
Examensarbete för Teknologie Kandidatexamen med
huvudområde textilt teknologi
2015-06-02
Rapportnummer 2015.2.18

Tvättemission

Hanna Petersson & Sofia Roslund

– En undersökning av
polyesterplaggs fiberutsläpp vid
hushållstvättning



THE SWEDISH SCHOOL
OF TEXTILES
UNIVERSITY OF BORÅS

Everybody's plastic, but I love plastic. I want to be plastic.
- Andy Warhol

SAMMANFATTNING

Havsmiljöer är idag den slutliga anhalten för den nedskräpning av plast som kommer ifrån avloppsvatten och allmän nedskräpning. Stora mängder plastpartiklar i olika storlekar har upptäckts i haven och även inuti djur som misstagit plasten som föda. Forskning visar att en stor del av plasten är av mikroskopisk storlek, så kallade mikroplaster. Inom denna grupp förekommer textilfibrer som likt andra plaster är svårnedbrytbara i naturen. Det har genom studier påvisats att små textila fiber rinner ut med avloppsvattnet och hamnar i haven.

PET är en av de vanligaste plasterna och utifrån denna tillverkas polyesterfiber som är det i särklass mest använda materialet inom textiltillverkning. Att plastfragment från textilier skadar havsmiljön är en ny upptäckt och ämnet behöver undersökas i fler dimensioner än vad forskningen hittills gjort. Projektet syftar därför till att klargöra vilka egenskaper som påverkar mängden emission av polyesterfiber vid hushållsnära tvättning. Detta uppnås genom experimentella undersökningar av olika materialkombinationer som tvättas under lika omständigheter. Tvättvattnet analyseras och fibrerna räknas för att erhålla en jämförande studie kring polyestermaterials tendens till fällning av fibrer.

Tre faktorer stod till grund för framtagning av metod: utveckling och förbättring av nuvarande metod, att efterlikna hushållstvätt samt tillförlitlighet i resultat. Detta har uppnåtts genom att laborationstvättmaskiner använts istället för kommersiella då detta ger ett vetenskapligt mer säkerställt resultat, något som har bejakats i största möjliga mån i varje steg. Alla polyestermaterial är stickade, färgade och mekaniskt bearbetade på Textilhögskolan för att garantera att samtliga material är tillverkade under samma förhållanden. Olika filtreringsmetoder har testats för att fastställa säkerhet i resultatet. Framtagning av material, tvättning, filtrering och analys var de centrala huvudmomenten för det praktiska arbetet.

Analysen har gjorts manuellt där varje partikel på filtret har räknats.

Resultatet visade att mikrofibergarn generellt fällde mer än filamentgarn. En högre delning vid stickning gav mer emission än en lägre och att material som slitits resulterade i mer shedding. Kombination av dessa tre faktorer; mikrofibergarn, hög delning och material som slitits gav ett resultat markant större mängd fiberemission än de tyger med endast två av dessa faktorer sammansatta. Tygerna som endast innehöll en av dessa faktorer gav betydligt lägre mängd fällning. Fleece-material stickat i mikrofibergarn visade sig fälla mindre än en slätstickad vara med samma garntyp stickad i högre delning. Metoden som använts vid framtagning av fleece-material är ifrågasatt, då kvalitén av dessa inte tycktes motsvara en industriellt framtagen fleece-vara. Därför ställer man sig kritisk till detta resultat. De tyger som gav störst respektive minst andel emission av fibrer tvättades ytterligare för att studera inverkan av upprepade tvättningar. Emissionen ökade med antal tvättar tills den så småningom avtog när fibrer slitits bort. Resultatet visar att man i största möjliga mån inte bör kombinera polyestervaror i trikå med garn 100den/144f, delning 28 som är smärglad.

Nyckelord: Polyester, shedding, emission, tvättning, plaster, mikroplaster

ABSTRACT

The marine environment today, has become the end station for plastics, waste from wastewater and general litter. Large quantities of plastic particles of different sizes have been detected in the ocean, with resulting animals ingesting this mistaking it for food. Science shows that a large part of these plastic fragments are of microscopic size, named microplastics, and within this group there are textile fibres that like other plastics are resistant and detrimental to nature. Studies have shown that when washing, the wastewater carries these small textile fibres and allows them to pass through the purification.

PET is one of the most used plastics and common in polyester fibre manufacture, by far the most used material in textile manufacturing. A new discovery, finds that the plastic fragments damage the marine environment, and the subject needs to be analysed in more detail than research has covered so far. This project aims to clarify which properties affect the amount of polyester fibre emissions when domestic washing. To investigate this, experimental tests were carried out on different material combinations washed under the same circumstances. Water from the wash was analysed and fibres were counted in order to complete a comparative study of polyester materials tend to shed.

Three factors were considered for developing the method: development and improvement of existing method, aiming to resemble household wash and ensure reliability of results, all done by laboratory washers instead of using commercial washing machines. Safety of results has been considerably affirmed during every step. Every polyester material was knitted, coloured and mechanically processed by the research group to guarantee that all of the materials was manufactured under same conditions. Different filter methods have been used to determine safety in results. Manufacturing of material, washing, filtering and analysis were the central focus for the practical work. The analysis came from manual count of every fibre particle.

The result showed that microfiber yarn generally shed more than the filament yarn. A higher gauge gave more emission than a lower and that a worn material resulted in more shedding. The combination of these three factors; microfiber yarn, high gauge and a worn material gave markedly higher results than when tested with only two factors. The tests that only contained one of these factors gave significantly lower amount of emission. Fleece knitted in microfiber yarn had a lower level of shedding than a single jersey material in same yarn type with higher gauge. The method used for manufacturing is questioned, because the quality that should correspond an industrial produced fleece was not matched. Therefore, the result is critically inspected. The two combinations from the chosen parameters that gave the most respective and the least amount fibre emission were analysed additionally with more wash to assess their further effect. Here the emission seemed to increase with the amount of wash until it eventually subsided when more or less the fibres had worn away. Based on this result, one can finally say that these three factors should not be combined to manufacture knitted material in polyester.

Keyword: Polyester, shedding, emission, wash, plastic, microplastics

SAMMANFATTNING –POPULÄRVERSION

Haven är idag slutstationen för den nedskräpning av plast som kommer ifrån avloppsvatten och allmän nedskräpning. Dessa plastpartiklar har upptäckts i haven och även bland djur som misstagit plasten som mat. Plast i haven förekommer i olika storlekar och stor del av dessa är så kallade mikroplaster, plaster av minimal storlek. Studier visar att små textilfibrer rinner ut med avloppsvattnet och hamnar i haven där de stannar kvar då de är svåra för naturen att bryta ned. Polyetentereftalat (PET) är en så kallad bulkplast, det vill säga den tillhör de plaster som tillverkas i störst utsträckning till lägst pris. Utifrån PET kan polyesterfiber tillverkas som idag är det mest använda inom textiltillverkning. Forskning visar att bulkplaster skadar havsmiljön och att mer resurser krävs för att undersöka i vilken mängd plaster kommer ut i haven och vad de gör för skada.

Examensarbetet syftar till att klargöra vilka textila faktorer av en polyestervara som bidrar till problemet från hushållstvätt. I denna studie kommer olika sammansättningar av polyestertyg tillverkas för att se vilket polyestermaterial som ger högst mängd fibreremission från plagg vid tvätt. Det som undersöks i arbetet är olika filamentgarn, olika bindningar (alltså olika sätt att sticka ett plagg), om materialet har slitits av användning, om materialet är en fleecetextil och hur det påverkas när man tvättar plagget flera gånger. Filamentgarn innebär att garnet är uppbyggt av långa filament som ligger parallellt, i detta fall är det ett garn med 144 filament tillsammans och ett garn med 36 filament. I textilindustrin idag är det svårt att få tydliga beskrivningar om vilka behandlingar som gjorts på materialen. Samtliga tyger är därför stickade, färgade och förtvättade på Textilhögskolan innan den huvudsakliga studien påbörjades. Ifall plaggen är tillverkade på olika sätt, vissa med behandling och vissa utan innebär det en svårighet i att avgöra vilka parametrar som påverkar mängden fällda fibrer.

Materialen tvättades i en laboratorium tvättmaskin och tvättvattnet bevarades för att sedan filtreras genom ett filter med väldigt små hål. Från filtret har sedan antalet fiber räknats och utifrån detta har en bedömning av storlek på fibrerna gjorts, detta med hjälp av ett mikroskop som förstörde upp bilden av dem. De två tygprover som visade flest respektive minst antal släppta fibrer tvättades sedan ytterligare för att studera inverkan av tvätt över tid. Detta gjordes tio gånger per testgrupp och vid tvätt ett, två, fem och tio togs tvättvattnet tillvara på och fibrerna räknades.

Resultatet visade att ju fler filament ett garn innehöll, ju tätare tyget var stickat och om slitage på tyget skett fällde varorna fler fibrer. Det visade även att ifall ett test innehöll alla de tre faktorerna fälldes flest fibrer vid tvätt, två faktorer näst mest och om testet innehöll en av ovanstående kunde minst antal fiber upptäckas vid analys. Utifrån detta resultat kan man säga att vid textiltillverkning bör plagg tillverkas som innehåller så få antal av dessa egenskaper som möjligt.

FÖRORD

Detta examensarbete är ett lika fördelat arbete mellan Hanna Petersson och Sofia Roslund som den slutliga examinationen för Teknologie Kandidatexamen med huvudområde textilt teknologi på Textilhögskolan, Högskolan i Borås. Rapporten grundar sig i ett förslag presenterat av författarnas handledare docent Nils-Krister Persson under företagsdagen på Textilhögskolan.

Undersökningen behandlar det ännu inte så uppmärksammade företeelsen shedding (fällning av fiber) av polyesterfibrer vid hushållstvättning, som leder till utsläpp av textila mikroplaster i recipienten som rinner ut i haven. Inledningsvis bestod arbetet av litteraturstudier kring problemet med shedding och plast i havet. Litteratur och tidigare forskning står till grund till den metod som använts. Experimentella undersökningar har utförts på Textilhögskolan, delvis i samarbete med Masterstuderande Miljövetenskapsstudenten Linn Åström från Göteborgs Universitet. Åström har under arbetets gång gjort liknande studier men då undersökt skillnaden mellan material.

Ett stort tack till tekniker Tommy Martinsson i trikålabbet för all hjälp med framtagning av material och teknikerna i färg- och beredningslabbet för stöd och vägledning vid laborationer. Tack till Magnus Lundin för hjälp och vägledning med statistiska analyser. Stort tack till Linn Åström för all hjälp och kunskap av analys. Slutligen ett stort tack till vår handledare Nils-Krister Persson för allt visat intresse och handledning under hela examensarbetet.



Hanna Peterson

S122342@student.hb.se



Sofia Roslund

S123752@student.hb.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	II
ABSTRACT	III
SAMMANFATTNING –POPULÄRVERSION.....	IV
FÖRORD	V
INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	VI
1 INTRODUKTION.....	1
1.1 INLEDNING	1
1.2 SYFTE.....	3
1.2.1 Hypotes.....	3
1.3 PROBLEMFORMULERING.....	3
1.3.1 Underhypoteser.....	3
1.4 AVGRÄNSNINGAR.....	4
2 METOD	5
2.1 LITTERATURSÖKNING	5
2.2 EXPERIMENTELLT INNEHÅLL OCH PLANERING	6
2.3 STATISTISKT ANALYS	6
3 BAKGRUND.....	7
3.1 PLAST OCH PLAST I HAVEN	7
3.2 NEDBRYTNING AV PLAST	9
3.3 TEXTILA BEGREPP	10
3.4 HUSHÅLLSTVÄTT	11
3.4.1 Tvätt och tvättmetoder i historien.....	11
3.4.2 Tvättvanor och miljöaspekt.....	12
3.5 TIDIGARE FORSKNING	12
4 EXPERIMENTIELLT GENOMFÖRANDE	14
4.1 ÖVERSIKT TESTNING	14
4.2 FRAMTAGNING AV MATERIAL	14
4.2.1 Val av material.....	14
4.2.2 Stickning E18- slätstick.....	15
4.2.3 Stickning E28- slätstick.....	15
4.2.4 Stickning E18- frotté.....	15
4.2.5 Färgning.....	16
4.2.6 Ruggning.....	17
4.2.7 Smärbling.....	17
4.2.8 Skärning.....	17
4.2.9 Testöversikt.....	18
4.3 TVÄTTNING.....	19
4.3.1 Förtvätt.....	19
4.3.2 Tvättning.....	19
4.4 FILTRERING.....	20
4.5 ANALYS	20
5 RESULTAT	22
5.1 ANOVA: GARN, KONSTRUKTION OCH SMÄRGLING	22
5.1.1 Hypotes 1	23

5.1.2	<i>Hypotes 2</i>	23
5.1.3	<i>Hypotes 3</i>	23
5.1.4	<i>Interaktionsplott hypotes 1,2 och 3</i>	24
5.1.5	<i>Tukey test</i>	25
5.1.6	<i>Total prognos</i>	26
5.2	ANOVA: GARN, SLÄTSTICK OCH FLEECE	27
5.2.1	<i>Hypotes 4</i>	28
5.2.2	<i>Interaktionsplott hypotes 4</i>	29
5.2.3	<i>Tukey test</i>	29
5.2.4	<i>Total prognos</i>	30
5.3	SPRIDNINGSDIAGRAM: HYPOTES 5	31
5.3.1	<i>Hypotes 5</i>	31
6	DISKUSSION	32
6.1	DISKUSSION EXPERIMENTELLT UTFÖRANDE	32
6.1.1	<i>Hypotes 1:</i>	33
6.1.2	<i>Hypotes 2:</i>	33
6.1.3	<i>Hypotes 3:</i>	33
6.1.4	<i>Interaktion mellan garn*delning, garn*smärgling och delning*smärgling</i>	33
6.1.5	<i>Hypotes 4:</i>	34
6.1.6	<i>Hypotes 5:</i>	34
6.2	MILJÖ	34
7	SLUTSATS	36
8	FÖRSLAG PÅ VIDAREFORSKNING	37
9	REFERENSER	38
10	BILAGOR	40
10.1	BILAGA 1	40
10.2	BILAGA 2	45
10.3	BILAGA 3	47
10.4	BILAGA 4	48

1 INTRODUKTION

1.1 INLEDNING

Miljöfrågor är ett återkommande ämne och de flesta är medvetna om att människors beteende måste förändras för att förbättra miljöförhållanden för kommande generationer.

Plaster i haven är ett problem forskare har varit medveten om länge. Redan på 1930-talet observerades pälssälar med olika typer av plastföremål som fastnat runt delar av djurens kroppar, främst halspartiet. Under 1960-talet blev upptäckter av plastföremål i Norra Stilla havet mer frekventa. En anledning till detta var att fisket ökade i regionen och fiskeredskap i plast blev vanligare under denna period(Fowler 1987). 1999 var Charles Moore den första rensa ytvattnet från plaster. Området i Stilla havet där detta genomfördes kom i efterhand att kallas "Great Pacific Garbage Patch" och är indelad i den västra och östra delen. Denna enorma sophög har jämförts med en flytande deponi(Bawden 2014) och storleken motsvarar tre gånger hela Sveriges yta(Kaiser 2010). Avfallsansamlingen orsakas av strömmar som skapar en cirkulär effekt och snärjer skräp som finns i havet(Kostigen 2008).

