



Tekstil-innovation

FRA GAMLE UNDERHYLERE TIL NYE BYGGEMATERIALER

RAMBOLL

AffaldPlus+



LENDAGER GROUP



Region
Hovedstaden



Interreg
Öresund-Kattegat-Skagerrak
European Regional Development Fund



Tekstil-innovation - Fra gamle underhylere til nye byggematerialer

Udarbejdet af Lendager Group, AffaldPlus & Rambøll for FUTURE

Medvirkende:

David McKinnon

Ditte Lysgaard Vind

Henrik Wejdling

Marianne Bigum

Morten Risom

Simon Graagaard

Tim Riis Tolman

Februar 2020

Indhold

1	Ramme og Formål	3
1.1	FUTURE – fremtidens intelligent energi- og resourcesystem.....	3
2	Introduktion	4
2.1	To udfordringer - en cirkulær løsning	4
3	FUTURE's projektmodel	5
3.1	Projektets fem faser	6
4	Inputanalyse.....	6
4.1	Global: Makro-systemisk analyse af tekstilmarkedet	7
4.2	Regional: Tekstilaffald i Norden	7
4.3	Kommunal: Tekstilaffald hos AffaldPlus, en case	8
4.4	Materialeanalyse	11
4.4.1	Karakterisering af prøvematerialet.....	11
4.4.2	Sundhedsmæssig analyse af tekstilaffaldet	13
5	Outputanalyse/Eksisterende modtagerforhold.....	15
6	Innovationsfase (konceptudvikling).....	16
6.1	Brainstorming	16
6.2	Tekstilbaserede isoleringsmaterialer.....	18
6.3	Tekstilbaserede akustiske paneler	19
7	Test & Mock-ops.....	20
7.1	Test-produktion.....	20
7.2	Akustisk test.....	20
7.3	Varmeledsevne.....	22
7.4	Brand.....	22
7.5	Installation og montage.....	23
7.6	Miljøvurdering af akustikpanelet	25
8	Evalueringsfase: fremtid & forretningspotentiale	27
8.1	Flow og Fremtid.....	27
8.2	Markedspotentiale	27
8.3	Centrale læringspunkter	28
Bilag 1 -	
	29
9	Farlige Stoffer.....	29

1 Ramme og Formål

Projektet "**Tekstilaffald som en del af fremtidens bygninger**" er et udviklingsprojekt, som har til formål at vise vejen for cirkulær anvendelse af de mange tons affaldstekstiler, som der i dag ikke er fundet noget marked for enten via direkte genbrug eller materialegenanvendelse, og som derfor sendes til forbrænding.

Projektet er et samarbejde mellem **Lendager Group** som projektholder og cirkulær økonomi pioner, **AffaldPlus** som et kommunalt ejet affaldsselskab og **Rambøll** som rådgivende ingeniør og videnspartner.

Projektet har til formål være med til at løse det akutte problem med ikke-genanvendeligt tekstilaffald, som en midlertidig løsning indtil sorteringsteknikkerne bliver så gode, at tekstilresterne kan anvendes på et højere niveau i affaldshierarkiet.

Formålet med projektet er at udvikle innovative løsninger for de tekstiler som på nuværende tidspunkt ender til forbrænding. Casen fokuserer derfor ikke på nogen indgriben i produktionen eller forbruget af tekstiler, men på det sidste step i den lineære værdikæde, nemlig affaldsproduktionen og på at finde genanvendelse for denne tekstilrest. Problemstillingerne omkring tekstilaffald, de høje miljøpåvirkninger ved produktion og den lave genanvendelsesgrad, er velkendte, med mange innovative forslag, som på sigt skal gøre tøj- og modebranchen mere bæredygtig. Dette kræver et væld af løsninger, både af teknologisk og regulativ art, senest med anbefalinger fra Danmarks bioøkonomipanel, som foreslår et retursystem og en tekstilfibermølle i tillæg til mere miljøskånsom dyrkning af nye fiberafgrøder. Dette projekt anser sig selv som et supplement til de mange initiativer, som er i gang og et af de midlertidige løsninger, som er nødvendige indtil vi er lykkedes med at omstille tekstilindustrien til en cirkulære økonomi.

1.1 FUTURE – fremtidens intelligent energi- og resourcesystem

Dette projekt er en del af FUTURE, et omfattende udviklingsprojekt, som undersøger udviklingen af fremtidens intelligente energi- og resourcesystem, så det bliver baseret på vedvarende energikilder og genanvendte materialer. Projektet består af syv visionære case-samarbejder på tværs af de tre regioner i Greater Copenhagen. De syv cases tester og demonstrerer forskellige teknologier, værktøjer eller forretningsmodeller indenfor vedvarende energi eller udnyttelse af ressourcer.

FUTURE vil blandt andet se på smartere ressourceudnyttelse, herunder:

- Øge ressourceeffektiviteten og skabe en cirkulæromstilling af samfundet
- Forlænge levetiden af materialer, genanvende affald og rester så de indgår i nye kredsløb
- Begrænse produktionen af jomfruelige materialer og dermed også energiforbruget
- Demonstrere hvordan man lokalt kan styre produkt- og materialestrømme, så man fremmer en mere intelligent materialeanvendelse

Projektet skal udvikle og cementere den styrkeposition som Greater Copenhagen har på energi- og ressourceområdet. Målet er, at de visionære case-samarbejder udvikler nye og gennemslagskræftige løsninger, der kan blive til konkrete løsninger i fremtidens energi- og ressource-system.

Bag initiativet FUTURE står Region Skåne, Region Hovedstaden og Region Sjælland. Alle har de et mål om, at deres energiforbrug i 2020 er dækket med 40 % vedvarende energi, og at være blandt de mest ressourceeffektive regioner. De tre regioner har allerede styrkepositioner og erfaring med øget ressourceeffektivitet, strategisk energiplanlægning og Smart City-indsatser. Greater Copenhagen er derfor et oplagt testlaboratorium. FUTURE projektet ledes af Gate21 i samarbejde med Sustainable Business Hub.

2 Introduktion

2.1 To udfordringer - en cirkulær løsning

I takt med at den globale befolkningstilvækst stiger, anslås der en forøgelse i ressourceforbrug og større efterspørgsel af basale fornødenheder som beklædning, mad og boliger på verdensplan. Presset på de råmaterialer og ressourcer vi anvender til at dække de basale behov må reduceres, hvis der skal være nok til alle, og vi samtidig skal opfylde kravene om CO₂-reduktion og en økonomisk vækst inden for de planetære grænser. Én af vejene til at sikre fortsat økonomisk og social udvikling, uden at belaste klimaet og kloden, er ved en cirkulær økonomisk systemforandring.

Beklædningsindustrien regnes for én af de mest forurenende industrier i verden, og er samtidig en produktkategori, som ofte kun har en kort levetid i forbrugerleddet. Bomuld alene lægger beslag på 2,5% af verdens landbrugsarealer, men bruger 16% af alle pesticider. I 2015 udledte produktionen af tekstilprodukter alene 1,2 milliarder tons CO₂-eq, plus

yderligere 150 millioner tons CO₂-eq udledt grundet energiforbruget ved at skulle vaske tekstilerne efterfølgende¹.

Hver dansker køber i gennemsnit 16 kg tøj/året, hvilket er tre gange mere end verdensgennemsnittet på 5 kg tøj/året. Samtidig smider Danmark og Sverige samlet over 100.000 tons tekstilaffald i skraldespanden hvert år. Disse tekstiler ender hovedsagligt i forbrænding².

Med den globalt stigende befolkningsvækst og en voksende middelklasse forudses det, at efterspørgslen på beklædning vil stige de kommende årtier. Tekstilforureningen er altså allerede i dag et globalt problem, som kun bliver større. Dette sætter yderligere pres på tekstilbranchens evne til at finde bæredygtige løsninger – både i produktionsleddet og i bortskaffelsesprocessen.

Men teknologien og infrastrukturen til at genanvende affaldstekstilaffald er endnu fuldt etableret. Der findes i dag flere eksempler på at flere materialetyper kan genanvendes, men der er alligevel behov for yderligere udvikling af teknologier, der kan dirigere resten af affaldstekstilerne andre steder hen end direkte i fjernevarmeovnene.

En mulig aftager for tekstilaffald, som ellers ikke er egnet til genanvendelse til nye tekstilmaterialer, kunne være byggebranchen. Byggesektoren står for ca. 40% af verdens CO₂-udledning når både drift og råvareforbrug tælles med. Særligt udvindingen af råstoffer og fremstilling af byggematerialer og bygningsdele medføre stor klimaforurening, og store besparelser kan opnås ved at vælge de rigtige byggematerialer og bygningsdele³. At anvende affaldstekstiler som råmaterialeinput til produktion af byggekomponenter vil kunne skabe en direkte besparelse på de råmaterialer i byggesektoren.

3 FUTURE's projektmodel

Projektets tilgang har været at etablere et innovationssamarbejde mellem hver for sig vidende og nøglespillere indenfor projektets rammer og formål nemlig Lendager Group, som er eksperter indenfor at udvikle byggematerialer ud fra affaldsprodukter, AffaldPlus, som har helt konkret og mangeårig viden om udfordringer og problemstillingen med tekstilaffald, samt Rambøll, der som rådgivende ingeniører inden for cirkulær økonomi og affald har fungeret som videns- og sparringspartner i gruppen.

¹ EMF (2017) A New Textiles Economy

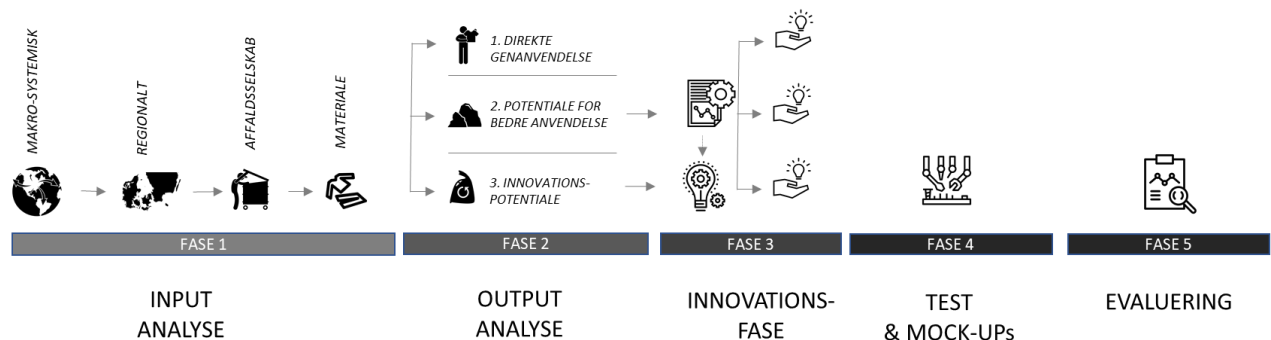
² Miljøstyrelsen, 2016

³ Statens Byggeforskningsinstitut, 2019

Projektmodellen giver en agil projektstyrelse, hvor den nødvendige viden til at nå projektets mål, samles fra projektets begyndelse og kan supplere hinanden løbende igennem projektløbet, og hvor produktudviklingen sker ud fra en cirkulær tankegang med et holistisk perspektiv.

