Examensarbete för Teknologie Kandidatexamen
med huvudområde Textilteknologi
2017-06-04

Rapport nr 2017.2.10

# Är termobondade nonwovengarn ett alternativ till spunna garner?

Bituat Lam

**- Fibrer som inte är spinnbara och fibrer som inte längre har ett valutavärde**

TEXTILHÖGSKOLAN
HÖGSKOLAN I BORÅS

Adress: Skaraborgsvägen 3 • 501 90 Borås • Hemsida: www.hb.se/ths

## Sammanfattning

I denna rapporten har en innovativ metod framtagits för att tillvarata textilt avfall. Fokus för projektet har legat mycket på praktiska framställningen. Fibrer som inte är spinnbara och inte längre har någon valutavärde återupplivas och får ett nytt liv. Istället för att slänga textilier till förbränning har det i arbetet presenteras en ny metod genom nonwoven som bidrar till återanvändning och materialåtervinning av textilier. Fler fördelar för metoden är att det går fort, det är billigt och återvunna material används.

Konceptet är att producera ospunnet garn från nonwoven för att slutligen använda dessa i mattor som applikationsområde. Produktionen av nonwovengarn är en ny idé som behöver bli testad för att bestämma produktionsparametrarna för optimala garner.

Praktiska framtagningen genomgår processerna, öppning, kardning, sträckning, mekanisk nålning, termisk värmning, tillskärning av garn och vävning. Vid start av projektet testades produktion av nonwovens genom olika metoder för 50/50 bomull/polyester, med enbart mekanisk nålning, med bara termisk värmning och en kombination av mekaniskt och termisk. Resultatet för att erhålla bästa kvalité för nonwovengarn var genom att använda sig av både nålning för att producera nonwovenremsor och värmning för att göra strukturen mer sammanhållen.

Det innebär att bindningsmaterial kommer bli en betydande faktor. För att undersöka de mekaniska egenskaperna för procentuella bindningsmaterialets effekt producerades nonwovenremsor i 75/25, 50/50, 25/75 bomull/polyester. Vid värmning användes temperatur i 170 ºC i 10 min, 170 ºC i 5 min och 160 ºC i 10 min. Produktion av 9 olika garntyper för att vid dragprovning analysera vilka parametrar som passar bäst till slutgiltiga garnet. Från testet visade graferna för brott och brott/tex ett tydligt svar, blandningen 50/50 bomull/polyester med termisk värmning 170 ºC i 5 min ger bäst resultat i de mekaniska egenskaperna.

Slutligen producerades garner utifrån parametrarna från dragprovningen. Garner av 50% bindningsmaterial med 170 ºC i 5 min framställdes för fibrer som är återvunna och inte längre kan spinnas. 50/50 återvunnen bomull/polyester och 50/50 avfallsfibrer/polyester samt en blandning av 50/50 återvunnen bomull med 50/50 avfallsfibrer/polyester sammanbundna i nålningsprocessen.

Slutsater från metoden har visat vara genomförbart och slut resultaten för mattan har blivit överförväntan. Konceptet har öppnat upp fler dörrar och framtida idéer till möjligheter till användningsområden för nonwovengarn, mattan är en av få produktionsområde. Projektet kan bli stort i framtiden och förhoppningvis har det en positiv påverkan som leder till mindre textilavfall.

Nyckelord: Nonwoven, mekaniska egenskaper, termiskt värmning, bomull, polyester, textilt avfall

## Abstract

In this report, an innovative method has been developed for the disposal of textile waste. The main focus of the project has been on the practically production. Fiber which can not be spin able and fiber which no longer have any currency value are revived and getting a new life. Instead of throwing textiles into combustion, a new nonwoven method has been introduced which contributes to reuse and recycling textiles. More advantages for the method are a fast process, it is cheap and recycled material are used.

The concept is to produce twistless yarn from nonwoven to eventually use it in carpets as an application area. The production of nonwoven yarn is a new idea which needs to be tested and determined of the production parameter to achieve the optimal yarn.

Practical production undergoes processes as, opening, cardning, drawing, needle-punching, heating, cutting yarn and weaving. At the start of the project, the production of nonwovens was tested by different methods of 50/50 cotton/ polyester, with only mechanical needle-punching, with only thermal heating and a combination of mechanical and thermal. The result for obtaining the best quality for nonwoven fabrics was by using both needle-punch to produce nonwoven strips and heating to make the structure bonding.

This means bonding material will be a significant factor. To investigate the mechanical properties of the percentage of bonding material, nonwoven strips were produced in 75/25, 50/50 and 25/75 cotton/polyester. During heating the temperature was 170 ºC for 10 min, 170 ºC for 5 min and 160 ºC for 10 min. Production of 9 different yarns for tensile strength test to analyze which parameter fit best for the final yarn. From the test, the curves of graphing for maximum force and maximum force/tex showed a clear answer. The blending of 50/50 cotton/ polyester with thermal heating 170 ºC for 5 minutes gives the best result in the mechanical properties.

Finally yarns were produced based on the parameters of the tensile testing. Yarns of 50% bonding material at 170 ºC for 5 minutes were made for recycled fiber which no longer are spin able. 50/50 recycle cotton/polyester and 50/50 waste fiber/polyester and also a blending of 50/50 recycle cotton/polyester with 50/50 waster fiber/polyester bonded together in needle-punching.

Conclusions from the method have been shown to be feasible and the results for the carpets have become beyond expectation. The concept has opened up more doors and future ideas for possibilities for applications for nonwovenyarn, the carpet is one of the few production areas. The project can be big in the future and hopefully it will have a positive impact on less textile waste.

Keywords: Nonwovens, mechanical properties, thermal heating, cotton, polyester, textile waste

## Sammanfattning - populärversion

Detta arbetet har tagit fram som en ny idé för att slippa slänga textilavfall. Fokus under projektet har varit att producera textila material. Fibrer som inte längre kan spinnas till garn och fibrer som inte längre har någon valuta återanvänds och får ett nytt liv. Istället för att slänga textilier i soporna till förbränning, har det i arbetet beskrivits en ny idé genom nonwoven som bidrar till att textilerna kan omvandlas till nytt och användas igen. Idé har många nyttiga områden, det går fort att producera nonwoven, det är billigt och återvunna material kommer till användning.

Konceptet går ut på att tillverka garn som inte är spunnen från nonwoven för att använda dessa till att tillverka mattor. Denna idé av nonwovengarn är nytänkande som behöver sättas på prov för att avgöra produktionsvillkoren för de mest gynnsamma garner i slutproduktionen.

Produktionen sker praktiskt i arbetet som processer, öppning, kardning, sträckning, mekanisk nålning, termisk värmning, tillskärning av garn och väving av matta. Från början i arbetsgången produceras nonwoven på olika sätt för 50% bomull blandat med 50% polyester, med endast mekanisk nålning, med endast termisk värmning och en blandning av mekanisk och termisk bindning. Resultatet påvisade för idén att med både metoderna nålning och värmning framställs de garnet som eftersöks utifrån produktionsätten som gjorts.

Med värmning inblandat innebär det att polyester kommer bli viktig eftersom syntetfiber polyester vid värmning smälts i materialet. För att analysera de mekaniska egenskaperna för hur mycket procent polyester som ska blandas i textila materialen produceras 75/25, 50/50 och 25/75 bomull/polyester. När det värmdes för smältning användes temperaturna 170 ºC i 10 eller 5 minuter och 160 ºC i 5 minuter. Det produceras 9 garner och vid dragprovning undersöktes det vilket av garnerna som visade högst brottstyrka. Från testet beslutades det att jobba vidare med 50/50 bomull/polyester i 170 ºC i 5 minuter.

Till slut produceras garnet från resultatet från dragprovningen. Garn med 50% polyester som smälter tillverkas i 170 ºC i 5 minuter, det producerades 50/50 återvunnen bomull/polyester, 50/50 avfallsfibrer/polyester och en blandning av dessa två.

Som slutsats från denna idén har det visat sig vara genomförbart och resultaten för mattan blev bättre förutspått. Idén har öppnat upp vägar för framtiden för att ta tillvara på textilavfall och fler användningsområden för nonwovengarn. Framöver kan projektet växa då det har visat sig finnas många fördelar med denna innovativa metoden.

## Förord

Detta arbetet är examensarbete på kandidatnivå, som är den sista delen i Textilingenjörsprogrammet på 180 hp, på Textilhögskolan i Borås.

Kandidatuppsatsen handlar om ett nytänk, att producera garn utav nonwoven. Detta ämnet presenterades av gästforskare Nawar Kadi på Textilhögskolan i Borås som kandidatexamen förslag. Ämnet var av stort intresse för författaren då detta var ett spännande projekt som inte gjorts förut. Min kunskap om nonwoven var inte stor, vilket gjorde det ännu mer spännande processgång då det var alldeles nytt för författaren. Det har varit en utmaning att lära sig allt under dessa veckor.

Det har varit extra kul att arbeta med detta projektet eftersom det även har fått intresse från olika företag som, Horreds mattor, Bolon, Borås Tidning samt att filmen som producerades har många lärare på Textilhögskolan fått ta del av till syfte för utbildningen för att använda filmen till att visa nya studenter eller locka fler studenter till skolan.

Då mitt examensarbete grundas mycket på praktiska framställning av material så vill jag först och främst tacka alla lärare som sprungit på mig under processgången då jag har arbetat i Textilhögskolans labbar, de har visat stöd och intresse för projektet. Jag vill tacka Hanna Lindholm som hjälp till att fräscha upp mitt minne från väveriteknik, vilket gjort det möjligt att få fram en matta. Då jag gjorde väldigt mycket praktisk producerades en film på processgången och jag vill tacka utbytesstudenten Vincent Deregnaucourt som filmat. Framförallt vill jag tacka mina handledare Anders Persson och Nawar Kadi som trott på mig hela vägen. Då jag har genomfört examensarbete solo så har det känts tryggt med Anders som fick igång mitt skrivande i rapporten. Slutligen vill jag säga stort tack till Nawar som presenterade ämnet för mig och funnit till hands under hela resan för den praktiska framställningen av nonwovengarn.

BITUAT LAM

## Begrepp

**Avfallsfibrer** - Fibrer från textila avfall

**Down-cycling** - Fiberkvaliten minskar och resulterar till en produkt av låg kvalité

**Fiberflor bildning** - På engelska ”fiberweb formation”, nonwoven metod för att producera nät eller flor

**Florbindning** - Översatt till engelska ”web bonding” Nonwoven metod för att sammabinda fibrerna, kan ske mekaniskt, termiskt och kemiskt

**Förgarn** - Kardad sliver

**Garn** - Garn är sammansättning av fibrer som är vridna eller sammanfogade för att bilda en kontinuerlig sträng som sedan kan producera textila material

**Nonwoven** - Nonwovens är struktur av textila material, innehållande fibrer, kontinuerliga filament eller hackat garn av någon form av natur eller ursprung som har blivit format till flor eller sammanbundna med undantag av sammanflätade garn som i vävt-, stickat-, snörat-, flätat- eller tuftat material

**Nonwovengarn** - Vår definition av det framställda materialet

**Mekaniska egenskaper** - Kan bland annat vara styrkan hos ett material vid påfrestning som draghållfasthet

**Polymerlagd nonwoven** - Översatt till engelska ” polymer laid nonwovens/ spuntmelt”, spunbond, meltblown, flashspun ingår i polymer lagd nonwovens.

**Skräpfiber** - Fiber från textila avfall

**Termisk bindning** - fibrer som smälter ihop i strukturen genom denna metoden

**Textila avfall** - Textiler som ska slängas till förbränning

**Torrlagd fiberflor** - Översatt till engelska ”drylaid webs”, ett sätt att producera fiberflor bildning

**Twistless yarn** - Garn som inte är spunnet

**Våtlagd fiberflor** - Översatt till engelska ”wetlaid webs”, ett sätt att producera fiberflor bildning

**Waste fiber** - Fiber från textila avfall på engelska

# Innehållsförteckning

Sammanfattning ii
Abstract iii
Sammanfattning - populärversion iv
Förord vi
Begrepp vii
Innehållsförteckning ix
1. Introduktion 1
1.1 Litteraturgenomgång 1
1.1.1 Textilavfall 1
1.1.2 Nonwoven 1
1.1.2.1 Fiberflor bildning 2
1.1.2.2 Torrlagd fiberflor, våtlagd fiberflor och polymerlagd nonwoven 3
1.1.2.3 Florbindning teknik, mekanisk, termisk och kemiskt 4
1.1.3 Garn 4
1.1.3.1 Garnbildning 4
1.1.4 Mekanisk återvinning 5
1.2 Problembeskrivning 5
1.3 Syfte 5
1.4 Forskningsfrågor 6
1.5 Avgränsningar 6
2. Koncept - Från fiber till nonwoven 6
2.1 Öppning, blandning och rensning av fibrer 7
2.2 Kardning av fibrer 7
2.3 Sträckning av fibrer 7
2.4 Mekaniskt - Nålning 8
2.5 Termiskt - Värmning 8
3. Material och metoder 8
3.1 Förstudie 8
3.2 Material 9
3.2.1 Råmaterial 9
3.3 Nonwoven produktion 9
3.4 Vävning 10
3.5 Nonwovengarn av textila avfall - youtube film 10
3.6 Praktiska arbetet i projektet 10
3.6.1 Koncept - framställning garn av nonwovenremsor 11
3.6.1.1 Vägning av fibervikt 11

3.6.1.2 Öppningsprocess 11
3.6.1.3 Kardningsprocess 12
3.6.1.4 Sträckningsprocess 12
3.6.1.5 Nålningsprocess 13
3.6.1.6 Värmningsprocess 14
3.6.1.7 Tillskärningsprocss 14
3.6.1.8 Nonwoven utan bindningsmaterial 14
3.6.1.9 Vävning av mattor 14
3.7 Produktion med olika procentuella fiberblandningar 15
3.8 Dragprovning - SS-EN ISO 13934-1:2013 16
4. Resultat 17
4.1 Koncept - framställning garn av nonwovenremsor 18
4.2 Produktion med olika procentuella fiberblandningar 19
4.3 Dragprovning 21
4.3.1 Dragprovning för 75/25 bomull/polyester 22
4.3.2 Dragprovning för 50/50 bomull/polyester 24
4.3.3 Dragprovning för 25/75 bomull/polyester 26
4.3.4 Medelvärde brottkraft 27
4.3.5 Medelvärde brottkraft/tex 28
4.4 Slutgiltiga prototypen 30
5. Diskussion 32
6. Slutsatser 35
7. Förslag till fortsatt arbete 36
8. Referenser 37
9. Bilagor 39

# 1. Introduktion

Under detta kapitel presenteras ämnets litteraturgenomgång, problembeskrivning, syfte, forskningsfrågor och avgränsningar.