I februari i år presenterade det amerikanska vetenskapliga samfundet AAAS (The American Association for the Advancement of Science) skakande siffror. Samfundets studie uttryckte att mängden plastavfall kommer fördubblas från år 2010 till 2025(Bryn 2012). En sexårig studie (Marcus Eriksen 2014) avslutad 2013 visade på att omkring 5,25 triljoner plastbitar med en totalvikt över 250 000 ton flyter runt i haven. Resultat av forskning visar att över 90 % av de funna plasterna är av typen mikroplaster (<5 mm). Det har i flera studier visats att vattenlevande organismer, fiskar och fåglar har förväxla plastavfall med föda och därmed orsakat skada hos djuren(Moore 2008, Matthew Cole 2013, Louise K. Blight 1997). Forskning visar att mer än 260 arter har drabbats i större eller mindre utsträckning av plastavfall i haven(Michelle Allsopp 2006).

2011 släpptes en publikation där ännu ett problem inom ämnet presenteras. Studien visade att en enda fleecetröja kan släppa 1 900 fibrer vid en tvätt(Mark Anthony Browne 2011). Detta innebär att det inte bara är direkt nedskräpning och föroreningar som förstör haven, textilfibrer faller av från plagg vid tvätt, rinner ut i avloppsvattnet. Delar fångas upp i reningsverken, dock är antalet textila fibrer som passerar reningsverken högt vilket medför att mängden partiklar som tar sig vidare ut i recipienten och förorenar vattnet är anmärkningsbara(Kerstin Magnusson 2014). Att textilier har en stor påverkan till plasterna i havet intygar provtagningar som Havsmiljöinstitutet gjort åt länsstyrelsen i Västra Götaland(Fredrik Norén 2014). En undersökning av mikroskopiskt skräp längs den svenska västkusten från Smögen till Göteborg, under 2013 och 2014. Studien visade att över 90 % av alla funna partiklar var från textila material.

Idag finns enbart en begränsad mängd forskning inom området fiberemission från tvätt. Resultat från studier så som Browns och Länsstyrelsen visar att detta är något som måste undersökas i mycket

större utsträckning. Detta eftersom hushållstvättning som den ser ut idag kan ha ödeläggande effekt på haven och dess samhällen.

Undersökningen är en jämförelse av den mängd fiber som olika polyestermaterial släpper ifrån sig. Genom att testa dels olika garntyper, konstruktioner och olika mekaniska bearbetningar är målet att genomföra en jämförande studie för att se vilken av dessa som medför störst emission av fiber vid tvätt. Grundtanken med arbetet är att efterlikna konsumenters vardagssituationer. Resultatet från denna undersökning kan visa vilka polyestermaterial som är mest lämpliga att använda med utgångspunkt att de har en låg fiberemission vid tvätt. De material med minst mängd shedding är de som bör rekommenderas till konsumenter.

1.2 SYFTE

Undersökningen syftar till att klargöra vilka valda parametrar vid tillverkning hos textilier som påverkar mängden emission av polyesterfibrer vid hushållsnära tvättning och hur dessa påverkas när plagget slitits av användning. Syftet är även att undersöka hur emissionen vid tvätt av ett textilt material påverkas av upprepade tvättningar. För att uppfylla syftet provas följande faktorer; garntyp, konstruktion, mekaniska bearbetningar och antal tvättar.

1.2.1 Hypotes

Det är skillnad på mängden fiberemission hos olika textilier av polyester.

1.3 PROBLEMFORMULERING

Nedskräpningen av plast orsakar ett miljöproblem i havet på grund av sin beständighet i naturen. I det avloppsvattnet som rinner ut i haven från hushåll kommer en märkbar del från den fiberemission som textilier bidrar till. Med denna undersökning utreds hur stor fiberemission olika polyestermaterial orsakar vid hushållstvätt.

Genom att undersöka olika faktorerers inverkan hos en polyestervara kan det fastställas vilka olika parametrar som bidrar till mest fiberemission. Denna kunskap kan sedan användas i tillverkningsstadiet för att konstruera en textil vara med förutsättningar att fälla minimal mängd fiber vid tvättning. Genom att studera de textila materialen vid upprepade tvättningar kan emission avläsas och ge en bild av de antal tvättar som ger högst mängd fällning av fiber och därmed är mest kritiskt.

1.3.1 Underhypoteser

- Skiljer sig mängden shedding av fiber vid tvätt mellan ett polyestergarn 100den/36f och 100den/144f?
- Skiljer sig mängden shedding av fiber vid tvätt mellan ett polyestertyg stickat i 18 delning och 28 delning?
- Skiljer sig mängden shedding av fiber vid tvätt mellan ett polyestertyg som simulerats slitning genom smärgling och samma tyg utan mekanisk bearbetning?
- Skiljer sig mängden shedding av fiber vid tvätt mellan en slätstickad vara och en fleecevara?
- Skiljer sig mängden shedding av fiber vid tvätt mellan en polyestervara som tvättats en, två, fem och tio gånger?

1.4 AVGRÄNSNINGAR

Då arbetet syftar till att granska vanor för hushållstvätt hos konsumenter har polyester valts ut till det enda materialet som undersökts eftersom det står för mer än 50 % av tillverkningen av syntetfibrer i dagsläget (*Polyethylene teraphthalate (PET)*). Det är syntetfiber som undersökts och inga naturfiber då arbetet syftar till att undersöka textilers plastpåverkan i havet. Man är dock medveten om att även naturfiber kan tänkas ha påverkan på haven.

Bakgrunden syftar till att ge läsaren en uppfattning om hur situationen ser ut med en ökad mängd plast i haven. När plaster diskuteras syftar detta till plaster i allmänhet, inte bara polyestermaterial. Ingen forskning har gjorts på *hur* polyesterfiber kommer ut i haven och inte heller har någon djupare undersökning gjorts om vad som händer med dessa när de befinner sig i havet. Utifrån tidigare forskning utgår man i detta arbete att textilfiber finns i haven. Studien syftar inte till att undersöka hur polyesterfibrer tar sig ut i recipienten utan arbetet har istället varit att undersöka vilka polyestermaterial som leder till mest fällning.

För att säkerhetsställa total insyn i tillverkningsprocessen har tester endast utföras på material som tillverkats på Textilhögskolan. Detta för att motverka att process- och bearbetningssteg skiljer sig mellan de olika tygerna. Gällande analysmetoden finns framför allt två vedertagna metoder för denna typ av undersökning; stickprov med hjälp av pipettrering av mindre mängder tvättbadvatten alternativt filtrering av badvattnet. I projektet används endast filtrering då detta ansågs som en säkrare metod efter att förtester gjorts och hela mängden av tvättbadvatten undersöks istället för en begränsad del. Tid och temperatur ansågs ha betydelse för emission av fiber. Detta är dock inget som undersökts i denna studie på grund av att tidsramen för arbetet är begränsad. Därför har samtliga tester utförts enligt ISO standard SS-EN ISO 105C06 för färghårdighet. Temperaturen 60°C och 30 minuter efter standard. Tvättmedel med olika hög alkanitet ansågs ha betydelse dock begränsade tiden även för denna del så det ansågs inte möjligt att genomföra sådan testning.

Undersökningen syftar till att granska antalet polyesterfiber per tvätt. Fibrerna har storleksklassats i small, medium och large för att ge läsaren en generaliserad bild av fibrernas mått. Syftet är att rangordna ungefärlig storlek på partiklarna, inte att utläsa exakta längd av dessa. Det hade varit intressant att studera möjligheten till vattenrening och utveckling av ett filtersystem för hushållstvättmaskin. Då möjlighet till mätning av partiklarna inte funnits har detta inte gjorts, eftersom fibrernas storlek anses avgörande för vidare studier av filter.

2 METOD

2.1 LITTERATURSÖKNING

För att få en djupare förståelse till ämnet utfördes under uppstarten av arbetet en litteraturstudie. Databaser som Summon och Scopus har använts för att finna artiklar. Fakta om plaster i haven, polyester, tvättning och dess förhållande till vatten har undersökts för att knyta samman dessa aspekter till projektets praktiska arbete. Sedan tidigare finns det ett fåtal studier på emission där vatten från tvättmaskiner undersökts den information som idagsläget finns tillgänglig har fått stödja projektets praktiska arbete.

För att utföra de tester som arbetet har innefattat har onlinebiblioteket e-nav använts för att få information om standarder kring tvättning och smörgling. De vetenskapliga artiklar som har använts till källor i arbetets har granskats utifrån dess referenser för att kunna söka primära källor och vidare information. Många återkommande sökord i olika databaser har varit: Plastic, microplastic, textile, marine environment, polyester, domestic washing med mera. Inom de ingående kurser som Textilingenjörsprogrammet innehåller har det funnits mycket kurslitteratur som har varit till nytta.

Samarbetet med Linn Åström från Göteborgs Universitet har även kunnat tillföra information till bakgrunden. Den information som har använts från litteratursökningen har granskats för att få en så källkritisk rapport som möjligt. De källor som har använts har sorterats utifrån publicerade datum, peer-reviewed och vetenskapliga publikationer. Från terminens informationssökning gavs råd om sökning av vetenskapliga artiklar som har nyttjas till detta arbete.

2.2 EXPERIMENTELLT INNEHÅLL OCH PLANERING

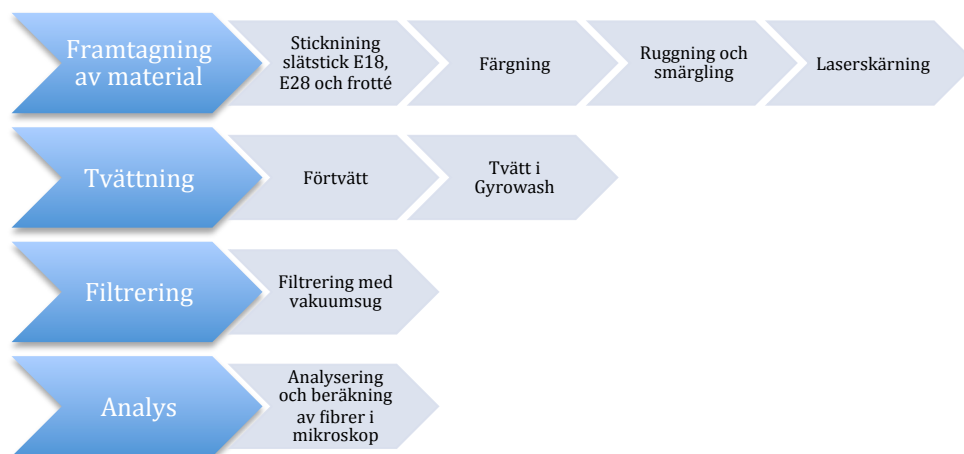
Arbetet inleddes med en experimentell förstudie för tvättmetoden där material stickades upp och färgades. Detta av tre anledningar:

- Metoden som använts i denna rapport är enligt studerad litteratur inte tidigare testad.
- För att undersöka möjligheten att använda sig av tvättmedel vid testutförandet, något som tidigare forskare menar blockerar de porer som finns i filtorna (Mark Anthony Browne 2011).
- Testa olika analysmetoder, filtrering samt pipettering för att avgöra vilken som gav mest tillförlitligt resultat.

Hantering av provbitar efter att tygerna var förtvättade skedde alltid med plasthandskar och pincett. Samtliga ytor som använts torkades noggrant innan utförande för att försäkra sig om att all hantering skedde under rena förhållanden. Bägare och all annan utrustning diskades noggrant mellan användning och tygbitarna förvarades i övertäckta rena glasbägare.

Figur 1: Planering av experimentellt arbete

Planeringen visar de olika stegen i utförande av det experimentella arbetet.



2.3 STATISTISKT ANALYS

För att undersöka de olika testresultatens signifikans har programmet Minitab använts. Två olika ANOVA har gjorts. Den första har undersökt den signifikanta skillnaden mellan de olika garntyperna, de två slätstickade konstruktionerna och tygerna som smärqlats och inte smärqlats. Värdena som använts i Minitab finnes i bilaga 2. Den andra ANOVA:n jämförde garntyperna, de två slätstickade konstruktionerna och fleecekonstruktionen som ruggats, se bilaga 3. För testgrupperna tvättade en, två, fem och tio gånger användes ett spridningsdiagram för att mäta skillnaden dels mellan tvättarna och dels mellan testgrupperna, värden som används, se bilaga 4.

3 BAKGRUND

3.1 PLAST OCH PLAST I HAVEN

1907 tillverkades den första syntetiska polymeren Bakelit av Leo Baekeland, sedan dess har utveckling och tillverkning av nya polymerer stadigt ökat (Ann-Christine Albertsson 2012). 1941 uppfanns den syntetiska polymer som kom att bli den främsta inom textilindustrin, polyester. Sedan 1950-talet har produktionen av plast ökat enormt och är idag en stor del av vår vardag. Under 2013 producerades det 299 miljoner ton plast i världen varav Europa stod för 57 miljoner av dessa (*Plastics - the Facts 2014/2015* 2015). De påstås ofta att de största källorna till de marina plastavfallen kommer från fiskindustrin, avloppsvatten och deponering (Andrady 2011). Bohuslän i Sverige är idag svårt drabbat av nedskräpning av plast då den Jutska strömmen från Skagen och Baltiska strömmen från Östersjön möts utanför Marstrand och bildar en gemensam ström för skräp som kan flyta i land (Frick 2014).

Stor del av den plast som tillverkas idag använts till förpackningsmaterial som har ersatt de tidigare cellulosabaserade förpackningarna. Anledningen till detta är att plastförpackningar är lättviktiga, hållbara, starka och resistent mot vatten, vilket även gör dem svårnedbrytbara (Derraik 2002). Plaster är uppbyggda av polymerer tillsammans med additiv. Polymerer är sammansättningar av flera monomerer och additiven tillsätts för att förändra materialets mekaniska beteende och förenkla tillverkningsprocessen. Additiv kan även användas som UV- och anti mögelstabilisatorer. Plast är resistent mot vatten vilket medför att de även är svåra för naturen att bryta ned och i sin tur leder till att plast som släppts ut från avloppsvatten till största del finns kvar och orsakar spridning av kemikalier i naturen (Derraik 2002). Additiven som tillsätts har betydelse för produkternas densitet, som i sin tur är avgörande för om plasterna flyter på vattenytan eller sjunker ner till djupare sediment (Andrady 2011). Plaster kan även binda vattenolösliga kemikalier som människor släppt ut i naturen och föra dessa vidare till havet där organismer kan filtrera upp plastfragmenten (Frick 2014), vilket i sin tur innebär att djuren bär runt på både plastadditiv och ytterligare kemikalier.