3.1 Projektets fem faser

Indenfor projektmodellen blev projektet opdelt i fem faser, baseret på Lendager Groups' ressource innovationsproces. Processen er illustreret på figuren nedenfor:



Fase 1 og 2 kortlægger tekstilaffaldet ud fra bl.a. kvantitet, kvalitet, nuværende infrastruktur, miljøpåvirkninger og eksisterende modtagerforhold. Formålet med Fase 1 og 2 er at kortlægge affaldsmaterialerne til rådighed, hvad sættes på markedet fratrukket, det som der allerede i dag er eksisterende anvendelser for. Fase 3 konkluderes med en udvalgt tekstilaffaldsfraktion, som den efterfølgende konceptudvikling er centreret om i fase 3. Der udvikles 2-3 koncepter, som der i fase 4 valideres igennem en række prototype tests. Fase 5 runder af på projektet, med evaluering og kommunikation af resultater.

4 Inputanalyse/Potentiale analyse del 1

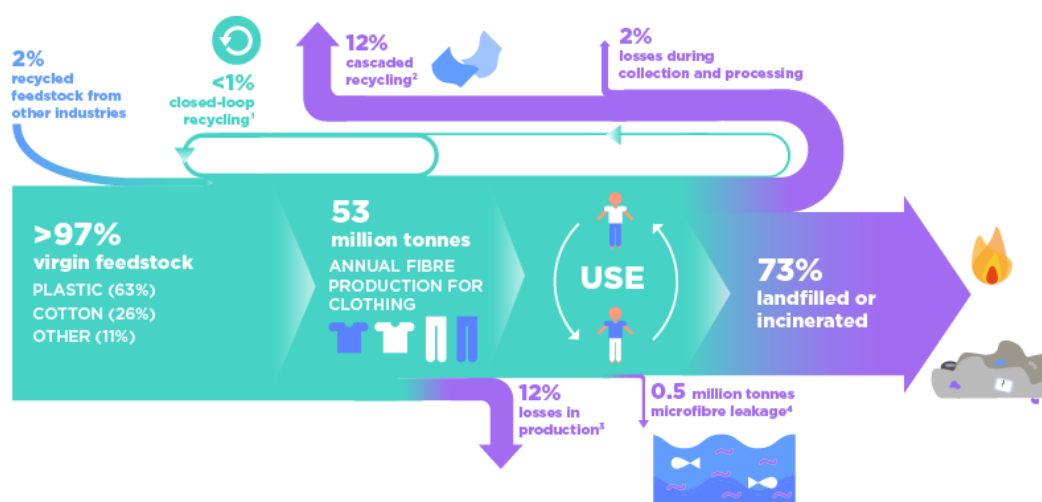
Inputanalysen består af fire scope's: En makro-systemisk (global) analyse, en regional, en kommunal og endelig en materialespecifik analyse. Inputanalysen har til formål både at kortlægge og evaluere materialet både i form af tekniske egenskaber, som skal vurdere om materialet er egnet til det ønskede produkt, man vil udvikle. Inputanalysen har dog også til formål at vurderer i hvilke mængder de udvalgte affaldsmaterialer er til rådighed på global, regional og lokal plan hvilket er nødvendigt for at kunne vurdere om projektets skalérbarhed om udarbejde den nødvendige business case for om produktet kan få fra demonstrationsprodukt til fuld skala.

Inputanalysen og projektet er, som tidligere anført, begrænset til det tekstilaffald som i dag er vurdereret til ikke at være egnet til tekstilgenanvendelse. Denne fraktion forventes i de kommende år at ændre

sig, da det nye Affaldsrammedirektiv⁴ stiller krav til at EU's medlemslande senest 1. januar 2025 skal have indført separat indsamling af denne fraktion, hvilket muligvis kan betyde renere fraktioner bedre egnet til genanvendelse.

4.1 Global: Makro-systemisk analyse af tekstilmarkedet

I 2015 blev omkring 53 millioner tons fibre produceret til beklædning og under 1% blev genbrugt og genanvendt i høj kvalitet, som illustreret på grafikken nedenfor⁵. Værdien af beklædning der kasseres for tidligt vurderes til årligt at være mere end 400 mia. dollars⁶. Der burde således være store potentialer både økonomisk og i form af mængder for en cirkulær økonomisk forretningsmodel, som kan kanalisere dette tekstilaffald tilbage i kredsløb, der bevarer en økonomisk og funktionsmæssig værdi for materialet.



1 Recycling of clothing into the same or similar quality applications
 2 Recycling of clothing into other, lower-value applications such as insulation material, wiping cloths, or mattress stuffing
 3 Includes factory offcuts and overstock liquidation
 4 Plastic microfibres shed through the washing of all textiles released into the ocean
 Source: Circular Fibres Initiative analysis - for details see Appendix B of the full report

tiny.cc/fibres

4.2 Regional: Tekstilaffald i Norden

Cirka 400.000 tons tekstiler markedsføres i de nordiske lande hvert år, men kun cirka 120.000 tons brugte tekstiler indsamles efterfølgende i de nordiske lande, og det hovedsageligt af velgørende organisationer. Heraf eksporteres ca. ¾ til sortering og videre distribution (genbrug og genanvendelse) og dette særligt til det europæiske marked (NMC, 2016). Ca. 10% af tekstilaffaldet ender til forbrænding og deponering, affaldsprocesser, som typisk finder sted

⁴ Europa-Parlamentets og Rådets direktiv (EU) 2018/851

⁵ Ellen Macarthur Foundation A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future, 2017

⁶ World Resources Institute, 2019

i sorteringslandet (det første land efter eksport fra de nordiske lande) under kontrollerede og ansvarlige forhold (NCM, 2016⁷).

Der blev i Danmark i 2016 markedsført ca. 85.000 tones tekstiler (beregnet ud fra egen produktion plus import minus eksport). I omegn af 77% var beklædning og 23% til boligtekstiler. Af de markedsførte mængder var ca. 75.000 tones til husholdninger, ca. 5.000 tones til erhverv, og 5.000 tones til offentlige institutioner.

Af de årlige cirka 75.000 tons brugte tekstiler (tekstiler til genbrug samt tekstilaffald) fra husholdninger sorteres omtrent 42.000 tons (ca. 53%) som restaffald fremfor til genbrug eller genanvendelse, og ender dermed til forbrænding. De 42.000 tons kan yderligere opdeles som cirka 20.000 i dagrenovation, ca. 15.000 tons i småt brændbart, og ca. 5.000 tons i storskrald (Miljørapport 2017). De tal er beregnet ud fra kendskab til den mængde, som bliver sat på markedet, og mængderne, som er indsamlet af velgørende organisationer, samt stikprøver af de tre affaldsindsamlingsmetoder. Der er også ca. 9.000 tons tekstil fra erhverv og offentlige institutioner som på nuværende tidspunkt ender næsten udelukkende til forbrænding.

Samlet set sendes der i Danmark ca. 52.000 tons tekstilaffald til forbrænding⁸. Af disse 52.000 tons er ca. halvdelen egnet til direkte genbrug eller kunne indgå i etablerede genanvendelsesprocesser. Den øvrige halvdel ca. 26.000 tons er ikke egnet til genbrug og genanvendelse under nuværende teknologiske og økonomiske omstændigheder.

Ca. 70% af den halvdel som ikke kan genbruges eller genanvendes i nuværende markedet, kan være teknisk genanvendeligt til ny metervarer eller garn, men processen er i dag ikke økonomisk rentabel, hvilke hænger sammen med at teknologien for genanvendelse ofte stadig er umoden. De resterende 30 % – ca. 8.000 tons – er enten betegnet som 'forbrændingseget' eller er 'forbrændt fra offentlige og erhverv'.

Projektets primært fokus har været de ca. 26.000 tons tekstiler i affaldssystemet, som på nuværende tidspunkt ikke er vurderet genanvendelige af enten tekniske eller økonomiske årsager pga. umodne genanvendelsesteknologier.

4.3 Kommunal: Tekstilaffald hos AffaldPlus, en case

I projektets begyndelse indsamlede AffaldPlus fraktionen 'Tøj & Sko' på 18 af 20 bemandede genbrugspladser fordelt ud over AffaldPlus' seks

⁷ NCM 2016 Exports of Nordic Used Textiles: Fate, benefits and impacts – policy brief, Watson and Palm, 2016.

⁸ Ca.40.000 fra husholdninger, 9.000 fra erhverv og institutioner og 3.000 fra tekstilindsamling

ejerkommuner. Fraktionen indsamledes i 1000-liters 4-hjulede containere med låg, idet borgerne typisk afleverer tøj og sko heri i (klare) plast-sække.

Der indsamledes årligt 5-600 ton 'Tøj & Sko', svarende til omkring 4 kg/husstand, eller knap 1/3 af den samlede mængde tøj og sko, der årligt indsamles indsamlet til genbrug og genanvendelse pr. husstand på landsplan. Det stemmer godt overens med, at der jo fortsat finder en udbredt indsamling sted blandt de velgørende organisationer i oplandet.

De fyldte beholdere på genbrugspladserne afhentes af AffaldPlus i lukket ladvogn med lift, og køres til et sorteringsanlæg i Næstved, hvor beholderne aflæsses indendørs. Herefter håndteres containerne ved håndkraft, idet de trækkes hen til et tømme-aggregat, som vipper indholdet ud på et sortér-bånd.

