Hur lämpligt, enligt rådande etiska riktlinjer, är användandet av polyuretansvampar inom papperskonservering i förhållande till andra metoder?

#### **Delfrågor**

Hur presterar polyuretansvampen och sotsvampen i avsättningstester? Hur skiljer sig polyuretansvampen och sotsvampen vid analys av slitage på ytskikt? Ger olika pappersytor olika mängd avsättning?

#### **1.5 Avgränsningar**

Studien undersöker endast polyuretansvamp och sotsvamp i relation till fria, rena och gelatinlimmade västerländska papper. Studien undersöker avsättningar ifrån och ytpåverkan av polyuretansvamp respektive sotsvamp vid friktion med pappersytor. I studien användas endast handgjorda gelatinlimmade lumpapper.

Vid undersökning av slitage på pappersytorna granskas tvärsnitt av pappersprover. Studien undersöker ingen eventuell kompression av pappret, påverkan av papprets hydrokopiska egenskaper eller förändring av de optiska egenskaperna. Pappersproverna använda för samtliga analyser omfattar papper utan påtaglig ytsmuts, i syfte att minska möjliga felkällor vid kvantifiering av avsättningar. Studien undersöker inte PU-svampens effektivitet som torrengöringsredskap inom papperskonservering och begränsas även till pappersytor fria ifrån media. Med media avses material, exempelvis tryckfärg eller blyerts, som applicerats på papper i syfte att förmedla mening eller höja estetiken. Metoden och riskerna associerade med torrengöring av media skiljer sig markant ifrån torrengöring av rena pappersytor (Cowan & Guild, 2001, s. 6-7; Duhl & Nitzberg, 1992, s. 3).

Undersökningen berör enbart papper av traditionellt västerländska fibrer (bomull och lin), studien rör därmed inte papper av annan fibertyp, exempelvis japanpapper, ligninhaltigt papper av slipmassa eller papper av kemiskt framställd massa. Studiens undersökning tar inte ställning till huruvida hartslimning, kaseinlimning, neutrallimning eller utebliven limning eventuellt influerar materialsläpp eller ytpåverkan vid friktion mellan svamp och papper.

## 1.6 Begreppsdefinition

### Förkortning av polyuretan

Polyuretan kan förkortas som PU eller PUR. Denna studie kommer dock endast att förkorta polyuretan till PU, för att undvika eventuell förväxling med *polyurethane rubber*.

Skum av flexibel polyuretan förkortas till FPF efter det engelska begreppet *flexible polyurethane foam*.

När en specifik typ av polyuretan omnämns inkluderas förkortningen på den använda isocyanaten inom parentes. Exempelvis polyuretan (TDI) innebär att polyuretanen är framställd med isocyanaten toluendiisocyanat (TDI).

### Partikel

I denna studie definieras partiklar som separata materialsegment i storleken 0,1  $\mu\text{m}$  till 1 mm, vilket motsvarar partikelstorleken i pulver (NE, u.å.).

### Gräng

Gräng används som synonym till pappersyta och syftar på papprets yta och ytstruktur.

## 2. Kontext

### 2.1 Torrengöring inom papperskonservering

Torrengöring är vanligt inom papperskonservering och åtgärden betraktas i regel som en erforderlig åtgärd i konserveringsprocessen (Balloffet & Hille, 2005, s. 83; British Library, 2011, s. 1-3; Duhl & Nitzberg, 1992, s. 1; James & Cohn, 1997, s. 237). Baserat på detta kommer antagligen majoriteten av alla pappersobjekt som passerar konserveringsateljén kommer i kontakt med någon form av torrengöringsredskap. Således kan inverkan ifrån enskilda torrengöringsredskap över tid påverka ett stort antal enskilda föremål.

Torrengöring av papper innebär mekanisk avlägsning av smuts ifrån pappersytor genom friktion (Duhl & Nitzberg, 1992, s. 1; Sterlini, 1995, s. 3). Torrengöring utförs, per definition, i frånvaro av vatten och lösningsmedel. En torr ytrensning kan utföras av flera anledningar men grundsyfte är att avlägsna smuts som kan vara kemiskt eller mekaniskt skadligt för pappret (Cowan & Guild, 2001, s. 1). Även estetiska syften kan ligga bakom valet att torrenska (Duhl & Nitzberg, 1992, s. 1).

Många olika redskap används för torrengöring av papper, detta inkluderar borstar, ett större antal olika radergummin och ett mindre urval svampar och trasor (Duhl & Nitzberg, 1992, s. 5-25). Dessa produkter tillverkas kommersiellt för andra ändamål än konservering, vanligen som kontors- eller konstnärsmaterial. Tillgängliga radergummin är bl.a. baserade på vulkaniserat gummi, vulkaniserad vegetabilisk olja eller polyvinylklorid (PVC).

Inom papperskonservering har torrengöring utförts med liknande metoder sedan mitten av 1900-talet (Pearlstein & et al., 1982, s. 1). Medvetenhet om potentiella risker associerade med torrengöring, kan dateras till 1960-talet då initiativ togs till de första omfattande studierna på torrengöring av papper. Torrengöringsredskap kan utvärderas utifrån flertalet olika faktorer men i grunden utreds tre saker: hur användandet av redskapen kan skada pappret, hur redskapen kan påverka papprets åldringsegenskaper och hur torrengöringen kan påverka vidare konserveringsåtgärder. Med hänsyn till detta finns det potentiell problematik med flertalet vanliga torrengöringsredskap (Sterlini, 1995, s. 5), p.g.a. felanvändning och verktygens egenskaper (McInnis, 1980, s. 46). I syfte att förebygga skador och materialpåverkan vid konservering av pappersobjekt tar papperskonservatorn ställning till både papprets och torrengöringsredskapens egenskaper. Faktorer konservatorn tar i åtanke vid val av redskap är bl.a. materialinnehåll (som fibertyp och limning), skador, objektets ålder och historia, objektets funktion samt tidigare konservering.

En central aspekt vid studier på torrengöringsredskap är redskapens materialsammansättning (Duhl & Nitzberg, 1992, s. 1-2; Pearlstein, et al., 1982, s. 2-3) och hur redskapen potentiellt kan påverka pappersobjektens åldringsegenskaper genom materialavsättning (Pearlstein & et al., 1982, s. 5-7; Sterlini, 1995, s. 3). Förändring av pappers åldringsegenskaper undersöks genom artificiella åldringstester och materialanalyser (Pearlstein & et al, 1982, s. 2-3) vilket mäts bl.a. genom förändring av materialegenskaper, så som rivhållfasthet, kulör och pH. Oönskad påverkan av pappers åldringsegenskaper kan indikera ett redskaps olämplighet som konserveringsredskap. Undersökningar på materialavsättning ifrån torrengöringsredskap

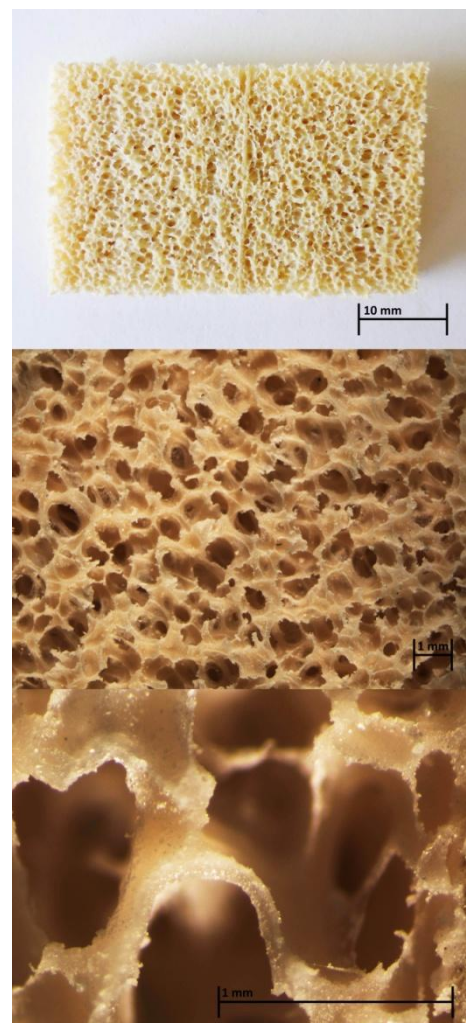
utförs även med mikroskopfotografi (McInnis, 1980, s. 45; Pearlstein & et al., 1982, s. 5) och svepelektronmikroskopi (Daudin-Schotte & et al., 2012, s. 214-215; McInnis, 1980, s. 43, 46; Sterlini, 1995, s. 3-4). En vanligt förekommande metod för att avlägsna efterlämnade partiklar av torrengöringsredskap är att borsta bort dem ifrån pappersobjektet (Balloffet & Hille, 2005, s. 84; Cowan & Guild, 2001, s. 4), vilket visat sig vara en ineffektiv metod (Pearlstein & et al., 1982, s. 7). Olika redskaps materialsammansättningar medför bl.a. olika känslighet mot lösningsmedel och närvaron av avsättningar ifrån lösningsmedelskänsliga redskap kan påverka senare konserveringsåtgärder, då dessa partiklar kan svälla eller lösa sig och påverka pappret (Pearlstein & et al., 1982, s. 10). Ett objekt med avsättningar som reagerar med lösningsmedel bör därför inte behandlas med lösningsmedel i samband med konservering. Hur avsättningar, eller den mekaniska inverkan av torrengöringsredskap, kan påverka pappers hydrokopiska egenskaper, exempelvis absorptionsförmåga och vätningshastighet, är även relevant (Sterlini, 1995, s. 6). Även mekanisk påverkan av pappersytor orsakad av torrengöringsredskap är viktigt, då ruggning, nötning, kompression och materialförlust är exempel på skador associerade med mindre lämpliga torrengöringsverktyg (Duhl & Nitzberg, 1992, s. 1-2, Pearlstein & et al., 1982, s. 5; McInnis, 1980, s. 45).

Vid bruk av svampar och radergummin, producerade för andra kommersiella ändamål än konservering, medföljer risken att tillverkare kan ändra redskapets materialsammansättning och således dess materialegenskaper (Cowan & Guild, 2001, s. 3). Regelbunden inventering och efterforskning av torrengöringsredskap fyller därför en viktig funktion.

## 2.2 Sotsvamp

Sotsvampen är en flexibel och kraftigt svamp av vulkaniserat gummi. Den har en öppen cellstruktur och är naturfärgad, se Figur 1. Svampen produceras kommersiellt för bl.a. sotsanering, vilket har gett upphov till det allmänt kända namnet sotsvamp. På engelska går svampen under namnen *soot sponge* och *chemical sponge*. Svamparna tillverkas under flertalet kommersiella namn, men har genomgående visats innehålla vulkaniserat 1,4polyisopren av naturligt eller syntetiskt ursprung (Duhl & Nitzberg, 1992, s. 13; Moffat, 1992, s. 9-10; Sterlini, 1995, s.7), med fyllmedlet kalk och spårämnen av bl.a. svavel (Daudin-Schotte & et al., 2012, s. 211, Duhl & Nitzberg, 1992, s. 13; Moffat, 1992, s. 9).

Naturgummi eller syntetiskt framställd isopren vulkaniseras med svavel för att skapa vulkanit (vulkaniserat gummi), en form av plastiskt hårdgummi (Nord & Tronner, 2008, s. 25) och gas introduceras vid



Figur 1. Fotografier på sotsvamp, inklusive mikroskopfotografier. Foto: A. Schottländer, 2014-04-17

produktion för att bilda skum (Nord & Tronner, 2008, s. 45). Syntetisk och naturlig gummi kan ha kraftigt varierade åldersbeständighet, ifrån några år till ett par decennier (Nord & Tronner, 2008, s. 31). Gummi är dock känsligt för termo- och fotooxidation, och mörk och syrefri förvaring rekommenderas för att förebygga nedbrytning (Williams, 1997, s. 2-4). Enligt rekommendationer ska gummi inte vara i direktkontakt med andra material under längre perioder. Detta kommer av att gummit kan genomgå en klabbig nedbrytningsfas och då riskera att verka som adhesiv gentemot intilliggande material. Dock har vulkaniserat gummi en mindre tendens än icke vulkaniserat gummi till klabbighet vid nedbrytning.

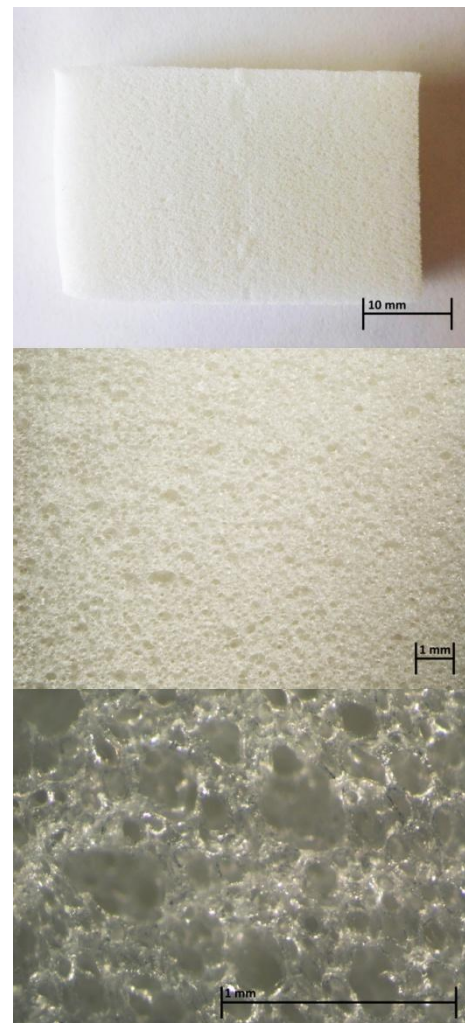
Sotsvampen är ett vedertaget torrengöringsredskap inom papperskonservering (Balloffet & Hille, 2005, s. 84; British Library, 2011, s. 6; Moffat, 1992, s. 9; Sterlini, 1995, s. 4) och har använts inom konservering sedan 1980-talet (Moffat, 1992, s. 9-10). Trots svamparnas åldringsegenskaper anses de vara lämpliga för torrengöring p.g.a. dess fysikaliska egenskaper, då få gummipartiklar återfinns på behandlade pappersytor (van Keulen & et al., 2012, s. 1; Sterlini, 1995, s. 4). Enstaka studier har dock påvisat att sotsvampen potentiellt kan rugga pappersytor (Sterlini, 1995, s. 5).

### 2.3 Polyuretansvamp

Polyuretansvamparna är tillverkade av vitt, mjukt, flexibelt och tätt polyuretanskum, med en öppen cellstruktur, se Figur 2. Svampen tillverkas kommersiellt för kosmetikindustrin och säljs i handeln under flertalet namn, bl.a. sminksvamp, foundationsvamp, *make-up sponge* och *cosmetic sponge*, och bör inte förväxlas med liknande svampar av andra material, bl.a. isoprengummi.

Informationen om användandet av polyuretansvampar för torrengöring inom papperskonservering är svår att finna. Svampen har dock tagits i bruk inom fotokonservering (Lemmen, 2013; Mathias, 2012, s. 26; Williams, 2013). Utifrån den tillgängliga informationen om polyuretansvampar inom konservering används i regel svampar av polyuretaneter (TDI) (Daudin-Schotte & et al., 2012, s. 211; van Keulen & et al., 2012, s. 2). Vid studier på torrengöring med polyuretansvamp på måleri har svampar av polyuretaneter (TDI) påvisats ha låg partikelavsättning och liten mekanisk påverkan (Daudin-Schotte & et al., 2012, s. 213-214; Williams, 2013).

Polyuretan är ett samlingsnamn för en stor heterogen familj av sampolymerer med mycket varierande egenskaper och stora kommersiella applikationer (Szycher, 1999, s. 1.3). Namnet polyuretan kommer



Figur 2. Foto: Fotografier på polyuretansvamp, inkluderade mikroskopbilder. Foto: A. Schottländer, 2014-04-17

utav de upprepade uretanbindningar och refererar inte till förekomsten av uretan som funktionell grupp (Szycher, 1999, s. 1.3). Polyuretanpolymerer framställs genom en reaktion mellan tre monomerer: isocyanat, polyol och kedjeförlängare (t.ex. diol, triol, etc.) (Rychlý & et al., 2011, s. 462). Isocyanat reagerar med hydroxylgrupper på polyolen och bildar en förpolymer, som reagerar med en kedjeförlängare (t.ex. diol eller triol) som binder samman polymeren. Processen sker genom en kondensationsreaktion (Szycher, 1999, s. 1.7).

Polyolen är avgörande för polymerens slutgiltiga egenskaper och de polyoler som brukas vid framställning av skum är polyester, polyeter och naturligt förekommande hydroxylrika oljor (Szycher, 1999, s. 7.16-17). Polyetern är den dominerade polyolen vid kommersiell framställning av flexibelt polyuretanskum (FPF) (Szycher, 1999, s. 7.18). Flertalet polyeter används, bl.a. polyetylenglykol (PEG) och polypropylenglykol (PPG) (Szycher, 1999, s. 7.19). Vid framställning av skum ger PEG en hydrofil slutprodukt och PPG en hydrofob slutprodukt.

Två typer av isocyanater används vid framställning av polyuretan, aromatiska och afatiska isocyanater (Szycher, 1999, s. 4.24, 4.31). De aromatiska isocyanaterna (2,4) och (2,6)-toluendiisocyanat (TDI) samt 4,4-difenylmetandiisocyanat (MDI) tillhör de vanligast förekommande vid kommersiell produktion (Bezwada, 2008, s. 3; Szycher, 1999, s. 1.8 -1.9). Vid framställning av FPF reagerar isocyanat även med vatten, reaktionen leder bl.a. till bildning av koldioxid (Szycher, 1999, s. 1.2-1.3). Gasbildningen används vid framställning av FPF (Szycher, 1999, s. 3.3) för att skapa skumstruktur genom s.k. expanderade polymerkedjor (Bezwada, 2008, s. 2). Vid kommersiell produktion av FPF används även kraftigt polymeriserande katalysatorer, t.ex. metalkarboxylatjoner och aminer, för att säkerställa god skumbildning och härdning (Szycher, 1999, s. 7.21).