Sveriges regering gav i augusti 2014 Naturvårdsverket i uppgift att undersöka förslag för utveckling av textila avfall. Syftet med förslagen att nå högre upp i avfallshierarkin genom förebyggande av åtgärder för avfall som ökad återanvändning och materialåtervinning av textilier. Forskarteamet har bestått av anställda från SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och Swerea IVF. (Östlund et al. 2015)

## 1.1 Litteraturgenomgång

Under litteraturgenomgången presenteras olika grundbegrepp som är relevanta för att genomföra innovationen som kommer att testas produceras praktiskt.

### 1.1.1 Textilavfall

Den globala tillväxten av människor och utveckling i levnadsstandarder har lett till ökning i produktion och användandet av textiler under de senaste decennierna. Idag är uppfarten av mode cirkeln snabbare och det leder till uppfräschning med nyare kläder för att ersätta gamla trenden vilket leder till textilavfall. (Fletcher 2008)

När vi tänker på fallet med textil och klädåtervinning blir det uppenbart att processen påverkar många enheter och påverkar signifikant, till den sociala ansvaret av nutida kulturen. Genom att återvinna kan företag vinna på det eftersom de undviker avgifter som är förknippade med dumpning i deponier, samtidigt som de bidrar till välvilja i samband till miljön, sysselsättning för anställningsbara arbetare, donationer till välgörenhetsorganisationer och katastrofhjälp och begagnade kläder till behövande områden. (Hawley 2014)

Textiler är nästan helt återvinningsbara, därför bör inget i textil och klädindustrin gå till spillo. Textilavfall består av både blandningar av naturliga och syntetiska material, till exempel bomull, ull, polyester, nylon och elastan. Textilåtervinning blir mer komplicerat när material blandas, två stora orsaker är syntetfiber som har ökad fiberstyrka vilket påverkar öppning och strimla upp fibrerna och andra orsaken gör att det blir svårare att separera material som är blandat. (Hawley 2014)

### 1.1.2 Nonwoven

Nonwoven textil industri är framväxande fält som kräver en kort process, har hög avkastning, låga kostnader och brett källa av råmaterial och även utmärkt prestanda av många funktioner (Lou et al. 2014). Icke vävda även kallad nonwoven material är konstruerade fiber sammansättningar som är grundläggande för funktionell prestanda för produkter som används i olika medicinska, konsument och industriella applikationer som är en del av vardagliga livet. Historiskt sett har nonwoven industrin utvecklats från olika håll från textil, papper

och polymer industrin. Idag har det separerat och nonwoven har sin egna åtskiljande identitet. Huvudmarknaderna för nonwoven material i form av volymer är hygien, konstruktion, torkdukar och filtrering (Mao & Russell 2014).

Oftast används ordet nonwoven för att beskriva material som inte innehåller garn, en förenkling enligt standarden Textiles - Nonwovens - Definition ISO 9092:2011. Standarden ger den accepterande definitionen av nonwoven: Nonwovens är struktur av textila material, innehållande fibrer, kontinuerliga filament eller hackat garn av någon form av natur eller ursprung som har blivit format till flor eller sammanbundna med undantag av sammanflätade garn som i vävt-, stickat-, snörat-, flätat- eller tuftat material. (Sinclair 2014)

Geotextiler som är ett väldigt stort områden inom nonwoven, definieras som alla genomträngliga textilmaterial som används för filtrering, dränering, separation, förstärkning och stabilisering i väsentlig syfte av teknik konstruktioner av jord, sten och eller andra konstruktionsmaterial. Detta är en stor och växande marknad främst i USA. Trots att väv och stickade tyger används i denna marknad har nonwovens alltid varit den mer dominerade formen av tygkonstruktion på grund av dess pris och prestanda. (Kim & Langley 2006)

Nonwoven materials struktur skiljer sig från andra textila material genom känslan på materialet. För att veta om materialet är nonwoven är dessa faktorer att känna igen. Det består huvudsakligen av inviduella fibrer eller lager av fiberflor eller fibernät snarare än garn. Materialet har fysiska egenskaper både i form av struktur i bägge fiber riktningarna och arrangemanget av bindningspunkterna i dess struktur. Nonwoven är väldigt porös och genomtränglig. (Mao & Russell 2014)

Teknik för att framställa nonwoven material. Nonwoven material tillverkas vanligtvis från ark material från fibrer eller filament i två steg. Första steget kallas för ”fiberweb formation” på svenska översatt till fiberflor eller fibernät som formas, som sedan behandlas för konsolidera och öka strykan vid bindning. Det är oftast hög hastighets kontinuerliga processer som levererar långa längder av material, meter långa som lindas upp på rullar. Därefter bearbetas rullarna mekaniskt, termiskt eller och kemiskt beroende på vad som skall tillverkas då materialet kan omvandlas till väldigt mycket som industriella, konsument eller medicinska produkter. Processen av florformningen, bindningsmetod och materialbehandling har betydelse på strukturer och egenskaper hos nonwoven materialet. Exempel på florformning produktion är carding och för florbindning nålning. (Mao & Russell 2014)

#### 1.1.2.1 Fiberflor bildning

Fiberflor produceras fort och är inte dyrt. Nonwoven tyger av samma vikt och fibertyp som vävda tyger kostar hälften så mycket. De grundläggande stegen är att välja fiber, lägga fibrerna för att göra ett flor eller nät och binda ihop materialen tillsammans för att göra ett tyg. Vilken typ av fiber som helst kan användas för att producera fiberfloret. Fibrerna egenskaper reflekteras i tyget, filamenter och

starka stapelfiber används för styrka och hållbarhet, cellulosaplaster används för absorptionsförmåga och termoplaster används för spunbond flor. Fibrös flor kan bildas med användning av olika tekniker så som torrlagd, våtlagd och spunmelt teknologier (Kadolph 2013). Det kan sägas att torrlagd material har sitt urspring ur textilier, våtlagd material i papperstillverkning och polymerlagd (spunbond, spunlace och meltblow produkter i polymer extrudering och plast (Wilson 2007).

#### 1.1.2.2 Torrlagd fiberflor, våtlagd fiberflor och polymerlagd nonwoven

Ett av de vanligaste processen för nonwoven inom textil kallas för Drylaid webs vilket på svenska blir översatt till ”torrlagd fiberflor”. De är vanligtvis bildade från stapelfiber 20-150mm i längden eller kortklipp av 1-10mm lång. Materialen är antagligen naturlig eller syntetisk polymer komposition och kan behandlas enskilt eller i blandning. Kardad flor är producerat från antingen korta stapelfiber eller långa stapelfiber, innan kardning avskiljs fibrerna till viss utsträckning mekaniskt och blandas. Kardning producerar en tunn fibrös flor som samlas i en öppen bredd och avsätts på en kontinuerlig transportband. Denna flor kan bli transporterad direkt till bindning steget, skiktad från sida till sida över bredden, en överlappning eller korrugerad så att korrugeringar orienteras över bredden av floret, vinkelrätt. I motsats till kardning processen, luftlagd flor (airlaid web) är producerat genom att suspendera korta fibrer i luften och efter det transportera luft fiber blandning till en kontinuerlig luftgenomsläpplig transportör, luften försvinner varav fibrerna avsätts för att bilda ett flor. (Mao & Russell 2014)

Wetlaid webs vilket på svenska blir översatt till ”våtlagd flor” är producerat genom teknik som ursprungligen är från papperstillverkning processen, då fibrerna först suspenderas i vatten. För tillverkningsprocessen finns det några steg, fibrerna dispergeras i vattnet för att bilda en fiber suspension. Fiber suspensionen samlas sedan på en kontinuerlig skärm för att bilda en enhetlig flor. Floret dräneras och filitreras för att få undan vattnet. Floret värms upp för att torkning och bindas genom att bilda ett ark med våtlagda nonwovens eller papper. Papper som i vanliga fall framställs av korta fina fibrer av cellulosa komposition, de fibrer som är våtlagda nonwovens kan vara hållbart längre och kan bestå av många olika naturliga, hög prestanda syntetiskt eller oorganiskt material. (Mao & Russell 2014)

Polymer laid nonwovens på engelska översatt till svenska ”polymerlagd nonwovens” eller spunmelt nonwovens inkluderar spunbond, meltblown, flashspun, hålförsedda filmer samt skiktad komposit av dessa material. de är tillverkade med maskiner utvecklad från polymer extrudering. Vanligtvis i ett spunbonding system är ark av syntetiska filament extruderad från smält polymer till en rörlig transportör som slumpmässigt orienterar floret i den närmaste uppskattningsvis till en kontinuerlig polymer till tyg procedur. (Brydon & Pourmohammadi 2007)

#### 1.1.2.3 Florbindning teknik, mekanisk, termisk och kemiskt

Mekanisk bindning är fibrer i floret som är fysiskt sammanbundna till varandra genom intrassling, flätning och förskjuta fibrer i förhållande till varandra och exempelvis är nålning ett sätt. Genom förskjutning och syning av fiber eller filament kan sybindning vara ett alternativ. (Mao & Russell 2014)

Termiskt bindning, fibrerna är sammanbundna tillsammans genom termisk smältning av en del av fiber och filament ytan till exempel genom luftbindning, ultraljudsbindning. Samt genom tillsats av värmekänsliga pulver. (Mao & Russell 2014)

Kemiskt bindning, fibrerna är sammanbundna med hjälp av kemiska lim som appliceras på floret i form av flytande dispersioner, polymerlösningar, pulver och partiklar. (Mao & Russell 2014)

### 1.1.3 Garn

Garn är sammansättning av fibrer som är vridna eller sammanfogade för att bilda en kontinuerlig sträng som sedan kan producera textila material (Kadolph 2013). Garn besitter goda egenskaper inom draghållfasthet och elasticitet. För tillverkning av olika garner metoder finns det många funktions och designmöjligheter beroende på vad för egenskaper och utseende som eftersträvas (Alagirusamy & Das 2014).

#### 1.1.3.1 Garnbildning

Stapelfiber bildas vanligtvis från natur eller syntet fiber i stapelform. Stapelfiber som är spunnet är en linjär sammansättning av fibrer som sedan bildar en kontinuerlig sträng med ett mindre tvärsnitt av en specificerad längd. Stapelfiber kan ha olika längd, diameter och krimp. Användningsområdet är stickning, vävning och sömnad för att producera textila material. Andelen av strykan och kvalitén för hantering och utseende är beroende av hur fibrerna är sammansatta i strukturen. Stapelfiber garn delas och klassas i olika nivåer som baseras på fiber längden, spinning metod och garn konstruktion. Stapelfiber har längd mellan 10 och 500 mm. Korta stapelfiber har maximal längd på 60 mm, ett exempel är bomullsfibern som har stapelfiber mellan 25-45 mm. Lång stapelfiber har en längd på mer än 60 mm. (Alagirusamy & Das 2014)

Stapelfibergarns omväxlande grovlekar leder till många olika möjligheter för användningsområden. Superfina garn 2-7,5 tex används till strumpor och i sömnad, lite grövre grovlek 7,5-40 tex används till i produktion av kläder. Grova garn med tex över 40 används för att tillverka möbeltyg, frotté, denim och mattor. (Alagirusamy & Das 2014)

Vid tillverkning av garn finns det olika spinning metoder tillgängliga, några är ringspinning, rotorspinning, twistless, wrapspinning och corespinning garn. Twistless garn på svenska översätts till osnott garn som är fibrer hållna samman

av lim, nämligen inte genom vridning, som ofta läggs över en kontinuerlig filament kärna. (Alagirusamy & Das 2014)

### 1.1.4 Mekanisk återvinning

Via mekanisk återvinning av svenska textilier blir det mest trasor, stoppning eller isolering, en så kallad ”down-cycling”. Down-cycling innebär fiberkvaliten minskar och resulterar till en produkt av låg kvalité (Östlund et al. 2015). Mekanisk återvinning av textil material klipps upp i remsor innan den genomgår mekanisk rivningsprocess. Textila material som kan återvinnas mekaniskt är rena bomullsplagg, rena polyesterplagg, denimjeans och plagg med hög yllehalt samt även hemtextilier som innehåller ren bomull eller polyester. Vid mekanisk återvinning av blandmaterial kan blandningen hanteras som helhet eller genom ett försteg separera fibrerna från varandra. Syntetisk fiber är generellt starkare än naturfiber vilket medför att det går åt mer energi för att riva isär fibrerna. Förutom den utmaningen med blandmaterial sänks kvalitén för fibrerna vid mekanisk separering (Östlund et al. 2015). De två fibersorterna som idag är dominerande inom fibrer är bomull och polyester, som ofta förekommer i blandningar (Fletcher 2008).

## 1.2 Problembeskrivning

I USA textilindustri återvinns årligen ungefär 1,6 miljarder ton av använda textilier. Vilket motsvarar 15% av alla textiler medan resterande 85% textiler lämnas till deponier (Hawley 2014). Den mängd av textil som slängs i EU uppskattas till 5,8 miljoner ton per år. En fjärdedel av textilavfallet samlas ihop av välgörenhet organisationer eller av företag med syfte att återvinna eller återanvända. Resterande andelen 4,3 miljoner ton skickas iväg till deponier eller förbränningsplatser för avfall (Briga-sa et al. 2013).

I Sverige 2014 förbrukades kläder och textil totalt 128 000 ton, vilket var 13,1 kg per person. Varav välgörenhetsorganisationer samlar in cirka 3 kg textilier per person och år, som till största dels skänks bort av privatpersoner och enligt uppskattning av detta slängs ungefär 8 kg textilavfall. Den textila avfallen går till förbränning med energiutvinning eftersom textilierna hamnar bland restavfallet samt att det idag ges begränsade möjligheter till materialåtervinning. Textilier leder till en attraktiv additiv för förbränningen eftersom det höjer snittvärmevärdet för totala avfallet vilket bidrar till en effektivare förbränningsprocess. Innan förbränning bör textilmaterialet sönderdelats eller krossats. Vid mekanisk återvinning av naturfiber bomull skadas fibrerna genom påfrestningar där rivnings och kardningsproccesserna leder till kortare fibrer. Ungefär 20 procent fiberförlust vid rivning och likadant för spinning och vävning. (Östlund et al. 2015)

## 1.3 Syfte

Syftet med detta arbetet är att undersöka om det går att producera snoddfritt nonwovengarn från återvunnet material för att använda det till att producera mattor.

## 1.4 Forskningsfrågor

Två huvudfrågor har formulerats:

- Vad är effekten av produktionsprocessen i de mekaniska egenskaperna av nonwovengarnet och hur påverkar det garnets kvalité?

- Vad är effekten av den procentuella bindningsmaterialet i de mekaniska egenskaperna av nonwovengarnet och hur påverkar det garnets kvalité?