Der gennemførtes ved projektstart to typer sortering: til eksport og til salg i to AffaldPlus-butikker beliggende i Næstved og Rønnede, ligesom deciderede fejlsorteringer frasorteres til forbrænding. Det gjaldt dengang også 'tekstilaffalder'.

Sortering til eksport

Størstedelen (90-95%) af fraktionen 'Tøj og sko' eksporteres til udlandet, hvor der er opsat aftaler med forskellige aftagere. Sorteringen til eksport omfatter kun frasortering af egentligt affald og våde tekstiler. Aftagerne vil således gerne sikre sig, at der ikke er frasorteret tøj af salgbar kvalitet, hvorfor tekstiler m.v. forbliver i de originale sække. Affald og fremmedlegemer lokaliseres ved visuel kontrol eller ved at genbrugsvejlederne, som forestår sorteringen, føler efter på de sorte sække, om der skulle være mærkbare fremmedlegemer i sækkene.

Tillid: Når aftagerne overhovedet accepterer denne forsøring, skyldes det alene et opbygget tillidsforhold, som er opnået. Traditionelt betinger aftagerne sig ellers, at tekstilaffaldet slet ikke må behandles, og gennem dette tillidsforhold er det således sikret, at AffaldPlus ikke eksporterer egentligt affald sammen med tekstilaffaldet – i modsætning til de 11%, som den nationale kortlægning af tekstilflows i og ud af Danmark ellers antager.

Efter denne forsøring føres sækkene via sortér-båndet op i big-bags, hvor materialet sammenpresses i begrænset omfang ved hjælp af et dertil udviklet aggregat, påmonteret en gaffel-truck. Aftagerne ønsker ikke at modtage egentligt komprimeret tekstilaffald, da komprimeringen kan føre til ødelæggelse af tøj og sko – især hvis der er skarpe genstande som stillethæle og andet iblandet materialet, ligesom knapper og lynlås m.v. kan tage skade ved egentlig komprimering. Der er således fundet et kompromis mellem ukomprimeret og let komprimeret tøj, som aftagerne accepterer, og som reducerer pladsbehovet ved forsendelse af tekstilaffaldet (med reducerede transportomkostninger til følge). De pakkede big-bags opmagasineres og

læsses på eksport-lastvogne, sammen med big-bags med frasortering fra sorteringen til direkte genbrug (se nedenfor), idet der pr. læs accepteres 1/3 big-bags med dette indhold, og idet afregningspriserne er afstemt herefter.

Sortering til direkte genbrug

En del af tekstilaffaldet (ca. 1/5) tømnes manuelt af AffaldPlus ud af sækkene på sortér-båndet, og der frasorteres affald/vådt tøj m.v., samt tøj, der kan gå til direkte genbrug (afsætning i Plus-butikkerne). Der går ca. 10 %, til afsætning i Plus-butikkerne. Her sælges dels direkte genbrugeligt tøj, som er ophængt på bøjler, dels en blandet kvalitet, der sælges efter kilopris, hvor kunderne selv pakker tøjet i sække. Det resterende tøj og sko-affald – der nu er rensat for andet affald samt for direkte genbrugeligt tøj – føres med sortér-båndet til big-bags, som i lighed med eksport-kvaliteten komprimeres let og stilles på lager, hvorefter det eksporteres sammen med eksport-kvaliteten som beskrevet ovenfor.

Affaldshåndtering

Egentligt affald, der frasorteres, håndteres f.s.v.a. den brændbare fraktion som 'småt brændbart', og føres til Næstved Affaldsenergianlæg, hvor det forbrændes med energiudnyttelse. Farligt affald og deponeringsegnet affald håndteres i det omfang det forekommer via Næstved Genbrugsplads.

Tekstilaffald

Tekstilaffaldet håndteredes ved projektstart som nævnt som 'affald', dvs. gik til forbrænding. Som led i projektet er imidlertid indført en opsortering af tekstilaffaldet i forskellige fraktioner, som undervejs i projektet har været defineret af Lendager, alt afhængig af, hvilke fraktioner, der ønskedes gjort forsøg med. Det har således typisk været en bomuldsfraktion og en kunststof-fraktion, samt i fraktionen 'syntetiske dyner og puder', men også uld har været udsorteret, og der har været sorteret efter farve (f.eks. cowboybukser og andet blåt bomuld).

Denne udsortering har i sagens natur reduceret restaffaldsmængden, men det har fortsat været nødvendigt at frasortere vådt og beskidt tekstil som restaffald til energiudnyttelse.

Kildesortering af tekstilaffald

Undervejs i projektet har det været afprøvet, hvorvidt det er muligt at få brugerne af genbrugspladserne til at foretage en kildesortering i henholdsvis tekstilaffaldet og den hidtidige fraktion 'Tøj & Sko'.

Således opstilledes forsøgsvis containere til tekstilaffald i tilknytning til containerne til 'småt brændbart', hvor den største andel af tekstilaffaldet erfaringsmæssigt ellers havnede.

Forsøgene viste, at brugerne var tilbøjelige til at lægge tekstilaffald i de opstillede containere, men i et vist omfang også genbrugeligt tøj – dels fordi

nogen brugere formentlig ikke forstod sondringen mellem 'tekstilaffald' (symboliseret ved iturevet T-shirt på piktogrammet) og 'Tøj & Sko', dels fordi andre brugere formentlig udnyttede det magelige i at kunne aflevere deres 'Tøj & Sko' her, når de alligevel holdt parkeret ved containeren med småt brændbart. Der kunne således udsorteres op til 50% genbrugeligt tøj fra containerne til restaffald, men da der imidlertid ikke kunne konstateres nogen mærkbar nedgang i mængden af 'Tøj & Sko' i de hertil dedikerede containere under forsøget, må det antages, at størstedelen af det genbrugelige tøj, der opfangedes i tekstilaffaldscontainerne formentlig ville have havnet i containerne til småt brændbart, hvis der ikke havde været opstillet tekstilaffaldscontainere.

Det underbygges også af, at stikprøveanalyser af sammensætningen af småt brændbart fra den genbrugsplads, hvor forsøgene udførtes, og som Econet har udført i alt tre gange over de seneste år, alle har vist, at op mod 50% af tekstilerne i småt brændbart udgjordes af genbrugeligt tøj.

Mængden af tekstilaffald i fraktionen 'Tøj & Sko' ændredes ikke signifikant, men forblev på et relativt lavt niveau, og en analyse af småt brændbart har faktisk vist et svagt fald i tekstilandelen efter indførelse af tekstilaffaldsindsamlingen ved siden af containeren til småt brændbart.

Den samlede evaluering af forsøget førte til, at AffaldPlus nu har besluttet at foretage kildesortering af restaffald i tilknytning til containerne for småt brændbart på de seks hoved-genbrugspladser (én i hver ejerkommune) med henblik på senere udrulning til alle pladser.

Det vurderedes således, at selv om såvel tekstilaffaldet som 'Tøj & Sko' fortsat må underkastes en egentlig sortering, så er der alt andet lige mere tekstilaffald end 'Tøj & Sko' i tekstilaffaldscontainerne og markant mere genbrugeligt tøj i 'Tøj & Sko', end der er tekstilaffald. Det letter den efterfølgende sortering mærkbart, og er derfor at foretrække frem for en sammenblanding af 'tekstilaffald' og 'Tøj & Sko' i én tekstilfraktion.

Erfaringerne fra udrulning til seks genbrugspladser er endnu så begrænsede, at det er svært at kvantificere mængderne mere præcist, men en foreløbig vurdering viser, at der fortsat samles omkring fem gange så meget ind i fraktionen 'Tøj & Sko' som i fraktionen 'tekstilaffald'. Udviklingen vil imidlertid blive fulgt nøje fremover.

4.4 Materialeanalyse

På det tidspunkt, hvor analyser af resttekstil skulle udtages til analyse, skete der udelukkende indsamling af fraktionen 'tøj & sko' på AffaldPlus' genbrugspladser. Men fraktionen indeholdt en del 'resttekstil', forstået som tekstil, der ikke umiddelbart var egnet til direkte genbrug eller traditionel materialeanvendelse (f.eks. opklipning til klude).

I det oprindelige set up gik sådanne resttekstiler videre med i den fraktion, der eksporteredes – når bortses fra våde, mugne eller tilsmudsede resttekstiler, som altid udsorteres på AffaldPlus' sorteringsanlæg og føres til forbrænding -.

De resttekstiler, der fulgte med hovedstrømmen til udlandet, må så formodes efterfølgende at være blevet udsorteret og forbrændt eller deponeret.

Til brug for materialeanalysen foretoges på AffaldPlus' sorteringsanlæg en udsortering af resttekstiler fra den del af tekstilstrømmen, der sorteredes med henblik på udsortering af tøj og sko til direkte genbrug i AffaldPlus-butikkerne.

4.4.1 Karakterisering af prøvematerialet

Den udvalgte fraktion af tekstilaffald blev efterfølgende opsorteret manuelt med fokus på de potentialer og udfordringer materialet kan have for den fremadrettede innovation.

Ved hjælp af mærkater på tekstilet blev fraktionen opdelt i de fire overordnede materialekompositioner:

1. Bomuld
2. Uld & silke
3. Kunstoffer (polyester)
4. Dyner & Puder (kunststof)

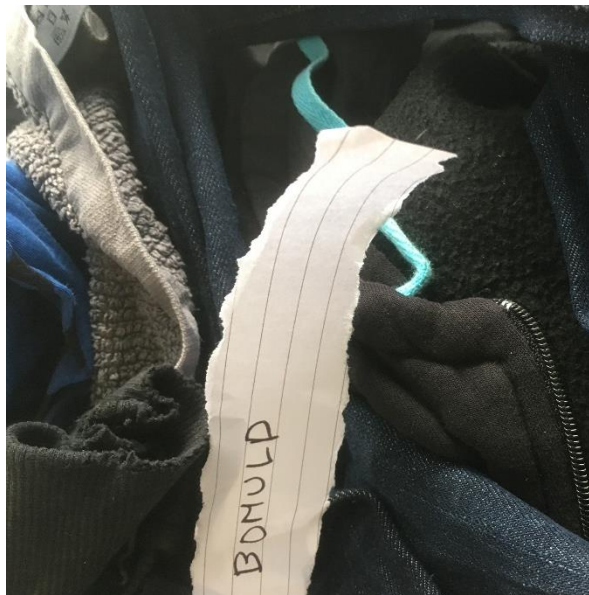
Det blev erfaret at langt størstedelen af tekstilet er kompositter af flere forskellige materialetyper; især mix af bomuld og kunststof. Hvorfor der blev opsat kriterium om at det endelige produkt gerne må indeholde flere materialetyper.