Kraftig nedbrytning av polyuretanskum, så som mörk missfärgning och total förlust av elasticitet, kan uppstå inom 20-30 år (Pellizzi & et al., 2013, s. 2), FPF är därav inte ett åldersbeständigt material. Missfärgning av FPF genom fotooxidation är ett komplext och vanligt förekommande fenomen (Rosu & et al., 2009, s. 595). Fotooxidationens primära inverkan är oxidering av de aromatiska uretangupperna, resulterande i kromofora quinoner (oxidationsprodukter av aromater) (Rosu & et al., 2009, s. 596; Szycher, 1999, s. 2.10). FPF som framställts med aromatisk isocyanat är mycket känsliga för denna typ av missfärgning (Bezwada, 2008, s. 4). Fotolys orsakar bl.a. gulning hos FPF genom omlagringsreaktioner, resulterade i isomerer med stabila men missfärgande azoföreningar (Szycher, 1999, s. 2.10). Fotolys, vanligen förorsakad av UV, är även en drivande process bakom nedbrytning av FPF (Rosu & et al., 2009, s. 591; Szycher, 1999, s. 7.4), bl.a. genom kapning av polymerens bindningar (Szycher, 1999, s. 2.10-2.11). När bindningarna mellan kväve till kol eller kol till syre bryts uppstår fria radikaler, av dessa utmärker sig aminoradikalerna, alkylradikalerna och alkoxyradikalerna som missgynnsamma för FPF:s bevarandetilstånd. Samtliga av dessa fria radikaler självkatalyserar vidare nedbrytningsreaktioner, och t.ex. alkoxyradikaler kan brytas ner till formaldehyd vid fotooxidation. För att förebygga nedbrytning orsakad av UV tillsätts ibland UV-skyddande tillsatser, t.ex. benzotriazol och antioxidanter, vid tillverkning av FPF (Szycher, 1999, s. 2.10).



Termooxidation är den primära nedbrytningsprocessen bakom förlust av FPF:s materialegenskaper utöver kulör (Szycher, 1999, s. 2.9). Termooxidation kan ge upphov i bl.a. peroxidradikaler, hydroperoxidradikaler, syreradikaler och hydroxylradikaler. Peroxidradikalerna leder till aldehyd, hemiacetal och karboxylsyra (Rychlý & et al., 2011, s. 465). Polyeterbaserad FPF är känsligare mot termooxidation än den polyesterbaserad (Szycher, 1999, s. 2.9). Vid artificiella åldringstester med termooxidation av polyuretansvampar återfanns kristaller av adipinsyra i cellstrukturen, dessa kristaller löste sig vid höga halter luftburen fukt (Pellizzi & et al., 2013, s. 5).

Hydrolys är ytterligare en nedbrytningsfaktor för FPF. Hydrolysen orsakar bl.a. nedbrytning av polyolen till monomer (t.ex. syror och alkoholer) som sedan självkatalyserar en vidare nedbrytningsprocess (Szycher, 1999, s. 2.6). Ester- och karbamatbindningar är de känsligaste mot hydrolysisdriven nedbrytning, då bl.a. karbamatbindningarna kan bilda karbaminsyra och aminer vid hydrolys. Vid kontakt med lösningsmedel kan FPF svälla, detta sker bl.a. i aceton som har likartade polära egenskaper som FPF (Szycher, 1999, s. 3.23, 7.4).

## 2.5 Konserveringsetik

Den moderna konserveringsetiken är grundläggande för konserveringsfältet. Utan medvetenhet om de rådande riktlinjer och föreskrifter som konservatorn står under är det svårt att ta ställning till begreppet *lämplighet* och konserveringsrelaterade studiers resultat.

Konserveringsåtgärder inkluderar i regel ingrepp på kulturhistoriska objekt och ifrån kulturvårdsfältet finns ett förtroende för att konservatorn inte medvetet förvanskar objekt i samband med detta (Muñoz-Viñas, 2009, s. 52). Konservering ämnar att påverka objekten utan att uppnå en förändring som är påtaglig för åskådaren. Vad som är god konservering, acceptabla material och metoder baseras på ett gemensamt förhållningssätt konservatorer skolas in i (Ashley-Smith, 2009, s. 17-18). Baserat på detta kategoriserar exempelvis denna studie materialförlust och materialförändring som en indikation på ett redskaps olämplighet.

Av de konserveringsetiska riktlinjer som finns att tillgå är riktlinjerna ifrån European Confederation of Conservator-Restorers' Organisation (E.C.C.O., 2002) centrala för alla konservatorer verksamman inom Europa. *Article 9* förhåller sig tydligt till val av konserveringsmaterial och metod.

Article 9: The Conservator-Restorer shall strive to use only products, materials and procedures which, according to the current level of knowledge, will not harm the cultural heritage, the environment or people.

The action itself and the materials used should not interfere, if at all possible, with any future examination, treatment or analysis. They should also be compatible with the materials of the cultural heritage and be as easily and completely reversible as possible. (E.C.C.O. Professional Guidelines 2002)

## 2.6 Källkritik

Litteraturen som rör torrengöring förekom i varierade publiceringsformer, samtliga av de använda källorna är dock författade av och riktade mot konservatorer och kulturvårdare. Litteraturen kommer ifrån välkänd konserveringsinstitutioner, konserveringforum och konserveringpublikationer. Innehållet och fokus i texterna är varierande, men tillsammans utgör de en god bild av torrengöring. Ingen av dem är publicerad med kommersiella syften. Det finns ett visst överlapp mellan litteraturen relaterad till sotsvampen och litteraturen rörande torrengöring. Källorna som berör sotsvamp är författade av konservatorer för konservatorer och kommer ifrån välkända konserveringspublikationer.

En av källorna som använts för identifierade av den använda polyuretansvampens beståndsdelar, *Dry cleaning products analysed and tested at the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE)* (van Keulen & et al., 2012), är en förstudie till en större publikation och riktas mot konservatorer. Rapporten är dessvärre inte koncis i omfattningen av analyser på olika torrengöringsverktyg, vilket gör källan problematisk att tillämpa för annat än just innehållsanalyserna. Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed bör dock anses vara en pålitlig informationskälla.

För belägget att polyuretansvampen tagits i bruk på fotografier har två källor ifrån *Conservation DistList* (Lemmen, 2013; Williams, 2013) använts. Dessa representerar bara respektive konservators egna erfarenheter och tankar om polyuretansvampar. I denna studie har de endast använts som en indikation på att konservatorer har ett intresse för att använda polyuretansvampar. Ingen värdering eller argumentation rörande svamparnas lämplighet har associerats med dessa källor.

Litteratur rörande polyuretan är, med ett undantag, publicerade av välkända förläggare och vetenskapliga tidsskrifter. Undantaget är källan *Absorbable Polyurethanes* av Bezwada (2008), som är ett s.k. *technical white paper*. Rapporten är utgiven av ett företag som utvecklar polyuretanskum för sjukvårdsindustrin och beskriver teorin bakom en ny tillverkningsteknik. I denna studie har dock endast den grundläggande bakgrunds-informationen rörande FPF använts ifrån denna publikation.

Litteraturen rörande etik är skriven av samtida och erkända författare inom kulturvård- och konserveringsfältet. Texterna och riktlinjerna riktar sig mot konservatorer och kulturvårdare, och ger tillsammans en god bild av den samtida konserveringsetiken inom kulturvård.

## 3. Material och metod

### 3.1 Material

#### 3.1.1 Papper

Med syfte av att säkerställa studiens relevans för konservatorsfältet utfördes testerna på handgjort lumppapper (Daniels, 2001, s. 67). Pappersmaterialet som användes för framställning av proverna bestod av två varianter, en med slät och en med grov gräng, av *Turner White Reconstruction Paper*. Papprena tillverkades av Chris Bingham på pappersbruket Ruscombe Mill och har utformats som en modern rekonstruktion av ett historiska lumppapper, i avseendena fiberinnehåll, tillverkningsteknik och limning (Thomas, 2012, s. 76). Tillsammans utgjorde papprena en god representation av handtillverkade lumppapper med olika gräng. Papprena som användes för provframställning uppvisade minimalt med slitage, vilket begränsar eventuella felkällor relaterat till slitage och skador av ytskikt uppkomna innan preparering.

Papprena var tillverkade av samma massa och hade ett fiberinnehåll på 60 % lin respektive 40 % bomull samt en okänd mängd  $\text{CaCO}_3$  som alkalisk reserv. Båda papprena hade en gramvikt på ca  $200 \text{ gm}^2$ , var framställda på vävd vira, guskade på *Voith woollen wove HN marking* filter och var limmande i bad med 3 % (w/w) gelatin och 5 %  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$  (w/w). Vid framställningen av papprena med jämn gräng genomgick de initial pressning och torkning i post om 5 ark (Thomas, 2012, s. 77). I samband med limning lufttorkades de i separata ark med uppföljande pressning mellan metalvsalar och det slutgiltiga pappret var mycket kompakt med slät gräng. Vid framställning av papprena med grov gräng lufttorkades arken separat och efterbehandlades inte efter limning, detta resulterade i ett grovt papper med grov gräng.

#### 3.1.2 Svamparna

Polyuretansvampen, *Polyurethane svampblock*, inköptes ifrån Arkivprodukter AS, Norge, under produkt nr. Q20120 (Arkivprodukter AS, u.å.). I *Dry cleaning products analysed and tested at the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE)* (van Keulen & et al., 2012, s. 2) påvisades svampen bestå av polyuretan (TDI), med spår av polyetyleneglykol (PEG), mjukgöraren Benzoflex™ 2-45 (dietylen glykol dibensoat (US Environmental Protection Agency, 2001, s. 2)) och alkoholer. Svampen kan därför, med viss osäkerhet, antas vara framställd av toluendiisocyanat (TDI) och polyolen PEG.

De enskilda polyuretansvamparnas dimension var 27 x 38 x 7 mm och de separerades ifrån svampblocket med skalpell. Enskilda polyuretansvampar fästes på brickor av kartong med PVAc som adhesiv och användes vid preparering i riggen Mary (se avsnitt 3.2.1). Svamparna förvarades i tätslutande plastpåsar.

Sotsvampen av vulkaniserat gummi var en *Alron Chemical Sponge* ifrån Alron Chemical Co AB. Svampen omnämns med det svenska namnet sotsvamp och innehåller "skummad naturgummi" (Alron Chemical Co AB, u.å.).

Svampar av vulkaniserat gummi har vid flertalet analyser påvisats innehålla 1,4polyisopren, kalk (kalciumkarbonat) och spårämnen av bl.a. metaller och svavel (van Keulen & et al.,

2012, s. 1; Moffat, 1992, s. 9; Sterlini, 1995, s. 7). Det är rimligt att anta att Alron Chemical Sponge har motsvarande beståndsdelar.

Sotsvampen beskars för att skapa flertalet mindre svampar i dimensioner ca 30 x 40 x 8 mm, med hjälp av skalpell och linjal. Endast de yttre delarna av svampen användes för att försäkra en jämn yta. Enskilda sotsvampar fästes på brickor av kartong, med PVAc, och användes vid preparering i riggen Mary (se avsnitt 3.2.1).

## 3.2 Provpreparering

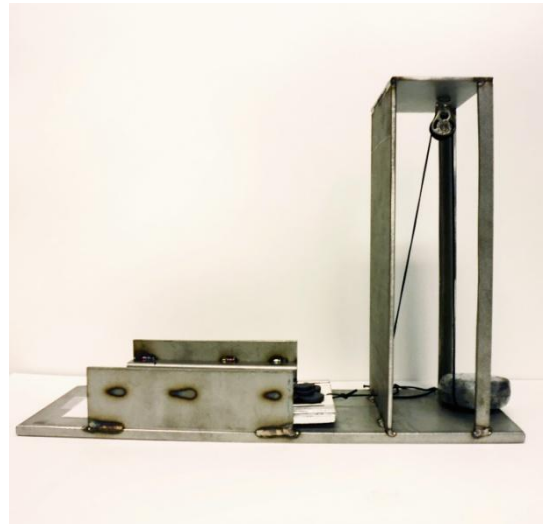
### 3.2.1 Preparering och metod

En utmaning med framställning av prover vid undersökning av torrengöringsverktyg är svårigheten att kontrollera mötet mellan redskap och papper (Sterlini, 1995, s. 3). Riggen Mary (Figur 3) utformades för denna studie med syfte att standardisera prepareringen av pappersproverna, se Bilaga 1 för detaljfotografier av riggen Mary.

Syftet med riggen var att garantera en nära identisk preparering av pappersproverna, underlätta undersökningens reproducerbarhet och begränsa prepareringens potential som felkälla. Vid preparering av pappersprover i riggen kontrolleras tryck ifrån svamp mot papper, hastigheten på prepareringen, kontaktytan mellan svamp och papper samt prepareringsriktningen.

Riggen är mekanisk, konstruerad av rostfritt stål och kontrolleras med hjälp av tyngder. Patronen är den mobila enheten som håller svampen, se Bilaga 1 för fotografier, och löper längs riggens spår. Den drivs framåt med vajer och tyngd (eller annan nedåtgående kraft). Patronen konstruerades av papp, och försågs med tyngder, och hade vid preparering en konstant vikt på ca 50 g, inte inkluderat laddning (bricka med svamp). Tester visade att den tyngd som krävdes för att driva patronen, med svampladdning, genom riggen var ca 150 g. Dock utfördes inte prepareringen med hjälp av tyngd p.g.a. av brist på lämplig tyngd och tid. Vid prepareringstillfället drevs riggen istället för hand.

Den relativa luftfuktigheten i lokalen vid prepareringstillfället var 32 % och temperaturen 21 °C. Samtliga papper och svampar tilläts aklimatiseras i lokalen i ca 4h innan preparering.



Figur 3. Riggen Mary, med vajer och patron, fotograferad från sidan. Foto: A. Schottländer 2014-04-22

Fyra polyuretansvampar och fyra sotsvampar användes vid preparering av pappersproverna. En polyuretansvamp och en sotsvamp utgjorde referens. De tio svampproverna namngavs enligt Tabell 1.

Tabell 1. Svampar och pappersremsor använda vid preparering av provserierna. SP = slätt papper (S) preparerat med polyuretansvamp (P). GS = grovt papper (G) preparerat med sotsvamp (S).

	Polyuretansvamp					Sotsvamp				
Preparerat papper		SP1	SP2	GP1	GP2		SS1	SS2	GS1	GS2
Använd svamp	P0	P1	P2	P3	P4	S0	S1	S2	S3	S4

Studien omfattade 60 pappersprover tagna ifrån åtta separata preparerade pappersremsor respektive referens (se Tabell 2 & Tabell 3). Friktion mellan svamp och papper upprepades tre gånger vid samtliga prepareringar och kontaktytan mellan svamp och papper var genomgående konsekvent. Samtliga pappersremsor preparerades på virasidan, då denna har en mer homogen yta och därför är fördelaktig vid standardiserade tester (McInnis, 1980, s. 44), prepareringen utfördes även mot papprets fiberriktning. Den preparerades ytan av pappersremorna omfattade 60 x 120 mm och samtliga tvärsnitts- och ytprover är tagna inom respektive preparerade områden. Samtliga proverna skars ur de preparerade pappersremsor med skalpell och följde en standardiserad mall, se Bilaga 2 för provtagningsmönster.

Proverna bestod av 30 tvärsnittsprover om 5 x 8 mm, se Tabell 3, och 30 ytprover om 10 x 10 mm, se Tabell 2. Ett urval omfattade tio ytprover valdes för analys i svepelektronmikroskop, se Tabell 2, samtliga av dessa prover minskades storleken till 5 x 5 mm. För att förebygga urvalsfel vid urval av ytprover till SEM-analys applicerades en strategisk urvalsmetod, prov nummer två i namngivningsordningen valdes konsekvent för analys.

Tabell 2. Samtliga provserier med ytprover. Slät gräng (S) och grov gräng (G), respektive polyuretansvamp (P) och sotsvamp (S.). Understrukna prover representerar urvalet till SEM-analys.

<b>Serie SY</b>	Polyuretansvamp (P)		Sotsvamp (S)		Referens
Preparering	SP1	SP2	SS1	SS2	S0
Prover	SYP1.1	SYP2.1	SYS2.1	SYS2.1	SY0.1
Slät gräng	<u>SYP1.2</u>	<u>SYP2.2</u>	<u>SYS2.2</u>	<u>SYS2.2</u>	<u>SY0.2</u>
	SYP1.3	SYP2.3	SYS2.3	SYS2.3	SY0.3
<b>Serie GY</b>	Polyuretansvamp (P)		Sotsvamp (S)		Referens
Preparering	GP1	GP2	GS1	GS2	G0
Prover	GYP1.1	GYP2.1	GYS2.1	GYS2.1	GY0.1
Grov gräng	<u>GYP1.2</u>	<u>GYP2.2</u>	<u>GYS2.2</u>	<u>GYS2.2</u>	<u>GY0.2</u>
	GYP1.3	GYP2.3	GYS2.3	GYS2.3	GY0.3

Tabell 3. Samtliga provserier med tvärsnittsprøver (T). Slät gräng (S) och grov gräng (G), respektive polyuretansvamp (P) och sotsvamp (S.) .

<b>Serie ST</b>	<i>Polyuretansvamp (P)</i>		<i>Sotsvamp (S)</i>		<i>Referens</i>
<i>Preparering</i>	SP1	SP2	SS1	SS2	S0
<i>Tvärsnittsprøver</i>	STP1.1	STP2.1	STS2.1	STS2.1	ST0.1
<i>Slät gräng</i>	STP1.2	STP2.2	STS2.2	STS2.2	ST0.2
	STP1.3	STP2.3	STS2.3	STS2.3	ST0.3
<b>Serie GT</b>					
<i>Preparering</i>	GP1	GP2	GS1	GS2	G0
<i>Tvärsnittsprøver</i>	GTP1.1	GTP2.1	GTS2.1	GTS2.1	GT0.1
<i>Grov gräng</i>	GTP1.2	GTP2.2	GTS2.2	GTS2.2	GT0.2
	GTP1.3	GTP2.3	GTS2.3	GTS2.3	GT0.3

Samtliga tvärsnittsprøver, redovisade i Tabell 3, monterades vertikalt i enskilda kuber av radergummi inför analys. Kuberna av radergummin bekläddes med grönt papper för att öka kontrasten vid analys i stereomikroskop.

### 3.2.2 Alternativa metoder

Utöver riggen Mary finns flertalet alternativa metoder för provpreparering.

En metod innebär placering av pappersremsan på våg och sedan kontroll av den applicerade kraften genom avläsning av vågens utslag. Metoden ger laboranten direktrespons på använd kraft, men är svårt att kontrollera och standardisera.

Simulerad torrengöring är en annan metod. Laboranten utför upprepade simuleringar av torrengöring efter vissa gemensamma kriterier, exempelvis rörelsemönster och antal friktionstillfällen. Denna metod medför dock många felkällor, bl.a. laborantens förkunskaper om och vana med redskap samt preferenser kan potentiellt influera prepareringen. Vid denna metod är laboranten i direktkontroll över friktion, rörelse och använd kraft, utan en extern kontroll. Metoden är dock den som tar störst hänsyn till hur redskap används i konserveringsateljén.