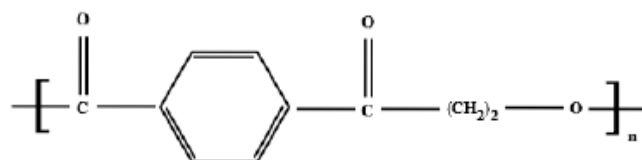
Mikroplaster är plastpartiklar av mindre storlek och definieras som mindre än 5 mm (Andrady 2011). De kan antingen vara av primär härkomst, om de tillverkats i den storlek i industrin, men även som sekundär om de har blivit nedbrutna från plast av större ursprungsstorlek (Stephanie L. Wright 2013). Mikroplaster sägs ha existerat i haven sedan fyra årtionden tillbaka, men det är under de senaste generationerna som diskussion kring dess miljöpåverkan har uppmärksamats (Matthew Cole 2011). De mikroplaster som finns i havet är bland annat partiklar från kosmetik och syntetfibrer så som polyester och polyamid. Tidigare forskning visar att textilfibrerna har påvisats i svenska vatten, mellan Göteborg och Smögen mättes att över 90 % av de funna fibrerna var från textil vid en provtagning 2013 till 2014 (Fredrik Norén 2014). Vattenprovning på svenska reningsverk visar på att mikroplaster i viss mängd tar sig igenom reningverken (Kerstin Magnusson 2014). Tidigare forskning visar även på att fällning av textila fibrer vid tvätt sker och utifrån dessa tre företeelser kan man dra slutsatsen att fiberfällning till stor del kommer från tvättning. Detta eftersom nedskräpning av textila produkter inte anses vara ett

påtagligt problem. Det är värt att ha i åtanke att reningsverk är något privilegierat och inget som finns att tillgå i alla länder. Vilket man kan tänkas leda till betydligt högre utsläppsnivåer i länder som saknar denna typ av rening.

De mikroplaster som är av mindre storlek gör det möjligt för organismer att uppta dem genom filtrering och dessa kan sedan kvarstå i vävnader eller avlägsnas med avföring. Kvarstår de kan detta leda till att plastfragmenten vandra vidare uppåt i näringskedjan (Frick 2014). Plaster av större storlekar har många gånger förväxlats med mat av exempelvis fåglar (Moore 2008).

Garn, material, olika antal material och teknik för framställning av tyg är de faktorer som påverkar förmågan av utfällande av fibrer vid tvättning (K. De Wael 2010). 2014 stod syntetfibrer för 62.6 % av den totala fibertillverkningen i världen (*The global fiber market in 2014* 2014). Ett nytt diskuterat ämne är de utsläpp av fibrer som kläder medför vid tvätt. Polyester är den mest producerade syntetfibern som tillverkas åt textilindustrin och framställs från polymeren polyetentereftalat, PET (Ann-Christine Albertsson 2012). Polyester uppfanns 1941 som den andra syntetfibern efter nylon och står idag för mer än 50 % av all tillverkning inom syntetfibrer (*Polyethylene teraphthalate (PET)*). Polyester är fina, regelbundna och genomskinliga fiber som oftast är krusade eller texturerade. Syntetfibers tvärsnitt kan variera eftersom detta bestäms av dysornas utseende vilket inte sker hos naturfiber (Tingsvik 2012).

Polyester består av kol, väte och syre där kolet är uppbyggt som ringar, så kallade aramidringar. Anledning till att polyester blivit en så välanvänd fiber är för dess styrka, nöttålighet och att det är möjligt att permanent värmehärda den. Polyester är elastisk och återhämtar sig efter sträckning, en av orsaken till att den konkurrerade ut sin företrädare nylon. Eftersom polyestern är hydrofobisk attraherar den gärna smuts av fett och olja, vilket kan vara negativt då den har förmåga att bära med sig miljögifter från naturen. Polyester har en kristallinitetsnivå på ungefär 65-85 % vilket innebär att den räknas som mycket kristallin (Tingsvik 2012). Det är vanligt att man i textilproduktion kombinerar polyester med naturfibrer så som ull och cellulosabaserade fiber, för att minska naturfibrernas tendens till skrynkling (Humphries 2009).



Figur 2: Kemisk struktur för PET

3.2 NEDBRYTNING AV PLAST

Idag bor hälften av världens population inom 80 kilometer från havet. Havet är nedströms och en referenspunkt för nivån av jordytan, därför kommer plastavfall från samhällen sträva mot att samlas i vattnet. (Moore 2008). Nedbrytning av mikroplaster innebär en förändring av polymerens molekylvikt och det adderas funktionella vätegrupper till polymeren. Detta sker på olika sätt via:

- Levande organismer → Bionedbrytning
- Inverkan av ljus- och solljus → Fotonedbrytning
- Oxidativ nedbrytning → Termonedbrytning
- Inverkan av höga temperaturer → Termisk nedbrytning
- Reaktion med vatten → Hydrolys

I havet kan endast nedbrytning av plastmaterial ske genom foto- och termonedbrytning (Andrady 2003). Där fotonedbrytningen som tidigare nämnts beror på ljus- och solljus inverkan och termonedbrytning av oxidativ nedbrytning.

Nedbrytning av både plast och biomaterial sker långsammare i havstillstånd jämfört med på land, på grund av den lägre temperatur och syrehalt som finns i vattenmiljöer. En snabbare nedbrytningsprocess är fotonedbrytning med inverkan av UV-strålning belägna vid strandkanter och i luft (Andrady 2011). Beroende på lokalisering, årstid, tid på dygn och väderförhållanden skiljer solstrålningen sig åt. Polymerers vittring beror på främst tre saker (Andrady 2003)

- Upptagningsförmågan av solstrålning som polymermaterialet är kapabla till
- Styrkan i de kemiska bindningarna vid solstrålning i relation till fotonenergier
- Omgivningsfaktorer så som värme och fuktighet

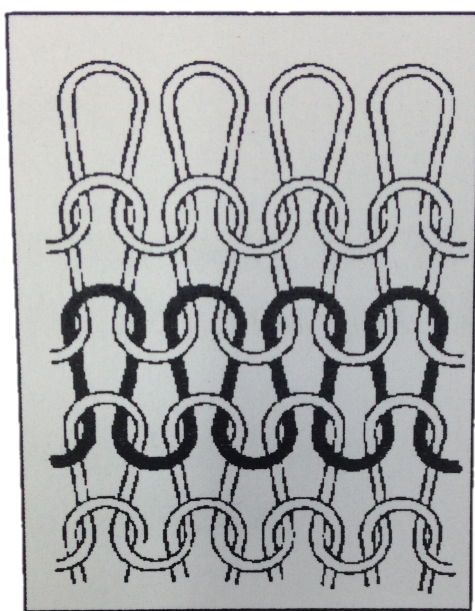
Följden av nedbrytning ger för polyesterfibrer reducerad elasticitet, sprödhet och försämrad återhämtning efter töjning (Andrady 2003). En vanlig situation som kan ske för polymerer av olika slag vid förekomst i havet är biobeväxning. Enligt Thangavelu Muthukumar et al. kommer alla ytor som vistas i havsmiljö så småningom att drabbas av biobeväxning, det vill säga tillväxten av djur och växter från marin härkomst på ett material, som också har en effekt på stabiliteten och nedbrytningen hos polymerer (Thangavelu Muthukumar & Loganathan Vedaprakash 2011, *Coatings technology: What is fouling?*). Beväxningen beror på de ytegenskaper som materialet har, alltså ytenergi, hårdhet och strävhet, men den fortsatta beväxningen tycks inte ha någon påverkan av dessa. När de polymera material angrips av beväxning blir deras yta mer hydrofilisk vilket även det påverkar ytenergin (Thangavelu Muthukumar & Loganathan Vedaprakash 2011). Då biobeväxningen ökar plastpartikelns tyngd kan detta till slut medföra att den sjunker och spridningen för plasten får ett ännu allvarigare tillstånd.

Alternativ ersättning till dagens plaster är bioplast, som är biobaserade och nedbrytbara material, kostnaden för tillverkningen begränsar mängden då den är fem till tio gånger så stor som petroleum-baserade plaster (Moore 2008). De studerade källorna anger inte den tid som krävs för fullständig nedbrytning av konventionell plast i naturen. Plasternas uppkomst är inom nuvarande generations tid och dess livslängd är okänd,

vilket kommer leda till att framtida forskning får avgöra beständigheten för plasterna.

3.3 TEXTILA BEGREPP

Textila material finns i många former så som; fibrer, garn, trikå, väv, nonvoven med mera. I detta arbete har trikåtekniken använts för att tillverka önskade tygprover. Trikå består av två huvudgrupper, varp- och väfttrikå, som skiljer sig i riktning, antingen horisontalt eller vertikalt, så maskorna går längs stickningen (Peterson 2007). Väfttrikå som främst används till beklädnadsprodukter har tillämpats och stickats på rundsticksmaskin. Rundssticksmaskiner har en nålbädd som är rund, vilket gör att varan stickas i slangform. De parametrar som påverkar varans utseende är storlek på garn, maskindelning, bindning och masklängd. Maskinens delning, d, talar om antalet nålar på en engelsk tum (25,4 mm) (Peterson 2007). Uttrycket för garn i rapporten är beskrivet exempelvis 100den/144f, Den är en förkortning för denier som förklarar garnets vikt i gram per 9000 meter och f talar om antalet fiberfilament i garnet. I det experimentella utförandet har 18 och 28 delning använts. Före 1980-talet var delningar så som 18 och 20 de vanligaste, men efter tid blev de högre delningar mer kommersiellt, bland annat delning 28. Dessa motsvarar alltså två av de vanligaste delningarna före respektive efter 1980-talet (Bengtsson 1995). Även bindningen är vald efter vad som är vanligast inom massproduktionen, slätstickning. I slätstickning gör garnet en maska på varje nål så att varan blir oliksidig med räta och aviga maskor (Peterson 2007). För att färga den strängformade varan, har en jetmaskin använts. En jetmaskin färgar varan i ett bad som drivs runt av en pump. Mekaniska efterbehandlingar så som smärgling och ruggning har utförts på vissa tygprover för att skapa önskad struktur på ytan. Smärgling innebär en slipning av fibrerna och vid ruggning lyfts fiberändarna upp ur materialet med hjälp av en cylinder som är beklädd med nålar (Rehnby 2010).



Figur 3: Väfttrikå

3.4 HUSHÅLLSTVÄTT

3.4.1 Tvätt och tvättmetoder i historien

Tvättmöjlighet och tvättningsutföranden har utvecklats enormt under de senaste seklen. I mitten av 1800-talet till början av 1900-talet var det en statussymbol med tillgång till tvättrum, vilket var vanligast förekommande bland överklassen. Under denna period användes läderprodukter i stor utsträckning, men även bomullsvaror blev allt vanligare. Tillgången på textil var begränsad och priserna höga, vilket medförde att mängden tvätt var förhållandevis låg. Detta ledde till att de få som hade tillgång till tvättmöjlighet ofta hyrde ut både tvättytor och anställd personal till andra (Klepp 2003). För arbetarklassen innebar tvättning ett slitsamt arbete med att bära, elda och värma vatten för att sedan blötlägga, skölja och klappa tvätt. Tvättning var därmed något som endast gjordes några få gånger per år (Lund 2009).

Under början och fram till mitten av 1900-talet ökade tvättning, en effekt av högre välstånd bland delar av befolkningen i Norden och därmed skapades större sociala krav på hygien även i medelklassen (Klepp 2003). Hygien var under denna period fortfarande bristfällig vilket orsakade spridning av sjukdomar så som kolera och tyfus. Under denna epok blev tvättservice tillgänglig för dem med ekonomiska resurser (Lund 2009). Brist på vatten ledde till att kollektiva tvättrum startades (Klepp 2003). Dessa av enklare typer, ved- och gaseldade pannor, skölbassänger och i undantagsfall enklare tvättmaskiner. Torkanordningar var ofta placerade på husets vind där det under vintrarna var väldigt kallt. Temperaturen resulterade i att det tog till en vecka för plaggen att torka. Tvättning var en tung syssla som tog flera dagar i anspråk och vanligt var att man tvättade mindre partier i kök eller badrum och torkade över spisen (Lund 2009).

Hygien blev 1930-talets modeord, Ludvig Nordström reporter för "Med Ludvig Nordström på husesyn" rapporterade om standarden hos de låginkomsttagande delen av befolkningen i Sverige (Nordström 1938). Tvättmaskiner blev allt vanligare under 1940-talet, där tvättning som tidigare tagit två personer två dagar att genomföra kunde nu göras av en person på 8 timmar. Staten ville utveckla tvättning ytterligare och utredningen Kollektiv tvättning presenterades 1947 med mål om att skapa storskaliga tvättanläggningar, ett projekt som startades men lades relativt snabbt ned då detta ledde till att tvätten fick transporteras långa sträckor (befolkningsutredning 1947).

Under mitten av 1900-talet till 2000-talet uppfanns nya fibrer, framför allt syntetfibrer ökade explosionsartat samtidigt som priset på textil sjönk. Nya fibrer innebar helt nya tvättvanor, där framför allt temperatur spelade en betydande roll. Ett lägre pris på textil och en bättre ekonomisk situation i samhället innebar en ökning av tvättmaskiner i hushållen och 1965 hade 90 % av befolkningen i Sverige tillgång till tvättmaskin (Klepp 2003, Lund 2009). Under 1980-talet handlade tvättdebatten istället om torktumlarens skadeverkning och under 1990-talet slog lågenergimaskinerna igenom på allvar (Lund 2009).

3.4.2 Tvättvanor och miljöaspekt

Människors tvättvanor har även förändrats under de senaste seklen. I bondesamhället användes tidigare samma arbetskläder måndag till lördag, då man tvättade sig och bytte kläder. På söndag bars finkläder och på måndag klädde man sig återigen i de använda arbetskläderna vecka efter vecka. Helt annat är det idag, då det är väldigt vanligt att kläderna endast används en gång innan de tvättas. I en standardmaskin förbrukas 60 liter vatten och 1 kWh per tvätt. Detta i kombination med att människor idag tvättar ofta och sällan med fyllda maskin gör tvättning till en stor el- och vattenförbrukningskälla i samhället. Tvättning och torkning kan stå för en tredjedel av ett flerfamiljshus elräkning (Lund 2009).

Synen på renlighet och smuts säger mycket om tabun och moralen i ett samhälle enligt kulturanthropologen Mary Douglas. Renlighet handlar inte om huruvida något är smutsigt eller inte utan istället om vart och när det är placerat. Mat är rent på tallriken men smuts om det hamnar på golvet, tvättmedel är rent i förpackningen men smutsigt då det hamnar utanför tvättmedelsfacket (Douglas 1968). Mätningar visar på att endast 7 % av det som tvättas egentligen är smutsigt (Lund 2009). Konsumtionen av textil, tillgänglighet till tvättmöjlighet och en försämrad tvätthårdighet i många plagg har lett till att tvättvanor är helt annorlunda idag jämfört med för hundra år sedan (Klepp 2003). En undersökning om människors tvättvanor på 98 personer gjord av NEG, Norsk Etnologisk Granskning 2001 visar på att det idag är viktigt att se ren ut, vara hygienisk och framför allt inte lukta illa. Yngre människor tycks ha en större strävan efter att inte lukta illa där känslan av nytvättat och att lukta gott är viktigare än att vara ren. Fläckar på kläderna tas inte längre bort utan istället väljer man att tvätta hela plagget i tvättmaskin. Studien visar på att tvättning har ökat från två tvättar i veckan under 1960-talet till 8 stycken i början av 2000-talet. Mängden tvättar har från 1930 till 2000 ökat från 250 kilo tvätt till 850 kilo (Klepp 2003).

3.5 TIDIGARE FORSKNING

Det finns tidigare forskning inom ämnet textila mikroplaster. Dessa har undersökt ämnet med andra metoder, så som undersökt tvättvatten från tvättmaskiner (Mark Anthony Browne 2011). K. De Weal et al. gjorde en studie med undersökning på potentiell shedding med hjälp av tejp, där resultatet mätts från en skala med 0 (inget fiberutsläpp) upp till 5 (väldigt hög shedding). De har i studien granskat bomull, ull och någon typ av syntetfiber (K. De Wael 2010).