Under analysen blev en del tekstil observeret, som forurenede med enten biologiske stoffer (urin etc.) eller organiske forbindelser (maling etc.), som i for store mængder vil påvirke slutproduktet. Det blev derfor besluttet at synligt forurenede tøj med maling eller biologiske stoffer skulle udsorteres og sendes til forbrænding.

Vådt tekstil blev ligeledes frasorteret, eftersom der er risiko for vækst af mug/svamp. Dette blev dog kun i meget små mængder observeret.

Med udgangspunkt i ovenstående blev en række tekstilfraktioner, som benyttes til den fremadrettede udvikling, indsamlet og udsorteret.

I det følgende ses et udsnit af analysen og de udvalgte fraktioner.



4.4.2 Sundhedsmæssig analyse af tekstilaffaldet

Med henblik på at vurdere den sundhedsmæssige sikkerhed ved genanvendelse af tekstilaffald som byggematerialer udsorteredes i forbindelse med projektet fire forskellige fraktioner af tekstilaffald hos AffaldPlus (således bomuld, uld & silke, kunststof (polyester) samt dyner og puder (kunststof)).

Prøver af disse fraktioner blev analyseret hos Eurofins for farlige stoffer på REACH-direktivets såkaldte 'kandidatliste', omfattende p.t. 191 stoffer.

Det målttes således, hvorvidt koncentrationerne af disse 191 stoffer lå over den tilladte grænse på 0,1% for, hvornår producenter skal rapportere om indholdet nedstrøms i aftagerkæden. Ved at gennemføre analyser på alle fire fraktioner opnåedes indblik i, om nogen af dem kunne forventes at være i risikoområdet. Konklusionen fra Eurofins er, at af alle de 191 stoffer lå kun et enkelt stof, nemlig blødgøreren DEHP overhovedet over detektionsgrænsen,

men stadig langt under grænsen på 0,1% for rapporteringspligt nedstrøms i aftagerkæden. DEHP kunne alene påvises i de syntetiske produktkategorier.

I Bilag 1 er der redegjort nærmere for de gennemførte analyser og den lovgivningsmæssige baggrund herfor. Sammesteds redegøres også for en kommende (november 2020) regulering af 33 kræftfremkaldende, mutagene og reproduktionstoksiske stoffer (også betegnet CMR-stoffer) i tekstiler, der markedsføres med henblik på anvendelse til beklædning. 12 af disse stoffer figurerer allerede på kandidatlisten, og er således også blevet analyseret for i den aktuelle analyse – men altså uden at nogen af dem har kunnet påvises.

5 Outputanalyse/Eksisterende modtagerforhold

Hvis man ser bort fra de tekstiler, som bliver indsamlet til genbrug, er der store mængder tekstilaffald, som kunne være egnet til genanvendelse. Da det, på nuværende tidspunkt, ender i restaffaldet, er genanvendelsesmulighederne efterfølgende begrænset pga. urenheder og omkostninger ved eftersortering. Eksisterende kanaler for tekstilaffald, som er blev udsorteret fra restaffald, er ligeledes begrænset.

Affaldstekstiler skal typiske sorteres inden der ender i en genanvendelsesproces. Disse kan være både manuel eller mekaniske sorteringsteknikker, såsom SOEX eller SipTex processen.

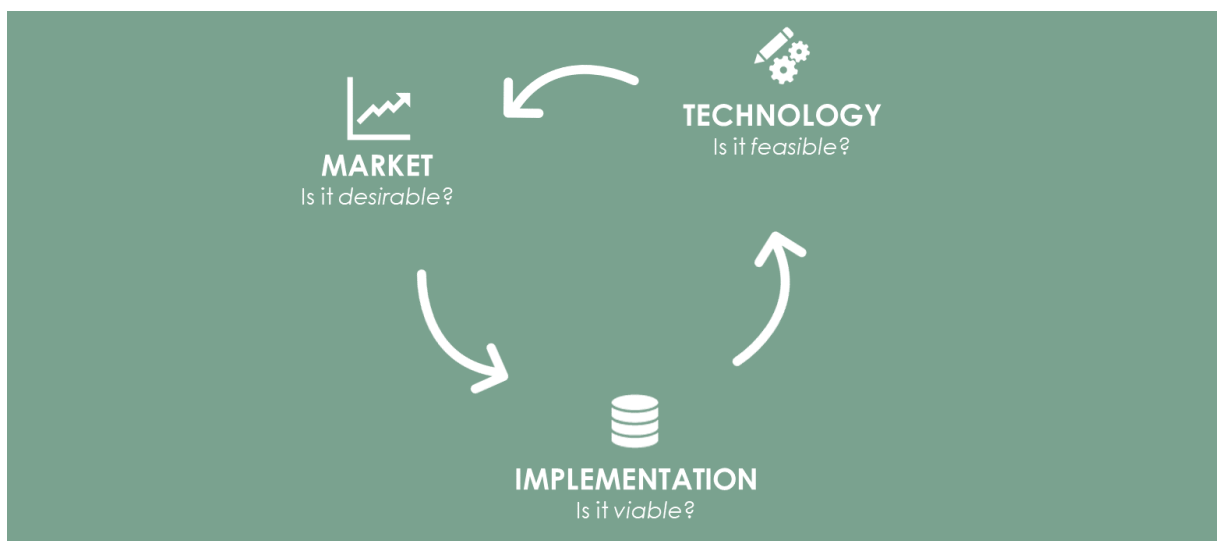
Sammensætning af moderne tekstiler, med flere forskellige fibertyper blandes for at opnå ønskede egenskaber, gøre tekstil-til-tekstil genanvendelse, dvs. når fibre kan omdannes til nye fibre til produktion af nye tøj, svært eller umuligt i mange tilfælde. Ikke desto mindre er udviklingen af genanvendelsesteknologier i fuld gang.

Mekaniske genanvendelsesteknologier genvinder fibre fra tekstilerne, som kan blandes med jomfruelige fibre til produktionen af nye tekstiler. Kemiske genanvendelsesteknologier nedbryder fibre til et organisk råstof af cellulose, som kan bruges til fremstilling af nylon eller andre syntetiske fibre. Projektet undersøgte de tekstilgenanvendelsesprojekter på tværs af Europa for at skabe et overblik over de nuværende bedste tilgængelige teknologier, samt sikre at projektets innovationsproces ikke følger andres fodspor.

6 Innovationsfase (konceptudvikling)

Konceptudviklingen tog udgangspunkt i Lendager Groups' innovationsprocesser og -værktøjer, som bygger på tidligere tilegnede erfaringer fra tidligere innovationsforløb hvor elementer fra både idegenerering, materialekomposition, værdikædeskabelse og markedsimplementering indgår. Her udnyttes erfaret viden vedrørende brandhæmning af materialet fra tidligere plast-innovationer samt markeds-kæbelse fra bl.a. udviklede gulvelementer fra affaldsprodukter.

Et væsentligt element her er 'MIT', som beskrives i Lendager & Vind's bog: "A change makers guide to the future"⁹. En agil tankegang, med fokus på hhv. **M**arked, **I**mplementering og **T**eknologi, som skal sikre, at der konstant arbejdes mod løsninger, der er gennemførlige fra alle tre perspektiver.

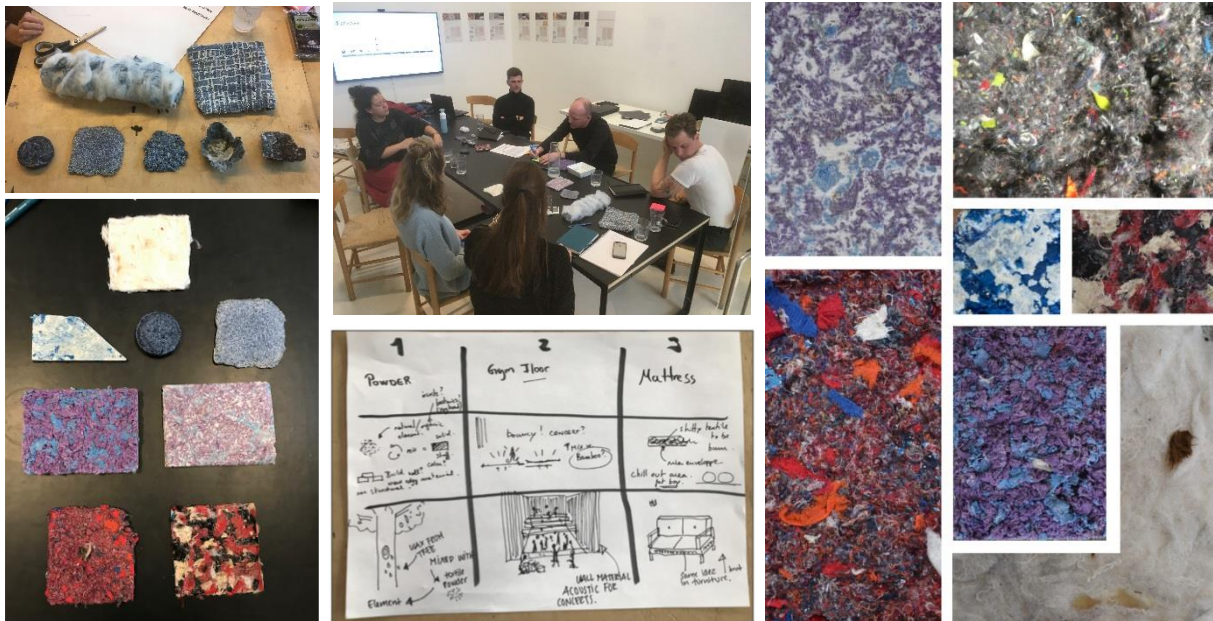


Igennem innovationsforløbet, der drives af Lendagers konsulentenhed inddrages der desuden eksperter fra Lendager Groups' Arkitektteam og materialeudviklingsteam, GTS-institutter og Universiteter, for at evaluere løsningerne ud fra flest mulige perspektiver.