## 3.3 Analysmetoder

### 3.3.1 Stereomikroskop

Samtliga tvärsnittsprøver och ytprøver granskades och fotograferades under stereomikroskop. Mikroskopfotografierna togs i stereomikroskopet Nikon SMZ800 och med mikroskopskameran Nikon digital sights DS FI1, med tillhörande mjukvara NIS-Elements F 3.2.

### 3.3.2 SEM

Svepelektronmikroskop (SEM) kan ge tydliga avbildningar av provytor. Vid analys i SEM projiceras regelbundna svepningar av elektroner, i en mycket tunn stråle, över provytan (Hogmark & Söderberg, 2014). Mikroskopets elektrondetektor avläser spridningen av de

reflekerade elektronerna och ytvbildningen renderas sedan på en bildskärm. SEM är en välbeprövad metod vid studier av avsättningar inom papperskonservering (McInnis, 1980, s. 45, Sterlini, 1995, s. 3-4).

Svepelektronmikroskopet som användes var av modellen Hitachi s-3400n och tillhör Göteborgs universitet.

Samtliga prover utvalda för SEM-analys kolbelagdes i en BAL-TEC CED 030 Carbon evaporator av Informant 1 respektive Informant 2 inför analys.

### **3.3.3 Kvantifieringsmetod**

Partiklar med en storlek understigande 1  $\mu\text{m}$  räknades inte, då bildserier i SEM med större förstoring än x250 krävs för tillförlitlig kvantifiering av dessa partiklar. Vid x100 förstoring räknas endast partiklar i storleksintervallerna 5-10  $\mu\text{m}$  och >10  $\mu\text{m}$ . Vid x250 förstoring räknas partiklar i storleksintervallerna 1-5  $\mu\text{m}$ , 5-10  $\mu\text{m}$  och >10  $\mu\text{m}$ .

Tvårsnittsproverna granskades efter resta fibrer eller tecken på ruggad fiberyta. Enskilda resta fibrer räknades och ett medelvärde angavs för hela provserien vid redovisningen av resultatet.

Kvantifiering och sammanställningen av partiklar och resta fibrer utfördes genom okulär bedömning av bildserier med förstoringar.

## 4. Undersökning och resultat

### 4.1 Mikroskop

#### 4.1.1 Tvärsnitt

30 tvärsnittspröver av papper granskades och fotograferades i stereomikroskop, omfattande 24 preparerade prover samt sex referensprover. Provserien återfinns i sin helhet i Bilaga 3, ett utdrag av bilderna presenteras i Figur 4 - 5.



Figur 4. Tvärsnitt, representativt urval från provserie ST (slät gräng, tvärsnitt). Ovansida av tvärsnitten är den preparerade sidan. Urvalet omfattar proverna ST0.2, STP1.2, STP2.2, STS, 1.2 samt STS2.2. Foto: A. Schottländer 2014-04-17



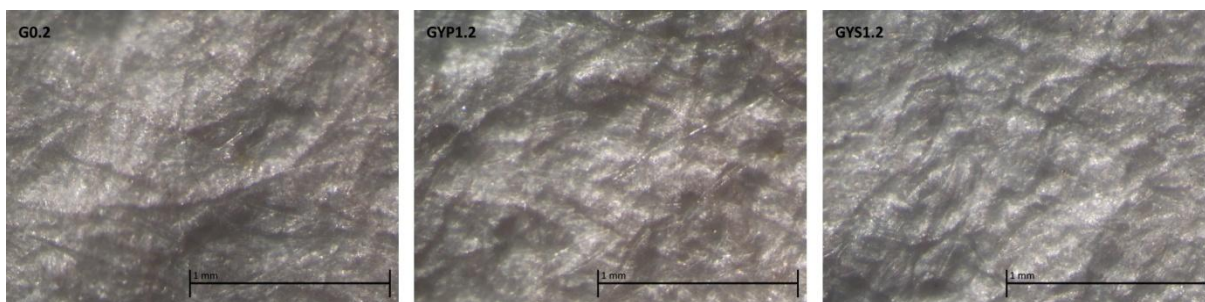
Figur 5. Tvärsnitt, representativt urval från provserie GT (grov gräng, tvärsnitt). Ovansida av tvärsnitten är den preparerade sidan, Urvalet omfattar proverna GT0.2, GTP1.2, GTP2.2, GTS1.1 samt GTS2.2. Foto: A. Schottländer 2014-04-17

Ingen signifikant skillnad i antal resta fibrer återfinns mellan provserierna vid granskning av tvärsnittens medelvärde, se Bilaga 4 för tabell över resta fibrer. Överlag återfinns ett större antal resta fibrer på proverna med grov gräng, oavsett provserie. Enstaka prover påvisade ett marginellt större antal resta fibrer, troligen orsakad av tillskärningsteknik eller pappret inneboende egenskaper.

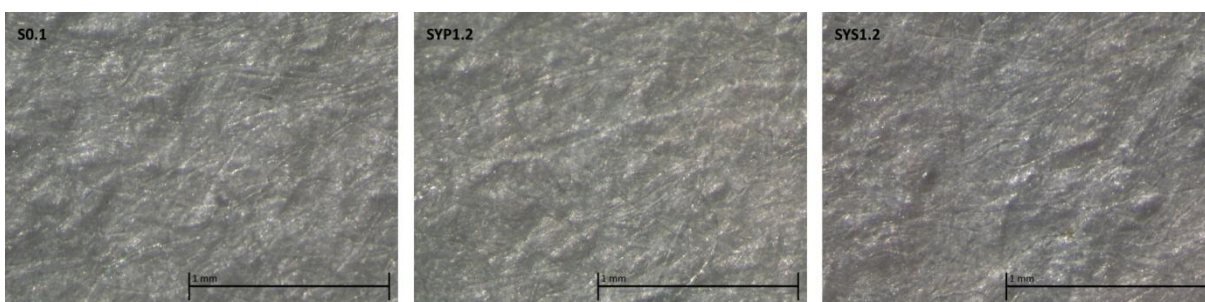
#### 4.1.2 Ytprover

30 ytprover, inkluderade 24 preparerade prover samt sex referensprover, om 10 x 10 mm av papper granskades okulärt och fotograferades i stereomikroskop. Provserien återfinns i sin helhet i Bilaga 5, varav ett utdrag av dessa bilder presenteras i Figur 6 - 7.





Figur 6. Mikroskopsfotografier på ett urval av ytprover med grov gräng. Urvalet omfattar proverna G0.2, GYP1.2 och GYS1.2. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22



Figur 7. Mikroskopsfotografier på ett urval ytprover med slät gräng. Urvalet omfattar proverna S0.1, SYP1.2 och SYS1.2. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22

Inga partiklar återfanns på pappersproverna vid granskning under stereomikroskop. I avseendet ytslitage och fiberresning kunde ingen påtaglig skillnad mellan preparerade prover och referensprover påvisas.

#### 4.1.3 Svampar efter preparering

Svamparna undersöktes med stereomikroskop och inget påtagligt slitage eller påverkan av svamparna kunde observeras. Enstaka fibrer återfanns dock på både de brukade sotsvamparna och referenssvamparna, vilket kan indikera en kontaminering av proverna.

## 4.2 SEM

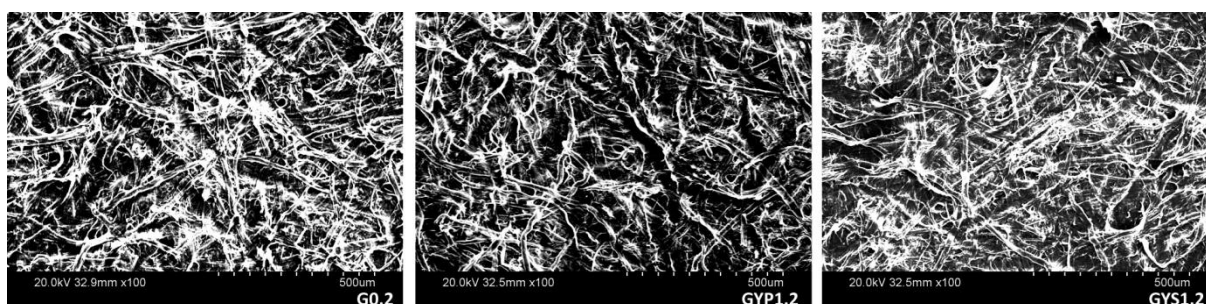
Den första SEM-analysen genomfördes i samverkan med Informant 1. Beklagligtvis var det genererade bildmaterialet icke tillämpligt för vidareanalys. Problematiken uppstod bl.a. p.g.a. statisk elektricitet som resulterade i kraftig bildförvrängning vid analys i SEM (Informant 1). Se Bilaga 6 för SEM bilderna från analystillfället.

Proverna genomgick ytterligare kolbeläggning, i syfte att avhjälpa problematiken med statiska elektricitet, inför analys. Den andra SEM-analysen och kolbeläggning genomfördes i samverkan med Informant 2. Analysen omfattade två bildserier, en x100 förstoring respektive en x250 förstoring, på ca 33 mm avstånd.

Vid x100 förstoring granskades en yta på ca 800 x 1250  $\mu\text{m}$  av respektive prov. De påträffade partiklarna redovisas i Tabell 4, och ett mindre urval av bilderna presenteras i Figur 8. Se Bilaga 7 för hela bildserien ifrån SEM-analys omgång 2.

Tabell 4. Tabell över partikelfynd vid okulär granskning av bilder ifrån serie x100 vid svepelektronmikroskopsanalys. Två storleksintervall av partiklar presenteras. GYP = grovt papper, polyuretansvamp; SYS = slätt papper, sotsvamp.

Serie x 100	Prov	Antal partiklar inom respektive storleksintervall			Antal partiklar	
		1 - 5 $\mu\text{m}$	5 - 10 $\mu\text{m}$	>10 $\mu\text{m}$	Summering	Medelvärde
GY	GY0.2	-	10	2	12	12
SY	SY0.1	-	11	1	12	12
GYP	GYP1.2	-	8	1	9	11
	GYP2.2	-	12	1	13	
SYP	SYP1.2	-	15	1	16	14
	SYP2.2	-	10	2	12	
GYS	GYS1.1	-	16	1	17	13
	GYS2.2	-	11	1	12	
SYS	SYS1.1	-	16	1	17	15,5
	SYS2.2	-	13	1	14	



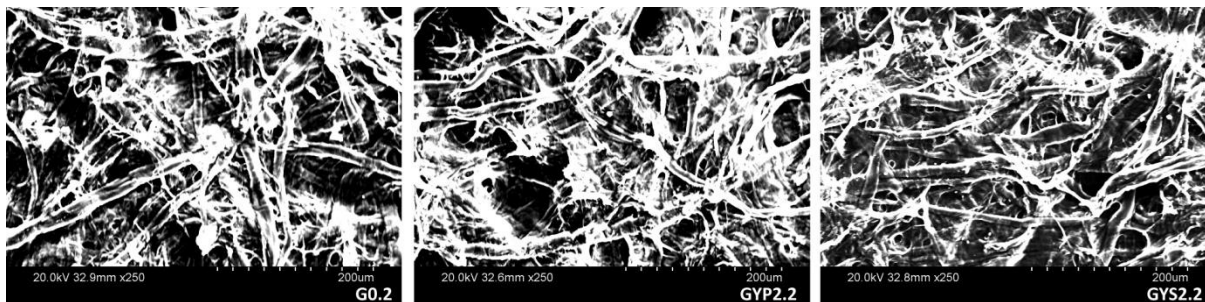
Figur 8. Urval av svepelektronmikroskopbilder ifrån serie x100. Urvalet omfattar proverna G0.2, GYP1.2 och GYS1.2.

Foto: I. Nyström, 2014-05-02

Oberoende av provernas gräng hittades vid x100 förstoring i genomsnitt 12,5 partiklar på pappersproverna preparerade med polyuretansvamp och 15 partiklar på de prover som preparerats med sotsvamp, i jämförelse med 12 partiklar på referensproverna. Funna svamppartiklar per ca 800 x 1250  $\mu\text{m}$  yta blir i genomsnitt 0,5 polyuretanpartiklar respektive 3 sotsvamppartiklar.

Tabell 5. Tabell över partikelfynd vid okulär granskning av bilder ifrån serie x250 vid svepelektronmikroskopsanalys. Tre olika storleksintervall av partiklar presenterade. GYP = grovt papper, polyuretansvamp; SYS = slätt papper, sotsvamp.

Serie x 250	Prov	Antal partiklar inom respektive storleksintervall			Antal partiklar	
		1 - 5 $\mu\text{m}$	5 - 10 $\mu\text{m}$	>10 $\mu\text{m}$	Summering	Medelvärde
GY	GY0.2	4	1	1	6	6
SY	SY0.1	6	6	0	12	12
GYP	GYP1.2	7	2	0	9	8,5
	GYP2.2	6	2	0	8	
SYP	SYP1.2	9	1	0	10	11
	SYP2.2	8	4	0	12	
GYS	GYS1.1	13	7	0	20	17,5
	GYS2.2	9	5	1	15	
SYS	SYS1.1	12	4	0	16	17
	SYS2.2	16	2	0	18	



Figur 9. Urval av svepelektronmikroskopbilder ifrån serie x250. Urvalet omfattar proverna G0.2, GYP2.2 och GYS2.2.

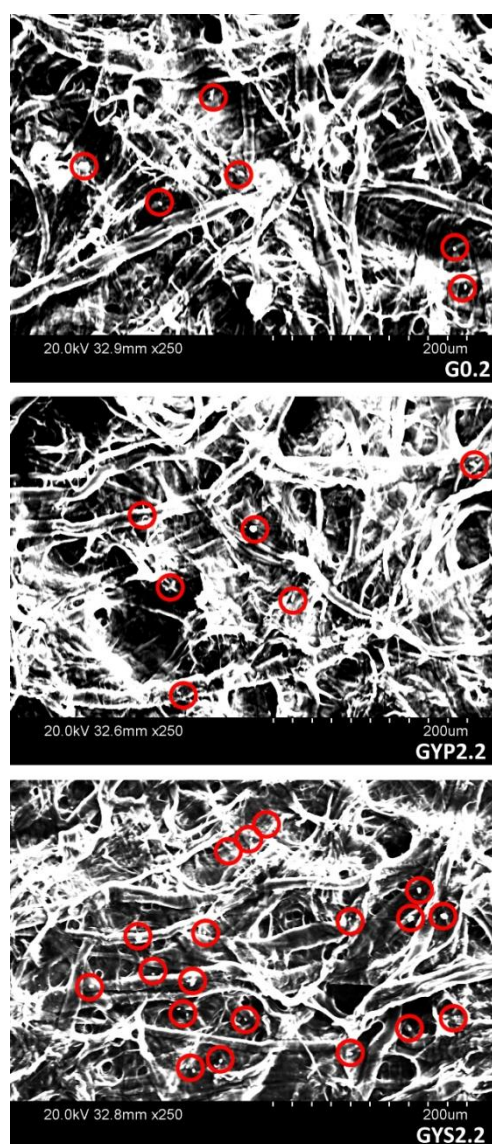
Foto: I. Nyström, 2014-05-02

Vid x250 förstoring granskades en yta på ca 500 x 320 µm av proverna. De funna partiklarna redovisas i Tabell 5, och ett mindre urval av bilderna presenteras i Figur 9. Se Bilaga 7 för hela bildserien ifrån SEM-analys omgång 2. Se Figur 10 för ett urval svepelektronmikroskopbilder från serie x250 illustrerade partikelfynd.

Oberoende av provernas gräng hittades vid x250 förstoring igenomsnitt 9,75 partiklar på pappersproverna preparerade med polyuretansvamp och 14,25 partiklar på de prover som preparerats med sotsvamp, i jämförelse med 9 partiklar på referensproverna. Funna svamppartiklar per ca 500 x 320 µm yta blir i genomsnitt 0,75 polyuretanpartiklar respektive 5,25 sotsvampspartiklar. Av partiklarna återfunna på pappersprover preparerade med sotsvamp tillhörde majoriteten storleksintervallet 1-5 µm. Se Figur 10 för en illustration av partikelförekomsten.

Vid granskning av resultatet ifrån bildserien x100 och x250 förstoring kunde ingen övergripande trend rörande partiklaravsättning kopplas till pappersprovernas ytstruktur.

Vid optisk analys av bilderna ifrån x100 respektive x250 förstoring kunde ingen tydlig skillnad i fiberslitage fastställas mellan de preparerade proverna och referenserna. Ingen av svamparna har tillsynes nått eller ruggat de enskilda fibrernas ytor.



Figur 10. Inringade partiklar på ett urval av bilder, på prover med grov gräng, ifrån svepelektronmikroskopanalys. Urvalet omfattar proverna G0.2, GYP2.2 och GYS2.2. Foto: I. Nyström, 2014-05-02. Redigerad: A. Schottländer 2014-05-05

## **4.3 Felkällor**

### **4.3.1 Felkällor relaterade till material och metodval**

Potentiella felkällor inkluderar hantering och förvaring av pappers- och svampprover. Även om utrustning, exempelvis skalpeller, rigg, etc., har rengjorts innan provpreparering och handskar har använts återfinns en viss risk för partikelkontaminering då de brukade lokalerna inte är sterila och används för flertalet ändamål. Uteslutning av kontaminering eller påverkan i samband med förvaring av provmaterial innan eller efter preparering går inte att utesluta. Förvaringsmaterial som silkespapper, non-woven polyester och plastpåsar kan ha viss potentiell inverkan, exempelvis genom genererad statisk elektricitet, materialsläpp, m.m.. Samtliga prover och svampar har dock förvarats under samma förhållanden. Papprena använda för provframställningar har förvarats i icke sterila lokaler innan de brukats som provmaterial till denna studie, vilket medför viss risk för slitage och partikelkontaminering.

Handgjorda papper uppvisar naturligt variationer i tjocklek och fiberformation. De respektive pappersremorna kommer dock från samma pappersark vilket säkerställer viss homogenitet inom provserierna.

Riggen Mary drevs för hand istället för med tyngd (som ursprungligen planerat), p.g.a. tids- och materialbrist. Detta innebär att de olika prepareringsomgångarna kan ha viss variation, men försök till att hålla hastigheten jämn gjordes. Dock har faktorer som materialkontakt, antal prepareringstillfällen, tryck mot pappret och storlek på svampar och papper förblivit så konsekventa som möjligt.

Provtagning ur pappersremorna skede enligt en standardiserad provtagningsmall och urvalet av ytprover till SEM-analys gjordes genom en standardiserad urvalsstrategi. Problematiken är likartad med båda metoderna och då de är icke-randomiserad urvalsprocesser kvarstår viss risk för urvalsfel.