1999 gjordes en studie av ytvatten i norra delen av Stilla havet, vid elva olika stationer med 3,5 m långa trål som totalt samlade 27 698 plastfragment (C. J. Moore 2001). I östra delen av Stilla havet har det på 8 av 11 sjöfåglar hittats plastpartiklar från både stora föremål som plastpåsar till mindre plastpellets (Louise K. Blight 1997). Här finns det även fler och liknande fall med just plastpartiklar och deras påverkan hos djur både i och kring havet.

Från avloppsvatten är textilfibrer funna bland de mikroplaster som studerats från sediment (Mark Anthony Browne 2011). Prover tagna från tvättvatten visar på att en enda fleecetröja kan släppa ifrån sig mer än 1900 fibrer vid en tvättning. Idag är syntetfiber den mest använda fibertypen inom textilindustrin. Världens befolkning ökar, vilket innebär att

mängden kläder och skötsel av dessa blir allt större. Beroende på väderförhållanden och årstid är man mer klädd under vintern, tvättmaskiner används därför flitigare under denna tid och därmed blir utsläppen av fibrer fler(Mark Anthony Browne 2011).

I en studie från 2004 har avloppsslam samlats om 2 gram från olika platser i New York som sedan lösts upp i destillerat vatten för att separera fasta material från funna textilfibrer. Lösningen har filtrerats och textilfibrerna separerats och granskats i mikroskop. Studien visade att de textilfibrer som hittats från slammet var mer än fem år gamla(Kimberly Ann V. Zubris 2005).

4 EXPERIMENTIELLT GENOMFÖRANDE

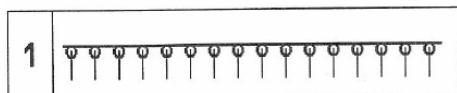
4.1 ÖVERSIKT TESTNING

Slätstick	Antal
2 garner (100/36, 100/144) x 2 konstruktioner (slätstick E18, E28)	
x2 ytor (smärglad och osmärglad) x 6 replikat	48
Fleece	
2 garner (100/36, 100/144) x1 konstruktion (frotté) x1 yta (ruggning)	
x 6 replikat	12
Tvätt över tid	
De två materialtyperna med störst variation väljs ut och tvättas 9 gånger till.	36
Dessa avläses efter tvätt 2,5 och 10	
Totalt:	96

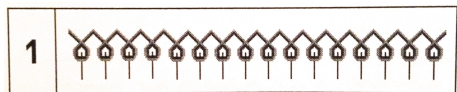
4.2 FRAMTAGNING AV MATERIAL

4.2.1 Val av material

En utvärdering gjordes på två av de vanligaste kommersiella tygtillverkningsmetoderna, trikåteknik och väveriteknik. Utifrån denna ansågs det mest lämpligt att gå vidare med trikåteknik eftersom metoden är lätthanterlig och inte kräver speciella förutsättningar i varp så som väveriteknik. Rundstickning valdes då detta är ett tidseffektivt tillverknings sätt jämfört med flatstickning vilket gör den vanlig inom massindustrin. För att skapa två materialtyper som är vanliga inom industrin men skiljer sig i struktur och funktion stickades två varor på delning 18 och delning 28. Bindningen slätstick valdes med motiveringen att eftersträva vad som är vanligt förekommande inom textilindustrin. Då tidigare forskning visar att fleece har tendens till större fällning av fibrer ansågs det viktigt att ha med detta som en faktor (Frick 2014). Därför valdes att sticka frotté som ruggades för att efterlikna ett fleeceplagg. För att undersöka vad som händer med plaggen som används och slitits med tiden, gjordes en smärglingsbehandling på delar av materialen. Denna hade som uppgift att symbolisera ett plagg som utsatts för slitning och skada. Innan några mekaniska bearbetningar utfördes, färgades tygerna i starka kulörer för att underlätta analysen så att fibrerna lättare kunde urskiljas från damm och andra partiklar.



Figur 4: Bindning Slätstickning



Figur 5: Bindning Frotté

4.2.2 Stickning E18- slätstick

Stickningarna gjordes på en Camber Velnit N.S Singelmaskin, maskinnr: 12210 med maskinstorlek 26" diameter och 18 sticksystem med 18 delning och garnmatning 3mm/121.

Tabell 1: Stickning E18 -Slätstick

Test	Beskrivning	Garn tjocklek/Antal filament garn	Garnmatning
A	Slätstickad lösare vara, mindre antal filament	100 den/36 f	3mm/121
B	Slätstickad lösare vara, fler antal filament	100 den/144 f	3mm/121

4.2.3 Stickning E28- slätstick

Stickningarna med delning E28 har utförts på Monarch singelmaskin med ringelapperatur, modell: RX-SDY med storlek 26" diameter på 12/48 sticksystem med en 28-delning och garnmatning 22mm/120.

Tabell 2: Stickning E28 -Slätstick

Test	Beskrivning	Garntjocklek/Antal filament garn	Garnmatning
C	Slätstickad tätare vara, mindre antal filament	100 den/36 f	22 mm/120
D	Slätstickad tätare vara, fler antal filament	100 den/144 f	22 mm/120

4.2.4 Stickning E18- frotté

Stickningarna gjordes på en Camber Velnit N.S Singelmaskin, maskinnr: 12210 med maskinstorlek 26" diameter och 18 sticksystem med 18 delning och garnmatning 3mm/121.

Tabell 3: Stickning E18 -Frotté

Test	Beskrivning	Garntjocklek/Antal filament garn	Garnmatning slätstick/frotté
E	Frottévara, mindre antal filament	100 den/36 f	3 mm/121 /15mm/6
F	Frottévara, fler antal filament	100 den/144 f	3 mm/121 /15mm/6 mm

4.2.5 Färgning

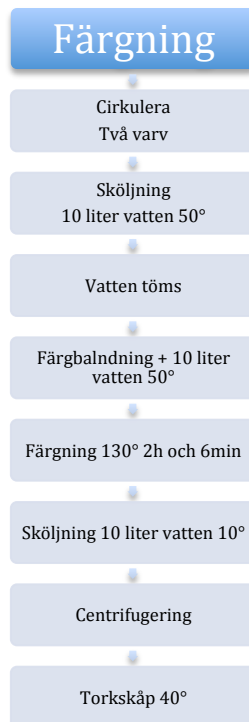
För att textilpartiklarna lättare skulle urskiljas från damm och smutspartiklar färgades den ursprungligen vita polyestern. Färgningen skedde på jetmaskin från Mathis, modell Lab-jet JFO ca 500 gram tyg per färgning. Först blandades färgningsrecept enligt rekommendation för färg från DyStar i två olika kulörer; Dianix Luminous Red 3B användes för frotté tygerna och Dianix S Orange S-G 200 % för de olika typerna av slätstickade varor.

Tabell 4: Färgblandnings recept

Materialmängd	Ättiksyra 24 %	Dispergeringsmedel (Lyocol RDN)	Vatten
500 gram tyg	25 ml	5 ml	0,5 liter

De rundstickade tubernas ändar syddes ihop med varandra i jetmaskinen för att möjliggöra cirkulation i maskinen. Sedan sköljdes de först med 10 liter varmt vatten, ca 30 grader i maskinen och fick cirkulera runt i två varv. Detta för att avlägsna eventuella smutspartiklar och stickningsoljor. Vattnet tömdes ut, färgblandningen tillsattes och även 10 liter nytt vatten med samma temperatur. Färgningen skedde enligt maskinprogram; 130 grader, 2 timmar och 6 minuter.

När färgningen var avslutad sköljdes testerna igen med 10 liter vatten som denna gång var ca 10 grader. Återigen lät man tuben gå igenom två varv för att sedan släppa ut vattnet och upprepa samma process en gång. Efter detta centrifugerades tyget 30 sekunder i en centrifug från Electrolux, modell H 113, produkt nummer: 915 4013-22. 50 Hz, 350 W och 2800/minut. Tyget torkades torrt i ett torkskåp med temperaturen 30 grader.



Figur 6: Färgningsschema

4.2.6 Ruggning

De båda frottématerialeten ruggades i en ruggmaskin från Franz Liedl modell Lana, Nr 414. Då maskinen är av äldre modell och inte har någon digitalt system som visar kraft och tid för utförande, fick detta utföras manuellt. Tygbitar med en storlek på cirka 30 x 30 cm hölls med en kraft som resulterade i att det tog ca 10 sekunder för tyget att gå genom maskinen. Detta upprepades fem gånger på vardera sidan och fem gånger åt vardera håll på tyget, båda gångerna med 90 graders vinkel mot maskstavarnas riktning.

4.2.7 Smärgling

Genom att smärgla de stickade tygerna kunde en yta skapas för att simulera ett använt plagg. För att utföra smärgling fästes en plywoodskiva upp i en testtrigg med en skumdyna placerad ovanpå. De olika tygerna spändes sedan fasts på fästordningen och en slipmaskin från Black&Decker KA85 Belt sander 75X457mm med slipbandsduk med 60 korn användes med start från 5 cm höjd och full hastighet. Kontakttiden på tyget var 1 sekund med manuell kraft.

4.2.8 Skärning

För att motverka lösa fibrer och för att få identisk storlek på testbitarna, laserskars de torkade tygerna i 10x10cm kvadratiske bitar, i en laserskärare från GCC LaserPro, modell SpiritGLS, med inställningarna; Pen: red, Speed: 9.4, Power: 93 och PPI: 1417.

4.2.9 Testöversikt

Nedan visas en sammanställd tabell över de olika polyestertyger som tillverkats.

Tabell 5: Översikt tester

Test	Garntyp	Delning maskin	Frotté ruggad till fleece	Slätstick	Smärgling
A	100/36	E18	-	X	-
B	100/144	E18	-	X	-
C	100/36	E28	-	X	-
D	100/144	E28	-	X	-
E	100/36	E18	X	-	-
F	100/144	E18	X	-	-
G	100/36	E18	-	X	X
H	100/144	E18	-	X	X
I	100/36	E28	-	X	X
J	100/144	E28	-	X	X

4.3 TVÄTTNING

4.3.1 Förtvätt

Alla tygproverna förtvättades i en Wascator FOM 71 Mp maskin programnummer 6, 40 grader i 15 minuter, enligt standard för hushållstvätt SS-EN ISO 6330 (Institute 2012). Detta för att eventuella dammpartiklar och lösa fibrer som uppkommit vid hantering skulle avlägsnas. Inget tvättmedel användes vid denna tvättning.

4.3.2 Tvättning

Tvättningen skedde utifrån ISO standard SS-EN ISO 105-C06, för färghårdighetstestning (Institute 2012). Metoden har modifierats från 10x4 cm testlappar till 10x10 cm storlek. Testningen skedde i Gyrowash one bath 815/8 med temperatur 60 grader, tid 30 minuter i 255 ml bägare med 125 ml vatten och 0,375 ml tvättmedel från Via flytande kulörtvättmedel. Mängden vatten och tvättmedel är modifierat till den nya storleken utifrån SS-EN ISO 105-C06 standarden. I varje behållare lades 25 stålkulor även detta enligt standard.

De tvättade provbitarna plockades upp med en pincett och sköljdes sedan med 5 x 3 ml vatten för att avlägsna eventuella lösa fibrer på tyget. Tyget pressades ut för hand med fem hårda tryck, vilket resulterade i att materialet var torrt likt ett centrifugerat material. Efter detta hölls badvattnet i bägaren över till ett borosilikatglas 3,3 med skruvlock i polypropen. Med stålkulorna kvar i behållaren sköljdes kanterna på bägaren med 5 x 3ml vatten för att försäkra att inga fibrer satt kvar, sedan hölls tvättvattnet över i glasbehållare.



Figur 7: Stålcylinder med stålkulor, vatten, tvättmedel och tygprov
Figur 8: Gyrowashmaskin med stålcylindrar

4.4 FILTRERING

Glasbehållaren med tvättvatten skakades försiktigt för att eventuella partiklar som suttit fast på glasväggarnas insida skulle avlägsnas och följa med när vätskan hölls ut i tratten. Tratten som användes var från Duran med diametern 42,5 mm och där ett lika stort glasfiberfilter från leverantören VWR Cat. No. 516-0887 med en porstorlek på 1,2 μm var placerat. Tratten placerades i en filtreringsflaska med glasslangsanslutning från Duran 500 ml kapacitet. En gummiring smord med silikonfett placerades kring flaskmynningen för att tättsluta mellan tratt och filtreringsflaska. Flaskan var kopplad till en vakuummaskin från Edwards, modell: oil mist filter emf20, för att möjliggöra för vattnet att passera porerna i filtret. Filterna plockades upp ur tratten med pincett och ett kryss märktes med en penna som gav fyra rutor för att underlätta räkningen av polyesterfibrerna.



Figur 9: Filtrering av tvättvatten med vakuumsug

4.5 ANALYS

Glasfiberfilterna placerades i mikroskop för analysering av antal och storlek av fibrer från de tvättade tygproven. Som tidigare nämnts var de olika tygproverna färgade i skarpa kulörer för att säkerställa att textilfibrerna inte förväxlades med någon annan typ av partikel vid räkning. Eftersom de stickade tygproverna genomgått en laserskärning och de utstickande fiberändarna av polyester vid beskärningen blir brända, har dessa inte beräknats då emissionen endast ska gestalta fibrerna från konstruktionen. Om de brända fiberändarna inkluderats hade detta motsvarat även laserskärarens kapacitet. Andra partiklar och fibrer av annan kulör har även försumrats vid analyseringsberäkningen. Mikroskopet som användes var Carl Zeiss: 475002-9902. Fibrerna delades in i en storleksskala från small-large, där small representerar en liten fiber och large representerar en stor fiber. Bilder nedan har fotats för att identifiera storleken på fibrerna.



**Figur 10: Fiberstorlek small, längst upp i bild + Fiberstorlek medium
2 stycken, nedan i bild**



Figur 11: Fiberstorlek large

5 RESULTAT

För att besvara de ställda hypoteserna med samlad data utifrån de analyserade tygproverna, har statistisk beräkning med hjälp av ANOVA och spridningsdiagram använts. ANOVA har använts för att besvara de ingående faktorernas påverkan till fiberemission där följande parametrar ställs emot varandra; smärbling, garn och delning. Samma metod har använts för att jämföra slätstickad vara med fleecematerial. Med hjälp av ett spridningsdiagram skildrades datan för 'tvätt över tid' och visade hur emissionen av fibrer för de två valda tygerna uppträdde efter antal tvätt.