6.1 Brainstorming

Med udgangspunkt i den udvalgte tekstilfraktion bestående af cirka 60 % syntetiske fibre og 40 % organiske fibre, blev en række idegenererings-workshops gennemført. Til hver workshop var relevante aktører, bl.a. Lendagers egne arkitekter samt studerende fra KADK og Aalborg Universitet inviteret. Idegenereringen udføres vha. papir/blyant og materialeprøver, og simple prototyper lavet. Eksempler på disse ses på følgende billede:

⁹ Anders Lendager & Ditte Lysgaard Vind (2018) – A Changemakers Guide to the Futures



De primære resultater fra de udførte workshops blev efterfølgende kategoriseret i to kategorier: Høj-densitet og Lav-densitet produkter.

Høj-densitet	<ul style="list-style-type: none"> • Bordplader • Skillevægge • Tøjbjøjer og stativer • Gulvplanker (semi-soft) • Byggesten
Lav-densitet	<ul style="list-style-type: none"> • Akustikplader (væg eller loft) • Nedhængte paneler (horisontalt og vertikalt) • Hyndefyld • Isoleringsmaterialer

Igennem MIT-værktøjet blev to produktkategorier udvalgt til videreudvikling: **Isoleringsmaterialer** og **akustikpaneler**. Hvorfor en gruppe studerende fra KADK og Aalborg Universitet i København, fortættes innovationsprocessen med fokus på isolering¹⁰ og akustikpaneler¹¹.

En fordel ved begge disse produkter er at de har en relativ stor markedsvolumen, hvilket betyder stor skalerbarhed og at de tilgængelige mængder af ikke ellers genanvendeligt tekstilaffald relativt let vil kunne finde et marked. Produktion af disse ville desuden substituere lignende produkter, såsom mineraluld, som er et energiintensivt materiale at producere.

¹⁰ (Tolman & d'Anjo, 2019) – Calling the World from Insulation: Reconfiguration of Socio-Technical Systems through Product Development

¹¹ (Bochardt, Ubben, & Jensen, 2019) – A Changing Fate: Strategic Design & Project Management

6.2 Tekstilbaserede isoleringsmaterialer



Beskrivelse	Ligesom tekstiler benyttes til at holde menneskekroppen varm, kan denne funktion også overføres til bygninger. Hvis tekstilerne kværnes og presses til måtter, vil den stillestående luft som dannes mellem fibrene mindske varmelededevenen, og derved fungere som alternativ til f.eks. mineraluldsisolering.
Muligheder	<ul style="list-style-type: none">• Modsat mineraluldsprodukter er tekstilmaterialet diffusionsåbent, hvilket muliggør åndbare konstruktioner, som kan give bedre indeklima• Kan udformes i varierende størrelser/tykkelser og derved matche specifikke bygningsbehov• Kan ligeledes processeres til granulat, så det kan blæses ind som hulmurs- eller loftisolering
Barrierer	<ul style="list-style-type: none">• Både organiske og syntetiske tekstilfibre har en høj brændværdi, og selvom det endelige produkt kan imprægneres med brandhæmmer, vil den ikke kunne opnå samme brandklasse som et mineraluldsprodukt• Til trods for at diffusionsåbne materialer er en fordel for indeklimaet, er der på nuværende tidspunkt rodfastet en byggekultur, hvor der foretrækkes at lave helt lukkede byggerier. Denne mentalitet skal ændres, hvis tekstilisolering skal vinde indpas.

6.3 Tekstilbaserede akustiske paneler



Beskrivelse	Udover at mindske varmeledende evnen kan en tekstilmåtte også fungere som lydabsorbent. Det er ligeledes hulrummet mellem fibrene, der gør at lydbølger fanges og overføres som varme, i stedet for blot at reflektere tilbage, som en hård væg eller loftplade ellers vil gøre.
Muligheder	<ul style="list-style-type: none">• Kan produceres i forskellige størrelser, tykkelser og densiteter, så den kan tilpasses specifikke byggerier og absorptionsbehov• Eftersom tekstilet kan udsorteres i farver, kan der produceres produkter med forskellige visuelle udtryk, som kommunikerer materialets oprindelse på en æstetisk måde• Kan monteres sammen med allerede eksisterende monteringsystemer (eg. i et 60x60 systemloft)• Består udelukkende af organiske og syntetiske fibre, og kan let demonteres, hvilket muliggør en kemisk genanvendelse af produktet til nye fibre
Barrierer	<ul style="list-style-type: none">• Både organiske og syntetiske tekstilfibre har en høj brændværdi, og selvom det endelige produkt kan imprægneres med brandhæmmer, vil den ikke kunne opnå samme brandklasse som et mineraluldsprodukt• Et tekstilpanel er ikke nær så formstabilt som f.eks. et panel af mineraluld eller PET-filt. Ved nogle applikationer kan der derfor være brug for ekstra understøttende monteringsystemer.

7 Test & Mock-ops

For at sikre at de to udvalgte koncepter lever op til de lovmæssige- og funktionelle krav, blev en række prototyper produceret. Disse blev testet for bl.a. varmeledsevne, lydabsorption, formstabilitet, brand, sundhed, miljø og montering.

Testprocessen har kørt som et iterativt flow igennem hele projektforsløbet, og været et mix af interne vejledende test, og eksterne validerende tests. I følgende afsnit præsenteres primært de eksterne validerede resultater.

7.1 Test-produktion

I samarbejde med AffaldPlus blev indsamlet en række tekstilaffaldsprøver (se tidligere i rapporten) til udviklingen af prototyper. Disse blev transporteret til vores produktionspartner, som har en tekstilmølle, der kan producere de ønskede produkter. Processen var som følger:



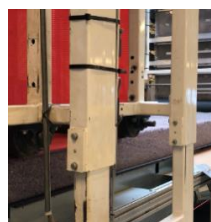
Sortering



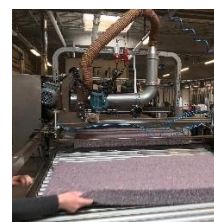
Neddeling



Mix m. binder



Varmepres



Tilskæring

Der er i alt kørt tre test-produktioner hos vores produktionspartner, hvor der blev eksperimenteret med varierende fiberlængder, densiteter, tykkelser, bindemængde, brandhæmmer og tekstilkvaliteter. De brugbare emner blev dernæst brugt som prøveemner i de følgende tests.

7.2 Akustisk test

De akustiske egenskaber, i form af absorptionskoefficienter, er blevet bestemt ved lydromsmetoden via måling af efterklangstiden med og uden absorberende tekstilemner. Målingerne er udført af FORCE Technology jf. testmetoden i DS/EN ISO 354:2003, hvor målingsresultaterne præsenteres pr. 1/3-oktav fra 100 Hz til 5000 Hz. Ligeledes præsenteres den vægtede absorptionskoefficient α_w samt tilhørende absorptionsklasse beregnet i henhold til DS/EN ISO 11654:1997. Absorptionskoefficienten α_w vægtes fra 0 til 1, hvor $\alpha_w = 0$ betegnes som ingen lyd absorptionsevne og $\alpha_w = 1$ betegnes som høj lyd absorptionsevne.

De målte absorberende tekstilemner er monteret hhv. direkte på rumoverflade (monteringstype A) og nedhængt 200mm (monteringstype E) jf. DS/EN ISO 354:2003.

De absorberende tekstilemner inkluderet i målingen er:

- 1) Lyseblå, 40 mm. Fladevægt: 3000 g/m²; Montering: 200 mm nedhængt.

- 2) Lyseblå, 40 mm. Fladevægt: 3000 g/m²; Montering: Direkte monteret
- 3) Grå, 40 mm. Fladevægt: 1750 g/m²; Montering: 200 mm nedhængt.
- 4) Grå, 40 mm. Fladevægt: 1750 g/m²; Montering: Direkte monteret
- 5) Grøn, 15 mm. Fladevægt: 2300 g/m²; Montering: 200 mm nedhængt.
- 6) Grøn, 15 mm. Fladevægt: 2300 g/m²; Montering: Direkte monteret
- 7) Hvid, 12,5 mm. Fladevægt: 1000 g/m²; Montering: Direkte monteret



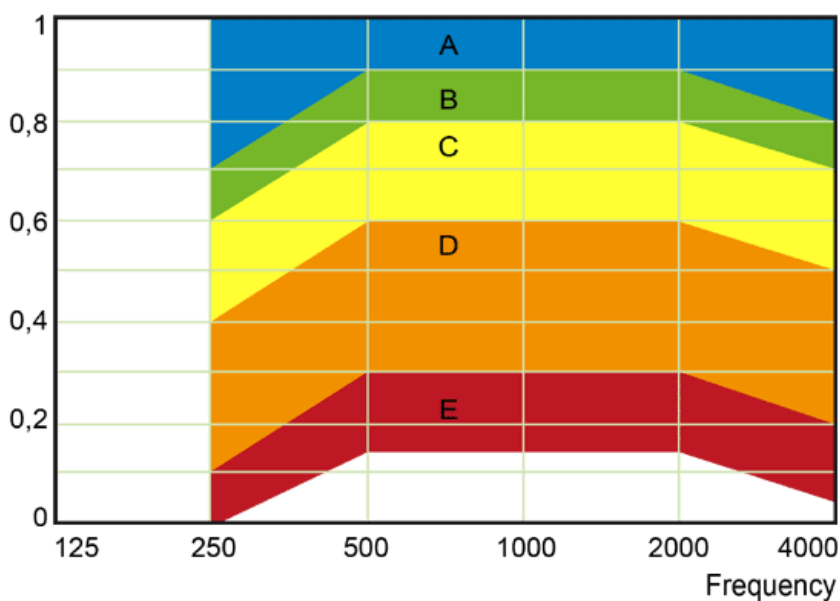
(Billedtekst: Opsætning af akustiske målinger jf. DS/EN ISO 354:2003 med hhv. monteringsstype A (Højre) og monteringsstype E (Venstre))

Resultat

Resultaterne af målingerne præsenteres i tabellen nedenfor med den vægtede absorptionskoefficient a_w samt tilhørende absorptionsklasse.

Kontakt Lendager Group for yderligere detaljer på testresultater.