### **4.3.2 Felkällor relaterade till analyser och resultat**

Flertalet olika felkällor relaterade till analysernas utförande och resultat bör belysas som laborantens ovana med de använda analystekniken. Utrustningen som använts vid analyserna används även regelbundet för andra ändamål än partikelavsättningsanalyser på papper. Eftersom analyser, kolbeläggning, etc., ägt rum i icke sterila miljöer finns viss risk för partikelkontaminering av proverna.

Studiens begränsade antal prover, specifikt det begränsade antalet prover som analyserats i SEM, medför en risk för ett icke reliabelt resultat. Inkluderandet av referensprover samt utförandet av två fotoserier vid SEM-analys avser dock att minska risken. Antalet prover begränsades dock p.g.a. begränsade resurser.

Proverna som brukats till SEM-analyserna användes vid båda analystillfällena, detta säkerställer urvalsprocessen stringens men ökar risken för partikelkontaminering i samband

med förvaring och hantering. Dock har proverna endast använts för analys i SEM, samtliga prover har hanterats likadant och förvarats under samma förhållanden.

Manuell kvantifiering av partiklar, istället för användning av digital mjukvara, innebär en risk för subjektivitet. Detta skulle potentiellt kunna påverka studiens reliabilitet. Redskap som digital linjal har dock använts för att förebygga detta och samtliga SEM-bilder redovisas i Bilaga 7 för att säkerställa studiens transparens.

## 5. Diskussion

### 5.1 Diskussion

*Lämplighet* är ett problematiskt begrepp i förhållande till konserveringsredskap och -metoder. Det är dock ett nödvändigt begrepp för att förstå vad som anses vara acceptabelt och godtagbart inom konservering. I denna jämförande studie har sotsvampen klassats som ett lämpligt verktyg baserat på tidigare studier och det generella accepterandet och användandet av svampen. Dock måste även konserveringfältets etiska riktlinjer tas i åtanke för en mer allmängiltig syn på lämplighet. Sotsvampen är dock ett tydligt exempel på ett konserveringsredskap vars material har oönskade åldringsegenskaper men som trots detta accepterats.

De undersökta papprenas olika ytstruktur är relevant för studien då det finns problem associerade med gräng vid användning av vissa torrengöringsredskap (Duhl & Nitzberg, 1992, s. 2). De undersökta svamparna presterade dock likartat oavsett ytstruktur vad gäller partikelavsättning och fiberruggning. Huruvida detta är ett resultat av svamparnas materialegenskaper eller av papprenas gemensamma materialegenskaper (t.ex. limning) kan inte fastställas utifrån denna studie.

Vid jämförelser mellan tvärsnittprover hittades ingen signifikant skillnad mellan referensprover och prover preparerade med sotsvamp respektive polyuretansvamp. Studiens resultat påvisade att polyuretansvampen och sotsvampen tillsynes har likartad inverkan, i relation till fiberruggning, på limmade lumpapper. I avseendet mekanisk ytpåverkan bör polyuretansvampen därav ses som ett lämpligt konserveringsredskap, både i jämförelse med sotsvampen och i enighet med riktlinjerna ifrån Confederation of Conservator-Restorers' Organisation (E.C.C.O., 2002). Dock skulle eventuellt ett ökat antal friktionstillfällen eller val av annat papper kunnat ge resultat med identifierbar påverkan då sotsvampen har påvisats kunna rugga pappersytor (Sterlini, 1995, s. 5).

Partiklar antas ha släppts ifrån både polyuretan- och sotsvamparna, men partikelavsättningen ifrån sotsvamparna visade sig överstiga partikelavsättningen ifrån polyuretansvamparna i antal. Det finns dock problematik med den påvisade avsättning ifrån polyuretansvamp oberoende av mängd eller antal partiklar, då partiklar av polyuretan långsiktigt kan ge negativ inverkan på pappret. Oönskade konsekvenser kan t.ex. innefatta bildning av syror i samband med nedbrytning av polymererna och sänkt pH-värdet (Nord & Tronner, 2008, s. 82) något som är oönskat för papprets bevarandetilstånd. Polyuretanpartiklar kan även potentiellt missfärga och reagera med pappret. Påvisande av materialsläpp ifrån både polyuretansvamp och sotsvamp innebär att de inte bör ses som oproblematiska konserveringsredskap. Förutsatt att mängden materialsläpp ifrån sotsvampen anses motsvara en accepterbar mängd bör även materialsläppet ifrån polyuretansvampen klassas som accepterbart.

Sotsvampens materialsläpp hade högst förekomst i storleksintervallet 1-5  $\mu\text{m}$ , och polyuretansvampen hade påtagligt mindre partikelavsättning än sotsvampen i detta intervall. Inom resterade intervall presterade svamparna förhållandevis likartat. Varför avsättningen är utpräglad inom intervallet 1-5  $\mu\text{m}$  kan studien inte besvara men sotsvampens utseende kan ge

en indikation till orsaken bakom detta. Vid granskning i mikroskop visades sotsvampens yta vara oregelbunden med många små materialsegment, se Figur 1. Denna typ av utseende är återfinns inte på polyuretansvampen vid samma förstoring, se Figur 2. Detta utesluter inte att polyuretansvampen potentiellt släppt partiklar som understiger 1 µm, en partikelkategori som inte undersöktes p.g.a. tids- och resursbrist då ytterligare SEM-analyser skulle krävas.

SEM var ett nödvändigt verktyg vid analys av avsättningar då förstoringen, skärpedjupet och projektionen i stereomikroskop inte gav goda förutsättning för upptäckt av partiklar. Vid fotografering och granskning av ytprover i stereomikroskopet hittades inga partiklar på proverna. Enbart en okulär undersökning i stereomikroskop gav således inte en tillförlitlig indikation på partikelavsättning. Svårigheterna att hitta partiklar i stereomikroskop kan bero på flertalet orsaker, exempelvis partikelstorlek. Tidigare studier har påvisat att försök att borsta bort avsatta partiklar ifrån pappersytor inte är en effektiv metod (Pearlstein & et al., 1982, s. 7), eventuellt kan detta komma av att konservatorn inte kan se partiklarna och därför inte kan bedöma var åtgärden krävs eller hur effektiv den varit.

Då polyuretansvampen påvisats vara skonsam mot pappersprovernas ytor och endast en marginell partikelavsättning hittats, innebär det att studiens resultat styrker vad tidigare undersökningar funnit vid studier på torrengöring av måleri med polyuretansvamp (se exempel Daudin-Schotte & et al., 2012, s. 213-214).

De slutsatser som kan dras ifrån denna studie är baserade på ett förhållandevis litet provurval, vilket gör säkra konklusioner svåra. Vidare undersökningar av materialsläpp ifrån polyuretansvamp bör utföras, bl.a. artificiella åldringstester bör utföras på preparerade pappersprover. I dagsläget saknas underlag för definitiva slutsatser rörande polyuretansvampens lämplighet, bl.a. Confederation of Conservator-Restorers' Organisation (E.C.C.O., 2002) kräver att artificiella åldringstester skall utföras. De partiklar som avsatts ifrån polyuretansvamp kommer sannolikt att missfärga, surna och orsaka ett ogynnsamt mikroklimat för de omkringliggande pappersfibrerna. Den faktiska inverkan avsättningar ifrån polyuretansvamp är dock svårt att berömma i dagsläget.

Problematiken med studier på kommersiellt tillverkade produkter av polyuretan är att de består av mycket komplexa och varierade polymerer (Rychlý & et al., 2011, s. 462). Det innebär att utseendemässigt lika polyuretansvampar kan ge olika resultat, då olika tillverkare producerar liknande produkter med olika kemiska sammansättningar. Resultaten som redovisas i denna studie är inte en allmängiltig representation av kommersiellt tillgängliga polyuretansvampar. Tillverkaren av den undersökta svampen kan även ändra innehåll i eller tillverkningsmetod för produktion av sin produkt, varefter nya undersökningar bör genomföras.

För den praktiserade konservatorn finns det fortfarande viss osäkerhet huruvida polyuretansvampen är lämplig vid torrengöring av papper men inget i denna studie tyder på att svampen inte kan vara ett lämpligt redskap. Konservatorer med intresse av att använda polyuretansvampen bör dock ta hänsyn till polyuretaneters (TDI) känsligheten mot fukt och tendens att svälla i lösningsmedel (med närliggande polaritet). Därför bör svampen rimligtvis inte användas i fuktigt tillstånd eller tillsammans med lösningsmedel.

Grundat på förutsättningen att sotsvampen är ett lämpligt konserveringsverktyg för torrengöring av papper, baserat på det generella accepterandet av svampen som konserveringsverktyg samt tidigare studier, har denna studies resultat påvisat att polyuretansvampen presterar inom ramarna för lämpliga konserveringsverktyg.

## 5.2 Förslag till vidare forskning

Då polyuretansvamp är ett förhållandevis nytt redskap inom konservering finns det många angränsade forskningsämnen. En viktig och angränsande studie hade varit artificiella åldringstester av papper torrengjorda med polyuretansvamp, där påverkan av pappers åldringsegenskaper potentiellt orsakad av polyuretan kan undersökas. Studier på andra papperstyper än lumppapper är ett viktigt område, exempelvis bör svampen sättas i relation till japanpapper, semitransparanta papper, ligninhaltiga träfiberpapper och olimmade papper.

Jämförande studier, t.ex. fokuserade på partikelavsättning och materialsammansättning, mellan olika kommersiellt tillgängliga polyuretansvampar skulle bidra med en större förståelse för polyuretansvamparna och dess funktioner som torrengöringsredskap. Ytterligare uppföljande studier skulle exempelvis undersöka polyuretansvampens effektivitet vid torrengöring och vilken typ av smuts den lämpar sig för och om svampen exempelvis skulle kunna användas vid sot- eller mögelsanering? Torrengöring av media på papper är ett annat område där angränsade studier bör utföras, då denna studie ej berört svampens lämplighet för torrengöring av boktryck, grafiska tryck, bläck, etc.

Då studien endast undersökt polyuretansvampen i torrt tillstånd, hade undersökningar rörande huruvida våta efterbehandlingar kan accelererar partiklarnas nedbrytning eller tvättar bort partiklar varit av intresse. En annan givande studie skulle vara en undersökning av eventuell påverkan av papprets hydrokopa egenskaper, exempelvis absorptionsförmåga, någon som är relevant då torrengöring även används som förbehandling inför våtrengöring.

Polyuretansvamp vid torrengöring av fotografier är ett angränsande och viktigt område där framtida studier kommer att krävas, då svampen redan tagits i bruk inom fotokonservering.

Vid vidare studier på avsättning ifrån polyuretansvamp på papper med ingående analyser, kan försök till att använda svepelektronmikroskopanalys kombinerat med *Energy dispersive x-ray spectroscopy* (EDXS, tillsammans med SEM förkortat till SEM-EDX) göras. SEM-EDX används för kvalitativa grundämnesanalyser. SEM-EDX har bl.a. använts som komplement vid undersökning av avsättningar ifrån torrengöringsredskap.



## 6. Slutsats och sammanfattning

### 6.1 Slutsats

Analyserna påvisade att polyuretansvampen avsatte färre partiklar vid friktion med lumpapper än sotsvampen. Ingen koppling mellan antal funna partiklar ifrån polyuretansvampen respektive sotsvampen och olika pappersstrukturer kunde påvisas. Ingen ruggning av pappersytor eller slitage på pappersfibrer kunde härledas till sotsvampen respektive polyuretansvampen.

Användande av polyuretansvamp vid konservering bör ej ses som oproblematiskt, då visst materialsläpp påvisats. Dock har denna studie varit begränsad i provurval och saknat artificiella åldringstester, detta innebär att ytterligare studier med t.ex. större provurval, andra papperstyper och artificiella åldring krävs för en definitivt bedömning av svampens lämplighet. Dock har polyuretansvampen följaktligen presterat inom denna studies ram för ett lämpligt konserveringsredskap, både i jämförelse med sotsvamp och i relation till de berörda etiska riktlinjerna.

### 6.3 Sammanfattning

Torregöring är vanligt förekommande inom papperskonservering och en av studiens målsättningar var att belysa förekomsten av nya torregöringsredskap och vikten av att undersöka dessa. Polyuretansvampar är ett nytt och ett ej fullständigt undersökt torregöringsverktyg inom pappers- och fotokonservering. Studiens syfte var att undersöka polyuretansvampens egenskaper, specifikt potentiell fiberruggning och materialavsättning vid torregöring, för att klargöra huruvida polyuretansvampen ter sig vara ett lämpligt konserveringsredskap eller ej. Detta gjordes genom en jämförande studie mellan polyuretansvamp och sotsvamp. I studien representerar sotsvampen ett lämpligt torregöringsredskap, då flertalet studier samt papperskonserveringsfältet bedömt svampen som detta. *Lämplighet* är ett återkommande begrepp, och har i denna studie definierat ut efter konservatorsfältets definition och dess etiska riktlinjer.

Den centrala problematiken med polyuretansvampen är dess materialsammansättning då polyuretanskum har oönskade åldringsegenskaper. Polyuretanpartiklar på pappersytan är följaktligen oönskade. Dock består även sotsvampen av ett material som långsiktigt inte bör ha kontakt med papper, p.g.a. gummis egenskaper vid nedbrytning.

Studien utfördes på en handgjort modern rekonstruktion av ett historiskt lumpapper. Prepareringen av pappersproverna kontrollerades genom en för ändamålet konstruerad rigg, där använd kraft, prepareringens riktningen och kontaktområdet mellan svamp och papper standardiserades. Studien omfattade 30 ytprover respektive 30 tvärsnittspröver, samtliga granskades och fotograferades under stereomikroskop.

Vid x250 förstoring påvisades 0,75 polyuretanpartiklar respektive 5,25 sotsvampspartiklar per 500 x 320  $\mu\text{m}$ . Då båda svamparna påvisades avsätta partiklar bör de betraktades med viss problematik, då respektive svamp består av material med långsiktiga negativa konsekvenser

som förurning och missfärgning. Polyuretansvampen visades dock släppa färre partiklar än sotsvampen, speciellt i partikelintervallet 1-5  $\mu\text{m}$ . Förutsatt att sotsvampens materialsläpp ska klassas som acceptabelt bör även polyuretansvampens materialsläpp kategoriseras som godtagbart. Ingen trend rörande mängd partikelavsättning kunde koppas till papprets ytstruktur oavsett använd svamp.

Vid granskning av tvärsnitt och ytprover kunde ingen fiberruggning associeras med sotsvampen respektive polyuretansvampen. I denna aspekt presterar polyuretansvampen likartat med sotsvampen och följer de riktlinjer som finns för konserveringsredskap- och material.

Trots studiens resultat kvarstår viss osäkerhet rörande polyuretansvampens lämplighet som torrengöringsredskap, på grund av studiens begränsningar. Dock ger studien en indikation på att polyuretansvampar kan vara ett lämpligt torrengöringsverktyg för papperskonservering.

## Käll- och litteraturförteckning

### Otryckta källor

Informant 1: Bjurman, J.. Docent och Professor, Institutionen för kulturvård. Samtal och analysassistans: 2014-04-23

Informant 2: Nyström, I.. FD och Universitetslektor, Institutionen för kulturvård. Samtal och analysassistans: 2014-05-02

### Tryckta källor

Alron Chemical Co AB (u.å.) *Sotsvamp*. <http://www.alron.se/tillbehor/sotsvamp-grepp/sotsvamp/> [2014-02-24]

Arkivprodukter AS (u.å.) *Polyurethane svampblokk, 27 x 38 x 7 mm, 40 pk*.  
<http://www.arkivprodukter.no/ProductDetail.aspx?pid=2156&pnm=Polyurethane%20svampblokk,%2027%20x%2038%20x%207%20mm,%2040%20pk> [2014-02-24]

Ashley-Smith, J. (2009) *The Basis of Conservation Ethics*. In: Richmond, A. & Bracker, A. L. (red.) *Conservation: principles, dilemmas and uncomfortable truths*. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann pp. 6-26

Balloffet, N. & Hille, J. (2005) *Preservation and Conservation for Libraries and Archives*. Chicago, USA: American Library Association

Bezwada, R. S. (2008) *Absorbable Polyurethanes*. Hillsborough, NJ: Bezwada Biomedical LLC [http://www.bezwadabiomedical.com/files/whitepapers/Absorbable\\_Polyurethanes.pdf](http://www.bezwadabiomedical.com/files/whitepapers/Absorbable_Polyurethanes.pdf) [2014-03-06]

British Library (2011) *Cleaning*. London: British Library Preservation Advisory Centre <http://www.bl.uk/blpac/pdf/clean.pdf> [2014-03-26]

Cowan, J. & Guild, S. (2001) *Dry Methods for Surface Cleaning of Paper*. In: *Technical Bulletin*, 11 (2nd ed.). Ottawa, Kanada: Canadian Conservation Institute. <http://www.cci-icc.gc.ca/publications/downloads/technicalbulletins/eng/TB11-DryMethodsforSurfaceCleaningPaper.pdf> [2014-03-02]

Daniels, V. (2001) *The changing face of paper conservation science, The Paper Conservator*, 25: 1. <http://www.tandfonline.com/loi/rcon19> [2014-03-04] pp. 65-70

Daudin-Schotte, M., Bisschoff, M., Joosten, I., van Keulen, H. & van den Berg, K. J. (2012) *Dry Cleaning Approaches for Unvarnished Paint Surfaces*. In: *Smithsonian Contributions to Museum Conservation*, 3. <http://si-pddr.si.edu/bitstream/10088/20512/1/34.Daudin-Schotte.SCMC3.Mecklenburg.Web.pdf> [2014-02-14] pp. 209 - 219.

Duhl, S. & Nitzberg, N. (1992) 14. *Surface Cleaning*. In: *Paper Conservation Catalog*, 8. [http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/14\\_surface-cleaning.pdf](http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/14_surface-cleaning.pdf) [2014-02-14] pp. 1-43.

European Confederation of Conservator-Restorers' Organisation (E.C.C.O) (2002) *E.C.C.O. Professional Guidelines*. 1 March 2002. Bryssel. <http://www.ecco-eu.org/about-e.c.c.o./professional-guidelines.html> [2014-03-11]

Hogmark, S. & Söderberg, S. (2014) Elektronmikroskop. I: *Nationalencyklopedin* <http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/lang/elektronmikroskop> [2014-04-01]

James, C. & Cohn, M. B. (red.) (1997) *Old master prints and drawings: a guide to preservation and conservation*. Amsterdam: Amsterdam University Press.

van Keulen, H., de Groot, S., Groot Wassink, M., Joosten, I. & Daudin, M. (2012) *Dry cleaning products analysed and tested at the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE)*. Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Amsterdam. <http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/documenten/drycleaning%20table.pdf> [2014-03-06]

Lemmen, B. (2013) *Polyurethane cosmetic sponges*. Conservation DistList. <http://cool.conservation-us.org/byform/mailling-lists/cdl/2013/0966.html> [2014-03-28]

Mathias, C. (2012) A low-cost and effective method to clean archival photographs [abstract]. In: *Abstracts, CAC-ACCR Peterborough: 38th annual conference and workshop, Canadian Association for Conservation of Cultural Property, 22-26 May 2012*. <https://www.cac-accr.ca/files/pdf/e-cac-conference-2012.pdf> [2014-03-28] pp. 26.