Två underfrågor har formulerats:

- *Skall produktionsprocessen genomgå mekaniskt bindning, termisk bindning eller en kombination av både metoderna för att uppnå ett så starkt nonwovengarn med avseende på dragstyrka?*

- *Vilken procentsats av polyester vid smältning ger starkast nonwovengarn vid dragprovning med hänsyn till temperatur och tid?*

## 1.5 Avgränsningar

Fokus har legat på att arbeta med fibrerna bomull, återvunnen bomull, avfallsfibrer och polyester som bindningsmaterial. Anledningen till att de utvalda fibrerna kommer att användas under arbetet är för att bomull, återvunnen bomull och polyester finns tillgängliga på Textilhögskolan och avfallsfibrerna kommer ifrån Nawar. Samt att bomull och polyester är fibrer som är dominanta inom textil.

Avgränsning har även gjorts för testning, dragprovning kommer enbart att användas för att bedöma de mekaniska egenskaper för garnets kvalité utifrån garnet som visar högst dragstyrka. Tanken med att det bara görs test för dragprovning beror på att hela framställningsprocessen av alla nonwovenremsor och garner tar extremt lång tid då hela arbetet utgörs av en person. Det hade varit intressant att testa martindale för nötning för att undersöka antalet varv innan brott för de olika nonwovengarner.

I framtiden är förhoppningarna att nonwovengarn kommer att kunna användas till fler användningsområden men i detta arbetet kommer nonwovengarnet att endast appliceras för att producera handvävda mattor för att visa ett sätt att använda nonwovengarnet.

Anledningen till att det kommer att produceras mattor av nonwovengarn beror på flera faktorer, garnet kommer ha högt textal på garnet eftersom tillskärning av nonwoven remsor kommer vara 5mm. Mattor kan ha hög volym vilket kräver stora diameter av grovt garn.

# 2. Koncept - Från fiber till nonwoven

Under detta kapitlet presenteras ”min” process för att producera fiber till nonwoven. Vad som är syftet med varje process och hur produktionen kommer gå till steg för steg att kunna genomföra projektet. Metoderna nedan presenteras

allmänt hur processerna fungerar för att enklare få en enklare förståelse i kapitel 4 då det beskrivs vad som sker vid varje process.

För att tillverka garn från stapelfiber krävs en process av en rad olika maskiner som har olika funktioner och är beroende utav varandra. Processerna öppning, kardning och sträckning är väldigt vanliga processer för att producera förgarn. När förgarn har producerats läggs fokuset åt nonwoven produktion, därav mekaniskt och termiskt bindning blir betydande metoder för arbetets processgång.

## 2.1 Öppning, blandning och rensning av fibrer

När korta stapelfibrer levereras för garntillverkning är de oftast i stora komprimerande balar och fibrerna ligger väldigt tätpackade inpå varandra. För att underlätta garnprocessen att uppnå högre garn kvalité behöver fibrerna fördelas i mindre fibertussar inför nästa steg som är kardning. Det primära syftet är luftflödet som kallas för *blowroom som* öppnar upp fibrerna till dess ursprungliga form vilket är viktigt eftersom nästa process kräver att fibrerna är linjära. Första steget i processen kallas för *öppning* (Lawrence 2007). Öppning har som syfte att lossna balar, blanda och rensa fibrerna. När balarna är upprivna fortsätts fibrerna till en behållare där torr luftström öppnar och blandar fibrerna. Bomull varierar från bal till bal och blandningen av fibrerna från olika balar uppnår en jämnare kvalité i de slutgiltiga garnet. Material som avlägsnas från fiberbalken i öppningsprocessen innefattar väldigt korta fibrer, jord, växtskräp och andra oönskade partiklar (Kadolph 2013).

## 2.2 Kardning av fibrer

Andra steget i processen kallas för *kardning*. Syftet med kardning är att parallelisera, räta upp fibrerna och forma fibrerna till tunna fiberflor eller fibernät. De kardade floret rullas ihop till ett mjukt och svagt rep av fibrer som kallas för sliver vilket på svenska översätts till förgarn (*kardad sliver).* Ett förgarn är en repliknande sträng bestående av fibrer. Kardingsmaskinen består av en serie roterande cylindrar i olika diametrar med ett yttre bälte täckt med fina korta tänder som rensar bort skräp och intrasslade klumpar av korta och outvecklade fibrer som inte hör till. (Kadolph 2013)

## 2.3 Sträckning av fibrer

Tredje steget i processen kallas för *sträckning*. Syftet med denna process är att minska den kardad slivers tjocklek och att få fibrerna linjära. Sträckning ökar linjära hos fibrerna och kombinerar kardad eller kammad sliver till en sträckt sliver. Blandningen bidrar till en bättre garn enhetlighet. Sträckningen utgörs av en serie av uppsättningar av valsar som roterar. Varje sats av valsrullningen har olika hastigheter. Tjockleken av den ursprungliga sliver reduceras när den genomgått processen. Sträckningsprocessen genomförs oftast en repeterande gång för kardad sliver. (Kadolph 2013)

## 2.4 Mekaniskt - Nålning

Den mekaniska nålningsprocessen, hullingförsedda nålar slår repeterande oscillerat genom floret på löpande band, fibrer grupperna omorienteras och trasslas samman av fibrer in i strukturens inre för att skapa bindepunkter till en sammanhållen struktur. När nålarna penetrerar in genom floret, har den som förmåga att fälla och transportera fibrer beroende på faktorer som fibers diameter förhållande till djupet av nålarna, friktion egenskaper, antalet nålar och antalet taggar som penetrerar floret på varje slag. Graden av bindningen påverkas starkt av antalet nålar som slår igenom floret per area område. Utseendet på det material som gått igenom nålningsmaskinen påverkas av nål diameter och fraktionen av fibrer som är omorienterade i tjockleken av materialet. Det påverkas även utav valet av nål och designen av plattan som används som support till floret vid nålning. (Mao & Russell 2014)

## 2.5 Termiskt - Värmning

Termisk bindning är enbart lämplig för fiberflor som innehåller fiber av termoplastiska polymerer som polyester, polyamid, polypropen och polyeten. Det betyder inte att hela fiberfloret måste innehålla termoplastiska fibrer. Fiberfloret är bundna via termiskt smältning, via termoplastiska komponenterna till den omgivande fibrösa materialet. Den uppstående termiska energin kan föras över till fibern genom olika sätt för att styra strukturen och egenskaperna hos det termisk bundna tyget. Gemensamma tillvägagångssätt innefattar varmluft genom ugnssystem, genom luftbindning och direktkontakt via uppvärmda rullar till exempel kalandrering bindning. Genom att gravera rullarna för att skapa höjda och sänkta områden, vilket gör det möjligt att binda floret på specifika punkter för att bibehålla så mycket av fiberstrukturen efter bindning. (Mao & Russell 2014)

# 3. Material och metoder

I detta avsnitt presenteras valda material som kommer att användas i examensarbetet för att framställa nonwovengarn och mattan. Även gå djupare på vilka metoder som arbetet teoretiskt grundats på.

## 3.1 Förstudie

Arbetet har inletts med informationssökningar på relevant litteratur för detta arbetet. Databaserna Primo, Scopus, Web of Science och Inspec har använts. Boken Textiles har använts. Fokus under litteraturstudien var att få en förståelse för hur man ska tillverka och definiera garn från stapelfiber. För att sedan vidareutveckla basgrunderna till att kunna producera nonwovengarn från nonwovenremsor som är en ny idé. Eftersom detta är en ny metod och område att forska kring har både primära och sekundära källor använts för att fram användbar och trovärdig information.

För undersökning av de mekaniska egenskaperna har författaren valt ut relevant testmetod, dragprovning för att jämföra brottstyrkan utifrån de framställda garn typerna. Med tillgång till internationella standarder via databasen e-nav har standard använts för att följas.

All maskinutrustning som krävdes för att genomföra arbetet fanns tillgängliga på Textilhögskolan. Utrustningarna som kommer användas hittas i garnlaboratoriet och vävlaboratoriet. Processerna är *öppning*, *kardning*, *sträckning*, *nålning*, *värmning*, *tillskärning* och *vävstol*.

## 3.2 Material

För den praktiska framställningen av nonwovengarn har råmaterialen bomull och polyester använts. Fibrerna som används karakteriseras under avsnitt råmaterial 3.2.1. Fibrerna fanns tillgängligt på Textilhögskolan. Efter att ha fått fram den bästa procentsatsen utifrån resultaten från dragprovning med kombinationen av bomull och polyester skaffade Nawar fram återvunnet bomull och skräpfiber för att producera den slutgiltiga prototypen av nonwovengarnet.

### 3.2.1 Råmaterial

Bomullen som använts är erhållen från en fabrik i Izmir, Turkiet. Fiberlängden är 27 mm. [1]

Återvunnen bomull som använts är erhållen från en fabrik som arbetar med mekaniskt återvinning. Det återvunna bomullsfibrerna är inte längre spinnbart. [2]

Polyester som använts är erhållen från en fabrik i Vejle, Danmark. Polyester är en bikomponent polyester som har en kärna i mitten. Längden av bikomponent fiber är 51 mm. Det är en konventionell polyester och är lågsmältande, det vill säga att bara hälften av polyester fibern smälter. Smältningen av yttre skiktet sker vid värmning mellan 110-120 ºC. (Ramamoorthy, Persson & Skrifvars 2014)

Det blandade materialet från figur figur 21 är erhållen från en källarisolering som tidigare varit textila kläder som rivits isär genom mekanisk återvinning. [3]

## 3.3 Nonwoven produktion

För produktion av nonwoven kommer drylaid webs metoden användas som fiberflor bindning. För florbindning kommer metoderna mekanisk nålning och termisk värmning för för att sammanbinda fibrerna.

Fiberblandningarna som kommer att produceras är 75/25, 50/50 och 25/75 bomull/polyester för nonwoven. 50/50 bomull/polyester är relevant att undersöka då fibervikten blir lika för blandningen. Procentsatserna 25 och 75 ligger mellan 0-50% respektive 50-100% vilket gör att valda fiberblandningar är relevanta att produceras för undersökning.

---

[1] Nawar Kadi. Gästforskare. Textilhögskolan i Borås den 8 maj 2017.

[2] Nawar Kadi. Gästforskare. Textilhögskolan i Borås den 8 maj 2017.

[3] Nawar Kadi. Gästforskare. Textilhögskolan i Borås den 8 maj 2017.

Vid värmning kommer tre kombinationer av temperaturer och tider att användas. 160 ºC i 10 minuter, 170 ºC i 5 minuter och 170 ºC i 10 minuter. Parametrarna är direktiv från Nawar.

## 3.4 Vävning

Det kommer produceras två typer av mattor genom handvävning. En första prototyp och en slutgiltig prototyp med parametrarna från resultatet.

Den valda vävstolen finns i Textilhögskolan. En datastyrd vävstol, vävstol nr 6, 24 skaft som styrs av ScotWeave. Vävstolen är en rakt genomgående solvning med svart bomull i varpen Ne 20/2 (Nm 34/2). Vävstolen har en varplängd på 20 meter, skedbredd 30 cm och 600 trådar. [4]

Första prototyp: Satinbindning 24 skaft med stigningstal 7.
Slutgiltig prototyp: Väftförstärkt 8 skaft kypert dubbelväv.

Nawar har ett inbokat besök hos Horreds mattor. Ett företag som arbetar med mattor, de har i förhand visat intresse för projektet, vilket gör att det blir ännu mer spännande att försöka framställa en kvalité matta av återvunnet bomull av idén. Även Bolon som arbetar med mattor har visat intresse för projektet. Därav hög motivation att försöka framställa en fin matta av återvunnen material.

## 3.5 Nonwovengarn av textila avfall - youtube film

Processen för ”Nonwovengarn av textilavfall” eller på engelska ”Nonwovenyarn of textile waste” som filmen döps till på youtube. Fibrer som inte kan spinnas och inte som inte längre har valutavärde. Under projektet filmades en kort film på 04.37 minuter för att publiken och läsare ska få en större förståelse för denna innovativa metoden. Filmen producerades främst för presentationen syfte av examensarbetet och få publiken förstå alla processer som använts. Filmen finns uppe på youtube och länken till filmen via fotnot. [5]

## 3.6 Praktiska arbetet i projektet

Från kapitel 2 presenteras allmänt hur processerna fungerar, i detta avsnitt presenteras mitt praktiska arbete, hur jag gick tillväga i varje process. Under processengången byggs konceptet vidare då nonwovenremsor som producerats från mekaniskt och termiskt bindning skall tillskäras till garn för att sedan vävas till matta.

Under avsnittet 3.6.1 presenteras konceptet för produktion av nonwovengarn. En första prototyp av snoddfritt garn av nonwoven framställs för att få en större inblick på hur tillverkningsprocessen fungerar och vad som krävs för vidareutveckling i projektet. Jag framställer ännu mer nonwovens med olika typer av blandningar för bomull/polyester för att undersöka kvalité genom jämförelse i

---

[4] Hanna Lindholm. Undervisningstekniker. Textilhögskolan i Borås den 11 maj 2017.

[5] https://youtu.be/RVap7GHGJak - Film ”Nonwovenyarn of textile waste”

mekaniska egenskaper. Slutligen kommer den bästa kombinationen av bindningsmaterial i procentsats för att producera nonwoven garn med återvunnen bomull.

### 3.6.1 Koncept - framställning garn av nonwovenremsor

De tre första huvudstegen i processen av garntillverkning öppning, kardning och sträckning. Dessa tre utfördes i garnlaboratoriet. Laboratoriet är konditionerat med en luftfuktighet på (65±2)% och en temperatur på (20±2) ºC. För produktion av nonwoven används metoden ”torrlagd fiberflor”.

#### 3.6.1.1 Vägning av fibervikt

Fibrer av bomull och polyester vägdes upp på en våg Mettler Toledo PB1501. Uppdelningen var 50/50 bomull/polyester. Totalvikten var 30gram, det vill säga en blandning av 15gram bomull och 15gram polyester.

***Figur 1.*** *50/50 blandning bomull och polyester. Totalvikt 30gram.*

#### 3.6.1.2 Öppningsprocess

Därefter kördes fibrerna i öppning, blandning och rensning maskinen för att öppna upp fibrerna och rensa all smuts. Genomgick processen två gånger öppna, blanda och rensa fibrerna ordentligt och för att underlätta för kardningen. Maskinen består av 2 delar, se figur 2. Fiberöppnaren den gröna maskinen som kallas för Laroche och den andra delen som suger upp och blandar fibrerna med luftflöde är en centraldammsugare som kallas för Canvac QClean C130 & C140.