Absorption coefficient



Test emne	a_w
1) 40mm/3000gsm. 200mm	0,95
2) 40mm/3000gsm. Direkte	0,75
3) 40mm/1750gsm. 200mm	1,00
4) 40mm/1750gsm. Direkte	0,75
5) 15mm/2300gsm. 200mm	0,85
6) 15mm/2300gsm. Direkte	0,45
7) 12,5mm/1000gsm. Direkte	0,30

7.3 Varmeledsevne

I samarbejde med Energi & Klima Teknologisk Institut, blev to test udført af hhv. 100 mm isoleringsmåtte og 100 mm isoleringsgranulat. Testene er gennemført i overensstemmelse med: DS/EN 12667:2001 og ISO 8302:1991.

Resultaterne er som følger:

- Varmeledsevne for isoleringsmåtte, **Lambda-værdi: 0,039 W/mK**
- Varmeledsevne for isoleringsgranulat, **Lambda-værdi: 0,042 W/mK**

Inden et tekstilt isoleringsprodukt kan komme på markedet, kræves yderligere krediterede test. Til trods for at granulatet klarer sig dårligt, ses der her potentiale i at optimere indblæsningen, så fibrene fordeler sig mere jævnt og derved isolerer bedre.

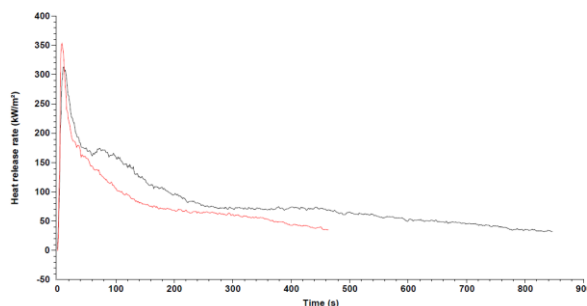
Kontakt Lendager Group for yderligere detaljer på testresultater.

7.4 Brand

I samarbejde med Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut blev en række indikative brandtests på tekstilprodukter hhv. med og uden tilsætning af naturlige brandhæmmer udført. Testene blev gennemført i overensstemmelse med ISO 5660-1.



Laboratory name	Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut		
Operator	MPA		
Sponsor	Lendager Group		
Manufacturer	Lendager Group		
Sample description	See individual reports		
Material name/ID			
Heat flux	50 kW/m ²	Report name	See individual reports
Orientation	Horizontal	Surface area	88,4 cm ²
		Retainer frame used?	Yes



Prøverne indikerer at produkterne kan få en brandklasse D til B afhængigt af mængden af tilsat brandhæmmer.

Der kræves yderligere krediterede tests, hvis der ønskes en reel branddokumentation på produkterne, da disse ville afhænge af den specifikke applikation.

Kontakt Lendager Group for yderligere detaljer på testresultater.

7.5 Installation og montage

Installationen af produkterne, hhv. isolering og akustikpaneler, afhænger af den respektive bygning typologi, lovpligtige restriktioner samt ønskede æstetiske udtryk fra brugerne.

Isolering

Installationen af isoleringsprodukterne forholder sig til allerede kendt installationspraksis som gældende ved kommercielle isoleringsprodukter, som fx mineral- og papiruld isolering. Her kan isoleringen monteres i vægkonstruktionen som måtter efter oplyste isoleringskrav eller som granulat i hulmur og loft, ved hjælp af indblæsning.

Tekstilisoleringen klassificeres som diffusionsåben og kræver derfor ikke en tilhørende dampspærre, som vil nedsætte indeklimaets kvalitet.

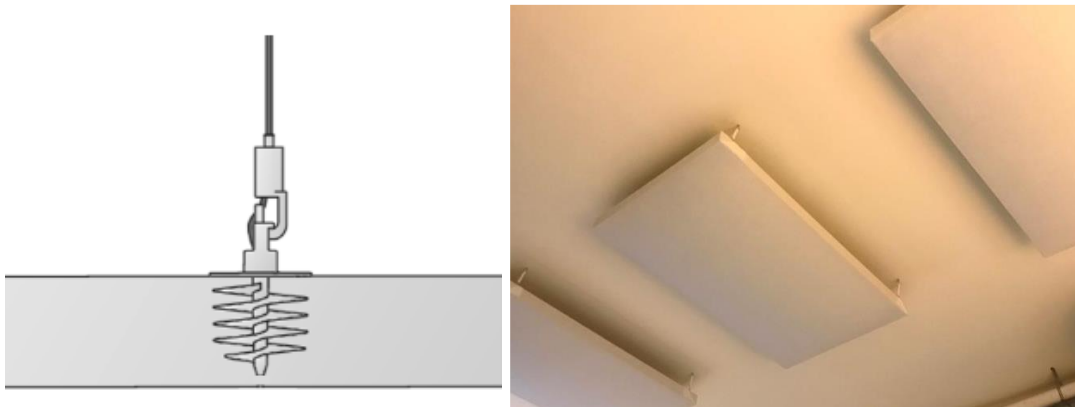


Akustikpaneler

Akustikpanelerne kan indgå som lydabsorberende element i et standardiseret 60x60cm nedhængt systemloft eller monteres som frithængende flåder og baffler samt som vægpaneler med eller uden foranliggende lister.

Ved montering af akustikpaneler som flåder, kan der anvendes et plast- eller metalanker, som nedskrues i panelet. Via ankeret kan en wire eller en krog

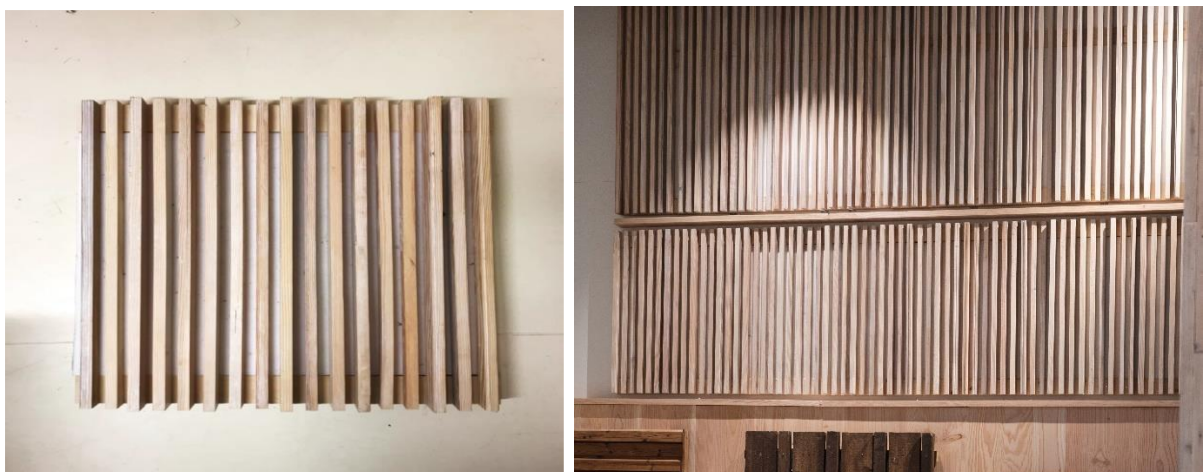
tilkobles i ønsket længde, som derefter fastmonteres i et loftelement. Det anbefales at der anvendes 4 – 6 stk. anker, for opretholdelse af panelets struktur.



Ved montering af vægpaneler, fæstnes panelets træramme med skruer, hvorefter den lydabsorberende tekstilmåtte indsættes.

Monteringsløsningen er designet med henblik for demontering og til udelukkende at bestå af reversible løsninger, som øger produktets modularitet. Løsningsdesignet understøtter lettilgængelige reparationer og udskiftning, som muliggør fremtidig recirkulering fx via kemisk genanvendelse.

Følgende eksempler demonstrerer mulige akustiske løsninger i form af væghængte paneler. Løsningen er udviklet og forhandlet af Lendagers materialeleverandører (Lendager UP) og kombinerer genanvendt træ med de udviklede tekstile akustikmåtter.



Figur 1 - Lendager UP akustik panel på Lendager's WASTELAND udstilling (Oslo 2019)



Figur 2 - Lendager UP akustik vægpanel

7.6 Miljøvurdering af akustikpanelet

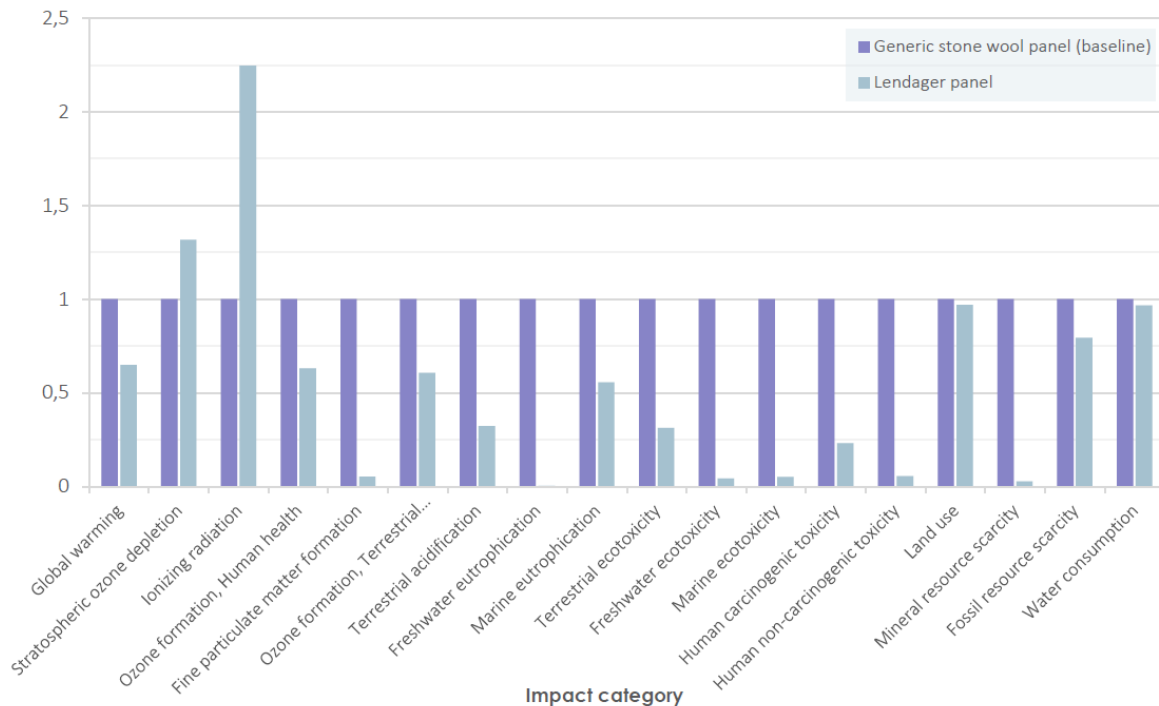
I samarbejde med DTU Management er der udført en komparativ LCA, der sammenligner de udviklede tekstilbaserede akustikpanel med et lignende stenuldsprodukt.