McInnis, K. (1980) Two studies in paper conservation practice. In: *ICCM Bulletin*, 6: 2, pp. 33-53.

Moffat, E. (1992) Analysis of "chemical" sponges used by the commercial fire clean-up industry to remove soot from various surface. In: *IIC-CG Bulletin*, 17: 3. pp. 9-10.

Muñoz-Viñas, S. (2009) The Basis of Conservation Ethics, Richmond. In: A. & Bracker, A. L. (red.) *Conservation: principles, dilemmas and uncomfortable truths*. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann. pp. 32-59.

Mukhopadhyay, S. M. (2003) Sample Preparation for Microscopic and Spectroscopic Characterization of Solid Surfaces and Films. I: Mitra, S.(red.). *Sample preparation techniques in analytical chemistry*. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience. pp. 377-412.

Nationalencyklopedin [NE] (u.å.) *Pulver*. I: Nationalencyklopedin. <http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/lang/pulver> [2014-04-20]

Nord, A. G. & Tronner, K. (2008) *Plast: morgondagens kulturobjekt : projekt för bevarande av plastföremål : terminologi, analys, skador, nedbrytning, förvaring*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet

Pearlstein, E.J., Cabelli, D., King, A. & Indictor, N. (1982) Effects of Eraser Treatment on Paper, *Journal of the American Institute for Conservation*, 22: 1. pp. 1-12.

Pellizzi, E., Lattuati-Derieux, A., Lavédrine, B. & Cheradame, H. (2013) Degradation of Polyurethane Ester Foam artifacts: chemical properties, mechanical properties and

comparison between accelerated and natural degradation, *Polymer Degradation and Stability*, xxx. <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2013.12.018> [2014-03-05] pp. 1-7.

Rosu, D., Rosu, L. & Cascaval, C. N (2009) IR-change and yellowing of polyurethane as a result of UV irradiation. In: *Polymer Degradation and Stability*, 94: 4, pp. 591–596.

Rychlý, J., Lattuati-Derieux, A., Lavédrine, B., Matisová-Rychlá, L., Malíková, M., Csomorová, K. & Janigová, I. (2011) Assessing the progress of degradation in polyurethanes by chemiluminescence and thermal analysis. II. Flexible polyether- and polyester-type polyurethane foams, *Polymer Degradation and Stability*, 96: 4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2011.01.012> [2014-03-07] pp. 462-469.

Sterlini, P. (1995) Surface cleaning products and their effects on paper, *Paper conservation news*, 76, pp. 3-7.

Szycher, M. (1999) *Szycher's handbook of polyurethanes*. Boca Raton, Fla.: CRC Press

Thomas, J. L. (2012) Evaluation of reduced oxygen display and storage of watercolours. Doctoral thesis. London: University College London (UCL) <http://discovery.ucl.ac.uk/1352730/> [2014-03-10]

US Environmental Protection Agency (EPA) (2001) *Diethylene Glycol Dibenzoate Robust Summary*. No: AR201-13271: US Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/hpv/pubs/summaries/diglydib/c13271.pdf> [2014-03-16]

Williams, R. S. (2013) *Alternatives to cotton wool*. Conservation DistList. <http://cool.conservation-us.org/byform/mailling-lists/cdl/2013/0374.html> [2014-03-28]

Williams, S. (1997) Care of Objects Made from Rubber and Plastic. In: *CCI Notes*, 15:1. [http://www.cci-icc.gc.ca/publications/notes/15-1\\_e.pdf](http://www.cci-icc.gc.ca/publications/notes/15-1_e.pdf) [2014-02-27] pp. 1-6.

## Figur- och tabellförteckning

Figur omslagsbild. Pappersyta, bild tagen i svepelektronmikroskop. A. Schottländer, 2014-05-02.

Figur 1. Fotografier på sotsvamp, inklusive mikroskopsfotografier. Foto: A. Schottländer, 2014-04-17

Figur 2. Foto: Fotografier på polyuretansvamp, inklusive mikroskopsfotografier. Foto: A. Schottländer, 2014-04-17

Figur 3. Riggen Mary, med vajer och patron, fotograferad från sidan. Foto: A. Schottländer 2014-04-22

Figur 4. Tvärsnitt, representativt urval från provserie ST (slät gräng, tvärsnitt). Ovansida av tvärsnittet är den preparerade sidan. Urvalet omfattar proverna ST0.2, STP1.2, STP2.2, STS, 1.2 samt STS2.2. Foto: A. Schottländer 2014-04-17

Figur 5. Tvärsnitt, representativt urval från provserie GT (grov gräng, tvärsnitt). Ovansida av tvärsnittet är den preparerade sidan, Urvalet omfattar proverna GT0.2, GTP1.2, GTP2.2, GTS1.1 samt GTS2.2. Foto: A. Schottländer 2014-04-17

Figur 6. Mikroskopfotografier på ett urval av ytprover med grov gräng. Urvalet omfattar proverna G0.2, GYP1.2 och GYS1.2. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22

Figur 7. Mikroskopfotografier på ett urval ytprover med slät gräng. Urvalet omfattar proverna S0.1, SYP1.2 och SYS1.2. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22.

Figur 8. Urval av svepelektronmikroskopbilder ifrån serie x100. Urvalet omfattar proverna G0.2, GYP1.2 och GYS1.2. Foto: I. Nyström, 2014-05-02

Figur 9. Urval av svepelektronmikroskopbilder ifrån serie x250. Urvalet omfattar proverna G0.2, GYP2.2 och GYS2.2. Foto: I. Nyström, 2014-05-02

Figur 10. Inringade partiklar på ett urval av bilder, på prover med grov gräng, ifrån svepelektronmikroskopanalys. Urvalet omfattar proverna G0.2, GYP2.2 och GYS2.2. Foto: I. Nyström, 2014-05-02. Redigerad: A. Schottländer 2014-05-05

Tabell 1. Svampar och pappersremsor använda vid preparering av provserierna. SP = slätt papper (S) preparerat med polyuretansvamp (P). GS = grovt papper (G) preparerat med sotsvamp (S).

Tabell 2. Samtliga provserier med ytprover. Slät gräng (S) och grov gräng (G), respektive polyuretansvamp (P) och sotsvamp (S.). Understrukna prover representerar urvalet till SEM-analys.

Tabell 3. Samtliga provserier med tvärsnittsprover (T). Slät gräng (S) och grov gräng (G), respektive polyuretansvamp (P) och sotsvamp (S.).

Tabell 4. Tabell över partikelfynd vid okulär granskning av bilder ifrån serie x100 vid svepelektronmikroskopanalys. Två storleksintervall av partiklar presenteras.

Tabell 5. Tabell över partikelfynd vid okulär granskning av bilder ifrån serie x250 vid svepelektronmikroskopanalys. Tre olika storleksintervall av partiklar presenterade.

# Bilaga 1. Riggen Mary, bildserie

---

Bildpresentation av Riggen Mary.



Fig. 1. Riggen Mary ifrån sidan, utan vajer och patron. Riggens dimensioner är ca 250 mm hög x 370 mm lång.

Foto: A. Schottländer. 2014-05-24

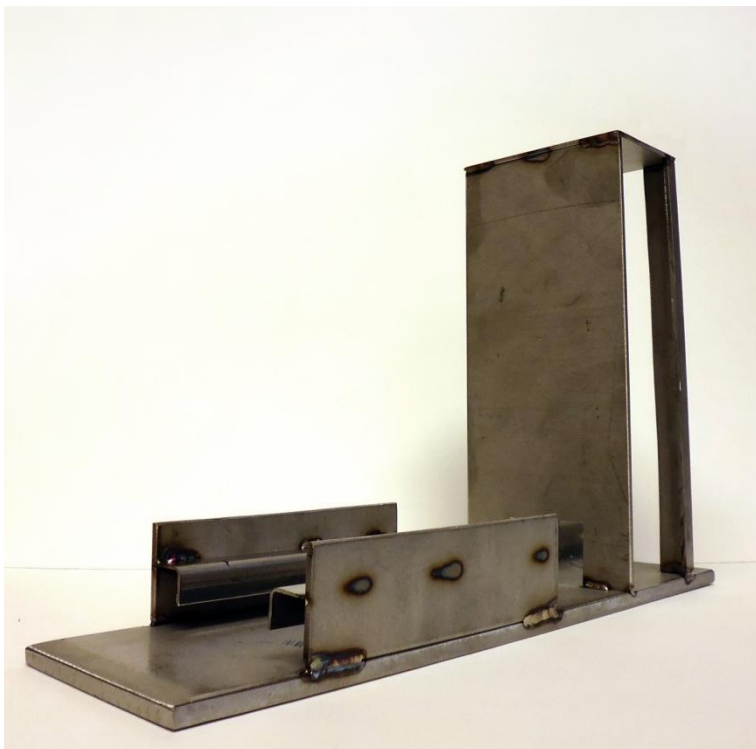


Fig. 2. Riggen Mary snett framifrån, utan vajer och patron. Foto: A. Schottländer, 2014-05-24

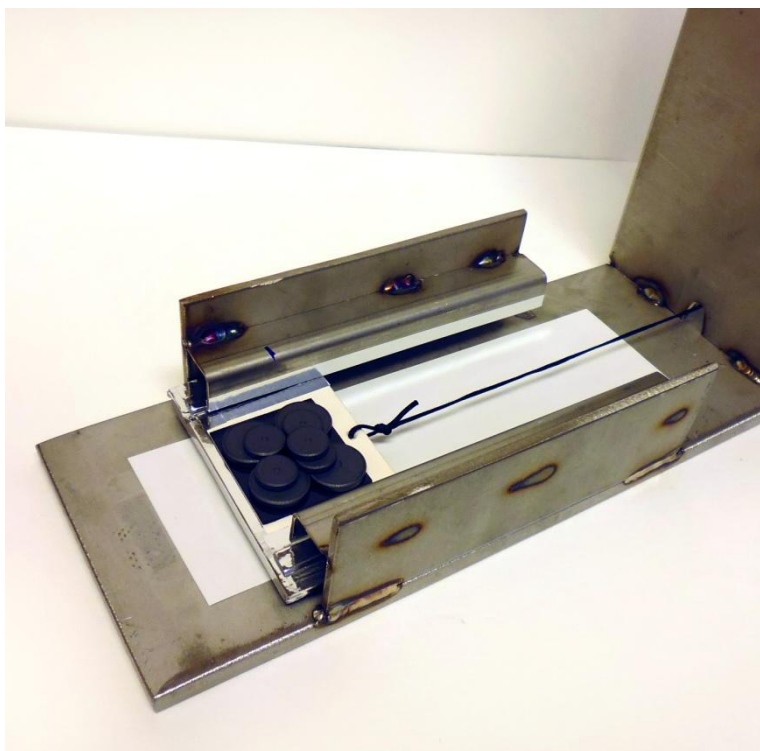


Fig. 3. Rigger Mary, snett framifrån, med vajer och patron.  
Foto: A. Schottländer, 2014-05-24

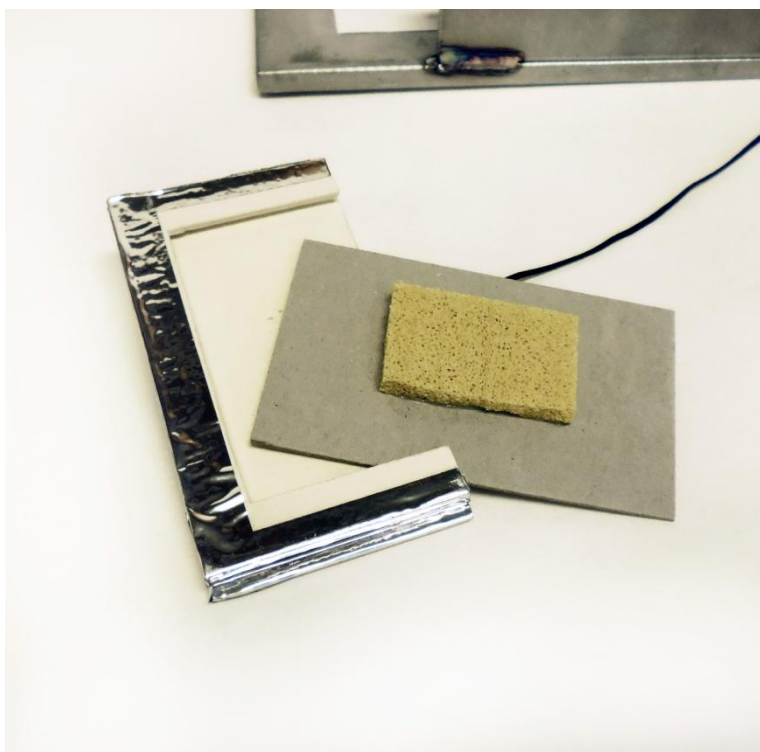


Fig. 4. Rigger Marys patron, med laddning (sotsvamp), underifrån.  
Foto: A. Schottländer, 2014-04-24



# Bilaga 2. Provtagningsmönster

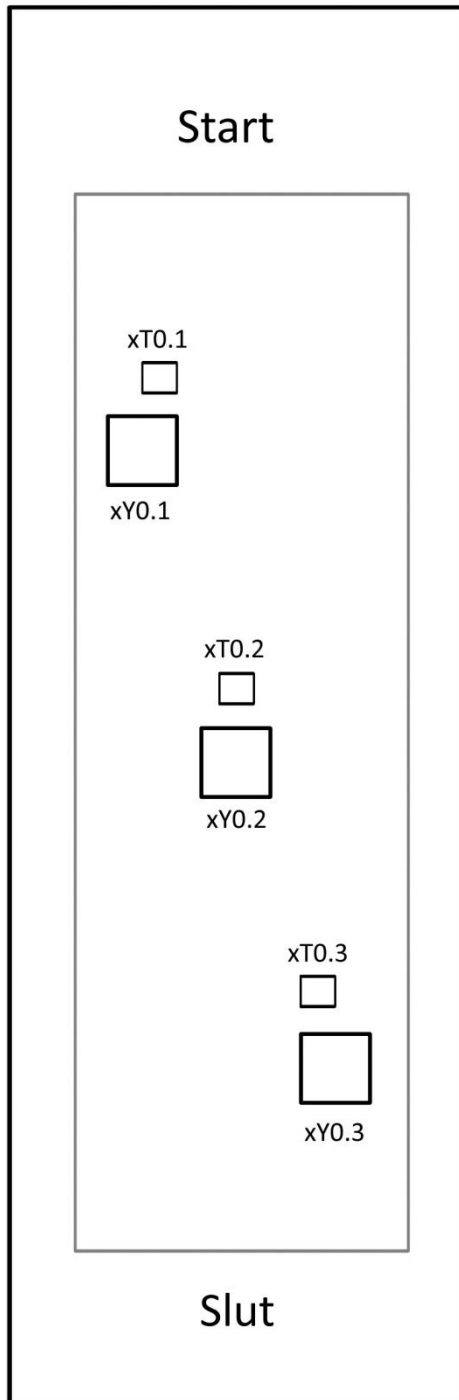
---

Figur 1. approximerar mönstret provtagningen följde efter preparering av pappersremsorna.

Den yttre linjen markerar pappersremsans dimensioner, den gråa linjen innesluter det preparerade området.

xT0.1, xT0.2 och xT0.3 representerar tvärsnittsprøver.

xY0.1, xY0.2 och xY0.3 representerar de kvadratiske prøver för ytanalys.



Figur 1. Provtagningsmönster.  
A. Schottländer

# Bilaga 3. Tvärsnittsprøver, mikroskopbilder

Bilderna presenterade i denna bildbilaga är mikroskopbilder på samtliga tvärsnittsprøver i serierna ST och GT. Utrustningen som används är stereomikroskopet Nikon SMZ800 och mikroskopskameran Nikon digital sights DS FI1, med mjukvaran NIS-Elements F 3.2. Samtliga foton är taga av A. Schottländer, 2014-04-17.

## ST-serien (Slät gräng)



Fig. 1. Referens, slät gräng: ST0.1, ST0.2 och ST0.3



Fig. 2. Polyuretansvamp 1: STP1.1, STP1.2 och STP1.3



Fig. 3. Polyuretansvamp 2: STP2.1, STP2.2 och STP2.3



Fig. 4. Sotsvamp 1: STS1.1, STS1.2 och STS1.3



Fig. 5. Sotsvamp 2: STS2.1, STS2.2 och STS2.3

## GT-serien (Grov gräng)



Fig. 6. Referens, grov gräng: GT0.1, GT0.2 och GT0.3



Fig. 7. Polyuretansvamp 1: GTP1.1, GTP1.2 och GTP1.3



Fig. 8. Polyuretansvamp 2: GTP2.1, GTP2.2 och GTP2.3



Fig. 9. Sotsvamp 1: GTS1.1, GTS1.2 och GTS1.3



Fig. 10. Sotsvamp 2: GTS2.1, GTS2.2 och GTS2.3

# Bilaga 4. Tvärsnittstabell

Tabell 1. Tabell över resta fibrer på tvärsnittprover. Provserier: GT (grov gräng, referens), ST (slät gräng, referens), GTP (grov gräng, polyuretansvamp), STP (slät gräng, polyuretan svamp), GTS (grov gräng, sotsvamp), STS (slät gräng, sotsvamp).