***Figur 2.*** *Öppningsmaskinen kopplad med en centraldammsugaren.*

### 3.6.1.3 Kardningsprocess

Andra steget i processen är kardning. Kardmaskinen heter Mesdan-lab Felt carder 337A. Fibrer fördelades så jämt som möjligt på rullbandet som skjutsar fibrerna in i valsarna där fiberfloret bildas. Med hjälp av lite vatten som sattes på bommen kunde floret lätt fästas på bommen för upprullning. Fiberfloret plockades ner på hand och placerade plant på en rektangulär träbräda, där floret överlappades 2 vikningar från kortsidan för att kardas ytterligare 2 gånger till och vardera gångerna lades floret i olika riktningar. Genom att karda det flera gånger blev floret allt jämnare. När materialet hade kardats tre gånger rullades floret ihop på långsidan för att bilda en lång kardad sliver. Två provbitar från det kardade bomullen klipptes ut för att senare värmas i ugnen senare i processen.

***Figur 3.*** *Fiberflor redo att kardas en repeterande gång.*

### 3.6.1.4 Sträckningsprocess

Det tredje steget är sträckningen där den kardade sliver placerades i Mesdan-lab Mini Striolab 3371. I sträckningen passerade slivern mellan flera valsar, där slivern tjocklek minskade, fibrerna blev mer linjära och utsträckta. En provbit

klipptes ut för att senare i processen testa värma biten som hade genomgått kardning och sträckning.

***Figur 4.*** *Kardad sliver redo för sträckning, sträckt sliver.*

### 3.6.1.5 Nålningsprocess

I det fjärde steget med drylaid webs via nålningsmaskinen placerades det sträckta förgarnet. Första gången det körde genom nålningen blev materialets yta utsträckt på båda bredden och längden. För att det skulle bli så bra nonwoven kvalité som möjligt skulle det köras i maskinen så många gånger som möjligt. För varje repeterande gång av nålning överlappades långsidorna mot varandra så att fiberfloret låg på varandra som dubbletter. Totalt kördes det 4 gånger eftersom det inte gick att överlappa fler gånger, remsan viks som vanligt innan den körs genom valsarna, men innan nålbädden går vikningen gärna isär då remsorna inte längre fäster så bra på varandra.

***Figur 5.*** *Fiberfloret redo att köras i nålningsmaskinen.*

#### 3.6.1.6 Värmningsprocess

Nonwoven materialet var producerat genom mekaniskt bindning, en för tillfället nonwovenremsa. På längden klipptes 3 jämn långa provbitar ut för termisk bindning, värmning i ugn och ugnen var från märket Memmerts. En extra provbit klipptes ut som dock inte skulle utsättas för värmning. För värmning var det två olika temperaturer som testades, 160 ºC och 170 ºC, samt tiderna 5 minuter och 10 minuter. För att kunna utvärdera arbetet för snoddfritt garn från nonwoven gjorde värmning på samtliga 6 provbitar från kardning, kardning och sträckning och kardning, sträckning och nålning.

***Tabell 1.*** *Sammanställning av termisk bindning värmning av provbitarna som genomgått olika processer enligt kolumn "processer" i olika temperaturer och minuter.*

| Provbit | Processer | Temperatur [ºC] | Tid (min) |
|---|---|---|---|
| **1** | Kardning | 170 | 5 |
| **2** | Kardning | 170 | 10 |
| **3** | Kardning, Sträckning och Nålning | 170 | 10 |
| **4** | Kardning, Sträckning och Nålning | 160 | 5 |
| **5** | Kardning, Sträckning och Nålning | 160 | 10 |
| **6** | Kardning och Sträckning | 160 | 10 |

#### 3.6.1.7 Tillskärningsprocss

När nonwoven materialen hade genomgått mekaniskt och termisk process var det dags för tillskärning av garn. Efter diskussioner med Nawar beslutades att det skulle tillskäras remsor i 5 mm bredd. Som verktyg användes sax och linjal.

#### 3.6.1.8 Nonwoven utan bindningsmaterial

Innan handvävningen gjordes även nonwoven material för rent 100% bomull och ingen bindningsfiber. Syftet med det var att kunna jämföra och se hur stor påverkan polyester som bindningsmaterial har i materialet. Produktionsprocessen av nonwovengarn var samma för 100% bomull som för 50/50 bomull/polyester. Med 30 gram fiber som gick genom öppning, kardning, sträckning och nålning samt tillskärning då fibrerna från 100% bomull ska vara med i mattan.

#### 3.6.1.9 Vävning av mattor

Vävstol nummer 6 valdes maskin som har 24 skaft. Maskinen valdes för att varpen var svart bomull med Ne 20/2 med en skedbredd 30cm. Svarta varpen gjorde att man kunde se mattstrukturen tydligare. Programmet Scoutweave används för att programmera solvning och bindning. Inställningen som gjorde var en satinbindning på 24-skaft med en stigningstal 7.

Konstruktionen av mattan innehåller flera olika garner. Se figur 6 och tabell 2.

***Tabell 2.*** *Sammanställning av konstruktionen av vävda mattan av snoddfritt garn från nonwoven. Fem olika typer av garn där vardera har olika mekaniska egenskaper.*

| Garn | Fibrer | Maskiner | Temperatur vid värmning [ºC] | Tid vid värmning (min) |
|---|---|---|---|---|
| **1-4** | 50/50 bomull/ polyester | Kardning, Sträckning, Nålning och Värmning | 170 | 10 |
| **5-8** | 50/50 bomull/ polyester | Kardning, Sträckning, Nålning och Värmning | 160 | 5 |
| **9-12** | 50/50 bomull/ polyester | Kardning, Sträckning, Nålning och Värmning | 160 | 10 |
| **13-20** | 50/50 bomull/ polyester | Kardning, Sträckning och Nålning | - | - |
| **21-31** | 100% bomull | Kardning, Sträckning och Nålning | - | - |

***Figur 6.*** *Handvävd matta producerad utav nonwovengarn.*

## 3.7 Produktion med olika procentuella fiberblandningar

För att få ett slutgiltigt resultat så som mekaniska egenskaper och bidningsmaterialets påvekan samt hitta rätt procentuella fibersats att jobba utifrån med återvunnen bomull behövdes det producera mer nonwovengarn. Processgång för framställning av nonwovengarn kommer att gå till som i förgående avsnitt *3.6.1*, öppning, kardning, sträckning, nålning, värmning och tillskärning.

Eftersom det redan har producerats 100% bomull, 50/50 bomull/polyester och 100% polyester är då uteslutet eftersom syftet är i slutändan arbeta med återvunnen bomull och bindningsfiber.

Jag och min handledare Nawar beslutade att arbeta med siffrorna som ligger mittemellan, fiberblandningarna 75/25 bomull/polyester, 50/50 bomull/polyester och 25/75 bomull/polyester, mer specifikt i *tabell 3* då även viktfördelning kalkyleras. Tre olika blandningar, alla tre olika blandningar ska genomgå olika termiska behandlingar, temperaturerna 160 ºC och 170 ºC och tiden 5 minuter och 10 minuter. Därför kommer varje blandning att produceras tre gånger, dvs 30gram*3. Det vill säga produktion av 9 olika garner.

***Tabell 3.*** *Sammanställning av fiberblandningarna och kalkylering av vikt av råmaterialen.*

| Fiberblandningar | Total vikt | Vikt bomull | Vikt polyester |
|---|---|---|---|
| **75/25 bomull/ polyester** | 30 gram | 22,5 gram | 7,5 gram |
| **50/50 bomull/ polyester** | 30 gram | 15 gram | 15 gram |
| **25/75 bomull polyester** | 30 gram | 7,5 gram | 22,7 gram |

***Tabell 4.*** *Sammanställning av de samtliga 9 garnerna och garnernas olika fiberblandningar i kombination med temperatur och tid vid termiskt bindning.*

| Fiberblandningar | Garn | Temperatur [ºC] | Tid (min) |
|---|---|---|---|
| **75/25 bomull/polyester** | **1** | 160 | 10 |
| | **2** | 170 | 5 |
| | **3** | 170 | 10 |
| **50/50 bomull/polyester** | **4** | 160 | 10 |
| | **5** | 170 | 5 |
| | **6** | 170 | 10 |
| **25/75 bomull/polyester** | **7** | 160 | 10 |
| | **8** | 170 | 5 |
| | **9** | 170 | 10 |

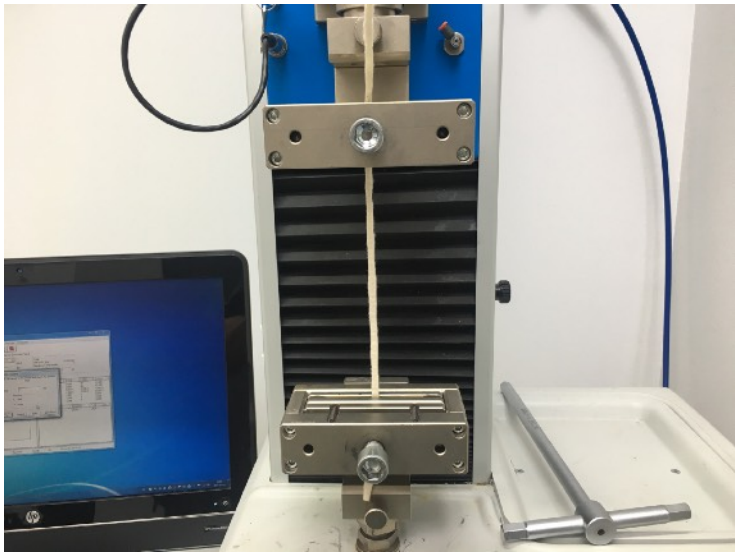
## 3.8 Dragprovning - SS-EN ISO 13934-1:2013

Dragprovningen avgör vilken procentuella fiberblandning av polyester som kommer att produceras tillsammans med återvunnen bomull, samt vilken temperatur och tid vid termisk bindning som ger bästa resultatet. Innan testning

vägdes provbitarna upp för att i senare skede beräkna på brott/textal, se tabell 7 för vikterna för de olika garn.

Standarden som valdes heter ”Tygers dragstyrkeegenskaper remsemetoden enligt SS-EN ISO 13934-1:2013” CRE Dragprovare - Tensolab 3. Vid dragprovningen testades alla de 9 olika garnerna från avsnittet *3.7* ovanför. Från nonwovenremsorna kunde man vid tillskärning få antingen 3-4 garnbitar från varje remsa beroende på bredden på remsan. Dock var inte alla garnbitar lika fina och bra, två utav de visuellt bästa av garnprover från garnerna valdes ut för att testas. Totalt testas 18 garnprover, 2 prover från varje garnkvalitet. Testet ses som indikationstester då endast 2 replikat använts för varje garn. I längd riktning tillskars 50cm garn, provbitar på 50cm x 0,5cm. Testerna utfördes i Textilhögskolan.

Det finns flera faktorer för att det inte gjordes fler tester än 2 för varje garn. På grund av den begränsade tiden hann det inte produceras mer nonwovengarn. Dessutom var även dragprovare fullt uppbokad under examensarbetet vilket gjorde det svårt att få tider. Hade det funnits mer tid hade det funnit chans till en större spridning för uppmätta värden.



***Figur 7.*** *Nonwovengarnbit på 50cm x 0,5cm fast klämd för att dragprovas.*

## 4. Resultat

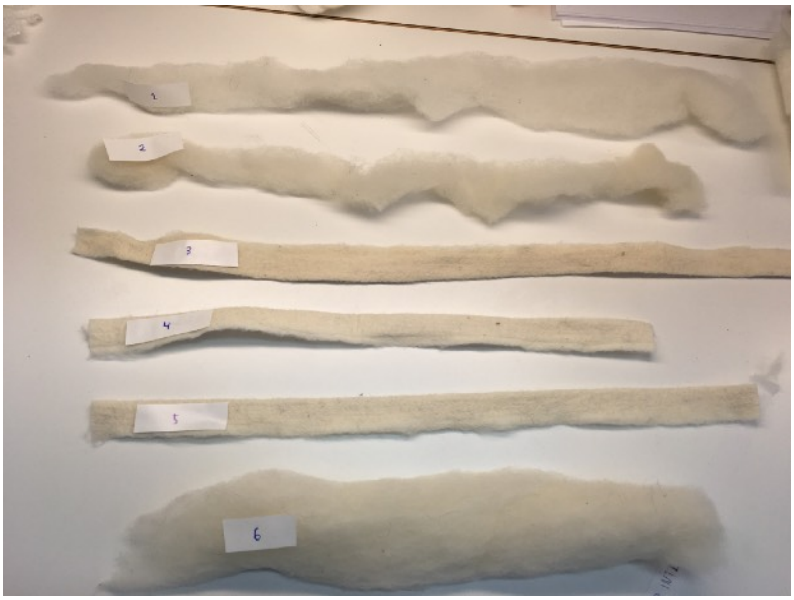
Under detta avsnittet presenteras resultatet olika framställningarna av nonwovengarn som producerats under projektet. Mycket fokus läggs på produktionsproccssen och nonwovenremsors bindning vid uppvärmning. Utifrån resultatet från dragprovningen kommer slutgiltig nonwovengarn produceras av parametrarna som visat bäst resultat i de mekaniska egenskaperna för dragprovning.

## 4.1 Koncept - framställning garn av nonwovenremsor

Processgång för första prototyper av nonwovengarn. Vid framtagning av nonwovengarn producerades 6 olika nonwovensremsor. Produktionen av provbitarna gjordes med olika processer för att bedöma i nästa fas vilken metod som skall jobbas enligt för vidare fortsättning av projektet.

Se figur 8 för resultatet av provbitarna. Provbit 1 och 2 har bara genomgått öppning och kardning. Provbit 6 har genomgått öppning, kardning och sträckning. Rektangel formade provbitarna, nr 3,4 och 5 har producerats genom öppning, kardning, sträckning samt nålning. Alla provbitarna har som gemensam process värmts i antingen 160 ºC i 5 eller 10 minuter samt 170 ºC i 5 eller 10 minuter. För fler detaljer kolla tabell 1 under avsnitt 3.6.1.6.

Efter att ha lagt alla provbitar i ordning jämfördes material för hand med personlig bedömning och det visade tydligt vilka processmetoder som blir uteslutna för den framtida garnet. Provbit 1,2 och 6 är uteslutna då det vid tillskärning inte hade blivit några bra garner. Provbitarna 3,4 och 5 visar att nålningsprocessen är nyckeln till att kunna tillskära garn av remsorna då strukturen av remsorna i fiberorienterat som kändes starkt och sammanhållen genom nålningsprocessen.



***Figur 8.*** *Resultatet av alla 6 provbitar som genomgått olika processer, kardning, sträckning och nålning samt värmning i olika temperaturer och tider.*

Under samma veva tillverkades även remsor av 100% bomull för att få ett resultat av garnets egenskaper utan bindningsmaterial polyester. Provbitar från bomullen värmdes i ugn men ingen större skillnad hände på remsan. Remsan med 100% bomull med känsla från fingertopparna att remsan utan bidningsmaterial kändes mjukare jämfört med 50/50 bomull/polyester, vilket medför att polyester påverkar styrkan i de mekaniska egenskaperna i materialet vid smältning.