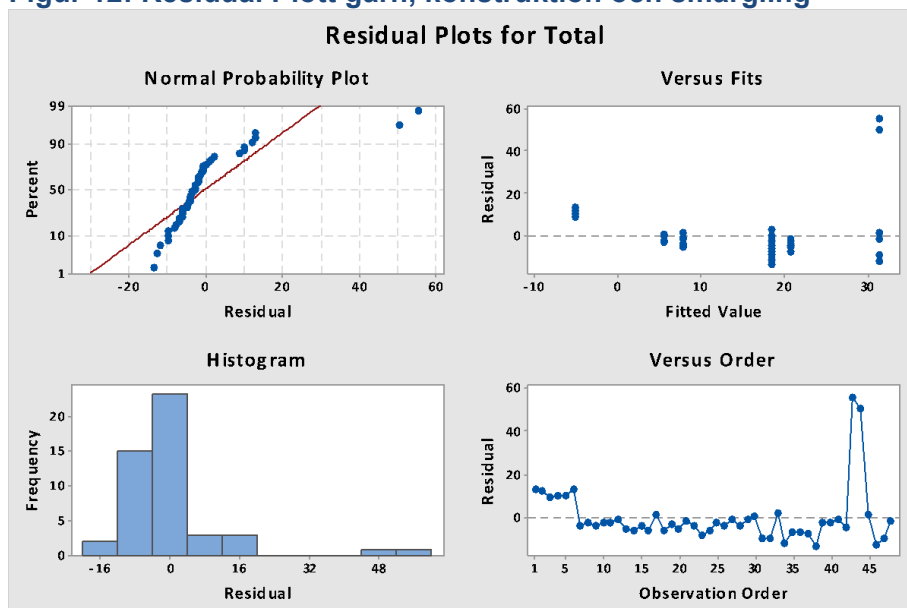
5.1 ANOVA: GARN, KONSTRUKTION OCH SMÄRGLING

Tabell 6: variansanalys garn, konstruktion och smärbling

Faktor	P-värde
Garn	0,000
Delning	0,000
Smärbling	0,002
Garn*Delning	0,006
Garn*Smärbling	0,036
Delning*Smärbling	0,010
Standardavvikelse	11,1844

Enligt variansanalys ovan finns signifikant skillnad mellan samtliga kombinationer för garn, delning och smärbling då man utgått ifrån en signifikantsnivå på 95 %. Detta resultat innebär att det finns varians inom de olika faktorerna och mellan kombinationerna för dessa. Det finns en standardavvikelse i analysen på 11,1844 som är den totala avvikelsen från medelvärdet.

Figur 12: Residual Plott garn, konstruktion och smärbling



Residualplotten visar att det finns två resultat som ger en hög spridning i grupp J, replikatnummer 1 och 2 (se bilaga 1). Detta innebär att resultaten kommer medföra en större osäkerhet för modellen.

5.1.1 Hypotes 1

Skiljer sig mängden shedding av fiber vid tvätt mellan ett polyestergarn 100den/36f och 100den/144f?

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2^1$$

Tabell 7: Modell med tvåfaktor interaktion

Garn	N	Mean	Grouping
100/144	24	19,75	A
100/36	24	6,75	B

Tvåfaktor-interaktionen visar på att garn 100den/144f har en högre mängd fällning av fiber, med ett medelvärde på 19,75 fiber per tvätt jämfört med garn 100den/36f med ett medelvärde på 6,75 fiber per tvätt.

5.1.2 Hypotes 2

Skiljer sig mängden shedding av fiber vid tvätt mellan ett polyestertyg stickat i 18 delning och 28 delning?

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2^2$$

Tabell 8: Modell med tvåfaktor interaktion

Delning	N	Mean	Grouping
E28	24	19,7083	A
E18	24	6,7917	B

Tvåfaktor-interaktionen visar på att delning 28 har en högre mängd fällning av fiber jämfört med delning 18.

5.1.3 Hypotes 3

Skiljer sig mängden shedding av fiber vid tvätt mellan ett polyestertyg som simulerats slitning genom smärgling och samma tyg utan mekanisk bearbetning?

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2^3$$

Tabell 9: Modell med tvåfaktor interaktion

Smärgling	N	Mean	Grouping
1	24	18,5833	A
0	24	7,9167	B

Tvåfaktor interaktionen visar på att smärglat tyg har en högre mängd fällning av fiber jämfört med en osmärglad vara.

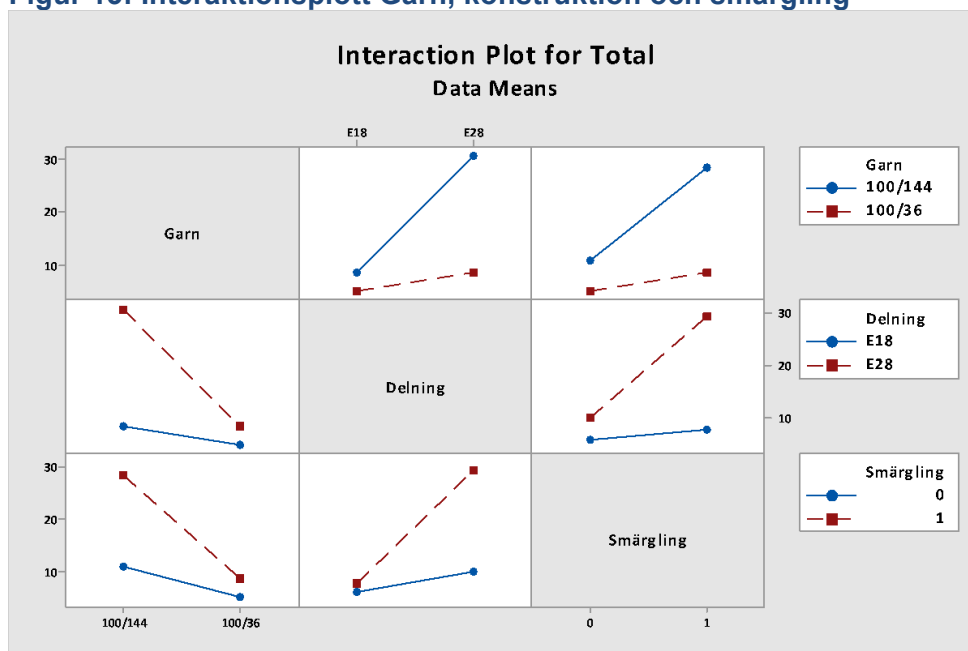
¹ μ_1 är garn 100den/36f och μ_2 är garn 100den/144f

² μ_1 är delning E18 och μ_2 är delning E28

³ μ_1 är osmärglad och μ_2 är smärglad

5.1.4 Interaktionsplott hypotes 1,2 och 3

Figur 13: Interaktionsplott Garn, konstruktion och smärgling



Från en interaktionsplot kan interaktion mellan olika faktorer utläsas beroende på linjernas lutning. Är linjerna parallella innebär detta att ingen interaktion sker. Figuren ovan visar på att interaktion råder då dessa inte är parallella. I denna figur kan interaktion mellan garn och delning, garn och smärgling samt delning och smärgling utläsas.

5.1.4.1 Garn kontra delning

Följande resultat kan utläsas från figur 13: interaktionsplott i första kolumn andra raden och första raden i den andra kolumnen. Garn 100den/36f har liknande mängd shedding på båda delningar, dock något högre på E28 än E18. 100den/144f garn stickat på delning 18 faller betydligt mindre än på delning 28. De båda garnsorterna har lägre fällning på delning 18 än på delning 28. Garn 100den/144f faller mer fibrer än garn 100den/36f på båda delningar. Det är markant större mängd fiberemission på garn 100den/144f stickat på E28 än samma garn stickat på delning 18.

5.1.4.2 Garn kontra smärgling

Från den tredje raden i kolumn ett och första raden i kolumn tre i figur 13: interaktionsplott visas följande: Garn 100den/36f och garn 100den/144f har båda lägre fällning på osmärglat material än smärglat. 100/144 garn har en högre emission på både smärglat och osmärglat jämfört med garn 100den/36f. Skillnaden mellan osmärglat och smärglat är betydligt lägre hos garn 100den/36f än 100den/144f. Då garnerna är smärglade kan en större skillnad utläsas mellan dessa, där garn 100den/144f återigen har en betydligt större emission av fiber jämfört med 100den/36f.

5.1.4.3 Delning kontra smärgling

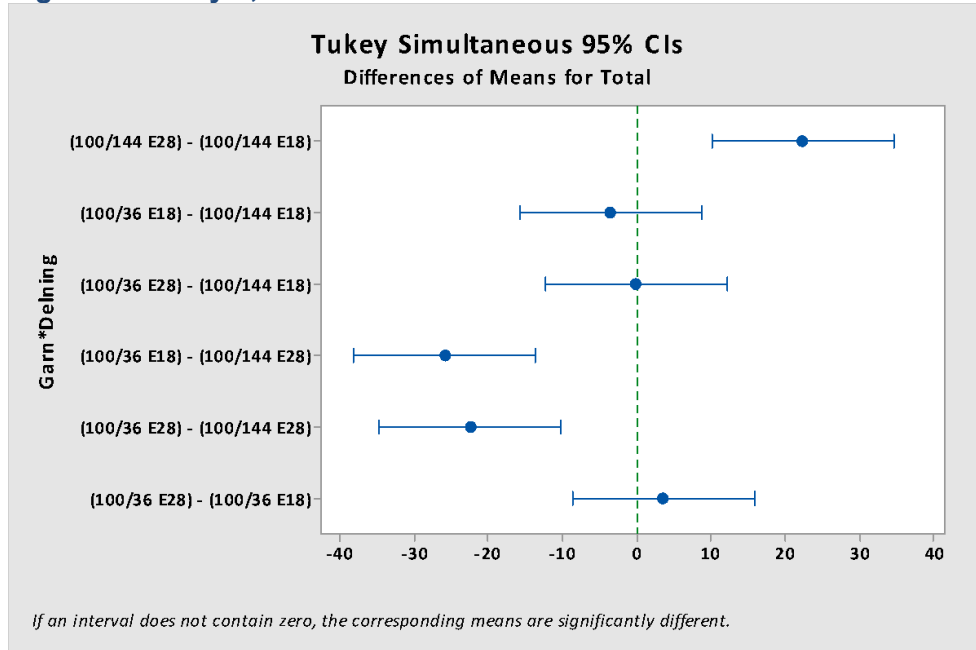
I den tredje raden i kolumn två och andra raden i kolumn tre i figur 13: interaktionsplott visas följande resultat. Det smärglade och osmärglade materialet har nästintill samma mängd shedding vid delning 18. Smärglat

material har en betydligt högre mängd shedding i delning 28 jämfört med delning 18 medan osmärqlat material endast faller föga mer i delning 28 än i delning 18.

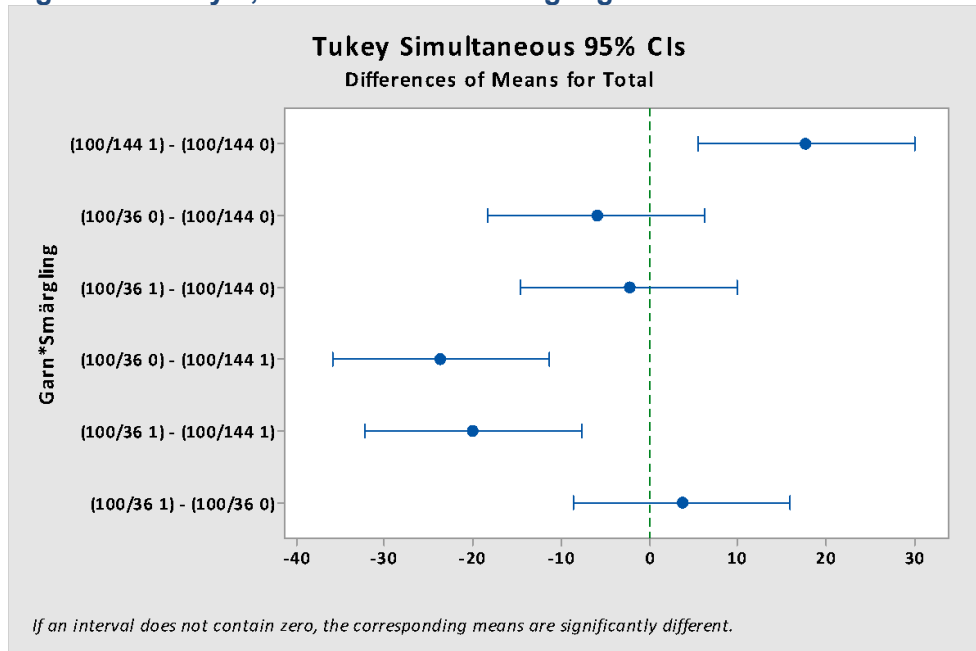
5.1.5 Tukey test

Nedanstående figurer visar olika kombinationers signifikans. Alla linjer som innehåller noll är inte signifikanta.

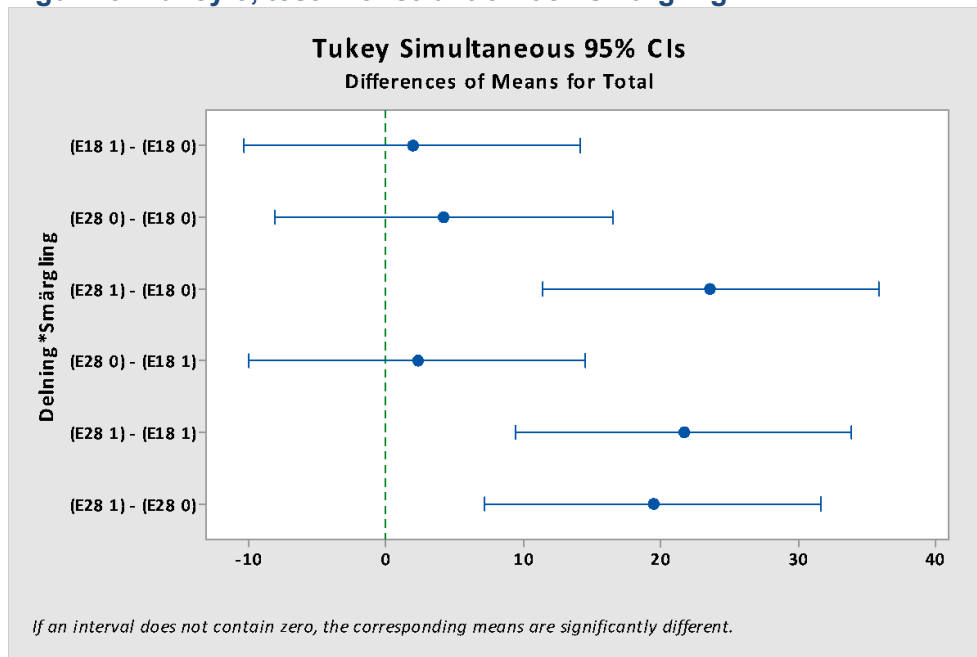
Figur 14: Tukey 1, test: Garn och konstruktion



Figur 15: Tukey 2, test: Garn och smärbling



Figur 16: Tukey 3, test: Konstruktion och smärgling



5.1.6 Total prognos

I den totala prognosen jämförs de olika testerna där kolumn Fit talar om den genomsnittliga mängden shedding för varje testgrupps samtliga replikat. Mängden shedding har storleksordnats för att lätt kunna urskilja och se differensen mellan testerna.