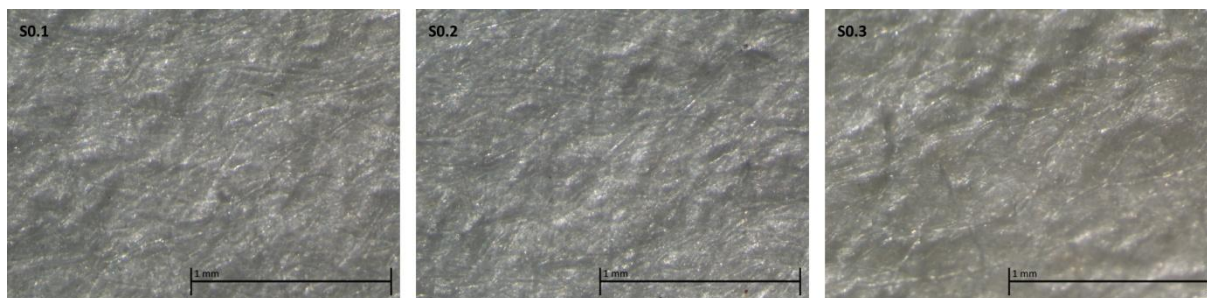
<i>Serie</i>	<i>Prov</i>	<i>Antal resta fibrer</i>	<i>Genomsnitt</i>
<i>GT</i>	GT0.1	1	1.25
	GT0.2	1	
	GT0.3	3	
<i>ST</i>	ST0.1	1	0.3
	ST0.2	0	
	ST0.3	0	
<i>GTP</i>	GTP1.1	3	2
	GTP1.2	2	
	GTP1.3	1	
	GTP2.1	1	
	GTP2.2	3	
	GTP2.3	2	
<i>STP</i>	STP1.1	0	0.16
	STP1.2	0	
	STP1.3	1	
	STP2.1	0	
	STP2.2	0	
	STP2.3	0	
<i>GTS</i>	GTS1.1	6	2
	GTS1.2	0	
	GTS1.3	3	
	GTS2.1	0	
	GTS2.2	1	
	GTS2.3	2	
<i>STS</i>	STS1.1	4	1.5
	STS1.2	1	
	STS1.3	1	
	STS2.1	1	
	STS2.2	0	
	STS2.3	2	

# Bilaga 5. Prover, mikroskopbilder

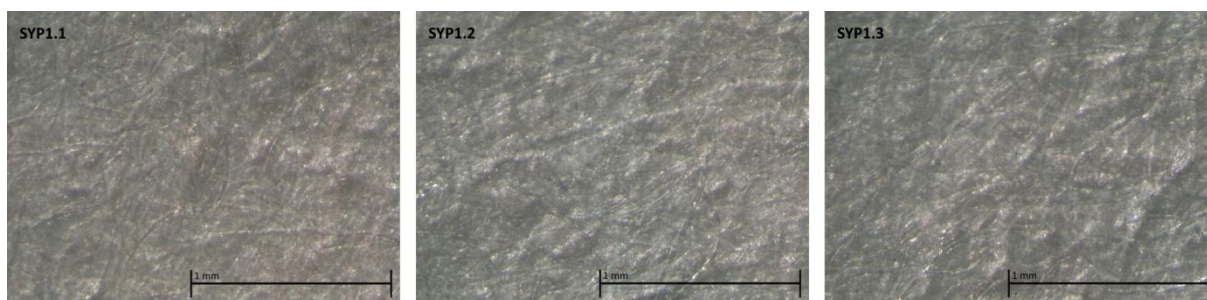
---

Bilderna presenterade i denna bildbilaga är mikroskopbilder på samtliga pappersprover i samtliga serierna. Utrustningen som används är stereomikroskopet Nikon SMZ800 och mikroskopskameran Nikon digital sights DS FI1, med mjukvaran NIS-Elements F 3.2.

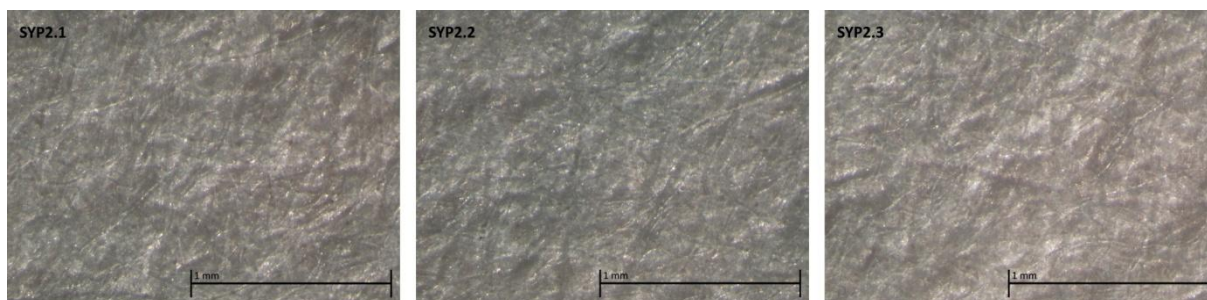
## Slät gräng



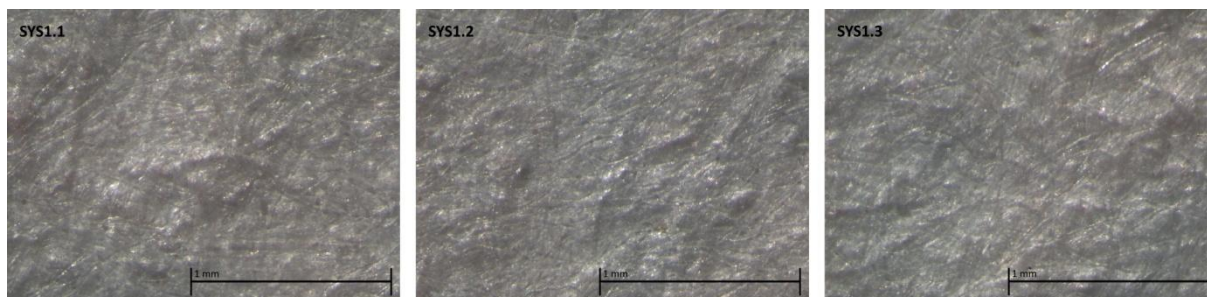
Figur 1. Slät gräng (referens), prover: S0.1, S0.2 och S0.3. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22.



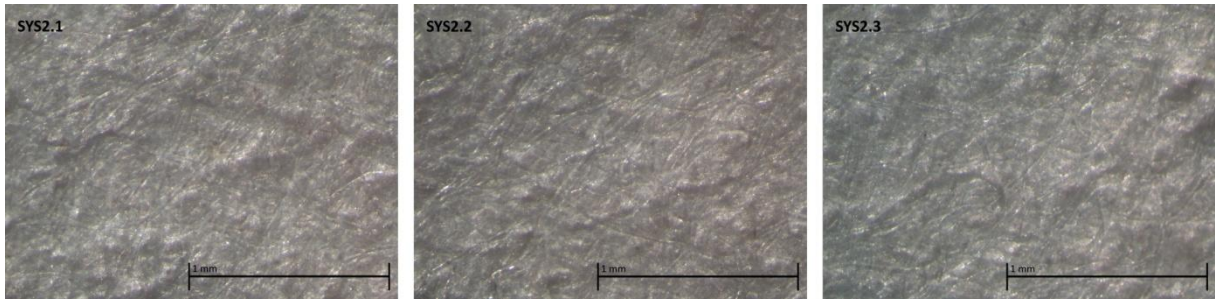
Figur 2. Slät gräng (polyuretansvamp), prover: SYP1.1, SYP1.2 och SYP1.3. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22.



Figur 3. Slät gräng (polyuretansvamp), prover: SYP2.1, SYP2.2 och SYP2.3. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22.

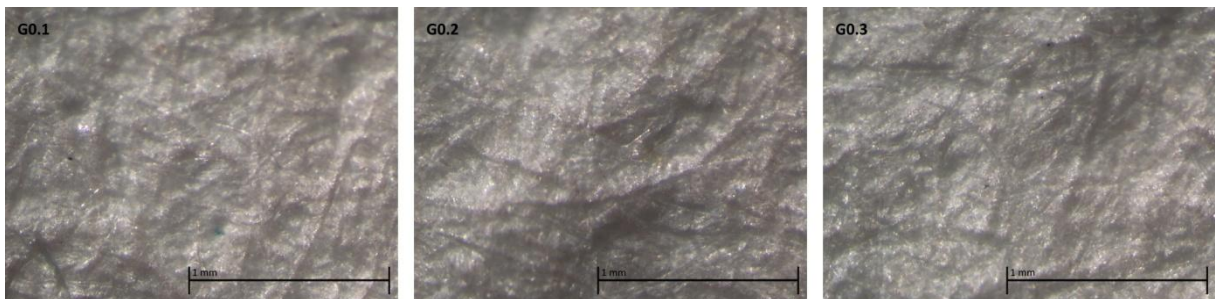


Figur 4. Slät gräng (sotsvamp), prover: SYS1.1, SYS1.2 och SYS1.3. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22.

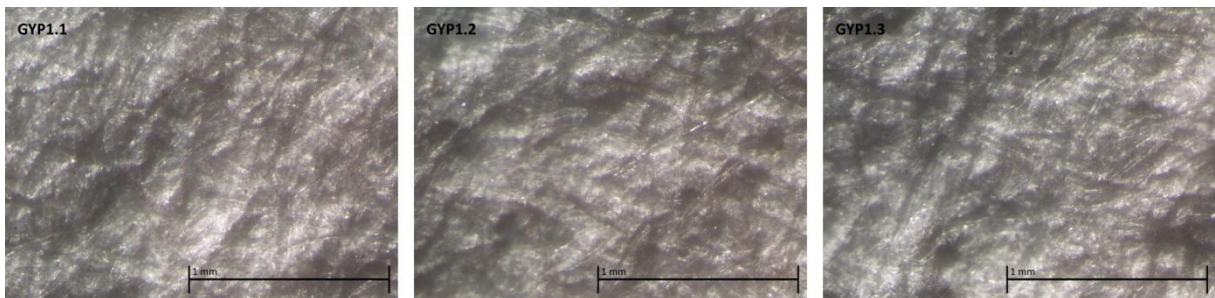


Figur 5. Slät gräng (sotsvamp), prover: SYS2.1, SYS2.2 och SYS2.3. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22.

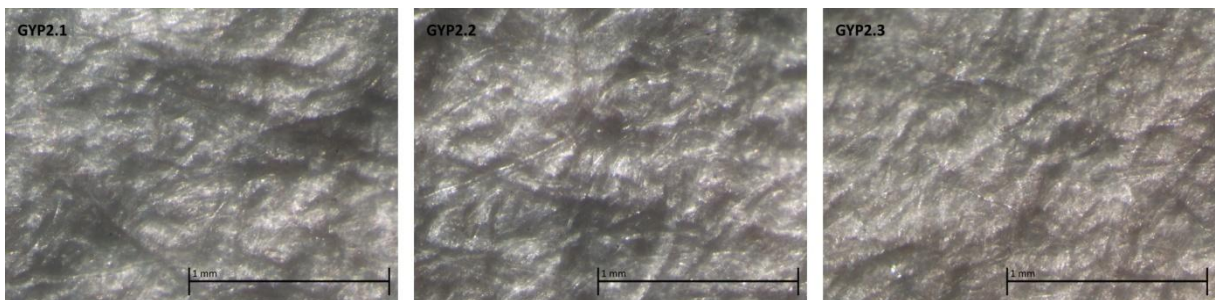
## Grov gräng



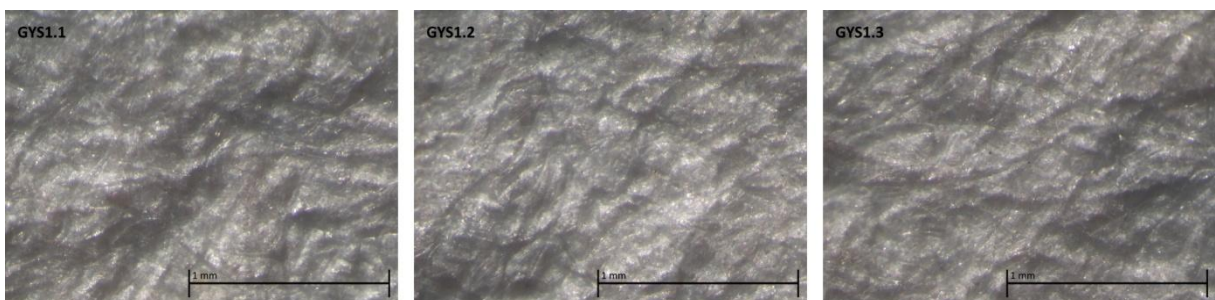
Figur 6. Grov gräng (referens), prover: G0.1, G0.2 och G0.3. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22.



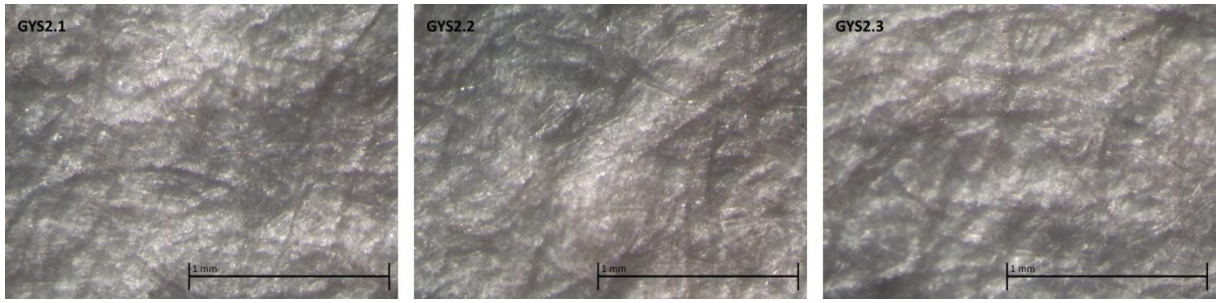
Figur 7. Grov gräng (polyuretansvamp), prover: GYP1.1, GYP1.2 och GYP1.3. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22.



Figur 8. Grov gräng (polyuretansvamp), prover: GYP2.1, GYP2.2 och GYP2.3. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22.



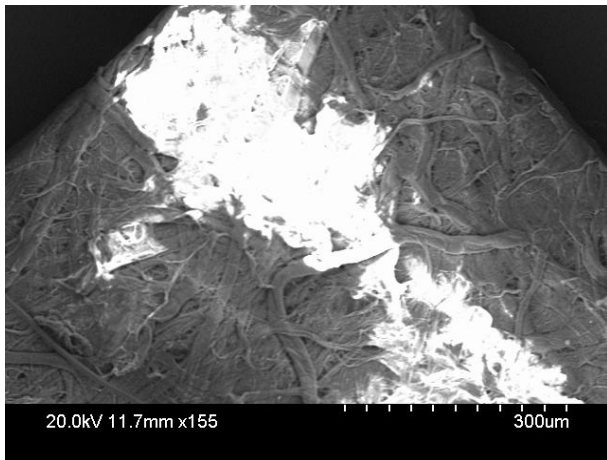
Figur 9. Grov gräng (sotsvamp), prover: GYS1.1, SYS1.2 och GYS1.3. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22.



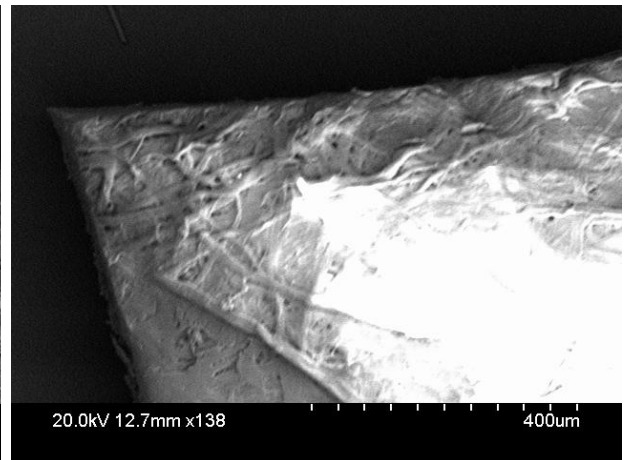
Figur 10. Grov gräng (sotsvamp), prover: GYS2.1, GYS2.2 och GYS2.3. Foto: A. Schottländer, 2014-04-22.

# Bilaga 6. SEM-bilder, omgång 1

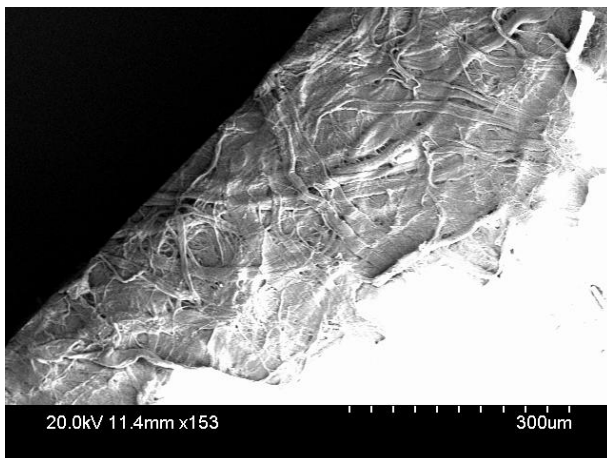
---



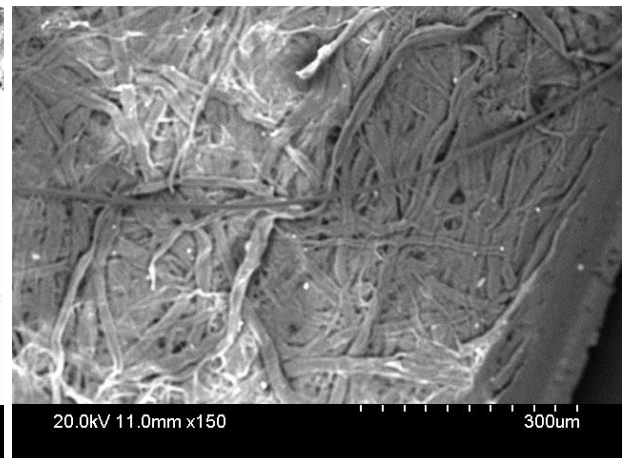
Figur 1. Svepelektronmikroskopbild, prov G0. Foto: J. Bjurman, 2014-04-23



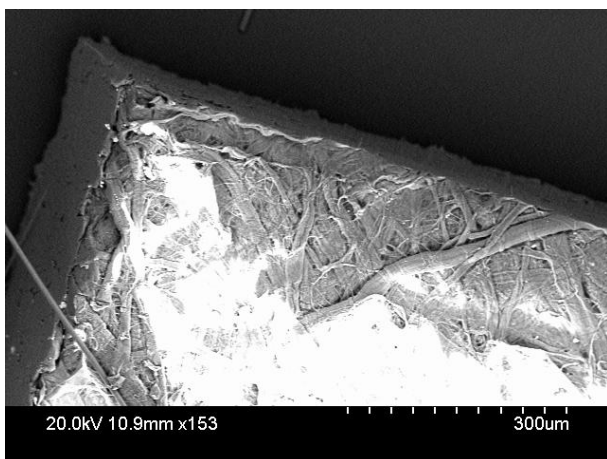
Figur 2. Svepelektronmikroskopbild, prov GYP1.2. Foto: J. Bjurman, 2014-04-23