Remsor klipptes till 5mm garn för applikation av matta. Garnproverna 3,4,5 som genomgått värme tillsammans med 50/50 bomull/polyester garn och 100% bomull som inte genomgått värmning applicerades till mattan. Mer eller mindre, skillnaden vid värmd garn eller icke värmd garn. Resultatet av strukturen visade att mattan kan produceras av alla dessa garner beroende vad som eftersöks för kvalité.

## 4.2 Produktion med olika procentuella fiberblandningar

Alla 9 förgarn kördes så många gånger som möjligt i nålningsmaskinen för att uppnå den maximala styrkan i remsorna. Totalt kördes varje remsa genom nålningsprocessen 4 gånger. Alla blandningar har ursprungligen samma vikt, 30 gram. Längden i remsorna efter nålning varierade mellan 3,5-4 meter, det var inte på grund av att någon procentsats av blandning gav längre längd utan mer hur mycket spill som hade försvunnit under tillverkningsprocessen av förgarn.

Den stora skillnaden som har betydelse är bredden i remsorna efter nålning. Bredden på remsorna har betydelse då man kan kalkylerna ut hur mycket garn man kan få utav varje remsa. I tabell 5 anges bredden för remsorna. I figur 9 efter värmning kan man se hur remsorna skiljer sig i både längd och bredd.

***Tabell 5.*** *De olika tre olika fiberblandningarna som genomgått nålning 4 gånger som fick olika resultat i bredden i remsorna. I kommentarsfältet står orsak till varför resultatet blev olika för blandningarna.*

| Fiberblandning (bomull/ polyester) | Bredd [cm] | Kommentar |
|---|---|---|
| **75/25** | 2,5 | Utav blandningar fick den med mest procent bomull störst bredd. |
| **50/50** | 2 | I mitten hamnade 50/50 bomull/polyester. |
| **25/75** | 1,5 - 2 | Bredden på den med mest innehållande polyester varierade kraftigt i strukturen i remsorna, denna blandning var svår att arbeta med i nålningen då den inte ville vika sig i alla lägen i sista nålningsproccessen. |

***Figur 9.*** *Resultatet av alla 9 remsbitar (50/50, 25/75 och 75/25) som genomgått, kardning, sträckning och nålning samt värmning i 160 ºC 10 min, 170 ºC 5 min och 170 ºC 10min.*

Från figur 9 kan man visuellt se att alla provbitar inte ligger exakt i linjärt förhållande till varandra. Figuren visar att provbitarna efter värmning har olika längder, remsorna har krympt och det beror på faktorer som temperatur och tiden men framförallt har procentuella bidningsmaterialet i remsorna den största påverkan.

Krympning beräknades genom (nya längd/ursprunglig längd). Se krympning i procent i tabell 6.

***Tabell 6.*** *Krympning i procent för nonwovenremsor vid värmning.*

| Temperatur och tid | Fiberblandning (bomull/polyester) | Krympning från ursprunglig längd 50 cm (cm) | Krympning i procent [%] |
|---|---|---|---|
| **160 ºC & 10 min** | 50/50 | 43,5 | 13 |
| | 25/75 | 43 | 14 |
| | 75/25 | 46,5 | 7 |
| **170 ºC & 5 min** | 50/50 | 44,6 | 10,8 |
| | 25/75 | 43 | 14 |
| | 75/25 | 46,2 | 7,6 |
| **170 ºC & 10 min** | 50/50 | 44 | 2 |
| | 25/75 | 43 | 14 |
| | 75/25 | 46,5 | 7 |

Fiberblandning av 75/25 bomull/polyester har en krympning med 7-7,6%. 50/50 bomull/polyester krymper med 10,8-13% och 25/75 bomull/polyester krymper med 14%. Fiberblandning hos remsor med mest procentuellt innehållande bomullfibrer krymper minst medans blandning med hög andel polyester ökar krympning hos remsorna.

Innan dragprovningen vägdes varje nonwovengarn i gram, vikten presenteras i tabell 7.

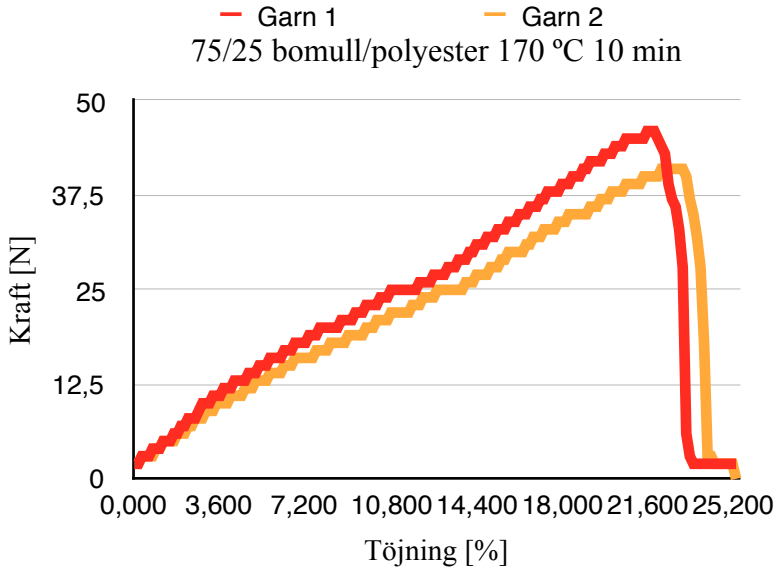
***Tabell 7.*** *Sammanställning av de samtliga 9 garnerna vikt i gram vid 50 cm i längden och bredd 0,5 cm. Vikten i medelvärde för 2 garner från varje garn sort.*

| Temperatur&tid vid värmning | Fiberblandningar (bomull/ polyester) | Vikt [g] |
|---|---|---|
| **160 ºC & 10 min** | **75/25** | 0,9 |
| | **50/50** | 1,2 |
| | **25/75** | 1,1 |
| **170 ºC & 5 min** | **75/25** | 1,1 |
| | **50/50** | 1,2 |
| | **25/75** | 1,4 |
| **170 ºC & 10 min** | **75/25** | 0,9 |
| | **50/50** | 1,1 |
| | **25/75** | 1,4 |

## 4.3 Dragprovning

Resultatet av dragprovningen var helt avgörande för bestämmelse för vilken av de 9 garn som skall producera den slutgiltiga blandning med återvunnen bomull och polyester samt skräpfiber och polyester. Samma metod ska användas, samma procentuella fiberblandning, temperatur och tid. Resultatet för dragprovning presenteras i diagram och tabeller.

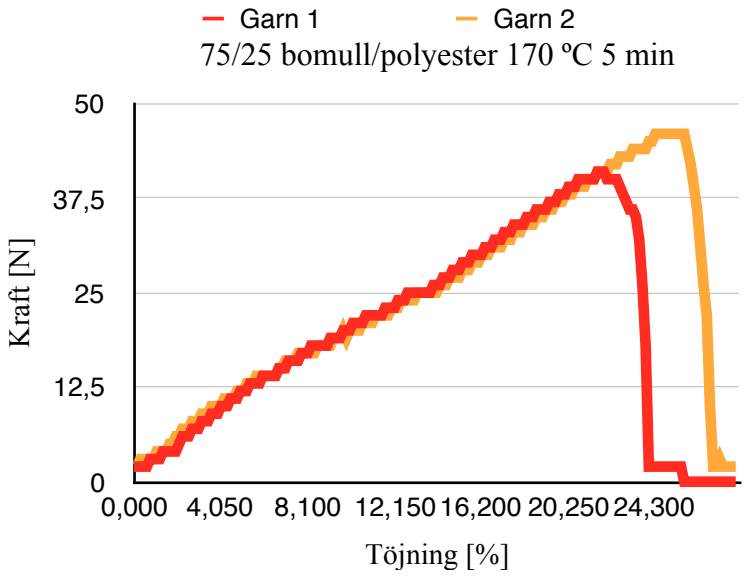
### 4.3.1 Dragprovning för 75/25 bomull/polyester




***Figur 10.*** *Linjediagram som visar kraft och töjning för dragprovning för 2 testade nonwovengarner i 75/25 bomull/polyester, 170 ºC i 10 min.*

***Tabell 8.*** *Data för dragprovning för 75/25 bomull/polyester, 170 ºC i 10 min.*

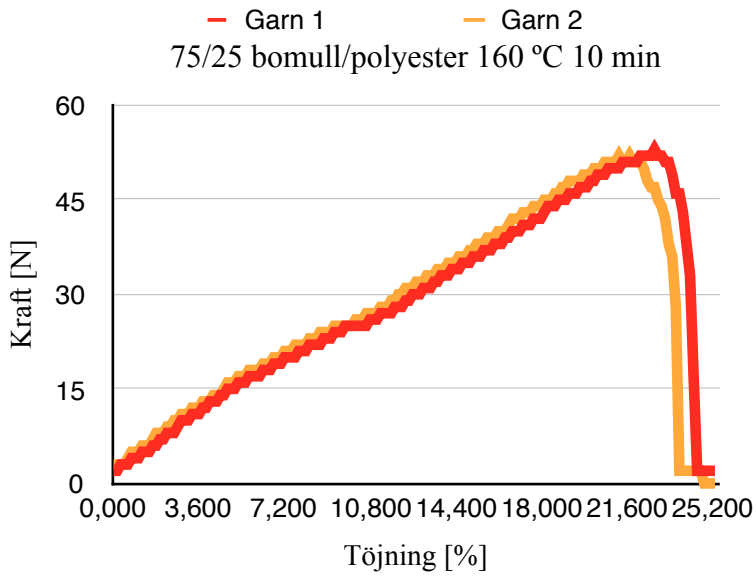
| Garn | Max brottkraft [N] | Max töjning [%] | Tid (s) |
|---|---|---|---|
| **1** | 46 | 21,600 | 25,9 |
| **2** | 41 | 22,200 | 26,6 |




***Figur 11.*** *Linjediagram som visar kraft och töjning för dragprovning för 2 testade nonwovengarner i 75/25 bomull/polyester, 170 ºC i 5 min.*

***Tabell 9.*** *Data för dragprovning för 75/25 bomull/polyester, 170 ºC i 5 min.*

| Garn | Max brottkraft [N] | Max töjning [%] | Time (s) |
|---|---|---|---|
| **1** | 40 | 20,700 | 24,8 |
| **2** | 45 | 24,000 | 28,8 |




***Figur 12.*** *Linjediagram som visar kraft och töjning för dragprovning för 2 testade nonwovengarner i 75/25 bomull/polyester, 160 ºC i 10 min.*

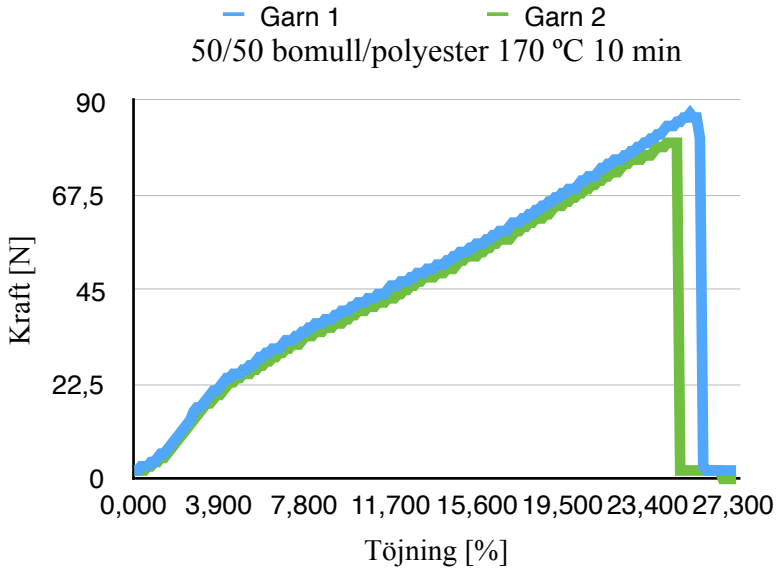
***Tabell 10.*** *Data för dragprovning för 75/25 bomull/polyester, 160 ºC i 10 min.*

| Garn | Max brottkraft [N] | Max töjning [%] | Tid (s) |
|---|---|---|---|
| **1** | 52 | 22,200 | 26,6 |
| **2** | 52 | 21,300 | 25,6 |

Resultatet från testerna för 75/25 bomull/polyester gav väldigt jämn resultat då varje enskild test hade linjer som nästan var linjära med varandra.