Tabell 10: Total prognos

Fit	SE Fit	Test	Garn	Delning	Smärgling
44,125	4,27112	J	100/144	E28	1
17,7083	4,27112	D	100/144	E28	0
14,7803	4,27112	I	100/36	E28	1
13,0417	4,27112	H	100/144	E18	1
7,54167	4,27112	A	100/36	E18	0
4,125	4,27112	B	100/144	E18	0
2,45833	4,27112	G	100/36	E18	1
2,29167	4,27112	C	100/36	E28	0

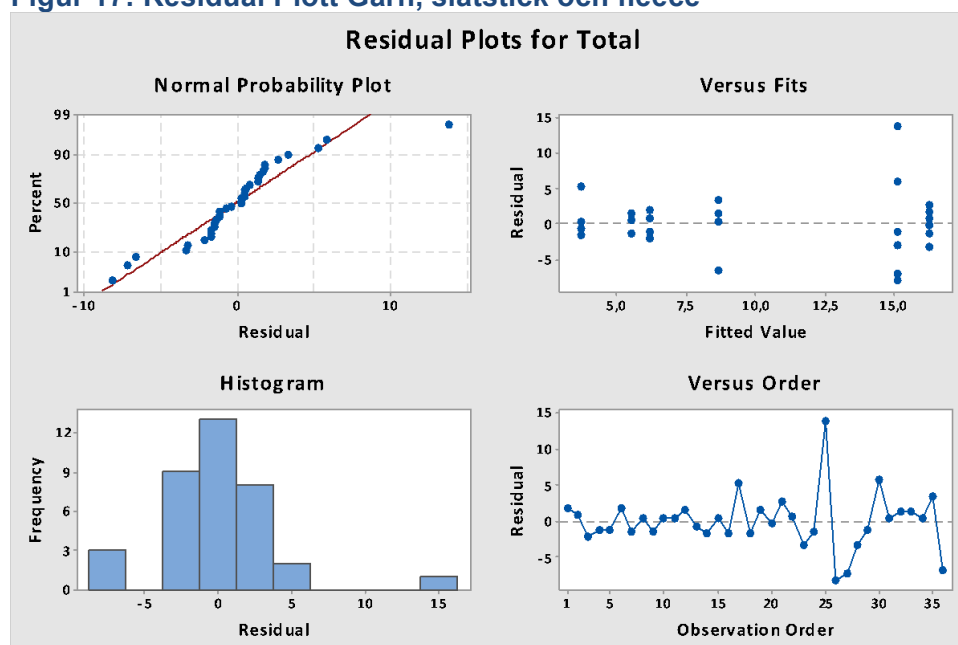
5.2 ANOVA: GARN, SLÄTSTICK OCH FLEECE

Tabell 11: Variansanalys garn slätstick och fleece

Faktor	P-värde
Garn	0.000
Konstruktion	0.003
Garn*Konstruktion	0.002
Standardavvikelse	4,07090

Enligt variansanalys ovan finns signifikant skillnad för samtliga faktorer garn, konstruktion och garn*konstruktion på signifikantsnivå 95 %. Vilket innebär att det finns signifikant skillnad mellan de två garnerna, mellan de två konstruktionerna och mellan garn kombinerat med konstruktion. Det finns en standardavvikelse i analysen på 4,07 som är den totala avvikelsen från medelvärdet.

Figur 17: Residual Plott Garn, slätstick och fleece



Residual plotten visar att det finns större spridning i försöket jämfört med figur 17: Residual Plott garn, konstruktion och smärgling. Hela försöket har en relativt hög spridning, man kan dock se i "Normal probability plot" att ett resultat skiljer sig markant från de andra, vilket är F replikat 1 (se bilaga 1).

5.2.1 Hypotes 4

Skiljer sig mängden shedding av fiber vid tvätt mellan en slätstickad vara och en fleecevara?

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1, \mu_2 < \mu_3^4$$

Tabell 12: Modell med tvåfaktor interaktion

Konstruktion	N	Mean	Grouping
E18_1 ⁵	12	11.9167	A
E28_0 ⁶	12	10.0000	A
E18_0 ⁷	12	5.8333	B

Tvåfaktor interaktionen visar att fleecematerial medelvärdesmässigt är den konstruktion som sheddar mest vid tvätt. Mängden skiljer sig dock föga jämfört med den slätstickade 28 delningen desto mer jämfört med den slätstickade E18.

Tabell 13: Modell med tvåfaktor interaktion

Garn*Konstruktion	N	Mean	Grouping
100/144 E28_0	6	16.3333	A
100/36 E18_1	6	15.1667	A B
100/144 E18_1	6	8.6667	B C
100/36 E18_0	6	6.1667	C
100/144 E18_0	6	5.5000	C
100/36 E28_0	6	3.6667	C

Garn i kombination med konstruktion visar på att E28 slätstickad har större mängd fällda fiber jämfört med fleecematerialet, även i detta fall en föga mängd.

⁴ μ_1 är slätstickad E 18, μ_2 slätstickade E28, μ_3 är fleece stickad på E18.

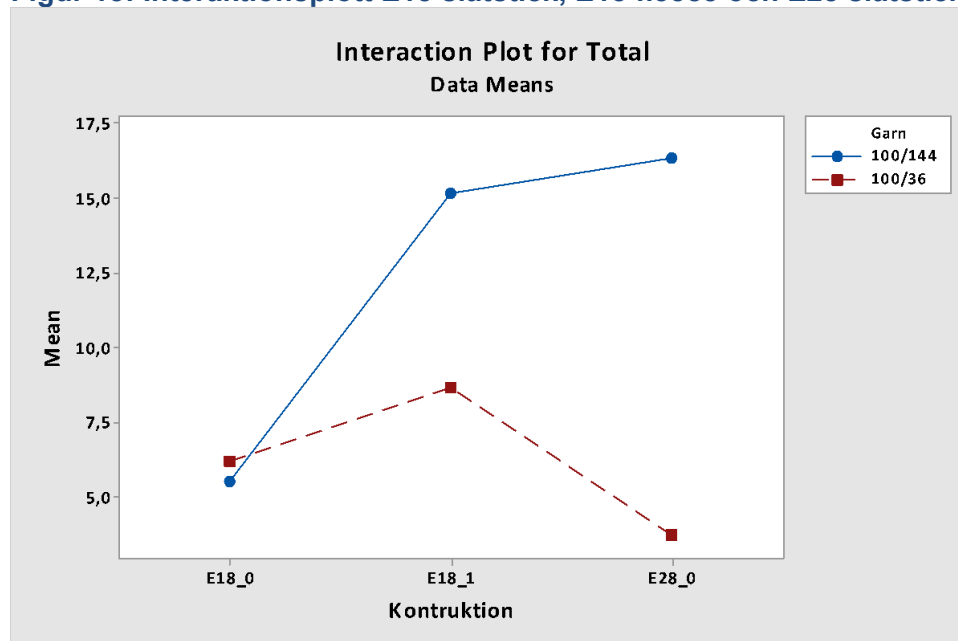
⁵ Fleecematerial

⁶ Slätstickad vara delning 28

⁷ Slätstickad vara delning 18

5.2.2 Interaktionsplott hypotes 4

Figur 18: Interaktionsplott E18 slätstick, E18 fleece och E28 slätstick

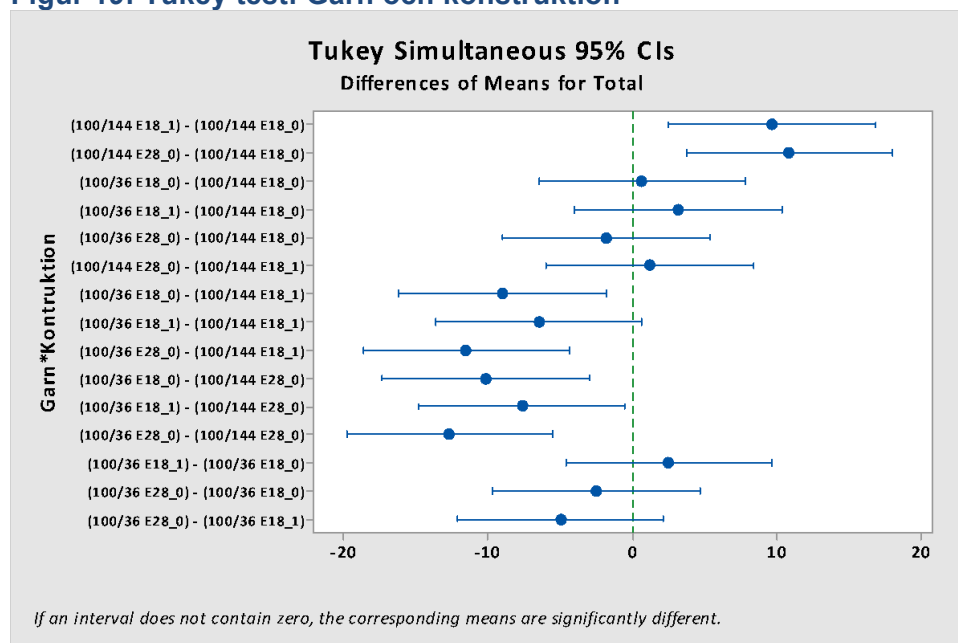


Interaktionsplotten visar bildligt vad som påtalats i tabell 12 och tabell 13.

5.2.3 Tukey test

Nedanstående figurer visar olika kombinationers signifikans. Alla linjer som innehåller noll är inte signifikanta.

Figur 19: Tukey test: Garn och konstruktion



5.2.4 Total prognos

Den totala prognos i detta kapitel likt för garn, konstruktion och smärgling talar om de olika testernas Fit-värde, som visar på den genomsnittliga mängden shedding för varje testgrupps samtliga replikat. Mängden shedding har storleksordnats för att lätt kunna urskilja och se differensen mellan testerna.

Tabell 14: Total prognos

Fit	SE Fit	Test	Garn	Konstruktion
16,3333	1,66194	D	100/144	E28_0
15,1667	1,66194	F	100/144	E18_1
8,66667	1,66194	E	100/36	E18_1
6,16667	1,66194	A	100/36	E18_0
5,5	1,66194	B	100/144	E18_0
3,66667	1,66194	C	100/36	E28_0

5.3 SPRIDNINGSDIAGRAM: HYPOTES 5

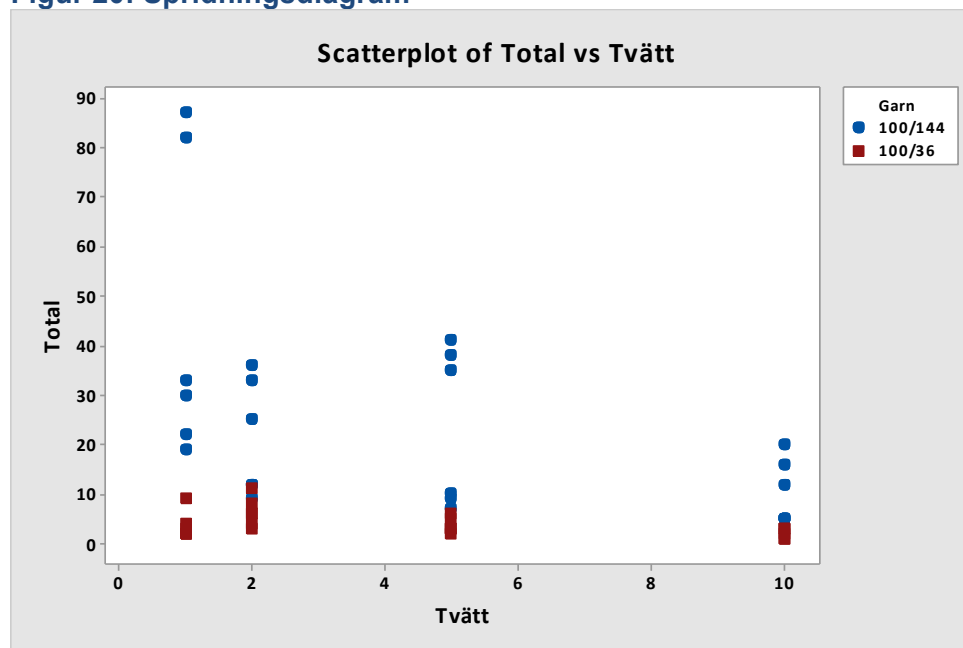
5.3.1 Hypotes 5

Skiljer sig mängden shedding av fiber vid tvätt mellan en polyestervara som tvättats en, två, fem och tio gånger?

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4^8$$

Figur 20: Spridningsdiagram



Spridningsdiagram figur 20 visar på att mängden emission ökar till en början hos de båda tygvarorna för att sedan avta. Tyg J (garn 100den/144f) har från första tvätt en högre mängd fiberemission och detta förblir under de totala tio tvättarna jämfört med tyg C (garn 100den/36f). Vid tvätt fem minskar mängden shedding för tyg C medan tyg J får en fortsatt ökad mängd fiberemission, vid tvätt tio har båda grupperna en avtagande fällning. Med undantag för tvätt nummer fem och J:s replikat 1 och 2 vid tvätt nummer 1 (se första stapel) har de båda garnerna liknande kurvor i spridningsdiagrammet.

8

μ_1 är efter en tvätt μ_2 efter två tvättar μ_3 efter fem tvättar och μ_4 efter tio tvättar

6 DISKUSSION

6.1 DISKUSSION EXPERIMENTELLT UTFÖRANDE

Under det experimentella utförandet har samtliga steg i största möjliga mån utförts så likartat som möjligt. Det finns dock delar som bör anmärkas, då dessa kan ha inverkan på det slutliga resultatet. Tillverkning av materialet valdes att utföras på Textilhögskolan då det är svårt att få tillgång till materialspecifikationer. Inom textiltillverkning är det sällan bara en leverantör som är inblandad. Garn tillverkas av en leverantör, sedan stickas det hos ett annat företag och ibland sker färgning och mekanisk bearbetning hos en tredje part vilket resulterar i att en grundlig beskrivning på tillverkningsstegen oftast saknas. Tillgången till maskiner har under delar av arbetet varit begränsat, vilket har lett till att flertal steg som kan ansetts vore lämpligt att utföra med hjälp av maskin har utförts manuellt. Smärpling skedde manuellt med en slipmaskin vilket resulterade i att ytan blev ojämnt uppluckrad på de olika polyestermaterialen och för de olika replikaten, något som kan ha påverkat resultatet. Detsamma gällde ruggning av fleecematerialet som även det skedde manuellt. I ruggningsmaskin krävdes att en tillbakahållande kraft lades på tyget, en kraft som var svår att hålla konstant för de olika tygmaterialet.

Efter att tvättvattnet hållits från tvättbägare till glasbehållare pressades det kvarstående vattnet från tygprovet ut för hand, då den totala mängden badvatten ansågs betydelsefull. Tyget önskades motsvara ett plagg som centrifugerats. Eftersom detta moment gjorde för hand och av olika personer kan kraften ha varierat och därmed påverka resultatet. Detta är inget som tydligt kunnat utläsas från resultatet. Då tvättvattnet dels hållits från stålbägare till glasbehållare och sedan till tratt som använts vid filtrering finns det risk för att fiber har förblivit kvar på kanterna i behållarna. Vatten har pipetterats för att undvika detta men möjligheten att enstaka fiber fastnat kvarstår. All analys har skett för hand med mikroskop. Att använda sig av denna metod var ett aktivt beslut då man med automatisk avläsning ansågs ha problem att skilja textilfibrerna från andra smuts- och dammpartiklar. Det finns dock alltid en viss osäkerhet i utförandet när saker görs manuellt. För att försäkra att resultatet blev så tillförlitligt som möjligt valdes dels att färga in tygerna, dels att analysera proverna direkt efter filtrering. Färgning skedde för att lättare kunna urskilja textilfibrerna från andra partiklar. Analysen skedde direkt efter filtrering för att filterpappret inte skulle torka och fibrerna då riskera att falla av. Det är värt att belysa att om tidsram var större skulle fler replikat av varje test gjorts, där en ökning från sex stycken till åtminstone tio stycken hade önskats för att få ett säkrare resultat.