Figur 3. Svepelektronmikroskopbild, prov GYP2.2. Foto: J. Bjurman, 2014-04-23

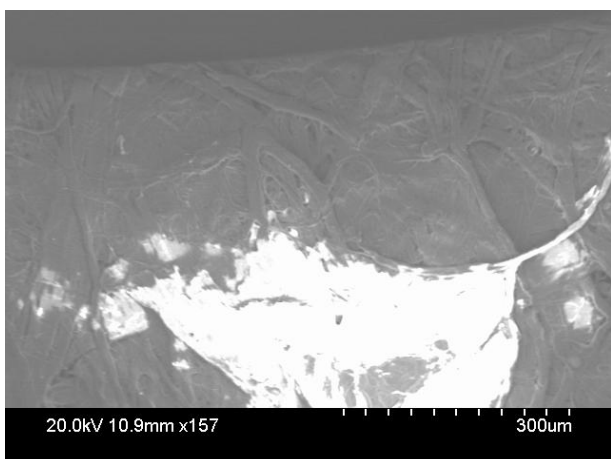


Figur 4. Svepelektronmikroskopbild, prov GYS1.2. Foto: J. Bjurman, 2014-04-23

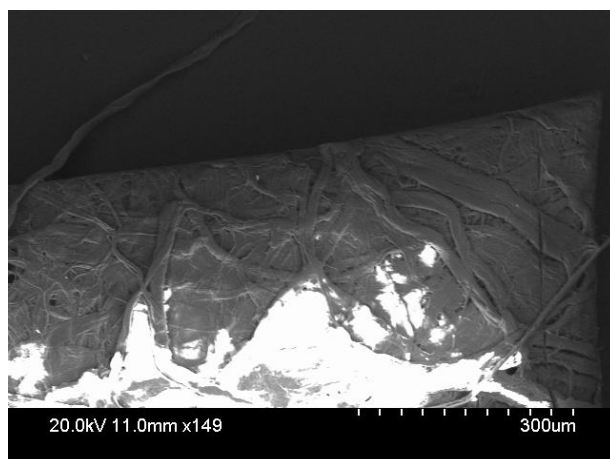


Figur 5. Svepelektronmikroskopbild, prov GYS2.2. Foto: J. Bjurman, 2014-04-23

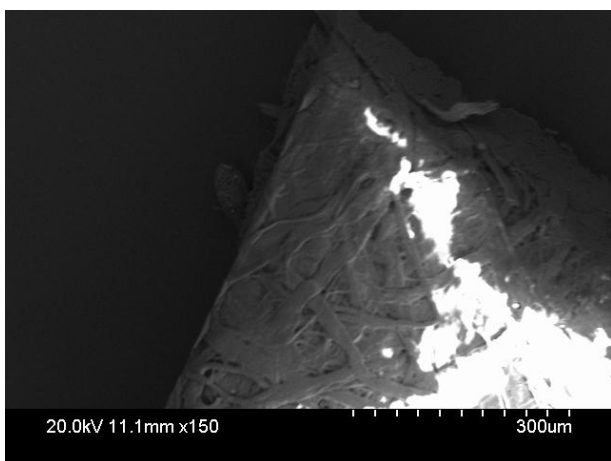




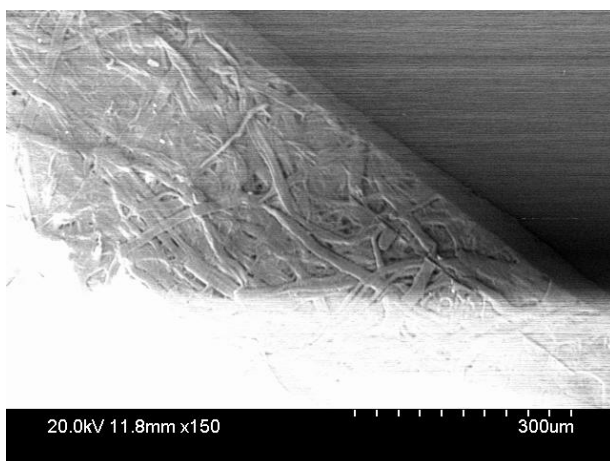
Figur 6. Svepelektronmikroskopbild, prov S0.  
Foto: J. Bjurman, 2014-04-23



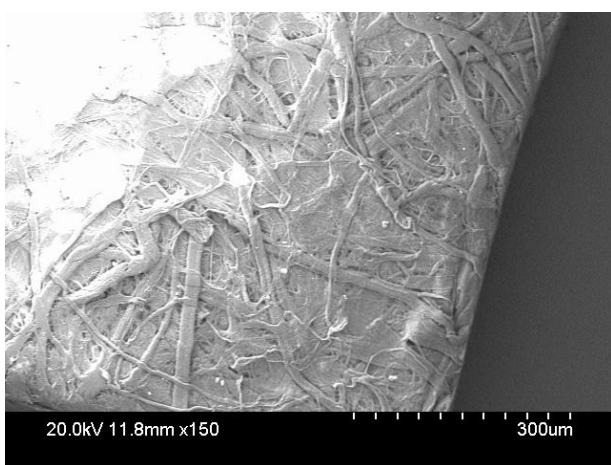
Figur 7. Svepelektronmikroskopbild, prov SYP1.2. Foto: J. Bjurman, 2014-04-23



Figur 8. Svepelektronmikroskopbild, prov SYP2.2. Foto: J. Bjurman, 2014-04-23



Figur 9. Svepelektronmikroskopbild, prov SYS1.2. Foto: J. Bjurman, 2014-04-23

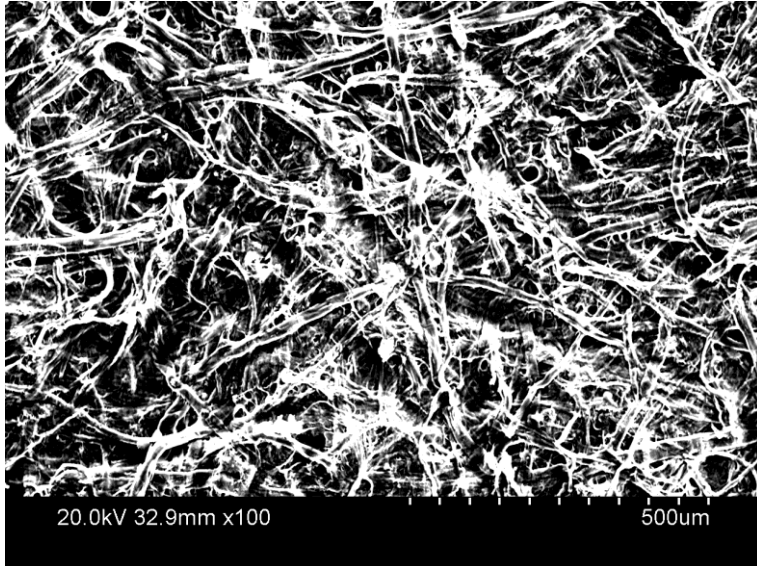


Figur 10. Svepelektronmikroskopbild, prov SYP2.2  
Foto: J. Bjurman, 2014-04-23

# Bilaga 7 - SEM-bilder, omgång 2

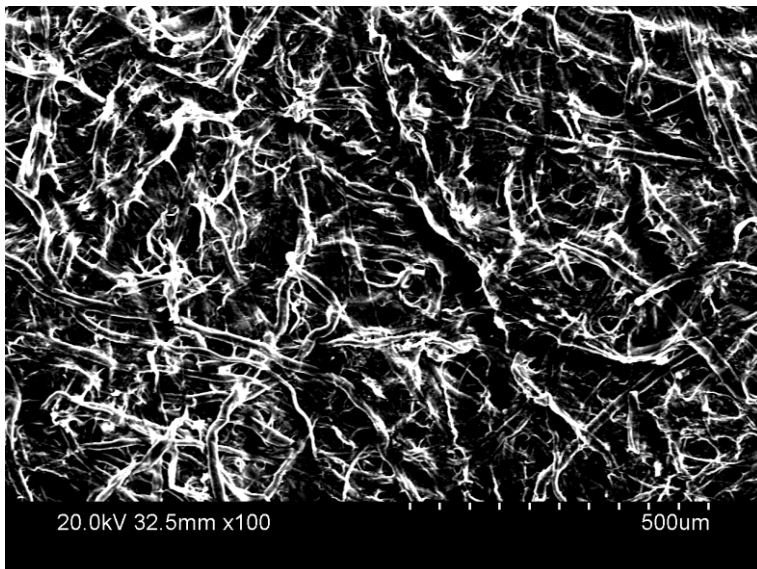
---

## Grov gräng x 100



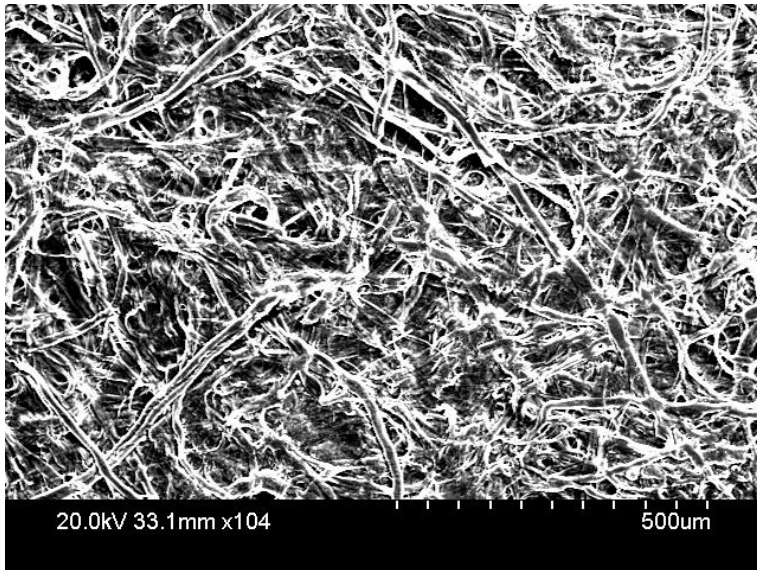
Figur 1. Prov G0.2 (grov gräng, referens), svepelektronmikroskopbild med förstoring x100.

Foto: I. Nyström, 2014-05-02



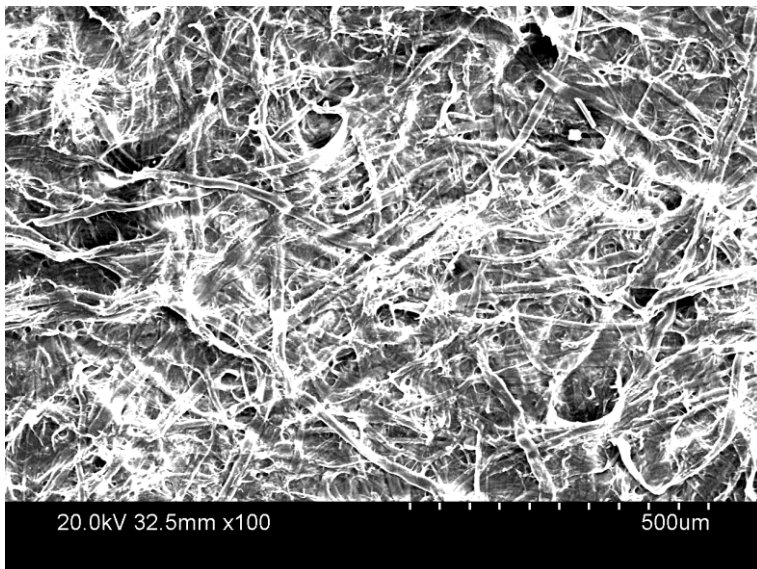
Figur 2. Prov GYP1.2 (grov gräng, polyuretansvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x100.

Foto: I. Nyström, 2014-05-02



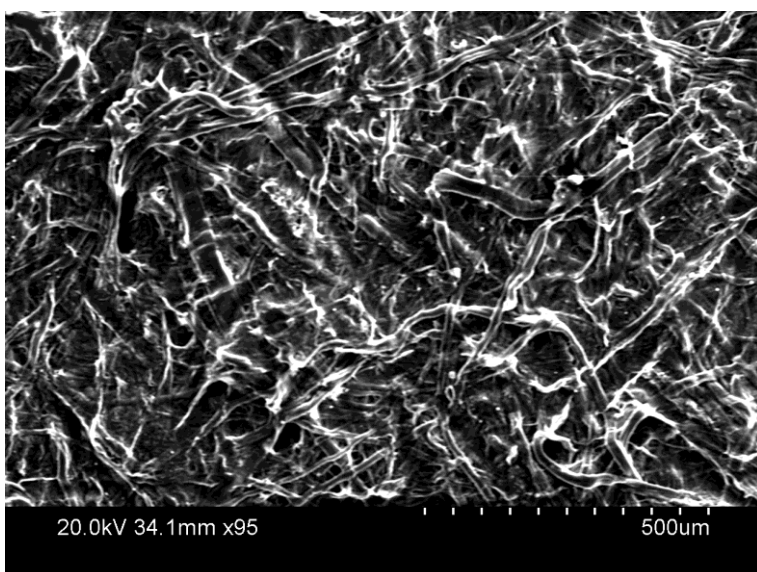
Figur 3. Prov GYP2.2 (grov gräng, polyuretansvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x100.

Foto: I. Nyström, 2014-05-02



Figur 4. Prov GYS1.2 (grov gräng, sotsvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x100.

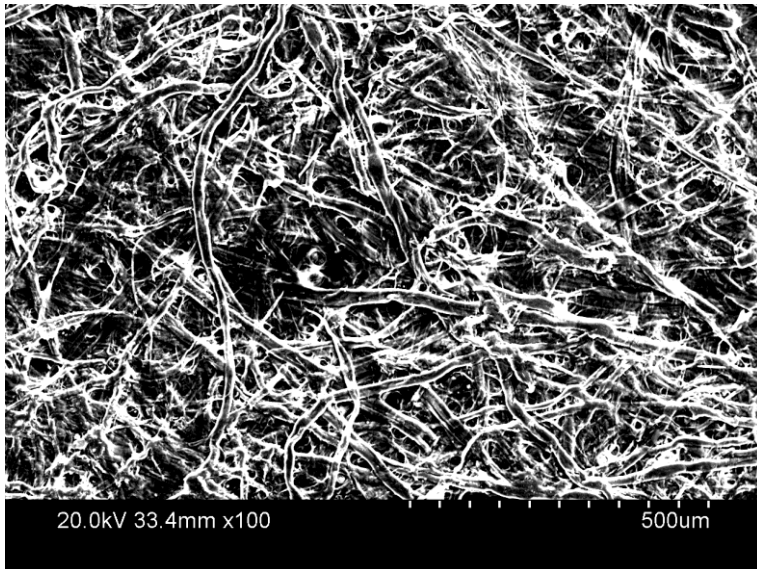
Foto: I. Nyström, 2014-05-02



Figur 5. Prov GYS2.2 (grov gräng, sotsvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x95.

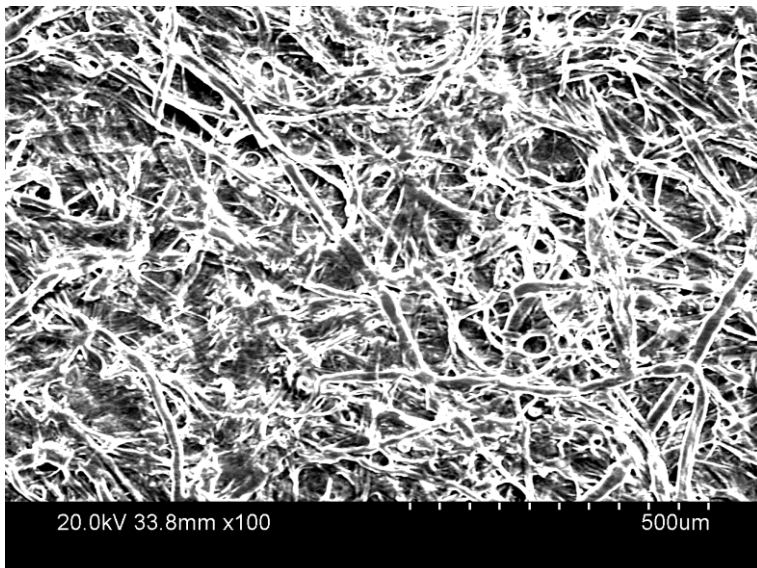
Foto: I. Nyström, 2014-05-02

## Slät gräng x 100



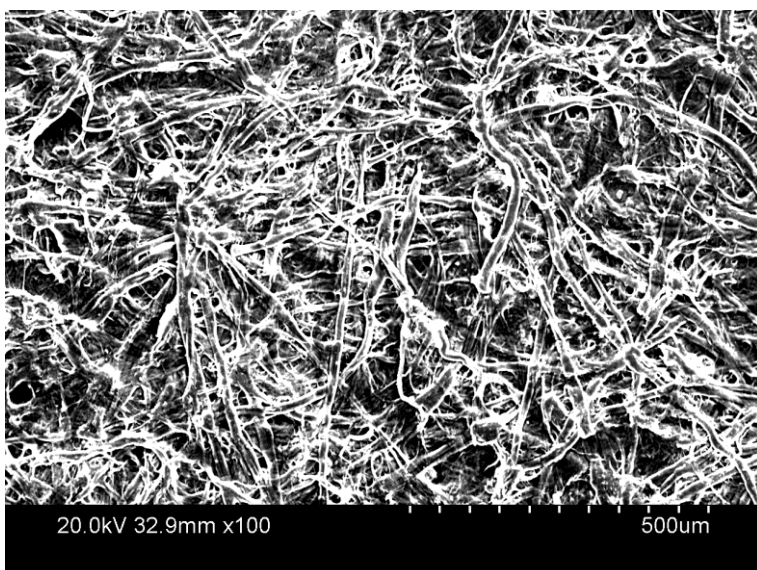
Figur 6. Prov S0.2 (slät gräng, referens), svepelektronmikroskopbild med förstoring x100.