For bedst mulige sammenligningsgrundlag, defineres den funktionelle enhed til: *'at reducere efterklangstiden i et 50 kvm rum i Danmark i 30 år'*

LCI-modellering er udført som consequential, og vurderingen inkluderer alle livsfaser for begge produkter, bortset fra end-of-life, da der er begrænset mængde af tilgængelige data på dette. Derudover, er der ikke inkluderet pakkemateriale i vurderingen, da det forventes at være ens for begge produkter.

På baggrund af akustiktest, og offentlige tilgængelige data på stenuldsprodukter, beregnes det at der skal benyttes 36 kvm tekstilpanel og 29 kvm stenuldspanel, for at opnå den funktionelle enhed.

Resultaterne på de 18 effektkategorier er som følger:



Ovenstående graf viser, at akustikpanelet udviklet i dette projekt (lilla) klarer sig bedre end et stenuldsprodukt (grå) på 16 ud af 18 kategorier.

Fokuseres der specifikt på CO₂-eq-udledningen for hvert produkt er resultatet:

- **Tekstil = 7 kgCO₂e / m²**
- **Stenuld = 14,4 kgCO₂e / m²**

Til vurderingen er data indhentet hovedsageligt fra databasen Ecoinvent v3.5. Og hvor tilgængeligt er der benyttet primære data direkte fra projektets samarbejdspartnere.

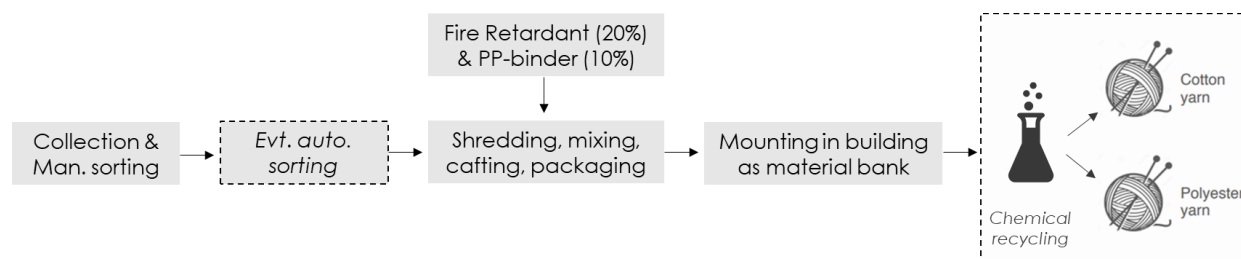
Vurderingen er revideret af Associate Professor, Alexis Laurent, DTU Management, Quantitative Sustainability Assessment

Kontakt Lendager Group for yderligere detaljer.

8 Evaluering: fremtid & forretningspotentiale

8.1 Flow og Fremtid

Materialeflowet vil ved lancering af produkt(er) på marked kunne se således ud:



AffaldPlus og andre aktører, der håndterer tekstilaffaldet står for indsamling og manuelsortering ud fra en række kvalitetskrav påsat af Lendager Group. Hvis korrekt sortering ikke er mulig, kan automatiske sorteringsanlæg benyttes, eksempelvis SipTex, der er under udvikling hos IVL i Malmø. Det udsorterede tekstilaffald transporteres til vores partnerskabspartner, hvor det processeres efter de ønskede specifikationer fra Lendager Group, som dernæst står for salg og montering af de endelige produkter.

Som en del af projektet har der været fokus på hvordan de nye tekstilprodukter kan blive genanvendt. Derfor er en væsentlig del af Lendager Groups' rolle at etablere en database, og udvikle ideen om en 'bygning som materialebank', hvor produkterne i fremtiden let kan demonteres og gå til kemisk genanvendelse, for så at blive til nye tekstilfibre.

8.2 Markedspotentiale

I perioden jul. 2018 – jun. 2019, blev ca. 2.050.000 etage-m² i kommercielle bygninger, heriblandt kontor- og hospitalsbygninger, igangsat i Danmark¹².

Med projektets primære fokus på de årligt ca. 26.000 tons ikke-genanvendeligt tekstilaffald i Danmark, har projektets udviklede akustikpaneler potentiale til at dække ca. 8.660.000 m²/år. Dette er dog i tilfælde af, at alt tekstilaffald vil blive benyttet til produktionen af akustikpaneler uden spild eller lignende. Dette taget i betragtning, tages der højde for nye teknologiske metoder for genanvendelse af tekstil jf. tidligere præsenteret kapitel, som øger den direkte genanvendelse af tekstilaffaldet. Herfra efterlades ca. 8.000 ton tekstilaffald til produktionen af akustikpaneler svarende til ca. 2.660.000 m²/år.

Ydermere tilkommer også privatopførte byggerier, som potentielt øger det totale opførte etageareal.

¹² Danmarks Statistik – BYGV88: Det samlede etageareal efter byggefase

Dette betyder, at potentialet for akustikpanelerne overstiger det igangsatte etageareal, som eventuelt vil skabe et overskud af tekstilbaserede akustikpaneler.

8.3 Centrale læringspunkter

Gennem dette pilotprojekt har Lendager Group, i samarbejde med Rambøll og AffaldPlus, erfaret at udviklingen af byggematerialer baseret på tekstilaffald er teknisk muligt, og samtidig bidrager positivt til de 16 af 18 miljømæssige effektkategorier.

De omtalte innovationer, i form af isolering- og akustikløsninger, performer teknisk tilfredsstillende, hvor især tekstilernes egenskab for lydabsorption anses som yderst tilfredsstillende med en absorptionsevne i absorptionsklasse A.

Innovationernes materialebestanddel består af en blanding af organiske og uorganiske tekstilfraktioner udsorteret og leveret af AffaldPlus' tekstilaffald. Kompositionen af tekstilfraktionernes type udgør en mindre rolle i innovationernes tekniske ydeevne. Derudover kan de anvendte tekstilfraktioner med fordel udsorteres i forudbestemte farveskalaer, for øget æstetisk værdi.

Det er dog yderst vigtigt, at de udsorterede og anvendte affaldstekstiler er uden indhold af giftig kemi og samtidig ikke har været udsat for fugt.

Baseret på en indikativ LCA-vurdering, konkluderes det, at tekstilbaserede akustikpaneler har lavere miljøpåvirkning på 16 ud af 18 miljøparametre og udleder 7,4 kg CO₂eq/m² mindre end mineraluldsbaserede produkter.

Det erfarer at, innovationens introduktion til hhv. isolerings- og akustikmarkedet er kompliceret, da især en række tekniske krav skal opfyldes. Her sættes især fokus og krav til produkternes brandsikkerhed, som skal klassificeres og godkendes under brandklasse B eller derover. Dette er dog kun gældende, hvis produkterne betegnes som en del af bygningskroppen og ikke hvis betegnet som interiørprodukter, som visse af de udviklede akustikpaneler kategoriseres som.

Potentialet for især akustikpaneler, overstiger antallet af det igangsatte bygningsareal i perioden jul. 2018 – jun. 2019, i tilfældet af, at alle 26.000 ton tekstilaffald bliver transformeret til akustikpaneler. Derfor kan andre innovationsprojekter, fx tekstilbaserede isoleringsmaterialer, også igangsættes, for dermed at finde anvendelse for al det ikke-genanvendelige tekstilaffald, som ellers ville blive sendt til forbrænding.

9 Bilag 1 - Farlige Stoffer

Vedr. kemikalier i tekstilaffaldet som en del af fremtidens bygninger i forhold til REACHs-forordningens kandidatliste over særligt problematiske stoffer og EU-Kommissionens forordning af 10. oktober 2018 om fastlæggelse af koncentrationsgrænser for CMR-stoffer i beklædningsgenstande og fodtøj.

REACH-forordningens¹³ Artikel 59, stk. 10 pålægger Kommissionen at offentliggøre og vedligeholde en kandidatliste over særligt problematiske stoffer til godkendelse (på engelsk Candidate List of Substances of Very High Concern (SVHC) for Authorisation)¹⁴.

Listen omfatter p.t. 191 sådanne stoffer, og når et stof er optaget på kandidatlisten, skal enhver leverandør af en 'artikel' (vare) give information til sine kunder, hvis artiklen indeholder mere end 0,1 % af stoffet. Det vil også være tilfældet f.s.v.a. bygningselementer baseret på tekstilaffald.

I 'Projekt tekstilaffald som en del af fremtidens bygninger' er der udført analyser for samtlige 191 stoffer på kandidatlisten for fire tekstilgrupper i tekstilaffaldsstrømmen fra AffaldPlus' tøjsortering. De fire tekstilgrupper er bomuld, uld & silke, kunststof (polyester) og endelig dyner & puder. Kun ét ud af de 191 stoffer er fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen, men stadig under koncentrationsgrænsen på 0,1 %, hvor oplysningspligten indtræder. Det gælder blødgøreren DEHP, der er fundet i hhv. polyester og dyner & puder i koncentrationer på hhv. 0,017 og 0,012 %.

For en umiddelbar betragtning synes reglerne om oplysningspligt ved markedsføring af varer med indhold af stoffer på kandidatlisten således ikke at lægge hindringer i vejen for materialeleganvendelse af tekstilaffald i bygningselementer, men det vil være oplagt at have en vis opmærksomhed på især kunststoffer (formodentlig er det også fra kunststoffer i kategorien dyner & puder, at den her konstaterede DEHP hidrører).

Derudover udstedte Kommissionen den 10. oktober 2018 en forordning¹⁵, som ændrer i REACH-forordningens bilag XVII ved at fastlægge koncentrationsgrænser for, hvor høje koncentrationer der må være af 33 nærmere angivne CMR-stoffer (stoffer, der er klassificeret som carcinogene, mutagene og/eller reproduktionstoksiske) i nye beklædningsgenstande og

¹³ Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 1907/2006 om registrering, vurdering og godkendelse af samt begrænsninger for kemikalier (REACH). Kan [ses her](#) på EUR-lex..