Sammanställning av brottkraft för 75/25 bomull/polyester:
Högst brottkraft: 52N (160 ºC i 10 minuter)
Lägst brottkraft: 40N (170 ºC i 5 minuter)

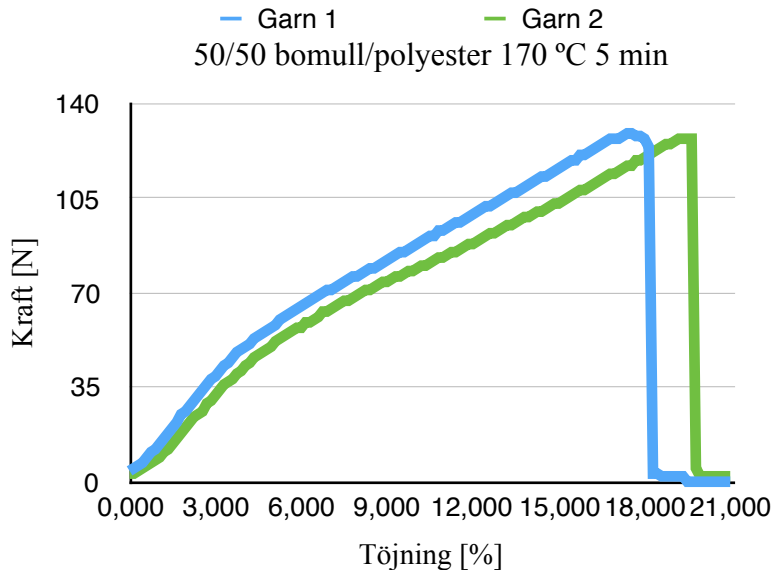
### 4.3.2 Dragprovning för 50/50 bomull/polyester




***Figur 13.*** *Linjediagram som visar kraft och töjning för dragprovning för 2 testade nonwovengarner i 50/50 bomull/polyester, 170 ºC i 10 min.*

***Tabell 11.*** *Data för dragprovning för 50/50 bomull/polyester, 170 ºC i 10 min.*

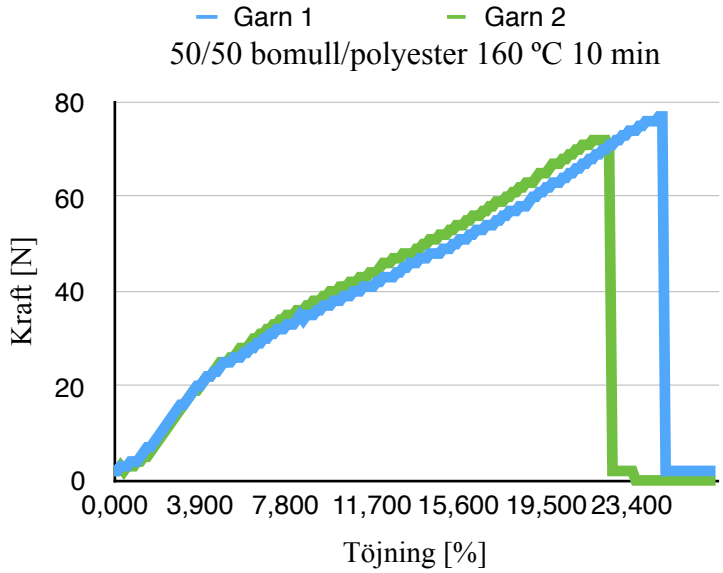
| Garn | Max brottkraft [N] | Max töjning [%] | Tid (s) |
|---|---|---|---|
| **1** | 86 | 25,050 | 30,1 |
| **2** | 80 | 24,300 | 29,2 |




***Figur 14.*** *Linjediagram som visar kraft och töjning för dragprovning för 2 testade nonwovengarner i 50/50 bomull/polyester, 170 ºC i 5 min.*

***Tabell 12.*** *Data för dragprovning för 50/50 bomull/polyester, 170 ºC i 5 min.*

| Garn | Max brottkraft [N] | Max töjning [%] | Tid (s) |
|---|---|---|---|
| **1** | 129 | 17,400 | 20,9 |
| **2** | 127 | 19,500 | 23,4 |




***Figur 15.*** *Linjediagram som visar kraft och töjning för dragprovning för 2 testade nonwovengarner i 50/50 bomull/polyester, 160 ºC i 10 min.*

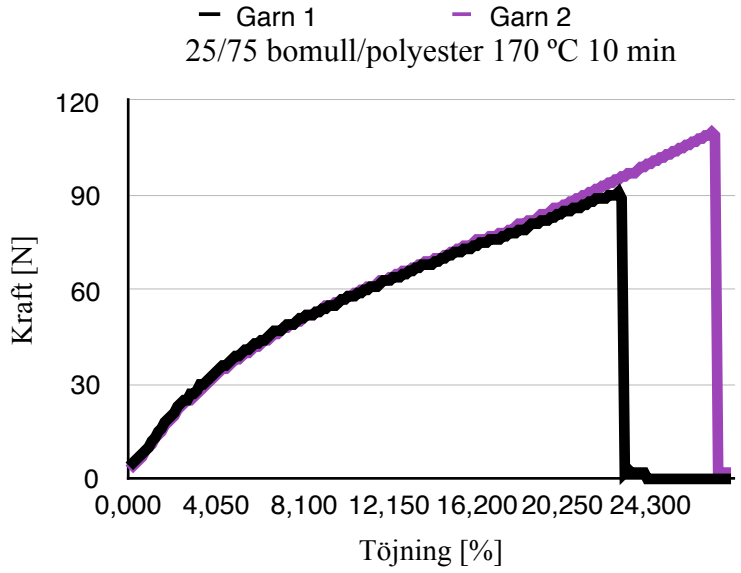
***Tabell 13.*** *Data för dragprovning för 50/50 bomull/polyester, 160 ºC i 10 min.*

| Garn | Max brottkraft [N] | Max töjning [%] | Tid (s) |
|---|---|---|---|
| **1** | 76 | 24,300 | 29,2 |
| **2** | 73 | 21,600 | 25,9 |

Resultatet från testerna för 50/50 bomull/polyester gav jämna resultat då varje enskild test hade linjer som nästan var linjära med varandra. Dock utmärker sig ett test utöver de andra två.

Sammanställning av brottkraft för 50/50 bomull/polyester:
Högst brottkraft: 129N (170 ºC i 5 minuter)
Lägst brottkraft: 73N (160 ºC i 10 minuter)

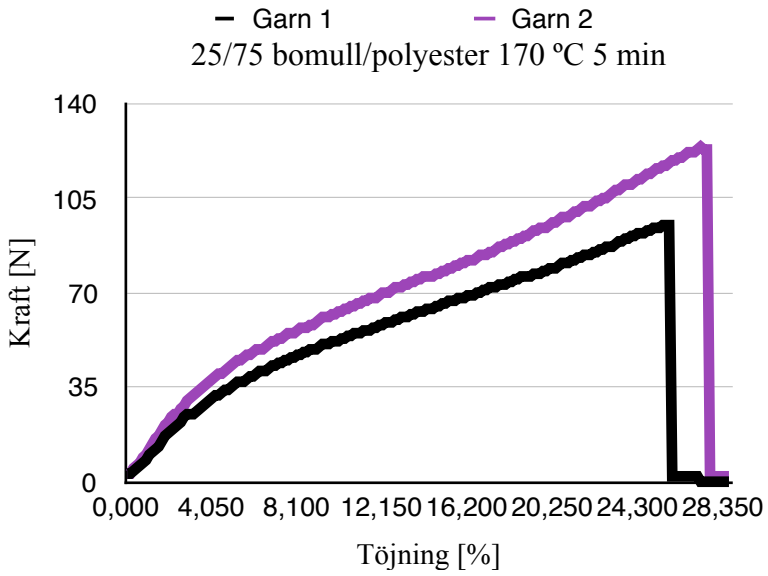
### 4.3.3 Dragprovning för 25/75 bomull/polyester




***Figur 16.*** *Linjediagram som visar kraft och töjning för dragprovning för 2 testade nonwovengarner i 25/75 bomull/polyester, 170 ºC i 10 min.*

***Tabell 14.*** *Data för dragprovning för 25/75 bomull/polyester, 170 ºC i 10 min.*

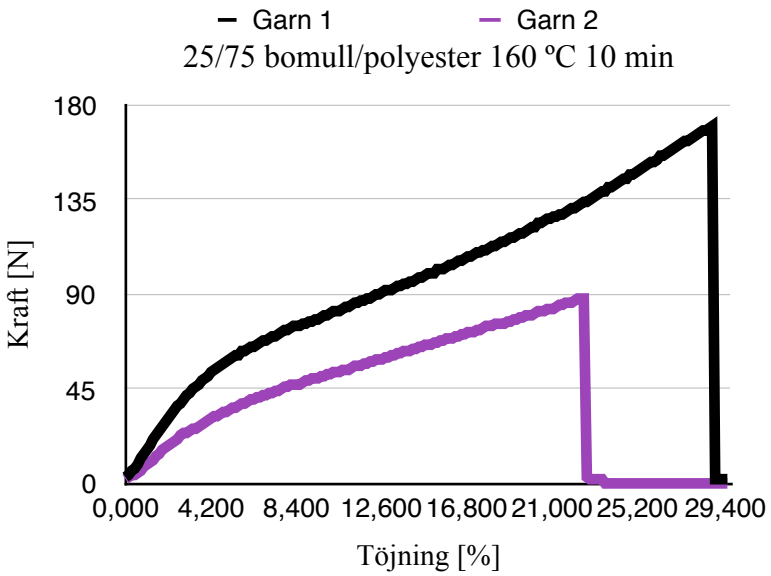
| Garn | Max brottkraft [N] | Max töjning [%] | Tid (s) |
|---|---|---|---|
| **1** | 90 | 22,350 | 26,8 |
| **2** | 110 | 27,150 | 32,6 |




***Figur 17.*** *Linjediagram som visar kraft och töjning för dragprovning för 2 testade nonwovengarner i 25/75 bomull/polyester, 170 ºC i 5 min.*

***Tabell 15.*** *Data för dragprovning för 25/75 bomull/polyester, 170 ºC i 5 min.*

| Garn | Max brottkraft [N] | Max töjning [%] | Tid (s) |
|---|---|---|---|
| **1** | 95 | 25,500 | 30,6 |
| **2** | 123 | 27,150 | 32,6 |




***Figur 18.*** *Linjediagram som visar kraft och töjning för dragprovning för 2 testade nonwovengarner i 25/75 bomull/polyester, 160 ºC i 10 min.*

***Tabell 16.*** *Data för dragprovning för 25/75 bomull/polyester, 160 ºC i 10 min.*

| Garn | Max brottkraft [N] | Max töjning [%] | Tid (s) |
|---|---|---|---|
| **1** | 169 | 28,650 | 34,4 |
| **2** | 88 | 22,200 | 26,6 |

Resultatet från testerna för 25/75 bomull/polyester gav väldigt olika resultat vid varje enskild test, man kan se på graferna det vid brottkraft skiljer sig på alla tre grafer. Det är en graf som utmärker sig extra, 160 ºC i 10 min. Vilket visar att strukturen på garnet har varit ojämn.

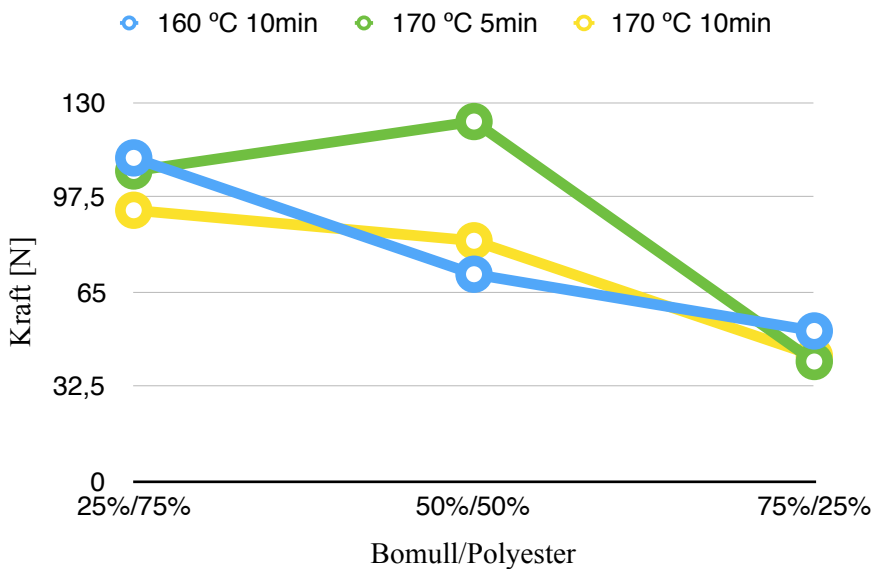
Sammanställning av brottkraft för 25/75 bomull/polyester:
Högst brottkraft: 169N (160 ºC i 10 minuter)
Lägst brottkraft: 88N (160 ºC i 10 minuter)

### 4.3.4 Medelvärde brottkraft

För varje dragprovning testades 2 garner och utifrån högsta brottkraften hos de 2 garnerna i förhållande till töjningen beräknades medelvärdet. I tabell 17 redovisas brottkraft medelvärdet för varje test.

*Tabell 17. Sammanställning av medelvärde för brottkraft för varje garn i newton.*

| Bomull/Polyester | 160 ºC - 10 min | 170 ºC - 5 min | 170 ºC - 10 min |
|---|---|---|---|
| **75/25** | 51,5 N | 41 N | 43 N |
| **50/50** | 71 N | 123,5 N | 82,5 N |
| **25/75** | 111 N | 106,5 N | 93 N |




***Figur 19.*** *Linjediagram som visar översiktligt medelvärde för brottkraften hos alla garn. I x-axel 25/75, 50/50, 75/25 bomull/polyester och y-axel kraft.*

Genom att avläsa diagrammet i figur 19 kan man se att kombinationen av fiberblandningen 50/50 med värmning 170 ºC i 5 min ger högst resultat i brottsstyrka för de mekaniska egenskaperna vid dragprovning.

### 4.3.5 Medelvärde brottkraft/tex

Under avsnitt 4.2 vägdes vikten för varje garn efter tillskärning. Se tabell 7 där vikten för varje garn presenteras i måtten 50 cm x 0,5 cm.

Eftersom garnen var tillskurna 0,5 m användes formel för att beräkna textalet:
(Vikten av 0,5 m) * 20 = 10 m
(Vikten av 10 m) * 100 = textal

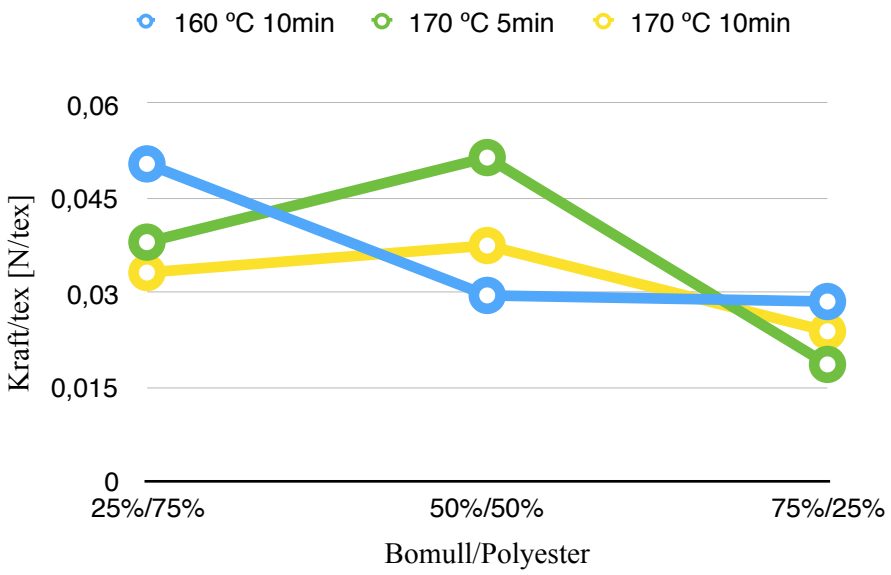
***Tabell 18.*** *Sammanställning av textal för alla garner.*

| Temperatur och tid | Fiberblandning (bomull/polyester) | Textal |
|---|---|---|
| **170 ºC & 10 minuter** | 75/25 | 1800 |
| | 50/50 | 2200 |
| | 25/75 | 2800 |
| **170 ºC & 5 minuter** | 75/25 | 2200 |
| | 50/50 | 2400 |
| | 25/75 | 2800 |
| **160 ºC & 10 minter** | 75/25 | 1800 |
| | 50/50 | 2400 |
| | 25/75 | 2200 |

Textalen användes för att beräkna, kraft/textal hos varje enskild garn. För att se hur resultatet påverkas av vikten av de olika garnen. Även här beräknades medelvärdet av kraft/textal där både garnerna i ett test har som högsta punkt i förhållande till töjningen. Se tabell 19 för resultatet av medelvärdet för kraft/tex.