Foto: I. Nyström, 2014-05-02



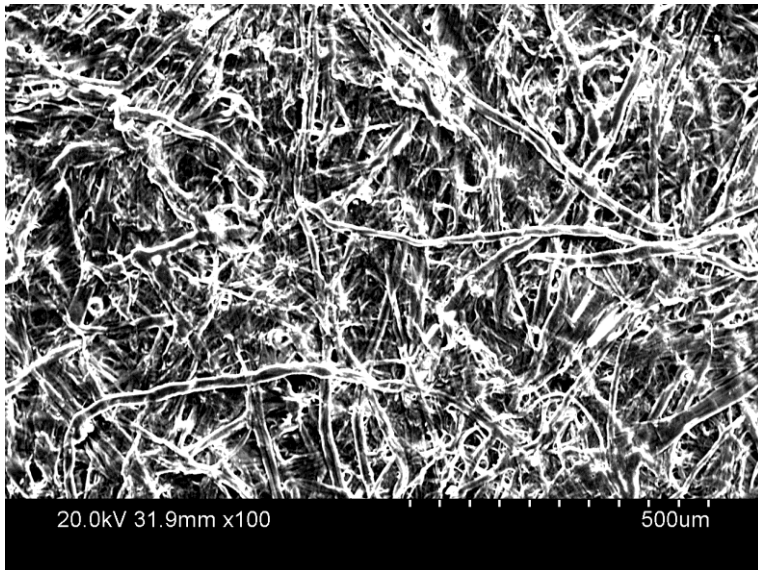
Figur 7. Prov SYP1.2 (slät gräng, polyuretansvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x100.

Foto: A. Schottländer, 2014-05-02



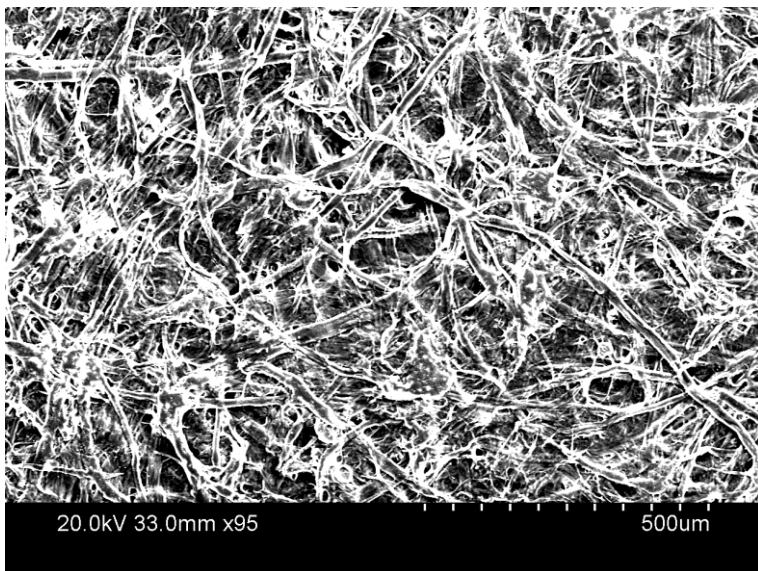
Figur 8. Prov SYP2.2 (slät gräng, polyuretansvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x100.

Foto: A. Schottländer, 2014-05-02



Figur 9. Prov SYS1.2 (slät gräng, sotsvamp), Svepelektronmikroskopbild med förstoring x100.

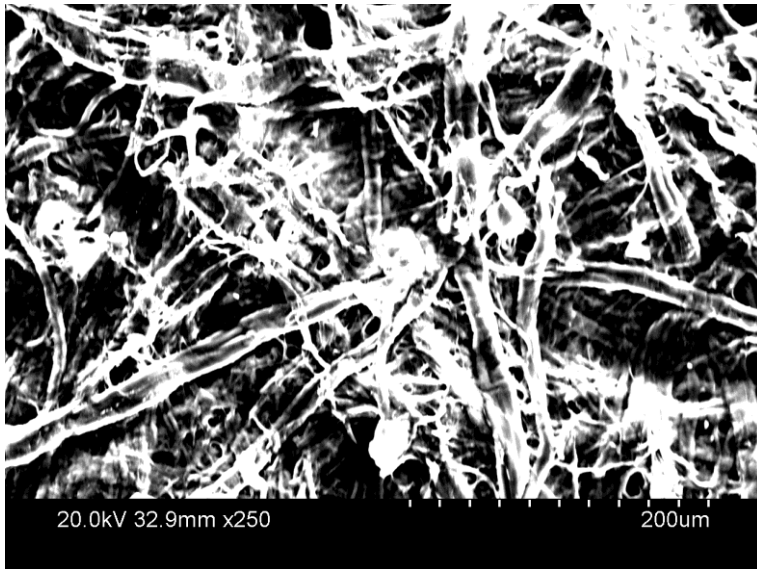
Foto: A. Schottländer, 2014-05-02



Figur 10. Prov SYS2.2 (slät gräng, sotsvamp), Svepelektronmikroskopbild med förstoring x100.

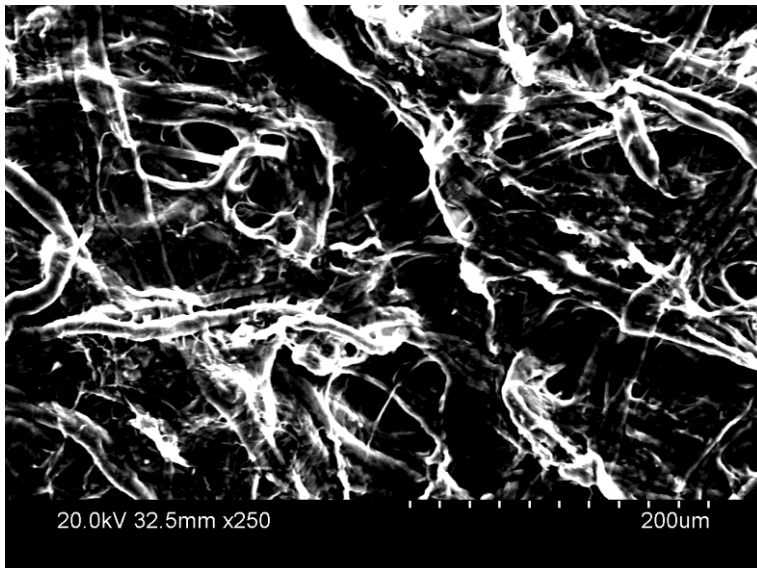
Foto: A. Schottländer, 2014-05-02

## Grov gräng x 250



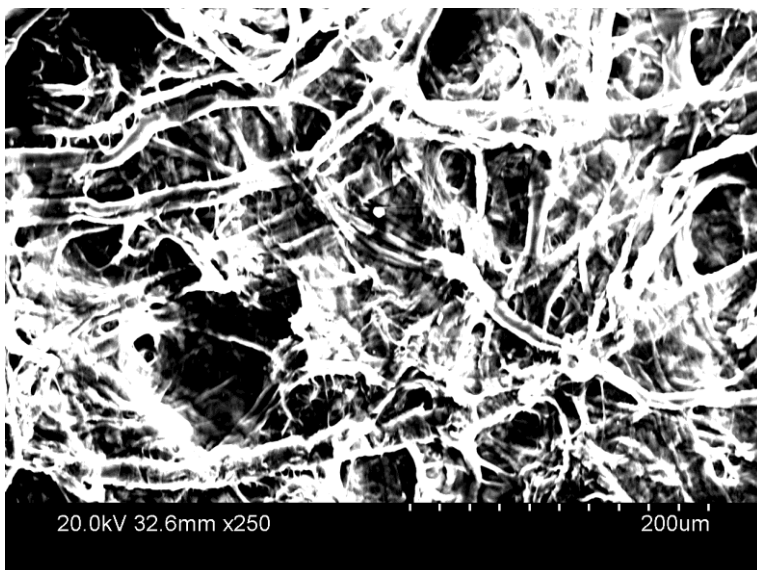
Figur 11. Prov G0.2 (grov gräng, referens), svepelektronmikroskopbild med förstoring x250.

Foto: I. Nyström, 2014-05-02



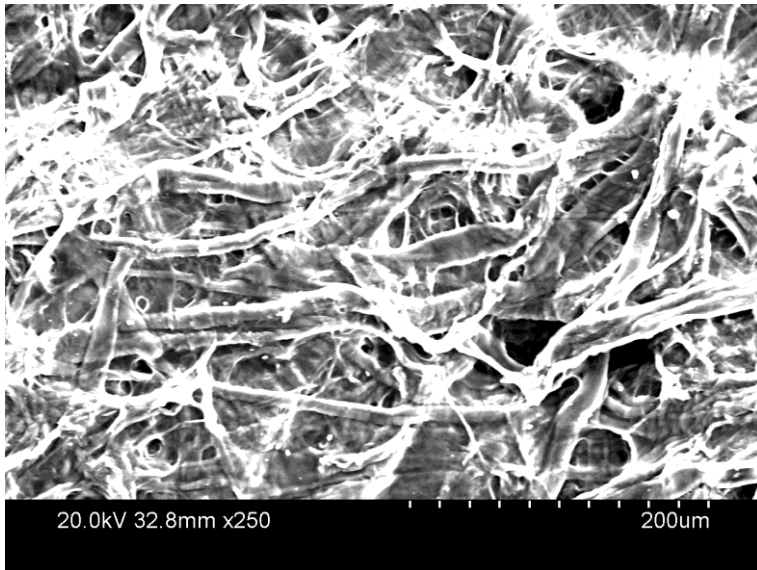
Figur 12. Prov GYP1.2 (grov gräng, polyuretansvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x250.

Foto: I. Nyström, 2014-05-02

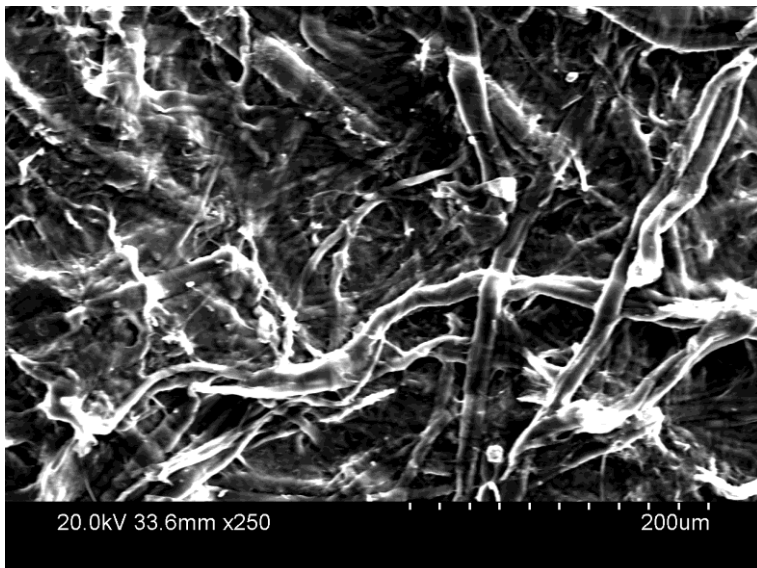


Figur 13. Prov GYP2.2 (grov gräng, polyuretansvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x250.

Foto: I. Nyström, 2014-05-02

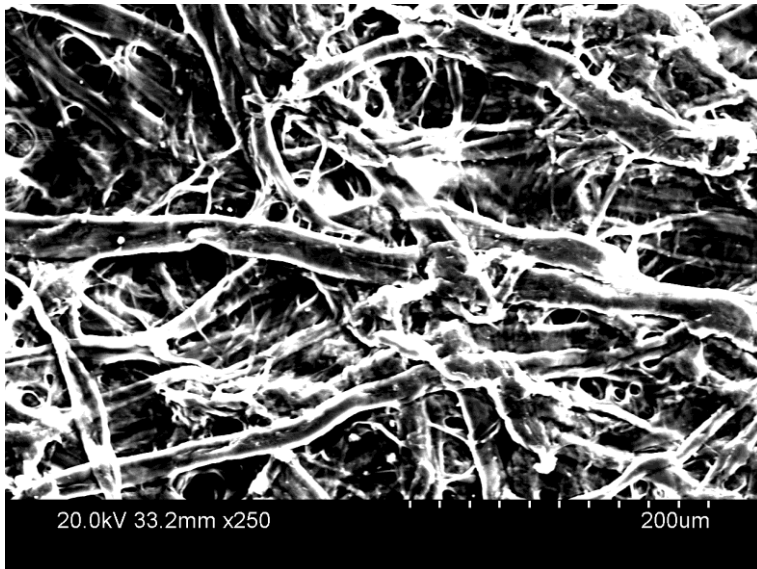


Figur 14. Prov GYS1.2 (grov gräng, sotsvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x250.  
Foto: I. Nyström, 2014-05-02



Figur 15. Prov GYS2.2 (grov gräng, sotsvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x250.  
Foto: I. Nyström, 2014-05-02

## Slät gräng x 250



Figur 16. Prov S0.2 (slät gräng, referens), svepelektronmikroskopbild med förstoring x250.

Foto: I. Nyström, 2014-05-02

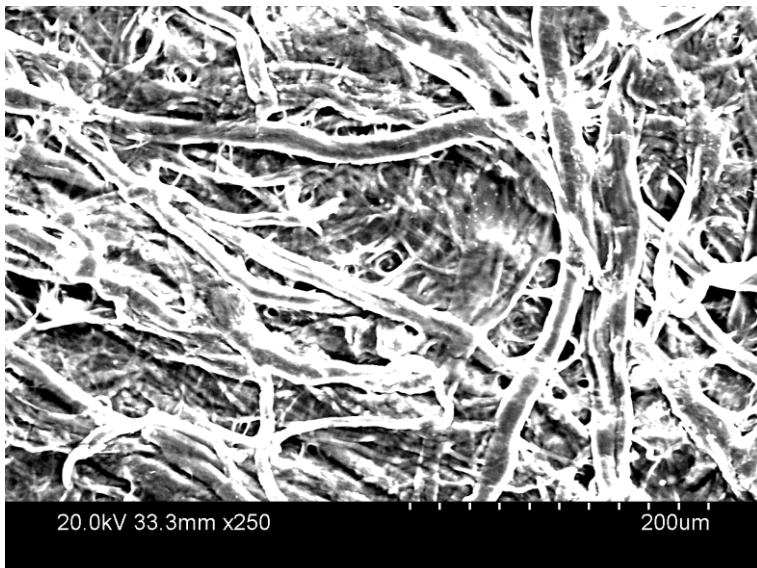
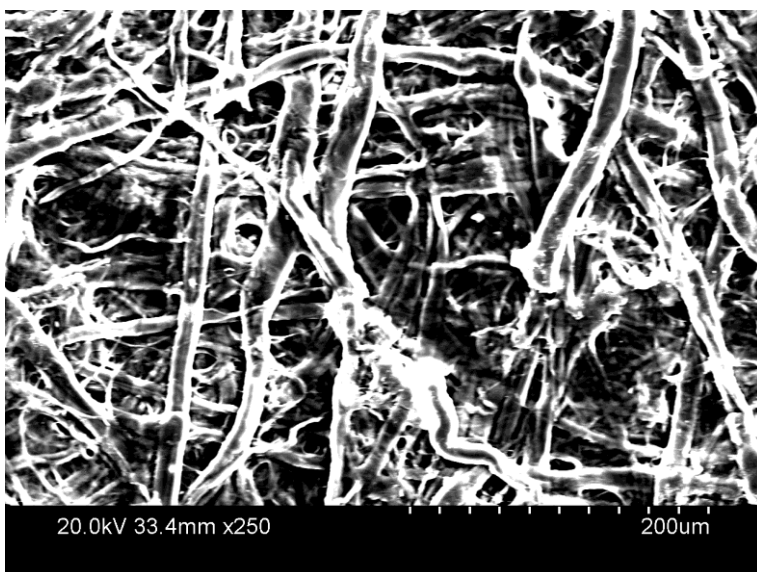


Fig. 17. Prov SYP1.2 (slät gräng, polyuretansvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x250.

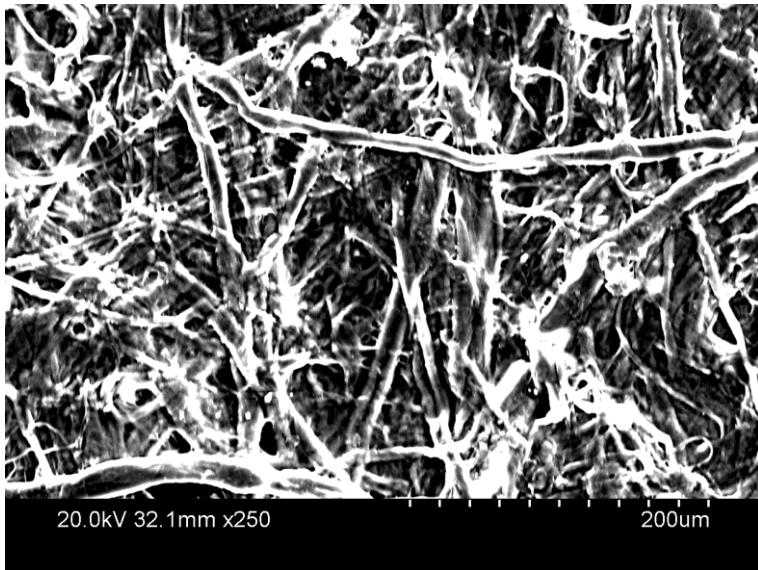
Foto: I. Nyström, 2014-05-02



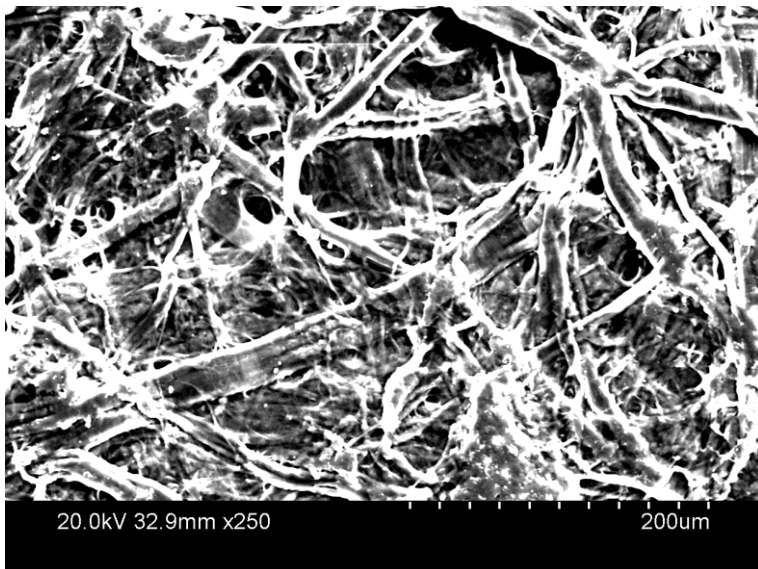
Figur 18. Prov SYP2.2 (slät gräng, polyuretansvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x250.

Foto: I. Nyström, 2014-05-02





Figur 19. Prov SYS1.2 (slät gräng, sotsvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x250.  
Foto: I. Nyström, 2014-05-02



Figur 20. Prov SYS2.2 (slät gräng, sotsvamp), svepelektronmikroskopbild med förstoring x250.  
Foto: I. Nyström, 2014-05-02