6.1.1 Hypotes 1:

Enligt den första ANOVA-beräkningen var det ett faktum att garnen skiljde sig åt med en signifikants nivå 95 %. Resultatet visar att garnet med fler filament (100den/144f) nästan har en tre gånger så hög mängd fällning jämfört med 100den/36f garnet. Vilket kan antas bero på garn 100den/144f består av fler antal filament än garn 100den/36f.

6.1.2 Hypotes 2:

Detta kan utläsas från första ANOVA-beräkningen. Resultatet visade att tygerna stickade på delning 28 med nästan tre gånger så stort utfall, likt resultatet för garn. Den tätare bindningen E28 innehåller mer garnmaterial än E18 vilket antagligen är orsaken till den högre mängden shedding. Detta överstämmer med resultatet för garn, där 100den/144f garnet har fler filament än 100den/36f garnet. Mer filament och mer material ger alltså mer mängd fällning av fiber.

6.1.3 Hypotes 3:

Huruvida slitning på textilier påverkar andel shedding vid tvätt jämfört med nya varor har under undersökningen också testats. Som tidigare nämnts gjordes smärgling manuellt med slipmaskin då detta var den enda tillgängliga metod som fungerade. Önskan var att utföra detta på en Martindalemaskin som används för att mäta slitning av textilier. Ytan som bearbetades vid denna metod motsvarade dock inte 10x10 cm som krävdes för tygtesterna. Utifrån den statistiska sammanställningen kan man tydligt se att på tyg J replikat 1 och 2 skiljer sig från de andra replikaten i samma grupp. Detta beror antagligen på att dessa tygvaror fått en högre belastning än de andra vid smärglingen. Eftersom smärglingsmetoden var svår att tillämpa och i något fall gick tygprov även sönder vid processen är det svårt att försvara utfallet av specifika replikat. Man kan dock med större säkerhet säga att det finns skillnad mellan varor som är osmärglade och smärglade. Där man enligt två-interaktionsmodellen tabell 9 kan se att smärglade material faller drygt 2,5 gånger mer än osmärglade material.

6.1.4 Interaktion mellan garn*delning, garn*smärgling och delning*smärgling

Interaktionsplott figur 13 visar vilken interaktion det finns mellan de olika faktorerna, alltså hur de påverkas av varandra. Tabell 10 visar med Fit-värde vilket material som orsakar mest shedding (från mest till minst), där kombinationen av garn 100den/144f, delning 28 och smärglat material har en betydligt högre fällning än andra materialkombinationer. Tyg D, det material med näst högst andel fällning stärker tesen om att garn 100den/144f kombinerat med delning 28 ger högt utfall. Det är möjligt att diskutera huruvida resultat tyg G överstämmer med resterande resultat. I detta fall förstärks antagandet om att smärglingsutförandet varit bristfälligt. Om antagande att detta test beror på praktiska företeelser visar resterande resultat att det finns ett tydligt mönster att smärgling är avgörande för mängden fiberavfall. Förklaringen till att tyg C släppt få fibrer följer inte mönstret, vilket skulle kunna bero på att kombinationen av garn 100den/144f och delning 28 har större betydelse än faktorerna var för sig. Denna teori stärks i och med att test B släppt få fibrer (kombination

100den/144f garn och E28). Alltså beror mängden shedding av polyesterfiber vid tvätt framför allt av två faktorer om materialet är smärglat eller ej och om varan består av kombinationen garn 100den/144f stickat i delning 28 eller ej.

6.1.5 Hypotes 4:

För att jämföra resultatet mellan de olika konstruktionerna användes återigen en ANOVA. Likt smärpling var ruggning av materialet en faktor som kan skett med viss osäkerhet, eftersom det gjordes manuellt. Kvalitén på den stickade fleecen tillverkad till försöket överensstämde inte med känslan på ett typiskt fleecematerial, då detta inte uppnådde fleece typisk täthet, istället kunde detta material jämföras med ett "hårigt" material. Fleecen som används i undersökning är inte skuren vilket är en vanlig företeelse i inudstrin, detta tros ha påverkat mängden fällning. Resultatet visar på att konstruktion som enda faktor innebär att fleece med garn 100den/144f medför en något högre fällning än den slätstickade produkten på delning 28 och med garn 100den/144f. Garn kombinerat med konstruktion visar att delning 28 fäller mer än fleecet varan. Tidigare forskning visar att fleece fäller betydligt mycket mer än vad resultatet i denna studie visar. Vilket medför att man ser på detta resultat med tveksamhet, därför har detta tagits upp i vidare forskning.

6.1.6 Hypotes 5:

Figur 20 spridningsdiagram visar hur tyg J med mest fällning vid första tvätt och tyg C med minst fällning vid tvätt ett, sheddar vid upprepade tvätt. Det finns ett tydligt mönster att mängden fällning först ökar med antal tvätt för att sedan avta. Detta kan tros bero på att fibrerna ruggas upp under de första tvättarna och släpper ifrån sig fibrer. Vid fler tvättar släpper färre fibrer eftersom det då endast är de hårt sittande fibrerna kvar. Vid tvättning av tyg J ökar mängden fällning fram till tvätt fem för att sedan avta till tvätt tio medan tyg C avtar redan efter två tvättar. Detta beror antagligen på att tyg J har en högre andel fällning av fiber från start jämfört med test C.

6.2 MILJÖ

Att människors tvättbeteende har ändrat dramatiskt den senaste generation förklaras i kapitlet om hushållstvättning, hur påverkar detta miljön? Att människor är renliga och tvättar kläder ofta är bra ur hygiensynpunkt och minskar spridning av sjukdomar, men är mindre bra ur miljöaspekt. Den ökade tvättningen leder till en ökad vatten- och energiförbrukning, något som länge diskuterats. Utifrån detta arbete kan man även se att det påverkar mängden mikrofibrer som kommer ut i haven. Forskare förklarar att utsläppen av mikroplaster i havet är given och att det hela tiden ökar. Det krävs därför en lösning hur utsläppen av textila fibrer skall begränsas redan innan de når recipienten.

Ett första steg är att minska tvättningen genom att vädra kläderna för att få bort oönskad lukt samt borttagning av fläckar för hand istället för att tvätta hela plagget. Den främsta orsaken till tvättning är dock behovet av att känna sig ren och den konstanta strävan mot renlighet. Människor behöver bli mer medvetna om miljökonsekvenserna av att tvätta mycket

och förstå skillnaden mellan att ett plagg är använt och att det är smutsigt. Historiskt sätt har man aldrig tvättat lika mycket som idag vilket kan kopplas samman med att de flesta hushåll har idag tillgång till tvättutrustning. Detta är något som inte varit en självklart i hushållet mer än de senaste decennierna. Den ökade tillgängligheten till tvättmöjlighet har lett till att mängden tvätt ökat. På 1930-talet tog en tvättning två dagar att utföras av två personer vilket automatiskt innebar att det inte tvättades lika mycket som idag när en maskin tar knappt en timma och man inte behöver göra mer än att lägga in kläderna och ta ut dem. Att frånta människor en bekvämlighet som tvättning, är svårt. Rekommendationer kan ges på hur tvättning bör utföras och i vilken omfattning det bör göras, dock är det svårt att ändra människors vanor från något som kan anses som en förmån.

Vår rekommendation är istället att resultatet från denna studie tillämpas redan vid tillverkning av textila plagg. Om restriktioner och gränsvärden bestäms för hur stor mängd emission som ett textilt material får bidra till, kan mängden emission minskas utan att det blir konsumenten som får bära ansvar för det. Likt REACH där begränsning av kemikalier görs kan textilindustrin inspireras att tillämpa motsvarande bedömning för fiberemission. Med hjälp av avläsning på olika faktorerers påverkan till emission hos polyestertyger kan restriktioner fastläggas. Studien har visat att det inte är en ensam faktor som gör störst påverkan utan kombinationen av flera. En minskning på tillverkning av textilier med dessa kombinationer skulle resultera i en reducering av emission vid tvätt.

För att inte begränsa textiltillverkning kan de material som rekommenderas att inte användas på grund av risk för hög emission sorteras i en enskild grupp. Om företaget vill producera denna typ av plagg även då emissionsmängden är hög skall den förväntas redan på fabrik. Resultatet visar som tidigare nämnts att emissionsmängden är som mest kritisk vid de första tvättarna. Om företagen tvättar textilierna i speciella tvättmaskiner med filter som avlägsnar en viss mängd fibrer, är textilierna tillåtna att säljas. De har då nått en emissionsnivå som motsvarar ett betydligt lägre antal fälda fiber när de når kund.

7 SLUTSATS

Studien tyder på att det är möjligt att avgöra vilka egenskaper som orsakar störst mängd fiberemission vid tvätt. Genom resultatet kan det konstateras att det finns ett samband mellan mängden emission vid tvätt hos olika polyestertextilier beror på konstruktion.

Generellt sett visar studiens resultat att garn 100den/144f, delning 28 slätstickad och ett smärglat material ger mest fiberemission vid tvättning. Det finns ett tydligt mönster att det inte bara är en faktor som påverkar fällningen. Istället är det kombination av dessa tre faktorer som orsakar mest fiberemission, därefter två faktorer kombinerat och minst fiberemission sker hos de test som endast innehåller en av dessa parametrar.

Resultatet visar att fleecematerial stickad i mikrofibergarn faller färre fibrer än en slätstickad vara i 28 delning med samma garn. Metoden som användes vid framtagning av fleecevaran kan i efterhand anses bristfällig, då denna skedde för hand och kvalitén som togs fram inte motsvarade ett industriellt framtaget fleecetyg. Detta kan ha påverkat resultatet för fleecevarornas emission av fiber.

De två testgrupper som orsakade mest respektive minst emission av fiber vid första tvätt användes för att analysera upprepad tvättning. Antalet tvättar av de två utvalda testgrupperna visade på att fällningen till en början ökade för att sedan avta efter två för det test som tidigare släppt minst antal fibrer respektive fem tvättar för det tygtest som släppt flest fibrer.

Efter denna studie kan olika kombinationer av tillverkningsparametrar visa ett samspel ger en högre fiberemission än de enskilda faktorerna ställda mot varandra.

8 FÖRSLAG PÅ VIDAREFORSKNING

En vidareforskning inom ämnet hade lämpligt riktat sig till följande områden.

Textila material – Val av material, detta arbete är begränsat till polyestermaterial. Det finns många andra välanvända material ute på marknaden som kan tänkas påverka de marina miljöerna på grund av shedding.

Konstruktion – Tillverkning av rundstickade varor är idag en stor del av textilindustrin, även flatstick inom trikå och vävda material är konstruktioner som används. Skillnad mellan dessa teknikers påverkan av fiberemission har inte funnits att tillgå i den litteratursökning som gjorts för detta arbete. Det anses dock som en parameter som skulle kunna ge utslag vid tvättning. Skillnaden mellan endast konstruktioner visade sig i detta arbete ha betydelse.

Tvättparametrar – Så som tid, temperatur och olika typer av tvättmedels påverkan på textiler. En undersökning som går djupare in på olika tvättmaskiners verkan, om hur tvättning skiljer sig enligt tvättstandard gentemot tvättning med de i dagsläget så populära A-märkta tvättmaskinerna.

Mätning av fiberstorlek – Att undersöka fibrernas storlek och fokusera på partikelstorlek istället för antal fiber är inget som undersökts i denna studie och inte heller funnen i tidigare forskning. Detta är något som rekommenderas till vidare forskning.

Filtrering – Tidigare forskning har visat att textilfibrer har förmåga att passera reningsverken. Framtida forskning bör undersöka mängden av textilfibrer som passerar och vad detta beror på. Möjligheten till framtagning av filter för tvättmaskin bör undersökas för att undvika utflödet av fibrer från tvättade plagg. Vid denna typ av studie bör en mätning av fiberstorlek utföras.

Då få studier hittills gjorts inom textila mikroplaster finns många parametrar att undersöka. Ovannämnda är bara en bråkdel av dessa. Mikroplaster är generellt ett väl diskuterat ämne, dock visar allt fler forskningar på att textiler har en stor inverkan på mängden fiberemission i haven. Med denna rapport som utgångspunkt kan vidare forskning ske för att utveckla en standard som i framtiden kan ingå i kläder och annan textil för att upplysa om fiberemission vid tvättning. Därför krävs också fortsatta studier för att utreda var gränsen till samspel ger en påtaglig effekt. Så småningom skulle detta kunna vägleda framtagningen av material både väv så som stickade varor, så att emissionen hämmas till ett begränsat mått i så tidigt stadie som möjligt.

9 REFERENSER

- Andrady, A. L. (2003). *Plastics and the environment*. Canada: John Wiley & Sons.
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
- Ann-Christine Albertsson, U. E., Karin Odelius (2012). *Polymerteknologi - Makromolekylär design*. Stockholm.
- Bawden, T. (2014). Ocean of plastic waste may be deadlier than climate change. *The INDEPENDENT*.
- befolkningsutredning, å. (1947). *Kollektiv tvätt: betänkande med förslag att underlätta hushållens tvättarbete*.
- Bengtsson, B. (1995). *Trikåteknik, del 1 rundsticksmaskiner*. Borås.
- Bryn, B. (2012). *How much plastic debris moves from land to sea?*
<http://www.aaas.org/news/how-much-plastic-debris-moves-land-sea>
- C. J. Moore, S. L. M., M. K. Leecaster, S. B. Weisberg (2001). A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 43, ss. 1297-1300.
- Coatings technology: What is fouling?*
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44.
- Douglas, M. (1968). Pollution. *International encyclopedia of the social sciences*, 12, ss. 336-342.
- Fowler, C. W. (1987). Marine debris and northern fur seals: A case study. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6), ss. 326-335.
- Fredrik Norén, K. N., Kerstin Magnusson (2014). Marint mikroskopiskt skräp. *Länstryelsen, Västra Götalands län*, 52.
- Frick, B. [Regissör] (2014). *Strömmar av plast*. Havsmiljöinstitutet.
- The global fiber market in 2014* (2014).
<http://www.lenzing.com/en/investors/equity-story/global-fiber-market.html>
- Humphries, M. (2009). *Fabric reference*. 4th edition uppl.: Pearson Prentice Hall.
- institute, S. s. (2012). *Svensk standard SS-EN ISO 6330:2012*
 enav.sis.se:
- institute, S. s. (20120). *Svensk standard SS-EN ISO 105-c06:2010*
 enav.sis.se:
- K. De Wael, L. L., K. Lunstroot, F. Gason (2010). Evaluation of the shedding potential of textile materials. *Science and Justice*, 50(4), ss. 192-194.
- Kaiser, J. (2010). The dirt on ocean garbage patches. *Science*, 328, s. 1506.
- Kerstin Magnusson, C. W. (2014). Mikroskopiska skräppartiklar i vatten från avloppsreningsverk. *Svenska Miljöinstitutet*, s. 4.
- Kimberly Ann V. Zubris, B. K. R. (2005). Synthetic fibers as an indicator of land application of sludge. *Environmental Pollution*, 138, ss. 201-211.
- Klepp, I. G. (2003). Fra rent til nyvasket. *Statens Institutt for bruksforskning*, 2, ss. 13-97.
- Kostigen, T. M. (2008). The world's largest dump: the great pacific garbage patch. *Discover - science for the curious*.
<http://discovermagazine.com/2008/jul/10-the-worlds-largest-dump>

- Louise K. Blight, A. E. B. (1997). Occurrence of Plastic Particles in Sea-birds from the Eastern North Pacific. *Marine Pollution Bulletin*, 34(5), ss. 323-325.
- Lund, K. (2009). *Tvättstugan - en svensk historia*. Nordiska museets förlag.
- Marcus Eriksen, L. C. M. L., Henry S. Carson, Martin Thiel, Charles J. Moore, Jose C. Borerro, Freancois Galgani, Peter G. Rye, Julia Reisser (2014). *Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea*. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0111913>
- Mark Anthony Browne, P. C., Stewart J. Niven, Emma Teuten, Andrew Tonkin, Tamara Galloway and Richard Thompson (2011). Accumulation of Microplastic on Shorlines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology*, 45. DOI: 10.1021/es201811s
- Matthew Cole, P. L., Claudia Halsband, Tamara S. Galloway (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62, ss. 2588-2597.
- Matthew Cole, P. L., Claudia Halsband, Tamara S. Galloway (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science & Technology*, 47, ss. 6646-6655.
- Michelle Allsopp, A. W., David Santillo, Paul Johnston (2006). *Plastic Debris in the World's Oceans*.
- Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, 108, ss. 131-139.
- Nordström, L. (1938). *Med Ludvig Nordström på husesyn*. sverigesradio.se. <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=1602&artikel=5662736>
- Peterson, J. (2007). *Trikåteknik*. Textile support HB.
- Plastics - the Facts 2014/2015* (2015).
- Polyethylene terephthalate (PET)*.
- Rehnby, W. (2010). *Textila beredningsprocesser*.
- Stephanie L. Wright, R. C. T., Tamara S. Galloway (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178.
- Thangavelu Muthukumar, A. A., Karunamoorthy Lakshmi, Ramasamy Venkatesan, & Loganathan Vedaprakash, M. D. (2011). Fouling and stability of polymers and composites in marine environment. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65, ss. 276-284.
- Tingsvik, K. (2012). *Compendium of fibre chemistry*. Borås: The Swedish School of Textiles.