***Tabell 19.*** *Medelvärde för max brottkraft/tex för varje garn i newton.*

| Bomull/Polyester | 160 ºC - 10 min | 170 ºC - 5 min | 170 ºC - 10 min |
|---|---|---|---|
| **75/25** | 0,0286 N/tex | 0,0186 N/tex | 0,0238 N/tex |
| **50/50** | 0,0295 N/tex | 0,0514 N/tex | 0,0375 N/tex |
| **25/75** | 0,0504 N/tex | 0,0380 N/tex | 0,0332 N/tex |




***Figur 20.*** *Linjediagram som visar översiktligt medelvärde för brottkraft/tex hos alla garn. I x-axel 25/75, 50/50, 75/25 bomull/polyester och y-axel kraft/textal.*

Avläsning av diagrammet i figur 20 kan man konstatera att kombinationen även visar att fiberblandningen 50/50 med värmning i 170 ºC i 5 minuter och 25/75 bomull/polyester med värmning 160 ºC i 10 minuter ger högst resultat i brottsstyrka för de mekaniska egenskaperna vid dragprovning.

## 4.4 Slutgiltiga prototypen

Slutgiltiga prototypen kommer att produceras utifrån samma koncept som tidigare, se 3.6. Genom öppning, kardning, sträckning, nålning, värmning, tillskärning och vävning.

Från dragprovningen har medelvärde resultatet från linjediagram i figur 19 visat att kombinationen 50/50 bomull/polyester har högst resultat i brottsstyrka. Från figur 20 har diagrammet visat att 50/50 bomull/polyester i 170 ºC i 5 minuter och 25/75 bomull/polyester med värmning i 160 ºC i 10 minuter är det två högsta resultaten för brottsstyrka/textal. Det finns en större spridning för 25/75 bomull/ polyester i resultaten men framförallt i den slutgiltliga prototypen är viljan att försöka använda så mycket återvunnet som möjligt, därför beslutades det att jobba vidare med 50% bindningsmaterial.

Det vill säga att procentuella bindningsmaterial bör vara 50% med termisk värmning 170 ºC i 5 min. Den slutgiltiga nonwovengarnet kommer därmed produceras med dessa parametrar:

- Fiberblandning 50/50 återvunnen bomull/polyester med värmning 170 ºC i 5 minuter.
- Fiberblandning 50/50 ”blandat material från isolering/skräpfiber”/polyester med värmning 170 ºC i 5 minuter

- Samt en blandning av 50/50 återvunnen bomull/polyester med 50/50 ”blandade fibrer skräpfiber/polyester”. Där förgarnet kommer slås samman vid nålning, värmning 170 ºC i 5 minuter.

***Figur 21.*** *Alla möjliga fibrer natur och syntetfibrer som inte längre har valutavärde och ska brännas. Med nya innovativa metoden får ”skräpet” ett nytt liv.*

Slutresultatet presenteras i figurerna 22,23 och 24.

***Figur 22.*** *Nonwovengarn, nerifrån, skräpet i blandning med bindningsmaterial, i mitten återvunnen bomull i blandning med bindningsmaterial och högst upp återvunnen bomull+skräpet och bindningsmaterial.*

Inför produktion av matta eftersöktes en stark bindning för att erhålla en stark väv, efter diskussioner med Nawar och Hanna bildades en väftförstärkt 8 skaft kypert dubbelväv. En fram och baksida producerades av garner från figur 22.

***Figur 23.*** *Mattans framsida av återvunnet bomull/polyester och skräpet/polyester.*

***Figur 24.*** *Mattans baksida en bladning av återvunnen bomull/polyester + skräpet/polyester.*

## 5. Diskussion

Fokus för projektet har legat på hållbarheten. I USA lämnas 85% av årliga textilierna till deponier och i Europa lämnas 75% årliga textiler till deponier eller förbränningsplatser för avfall. Att vi i Sverige slänger ca 8 kg av 13,1 kg textiler varje år per person är ett stort problem och siffran måste sänkas. Idag är uppfarten av mode cirkeln snabbare och det leder till uppfräschning med nyare kläder för att ersätta gamla trenden vilket leder till textilavfall. Med resultatet från denna innovativa metoden har vi visat att återvunnen bomull som inte längre kan spinnas eller fibrer som ser ut som skräp i dammsugarpåsen kan komma till användning. Genom att ge nytt liv till material av fibrer som inte är spinnbara eller längre har

valutavärde. Då det idag ges begränsade möjligheter till textilåtervinning ökar möjligheten till utnyttjande av materialen med detta projektet.

Skräpet som tidigare varit textila kläder hade en stor blandning med alla typer av fibersorter buntade på varandra, vilket var steget innan bränningsprocessen. Trots många olika typer av fibrer kunde nonwoven produceras genom torrlagd fiberflor. Fördelen med nonwoven är många, det innefattar en kort process, det går fort, låga kostnader och har en hög prestanda i många användningsområden. Resultatet av vad vi åstadkommit har blivit bättre än förväntat då komforten och känslan känns magiskt med tanke ursprungliga fibrer i mattan.

I förhand var det väldigt svårt att förutse vilken fiberblandning och med vilken termisk metod vid värmning som skulle bli det bästa resultatet för de mekaniska egenskaperna. Vi, jag och Nawar strävade efter ett så starkt garn som möjligt. Projektet har varit byggt på att varje steg i produktionsprocessen har varit beroende av varandra. Det behövdes första bygga en stabil grund att jobba utifrån, i början av projektet producerade vi olika slag av produktion.

Produktionen i början av nonwovens gjordes i tre olika metoder för att se skillnaden mellan mekanisk nålning och termisk värmning och hur det påverkar de mekaniska egenskaperna hos det eftersökande nonwovengarnet. Det testades att producera nonwoven på olika sätt med bara termisk metod, bara mekanisk metod och metod genom både mekanisk och termisk.

Det visade att mekaniskt och termiskt gav bästa resultatet för att få bästa möjliga kvalité på nonwovengarnet. Processerna öppning kardning sträckning nålning och värmning skulle bli grunden metoderna för tillverkning av nonwovengarn. Nålningsprocessen visade sig bli ett vinnande koncept i och med att vi kunde forma materialet till nonwovenremsor som i slutändan enkelt kan tillskäras till ”garn” som vi definierar det till. För nålningensprocess körde alla material igenom 4 gånger, vilket betyder 4 gånger överlappningar. Problemet var att det inte gick att överlappa fler gånger då remsan gärna luckrades upp efter ha passerat valsarna innan det nådde nålbädden. Hade man kunna konstruera något mellan valsarna och nålbädden i maskinen hade det funnits möjligheter att att vika 1-2 gånger mer, då hade man sluppit tillskära och fått garn direkt ifrån nålningsprocessen. Ett förslag till fortsatt arbete.

Frågan är om vi kan definiera den tillskurna strängen för ett ”garn”? Jo det kan vi med en enkel förklaring, om ”garnet” är sammanfogat för att forma en kontinuerlig sträng som kan användas för att producera textila material kan det definieras som ”garn” då det är en sammansättning av textila fibrer. Oftast är det många inom textilindustrin som förknippar garn då fibrer är sammansatta genom någon sorts vridning eller snurr, tex genom olika processer som kallas för ”spinnas, spunnen, tvinnas eller snodd”. Det finns en metod som kallas för twistless garn, fibrerna är inte spunna utan sammanhållna av lim. Vilket används i

konceptet då vi använder oss av termisk värmning för att smälta polyester som används som bindningsmaterial i nonwovengarnet.

Polyester som användes är en bikomponent polyester med en kärna i mitten. Vid smältning smälts bara halva fibern det yttre skiktet av polyester då det är en lågsmältande konventionell polyester. För procentsatserna som använts 75/25, 50/50 och 25/75, efter värmning kan vi tolka satserna, 75/(12,5+12,5) bomull/(polyester+smältning), 50/(25+25) bomull/(polyester/smältning) och 25/(37,5+37,5) bomull/(polyester+smältning).

I själva verket hade mattan kunnat vara helt producerat av återvunna material, med förhoppningarna på att återvunnen polyester hade funkat för tillverkning av nonwovengarn, hurvida effekten vid termiskt värmning går att undersöka. Då det inte fanns tillgång till återvunnen polyester gjordes ingen metod för det.

Vid spinning krävs det relativt bra kvalité på fibrerna för användbarhet. För korta fibrer blir dessvärre odugliga inom det området vilket leder till att det ofta slängs eller bränns. Vid mekanisk återvinning av fibrer som tex återvunnen fibrer finns det gott med korta fibrer som inte längre kan användas eftersom påfrestelse från rivningen och kan därför inte spinnas om och blir därmed fiberförlust och värdelöst. Det fina med projektets process är att vi steg för steg även bevisar att fibrer som inte längre har något värde kan plötsligt få ett nytt liv.

Det är en utmaning att mekanisk återvinna en blandning av bomull och polyester då det är natur och syntetfiber eftersom syntetfiber kräver mer energi vid rivning. Mekaniskt återvinning bidrar till försämrad fiberkvalité vilket resulterar till en produkt av låg kvalité, för att jämföra det med mattan vi producerat genom konceptet nonwovengarn känns materialet för nuvarande i bra skick.

Vid termisk värmning blir det ännu svårare utmaning att att återvinna men det är ingen omöjligt eftersom det vid värmning smälts i bindepunkter, fibrerna runtomkring bindepunkterna kan rivas isär men man få räkna med fiberförlust i bindepunkterna. Det blir som en sluten krets, som kan återvinnas gång på gång då det fortfarande går att producera nonwoven av materialet som förlorat lite av fiberkvalité. Dock kan det inte processen vara en sluten cirkel hela tiden, nån gång måste cirkeln brytas, då har fibrerna ändå återupplivas och fått leva längre.

Inför de slutgiltiga nonwovengarnet med 50% polyester hade det tidigare gjort en krympningsberäkningen vilket har betydelse då vi kan beräkna hur många cm av remsan som bör klippas. Efter nålning resulterade de i långa remsorna 3,5-4 meter beroende på materialspill under förprocesserna. Med en krymp på 10,8-13% för 50% polyester kunde tillskärning av nonwovenremsor klippas i 40 cm då det inte bör krympa till mindre än 34,8 cm vilket är passande då vävstolen som används har en skedbredd på 30 cm. Med 40 cm remsor från en fiberblandning 50/50 30 gram kan vi även beräkna ut hur mycket remsor och garn som kommer att tillhandahållas. För 3,5 meter fås 8,75 remsor och för 4 meter fås 10 bra remsor.

Vid tillskärning till garn kan vi från varje remsa räkna med 2 garanterat användbara garner, med en fiberblandning 50/50 med totalt 30 gram fås 16-20 användbara garner. Grova garn med tex över 40 används för att tillverka bland annat mattor. Nonwovengarnet tillskuret 5mm med ganska stor höjd klassas som väldigt grovt garn då även väger tungt jämfört med garn som används vid väv, trikå eller sömnad. Därav föll valet för att producera mattan.

Det är problematiskt med endast 2 replikat vid dragprovning då det frångår standarden för dragprovningen och spridningen blir inte stor för 2 provbitar av garn vid varje test därför är testet inte statistiskt givande. Hade man haft längre tid eller gjort detta projektet med en partner hade resultaten av dragprovningen kunnat bli annorlunda med fler replikat och statistik givande. Då detta är en ny innovativa metod finns det möjlighet i framtiden att undersöka djupare genom att ha mer material för att köra dragprovning.

Svenska textilier som återvinns mekaniskt blir oftast trasor, stoppning eller isolering. Utifrån konceptet vi använt för att producera nonwovengarn öppnas dörrar och idéer upp till fler användningsområden, mattan är bara en av få möjligheter. Filmen som producerat under arbetet har publicerats på youtube och tanken med det är att dela med sig av mitt koncept till andra inom branschen för att låta denna innovativa metoden leva vidare och bidra till mindre textila avfall.

## 6. Slutsatser

Syftet med arbetet har varit att undersöka om innovationen för att producera nonwovengarn från återvunnet material som inte är spinnbara och längre inte har valutavärde kan användas för att producera matta som applikation. Projektet har visat vara genomförbart och en slutgiltlig prototyp av nonwovengarner från återvunnen bomullen och skräpfibrer med polyester producerats en matta.

Huvudfrågor

- Vad är effekten av produktionsprocessen i de mekaniska egenskaperna av nonwovengarnet och hur påverkar det garnets kvalité?
- Vad är effekten av den procentuella bindningsmaterialet i de mekaniska egenskaperna av nonwovengarnet och hur påverkar det garnets kvalité?

Underfrågor

- *Skall produktionsprocessen genomgå mekaniskt bindning, termisk bindning eller en kombination av både metoderna för att uppnå ett så starkt nonwovengarn med avseende på dragstyrka?*
- *Vilken procentsats av polyester vid smältning ger starkast nonwovengarn vid dragprovning med hänsyn till temperatur och tid?*

Produktionsprocessen med en kombinationen av mekanisk och termisk bindning ger bästa möjliga nonwovengarn från produktionsmetoderna som gjorts under projektets gång i det mekaniska egenskaper för dragprovning jämfört om man bara använder en av mekanisk eller termiskt bindning.

Effekten av procentuella bindningsmaterialet tyder på i de mekaniska egenskaper genom indikationstest av dragprovning på 9 garner att blandningen av 50% polyester med termisk värmning 170 ºC i 5 minuter visat ett av de bättre resultaten i de mekaniska egenskaperna från dragprovning i både brottstyrka och brottstyrka/ textal.

## 7. Förslag till fortsatt arbete

Producera nonwovengarn direkt från nålningsmaskinen, få en remsa på 0,5 cm eller mindre. Strukturen i garnet hade blivit mer orienterad och sammanhållen och man slipper att tillskära garnbitar. Hade man kunna konstruera något mellan valsarna och nålbädden i maskinen hade det funnits möjligheter att att vika 1-2 gånger mer, då hade man sluppit tillskära och fått garn direkt ifrån nålningsprocessen.

Testa använda återvunnen polyester som bindningsmaterial och undersöka effekten i de mekaniska egenskaperna. Testa använda en annan typ av bindning polymer.

Ett annat förslag till fortsatt arbete, genom denna metoden producera något annat än mattor, till exempel material för stol, ljud isolering och komposit material.

## 8. Referenser


Alagirusamy, R., & Das, A. (2014). Chapter 8 - Conversion of Fibre to Yarn: An Overview. In *Textiles and Fashion,* ss. 159-189.