10 BILAGOR

10.1 BILAGA 1

Test A	Garn	Konstrukti on	Smärglin g	Small	Medium	Large	Totalt
1.	100/36	E18	0	6	2	0	8
2.	100/36	E18	0	3	4	0	7
3.	100/36	E18	0	3	1	0	4
4.	100/36	E18	0	2	3	0	5
5.	100/36	E18	0	5	0	0	5
6.	100/36	E18	0	1	6	1	8
Medelvär de				3,333333 3	2,666666 7	0,166666 7	6,166666 7
Test B	Garn	Konstrukti on	Smärglin g	Small	Medium	Large	Total
1.	100/14 4	E18	0	3	1	0	4
2.	100/14 4	E18	0	2	4	0	6
3.	100/14 4	E18	0	1	3	0	4
4.	100/14 4	E18	0	4	2	0	6
5.	100/14 4	E18	0	1	5	0	6
6.	100/14 4	E18	0	2	5	0	7
Medelvär de				2,166666 7	3,333333 3	0	5,5
Test C	Garn	Konstrukti on	Smärglin g	Small	Medium	Large	Total
1.	100/36	E28	0	2	0	1	3
2.	100/36	E28	0	1	1	0	2
3.	100/36	E28	0	0	4	0	4
4.	100/36	E28	0	1	1	0	2
5.	100/36	E28	0	4	3	2	9
6.	100/36	E28	0	1	1	0	2
Medelvär de				1,5	1,666666 7	0,5	3,666666 7
Test D	Garn	Konstrukti on	Smärglin g	Small	Medium	Large	Total
1.	100/14 4	E28	0	16	2	0	18
2.	100/14 4	E28	0	15	1	0	16
3.	100/14 4	E28	0	17	2	0	19
4.	100/14 4	E28	0	14	3	0	17

5.	100/14 4	E28	0	11	2	0	13
6.	100/14 4	E28	0	10	5	0	15
Medelvärde				13,83333 3	2,5	0	16,33333 3
Test E	Garn	Konstrukti on	Ruggnin g	Small	Medium	Large	Total
1.	100/36	E18	1	7	2	0	9
2.	100/36	E18	1	10	0	0	10
3.	100/36	E18	1	8	2	0	10
4.	100/36	E18	1	4	5	0	9
5.	100/36	E18	1	9	3	0	12
6.	100/36	E18	1	2	0	0	2
Medelvärde				6,66666 7	2	0	8,66666 7
Test F	Garn	Konstrukti on	Ruggnin g	Small	Medium	Large	Total
1.	100/14 4	E18	1	25	4	0	29
2.	100/14 4	E18	1	4	3	0	7
3.	100/14 4	E18	1	6	2	0	8
4.	100/14 4	E18	1	10	1	1	12
5.	100/14 4	E18	1	14	0	0	14
6.	100/14 4	E18	1	20	1	0	21
Medelvärde				13,16666 7	1,833333 3	0,166666 7	15,16666 7
Test G	Garn	Konstrukti on	Smärglin g	Small	Medium	Large	Total
1.	100/36	E18	1	2	1	0	3
2.	100/36	E18	1	2	0	0	2
3.	100/36	E18	1	1	2	2	5
4.	100/36	E18	1	0	2	0	2
5.	100/36	E18	1	2	2	1	5
6.	100/36	E18	1	1	5	0	6
Medelvärde				1,333333 3	2	0,5	3,833333 3
Test H	Garn	Konstrukti on	Smärglin g	Small	Medium	Large	Total
1.	100/14 4	E18	1	2	5	2	9
2.	100/14 4	E18	1	2	5	2	9
3.	100/14 4	E18	1	1	8	12	21
4.	100/14	E18	1	1	4	2	7

	4						
5.	100/14 4	E18	1	6	4	2	12
6.	100/14 4	E18	1	2	5	5	12
Medelvärde				2,333333 3	5,166666 7	4,166666 7	11,66666 7
Test I	Garn	Konstrukti on	Smärglin g	Small	Medium	Large	Total
1.	100/36	E28	1	3	7	1	11
2.	100/36	E28	1	1	3	1	5
3.	100/36	E28	1	2	11	3	16
4.	100/36	E28	1	4	6	6	16
5.	100/36	E28	1	6	5	7	18
6.	100/36	E28	1	3	8	3	14
Medelvärde				3,166666 7	6,666666 7	3,5	13,33333 3
Test J	Garn	Konstrukti on	Smärglin g	Small	Medium	Large	Total
1.	100/14 4	E28	1	25	47	15	87
2.	100/14 4	E28	1	22	40	20	82
3.	100/14 4	E28	1	11	19	3	33
4.	100/14 4	E28	1	5	7	7	19
5.	100/14 4	E28	1	5	14	3	22
6.	100/14 4	E28	1	8	18	4	30
Medelvärde				12,66666 7	24,16666 7	8,666666 7	45,5
Test C2	Garn	Konstrukti on	Smärglin g	Small	Medium	Large	Total
1.	100/36	E28	0	3	2	3	8
2.	100/36	E28	0	2	2	0	4
3.	100/36	E28	0	2	1	0	3
4.	100/36	E28	0	5	5	1	11
5.	100/36	E28	0	1	5	0	6
6.	100/36	E28	0	3	3	0	6
Medelvärde				2,666666 7	3	0,666666 7	6,333333 3
Test C5	Garn	Konstrukti on	Smärglin g	Small	Medium	Large	Total
1.	100/36	E28	0	1	1	0	2
2.	100/36	E28	0	1	3	1	5
3.	100/36	E28	0	3	3	0	6
4.	100/36	E28	0	0	3	0	3

5.	100/36	E28	0	1	2	0	3
6.	100/36	E28	0	1	2	0	3
Medelvärde				1,1666667	2,3333333	0,1666667	3,6666667
Test C10	Garn	Konstruktion	Smärgling	Small	Medium	Large	Total
1.	100/36	E28	0	1	2	0	3
2.	100/36	E28	0	0	1	0	1
3.	100/36	E28	0	1	2	0	3
4.	100/36	E28	0	1	0	0	1
5.	100/36	E28	0	1	1	0	2
6.	100/36	E28	0	1	2	0	3
Medelvärde				0,8333333	1,3333333	0	2,1666667
Test J2	Garn	Konstruktion	Smärgling	Small	Medium	Large	Total
1.	100/144	E28	1	14	16	6	36
2.	100/144	E28	1	5	4	0	9
3.	100/144	E28	1	4	15	6	25
4.	100/144	E28	1	7	5	0	12
5.	100/144	E28	1	7	5	0	12
6.	100/144	E28	1	3	21	9	33
Medelvärde				6,6666667	11	3,5	21,1666667
Test J5	Garn	Konstruktion	Smärgling	Small	Medium	Large	Total
1.	100/144	E28	1	5	9	21	35
2.	100/144	E28	1	8	22	8	38
3.	100/144	E28	1	10	19	12	41
4.	100/144	E28	1	5	1	1	7
5.	100/144	E28	1	6	2	2	10
6.	100/144	E28	1	3	3	3	9
Medelvärde				6,1666667	9,3333333	7,8333333	23,3333333
Test J10	Garn	Konstruktion	Smärgling	Small	Medium	Large	Total
1.	100/144	E28	1	2	10	4	16
2.	100/144	E28	1	0	3	2	5
3.	100/144	E28	1	1	15	4	20

	4						
4.	100/14 4	E28	1	0	6	6	12
5.	100/14 4	E28	1	2	3	0	5
6.	100/14 4	E28	1	1	4	0	5
Medelvär de				1	6,833333 3	2,666666 7	10,5

10.2 BILAGA 2

Garn	Delning	Smärgling	Small	Medium	Large	Total
100/36	E18	0	6	2	0	8
100/36	E18	0	3	4	0	7
100/36	E18	0	3	1	0	4
100/36	E18	0	2	3	0	5
100/36	E18	0	5	0	0	5
100/36	E18	0	1	6	1	8
100/144	E18	0	3	1	0	4
100/144	E18	0	2	4	0	6
100/144	E18	0	1	3	0	4
100/144	E18	0	4	2	0	6
100/144	E18	0	1	5	0	6
100/144	E18	0	2	5	0	7
100/36	E28	0	2	0	1	3
100/36	E28	0	1	1	0	2
100/36	E28	0	0	4	0	4
100/36	E28	0	1	1	0	2
100/36	E28	0	4	3	2	9
100/36	E28	0	1	1	0	2
100/144	E28	0	16	2	0	18
100/144	E28	0	15	1	0	16
100/144	E28	0	17	2	0	19
100/144	E28	0	14	3	0	17
100/144	E28	0	11	2	0	13
100/144	E28	0	10	5	0	15
100/36	E18	1	2	1	0	3
100/36	E18	1	2	0	0	2
100/36	E18	1	1	2	2	5
100/36	E18	1	0	2	0	2
100/36	E18	1	2	2	1	5
100/36	E18	1	1	5	0	6
100/144	E18	1	2	5	2	9
100/144	E18	1	2	5	2	9
100/144	E18	1	1	8	12	21
100/144	E18	1	1	4	2	7
100/144	E18	1	6	4	2	12
100/144	E18	1	2	5	5	12
100/36	E28	1	3	7	1	11
100/36	E28	1	1	3	1	5
100/36	E28	1	2	11	3	16
100/36	E28	1	4	6	6	16
100/36	E28	1	6	5	7	18
100/36	E28	1	3	8	3	14

100/144 E28	1	25	47	15	87
100/144 E28	1	22	40	20	82
100/144 E28	1	11	19	3	33
100/144 E28	1	5	7	7	19
100/144 E28	1	5	14	3	22
100/144 E28	1	8	18	4	30

10.3 BILAGA 3

Garn	Konstruktion	Small	Medium	Large	Total
100/36	E18_0	6	2	0	8
100/36	E18_0	3	4	0	7
100/36	E18_0	3	1	0	4
100/36	E18_0	2	3	0	5
100/36	E18_0	5	0	0	5
100/36	E18_0	1	6	1	8
100/144	E18_0	3	1	0	4
100/144	E18_0	2	4	0	6
100/144	E18_0	1	3	0	4
100/144	E18_0	4	2	0	6
100/144	E18_0	1	5	0	6
100/144	E18_0	2	5	0	7
100/36	E28_0	2	0	1	3
100/36	E28_0	1	1	0	2
100/36	E28_0	0	4	0	4
100/36	E28_0	1	1	0	2
100/36	E28_0	4	3	2	9
100/36	E28_0	1	1	0	2
100/144	E28_0	16	2	0	18
100/144	E28_0	15	1	0	16
100/144	E28_0	17	2	0	19
100/144	E28_0	14	3	0	17
100/144	E28_0	11	2	0	13
100/144	E28_0	10	5	0	15
100/36	E18_1	7	2	0	9
100/36	E18_1	10	0	0	10
100/36	E18_1	8	2	0	10
100/36	E18_1	4	5	0	9
100/36	E18_1	9	3	0	12
100/36	E18_1	2	0	0	2
100/144	E18_1	25	4	0	29
100/144	E18_1	4	3	0	7
100/144	E18_1	6	2	0	8
100/144	E18_1	10	1	1	12
100/144	E18_1	14	0	0	14
100/144	E18_1	20	1	0	21

10.4 BILAGA 4

Garn	Delning	Ruggning	Tvätt	Small	Medium
100/36	E28	0	1	2	0
100/36	E28	0	1	1	1
100/36	E28	0	1	0	4
100/36	E28	0	1	1	1
100/36	E28	0	1	4	3
100/36	E28	0	1	1	1
100/36	E28	0	2	3	2
100/36	E28	0	2	2	2
100/36	E28	0	2	2	1
100/36	E28	0	2	5	5
100/36	E28	0	2	1	5
100/36	E28	0	2	3	3
100/36	E28	0	5	1	1
100/36	E28	0	5	1	3
100/36	E28	0	5	3	3
100/36	E28	0	5	0	3
100/36	E28	0	5	1	2
100/36	E28	0	5	1	2
100/36	E28	0	10	1	2
100/36	E28	0	10	0	1
100/36	E28	0	10	1	2
100/36	E28	0	10	1	0
100/36	E28	0	10	1	1
100/36	E28	0	10	1	2
100/144	E28	1	1	25	47
100/144	E28	1	1	22	40
100/144	E28	1	1	11	19
100/144	E28	1	1	5	7
100/144	E28	1	1	5	14
100/144	E28	1	1	8	18
100/144	E28	1	2	14	16
100/144	E28	1	2	5	4
100/144	E28	1	2	4	15
100/144	E28	1	2	7	5
100/144	E28	1	2	7	5
100/144	E28	1	2	3	21
100/144	E28	1	5	5	9
100/144	E28	1	5	8	22
100/144	E28	1	5	10	19
100/144	E28	1	5	5	1
100/144	E28	1	5	6	2
100/144	E28	1	5	3	3

100/144	E28	1	10	2	10
100/144	E28	1	10	0	3
100/144	E28	1	10	1	15
100/144	E28	1	10	0	6
100/144	E28	1	10	2	3
100/144	E28	1	10	1	4