Briga-sa´, A., D. Nascimento, N. Teixeira, J. Pinto, F. Caldeira, H. Varum, and A. Paiva. (2013). Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution. *Construction and Building Materials* 38, ss. 155–160.

Brydon, A.G., & Pourmohammadi, A. (2007). Dry-laid web formation-2. In *Handbook of nonwovens,* ss. 16-111.

Fletcher, K. (2008). *Sustainable fashion and textiles: Design journeys.* London: Earthscan.

Hawley, J. (2014). Chapter 15 - Textile Recycling. In *Handbook of Recycling,* ss. 211-217.

Kadolph, Sara J, & Langford, Anna L. (2013). *Textiles: Pearson New International Edition*.

Langley, K.D., & Kim, Y.K. (2006). Manufacturing nonwovens and other products using recycled fibers containing spandex-10. In *Recycling in textiles,* ss. 137-164.

Lawrence, C. (2007). The opening, blending, cleaning, and carding of cotton-7. In *Cotton,* ss. 203-239.

Lou, Ching Wen, Hsing, Ya Lan, Lin, Jia Horng, & Hsing, Wen Hao. (2014). The Influence of Hot Pressing Temperatures in Needle Punching Nonwoven. *Advanced Materials Research, 910*, ss. 279-282.

Mao, N., & Russell, S.J. (2014). Chapter 13 - Fibre to Fabric: Nonwoven Fabrics. In *Textiles and Fashion,* ss. 307-335.

Sinclair, R. (2014). *Textiles and Fashion Materials, Design and Technology*. Burlington: Elsevier Science.

SIS - Swedish Standards Institute. (2013). *Textil – Tygers dragstyrkeegenskaper. D. 1, Bestämning av maximal kraft och töjning vid maximal kraft med remsmetoden (ISO 13934-1:2013)*. Stockholm: SIS.

Svensk Standard 2011. Textiles - Nonwovens Definition (ISO 9092:2011)

Ramamoorthy, S., Persson, A., & Skrifvars, M. (2014). Reusing textile waste as reinforcements in composites. *Journal of Applied Polymer Science, 131*(17), N/a.

Wilson, A. (2007). Development of the nonwovens industry-1. In *Handbook of nonwovens,* ss 1-15.

Östlund, Å., Wedin, H., Bodin, L., Berlin, J., Jönsson, C., Posner, S., Smuk, L. Eriksson, M., & Sandin, G. (2015). *Textilåtervinning Tekniska möjligheter och utmaningar* (Rapport 6685). Stockholm: Naturvårdsverket. http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6685-7.pdf?pid=15536

# 9. Bilagor

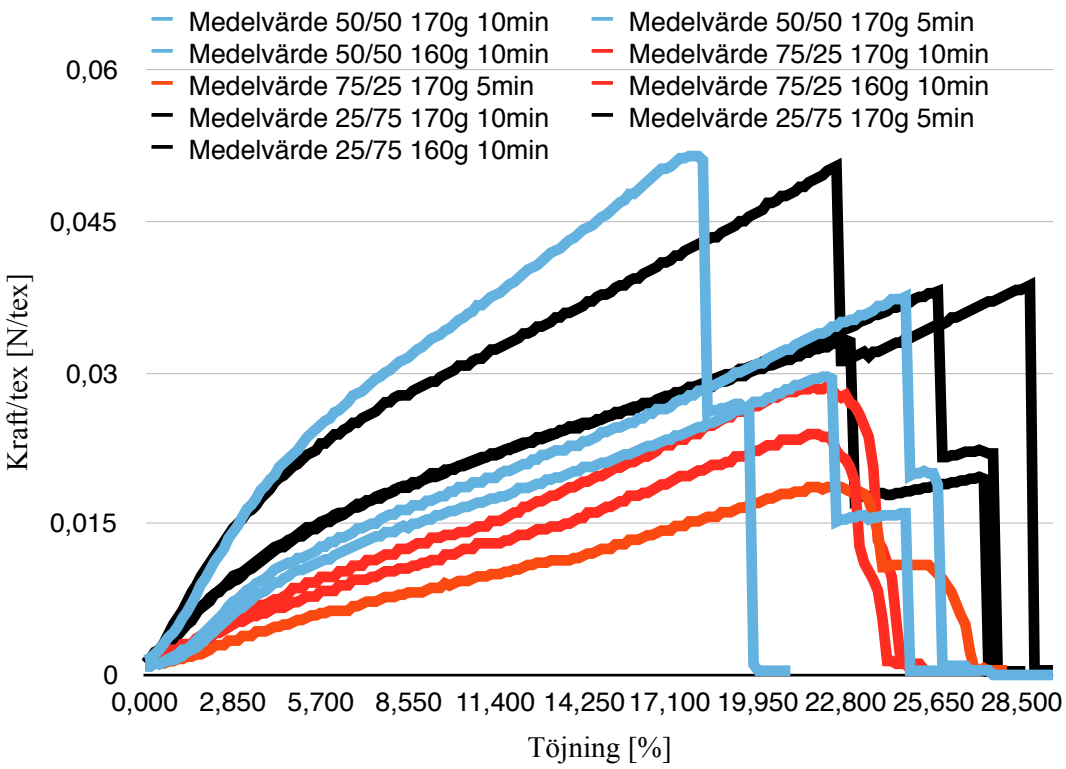
**Bilaga 1**
Test enligt SS-EN ISO 13934-1:2013.
Test utfördes: 2017-05-03

Utrustning som användes vid dragprovning:
- 18 provbitar
- TensoLab
- Dator, hp compaq
- Dragprovare, mesdan lab. Raffa di Puegnago Italien
- Tygsax
- Linjal

Processgång vid dragprovning:
- Konditionering av provbitar 24 timmar i relaxerat tillstånd vid 20±2 ºC och fuktighet 65±2% innan dragprovning.
- Klippa ut provbitar
- Kontrollera lastcell 5kN och mekaniska klämmor ska användas.
- Starta dragprovaren genom ansluta elen och vrida på baksidan.
- Tryck på Servizi.
- Tensolab, connect och mät gapet mellan klämmorna.
- Välj standarden
- Fäst provbiten på nedre och övre klämman
- Dragprova provbiten.

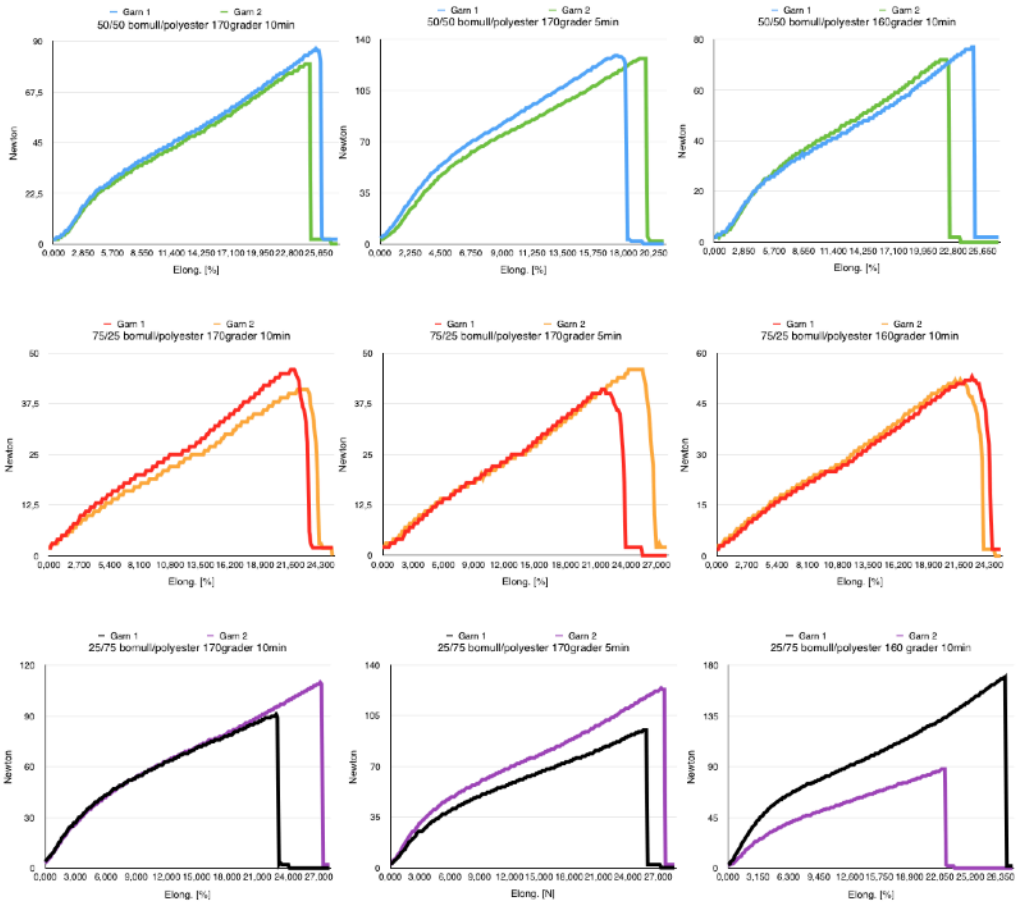
**Bilaga 2**

Sammanställning för medelvärde för brottstyrka/tex



**Bilaga 3**

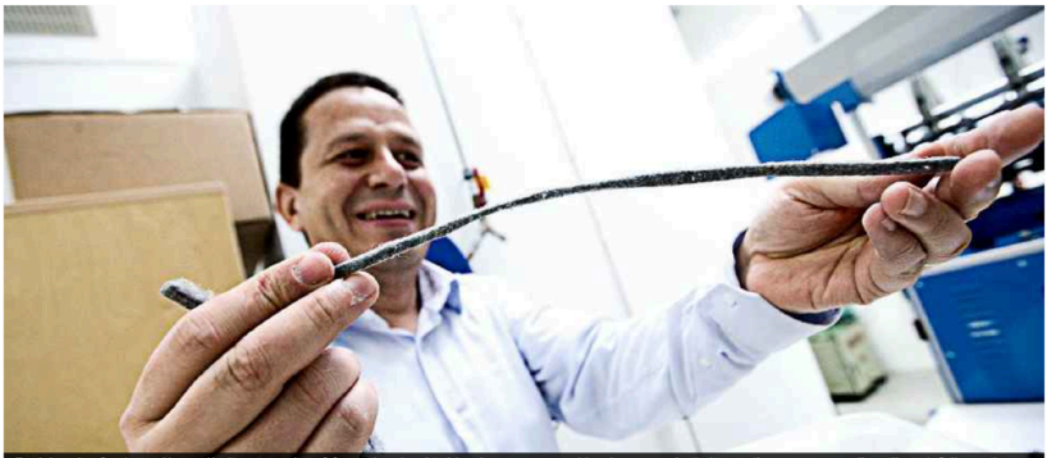
Sammanställning av alla resultat från dragprovning översiktligt



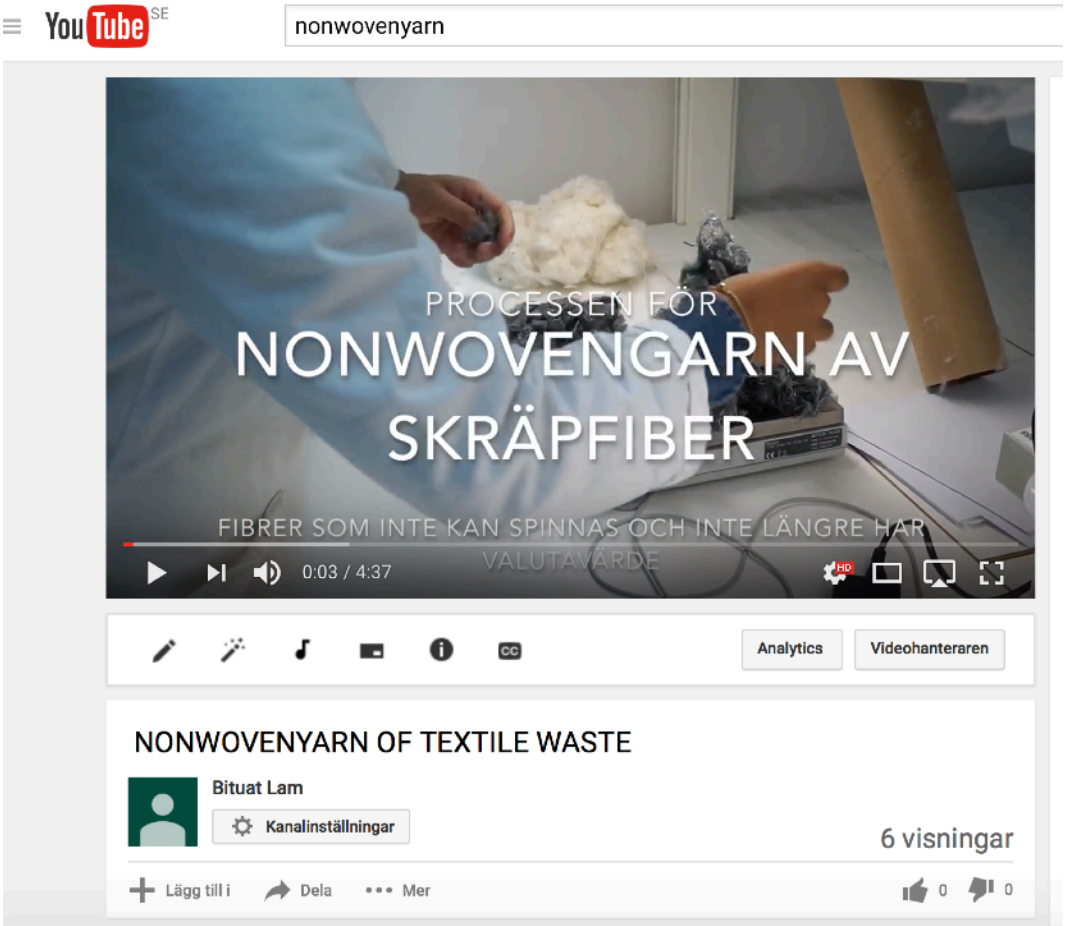
**Bilaga 4**
Projektet fick uppmärksamhet i Borås Tidning

# Nawar blev professor efter nio månader i Sverige

**BORÅS** uppdaterad 21 timmar sedan



En del av den forskning Nawar Kadi tagit med sig från sitt hemland är bland annat en utvecklandet av en teknik där textila sopor omvandlas till värdefullt textilt material. "Den här är tillverkad av textilt blandmaterial som inte går att spinna tråd av och som skulle ha gått till förbränning, nu kan vi väva en matta av materialet", säger han.

FOTO: LARS-ÅKE GREEN

**Bilaga 5**
Film på youtube, ”Nonwovenyarn from textile waste”