¹⁴ Den til enhver tid gældende liste er tilgængelig her på ECHA's hjemmeside: <https://echa.europa.eu/da/candidate-list-table> og en nærmere omtale af den findes her på Miljøstyrelsens hjemmeside: <https://mst.dk/kemi/kemikalier/stoflister-og-databaser/kandidatlisten/>

¹⁵ Kommissionens Forordning (EU) 2018/1513 af 10. oktober 2018 om ændring af bilag XVII til Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 1907/2006 om registrering, vurdering og godkendelse af samt begrænsninger for kemikalier (REACH) for så vidt angår visse stoffer, der er klassificeret som kræftfremkaldende, mutagene eller reproduktionstoksiske (CMR) i kategori 1A eller 1B. Kan [ses her](#) på EUR-lex.

fodtøj, der markedsføres efter den 1. november 2020. 12 af disse stoffer figurerede allerede på kandidatlisten, og er altså blevet screenet i ovennævnte analyser, uden at der er fundet spor af dem.

Brugte beklædningsgenstande, tilbehør dertil og andre tekstiler end beklædningsgenstande eller fodtøj samt væg til væg-tæpper og gulvbelægning af tekstilmaterialer til indendørs brug, tæpper og løbere, er i øvrigt undtaget fra kravet om at overholde de nye koncentrationsgrænser.

I skemaet til slut i dette bilag er opført samtlige 33 CMR-stoffer med tilhørende koncentrationsgrænser, og det er med fed skrift angivet, hvilke af stofferne, der samtidig er på kandidatlisten.

Endvidere er det for hvert af stofferne bestemt ved klassificering efter affaldsbekendtgørelsens regler¹⁶, hvad koncentrationsgrænsen er for, hvornår det enkelte stof vil gøre tekstilaffald til farligt affald, samt hvornår de gør et produkt til et farligt produkt (i de få tilfælde, hvor der ikke er fuld overensstemmelse mellem hvornår et produkt og det samme produkt som affald er klassificeret som farligt).

Det ses, at der for de fleste stoffers vedkommende er et ret stort vindue imellem hvornår markedsføringsforbuddet (for nye tekstiler) indtræder, og hvornår tekstilaffald, der er affald, er klassificeret som farligt affald¹⁷. Inden for dette vindue vil tekstilaffald fortsat kunne håndteres som ikke-farligt affald og anvendes i f.eks. byggematerialer.

Bevæggrundene for forordningen er at finde i dennes præambel. Det fremgår således af præambelens punkt 3, at visse CMR-stoffer er tilstede i beklædningsgenstande og tilbehør dertil samt andre tekstiler og fodtøj, enten som urenheder fra fremstillingsprocessen, eller fordi de er blevet tilsat bevidst for at give dem specifikke egenskaber.

Af præambelens punkt 4 fremgår det endvidere, at det af oplysninger fra offentlige myndigheders og interessenters rapporter fremgår, at forbrugerne potentielt kan blive eksponeret for CMR-stoffer, der er tilstede i beklædningsgenstande og tilbehør dertil samt andre tekstiler og fodtøj, ved kontakt med huden eller ved indånding. Og videre, at forbrugerne i vidt omfang har adgang til at anvende disse produkter, bl.a. som privatpersoner eller ved brug af et produkt i forbindelse med en tjenesteydelse til den almindelige offentlighed (og her nævnes sengelinned på et hospital eller møbelpolstring på et offentligt bibliotek som eksempler). Det er netop for at minimere sådan eksponering af forbrugerne, at det nu forbydes at

¹⁶ [BEK nr. 224 af 08/03/2019 om affald.](#)

¹⁷ Dette gælder dog ikke for stofferne NMP, DMAC og DMF, for hvilke koncentrationsgrænsen for markedsføringsforbuddet og for klassificering som farligt affald er identisk, nemlig 3000 mg/kg (eller 0,3%), det vil m.a.o. sige 3 gange højere end grænsen for, hvornår oplysningspligten gælder i h.t. kandidatlisten, som alle tre stoffer også figurerer på.

markedsføre beklædningsgenstande og tilbehør dertil eller fodtøj, der skal anvendes af forbrugere, hvis CMR-stofferne er tilstede i koncentrationer over et vist niveau. Det samme gælder for andre tekstiler, der kommer i kontakt med menneskers hud i et lignende omfang som beklædningsgenstande (f.eks. sengelinned, plaider, møbelpolstring eller genanvendelige bleer).

Forordningen har betydning for projekt 'Tekstilaffald som en del af fremtidens bygninger' på mindst to led, nemlig:

- a) Det tekstilaffald, der skal finde anvendelse i fremtidens bygninger, bør – uanset at brugte beklædningsgenstande m.v. ikke er omfattet af markedsføringsforbuddet - enten dokumenteret overholde de koncentrationsgrænser, der er fastsat i forordningen ELLER de skal anvendes på en måde, så mennesker ikke kan eksponeres for eventuelt indhold af CMR-stoffer ved hudkontakt eller indånding (idet oplysningspligten i h.t. kandidatlisten selvfølgelig under alle omstændigheder vil indtræde ved overskridelse af 0,1%-grænsen).
- b) Omvendt kan tekstilaffald, der lovligt vil kunne markedsføres som brugte selv med højere koncentrationer af CMR-stoffer end forordningen angiver, med sundhedsmæssig fordel trækkes ud af strømmen til direkte genbrug og i stedet indbygges i sådanne bygningselementer, hvor de ikke vil kunne give anledning til eksponering af mennesker ved hudkontakt eller indånding.

Stof	Indeksnr.	CAS-nr.	EF-nr.	Konc.-grænse, tekstil, mg/kg	Konc.-grænse, farlig, mg/kg	
					Affald	Produkt
Cadmium og cadmiumforbindelser (opført i bilag XVII, punkt 28, 29 og 30, tillæg 1-6)				1 mg/kg efter ekstraktion (udtrykt som frit Cd, der kan ekstraheres af materialet)	1000	
Chrom(VI)-forbindelser (opført i bilag XVII, punkt 28, 29 og 30, tillæg 1-6)				1 mg/kg efter ekstraktion (udtrykt som Cr VI, der kan ekstraheres af materialet)	1000	
Arsenforbindelser (opført i bilag XVII, punkt 28, 29 og 30, tillæg 1-6)				1 mg/kg efter ekstraktion (udtrykt som metallisk As, der kan ekstraheres af materialet)	1000	
Bly og blyforbindelser (opført i bilag XVII, punkt 28, 29 og 30, tillæg 1-6)				1 mg/kg efter ekstraktion (udtrykt som metallisk Pb, der kan ekstraheres af materialet)	2500	
Benzen	601-020-00-8	71-43-2	200-753-7	5 mg/kg	1000	
Benz[a]anthracen	601-033-00-9	56-55-3	200-280-6	1 mg/kg	1000	25
Benz[e]acephenanthrylen	601-034-00-4	205-99-2	205-911-9	1 mg/kg	1000	
Benzo[a]pyren; Benzo[def]chrysen	601-032-00-3	50-32-8	200-028-5	1 mg/kg	1000	100
Benzo[e]pyren	601-049-00-6	192-97-2	205-892-7	1 mg/kg	1000	
Benzo[j]fluoranthren	601-035-00-X	205-82-3	205-910-3	1 mg/kg	1000	
Benzo[k]fluoranthren	601-036-00-5	207-08-9	205-916-6	1 mg/kg	1000	
Chrysen	601-048-00-0	218-01-9	205-923-4	1 mg/kg	1000	
Dibenzo[a,h]anthracen	601-041-00-2	53-70-3	200-181-8	1 mg/kg	1000	100
$\alpha,\alpha,\alpha,4$ -tetrachlortoluen; p-chlorbenzotrichlorid	602-093-00-9	5216-25-1	226-009-1	1 mg/kg	1000	
α,α,α -trichlortoluen; (trichlormethyl)benzen	602-038-00-9	98-07-7	202-634-5	1 mg/kg	1000	
α -chlortoluen; benzylchlorid	602-037-00-3	100-44-7	202-853-6	1 mg/kg	1000	
Formaldehyd	605-001-00-5	50-00-0	200-001-8	75 mg/kg*	1000	
1,2-Benzendicarboxylsyre; di-C-6-8-forgrenede alkylestere, C7-rige	607-483-00-2	71888-89-6	276-158-1	1000 mg/kg (enkeltvis eller i kombination med andre phthalater i dette punkt eller i andre punkter i bilag XVII, der i del 3 i bilag VI til forordning (EF) nr. 1272/2008 er klassificeret i en af fareklasserne carcinogenicitet, kimcellemutagenicitet eller reproduktionstoksicitet i kategori 1A eller 1B)	3000	
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	607-228-00-5	117-82-8	204-212-6	do	3000	
Diisopentylphthalat	607-426-00-1	605-50-5	210-088-4	do	3000	
Di-n-pentylphthalat (DPP)	607-426-00-1	131-18-0	205-017-9	do	3000	
Di-n-hexylphthalat (DnHP)	607-702-00-1	84-75-3	201-559-5	do	3000	
N-methyl-2-pyrrolidon; 1-methyl-2-pyrrolidon (NMP)	606-021-00-7	872-50-4	212-828-1	3000 mg/kg	3000	
N,N-dimethylacetamid (DMAC)	616-011-00-4	127-19-5	204-826-4	3000 mg/kg	3000	
N,N-dimethylformamid; dimethyl formamid (DMF)	616-001-00-X	68-12-2	200-679-5	3000 mg/kg	3000	
1,4,5,8-Tetraaminoanthraquinon; C.I. Disperse Blue 1	611-032-00-5	2475-45-8	219-603-7	50 mg/kg	1000	
Benzenamin, 4,4'-(4-iminocyclohexa-2,5-dienylidenmetylen)dianilinhydrochlorid; C.I. Basic Red 9	611-031-00-X	569-61-9	209-321-2	50 mg/kg	1000	
[4-[4,4'-Bis(dimethylamino)benzhydryliden]cyclohexa-2,5-dien-1-yliden]dimethylammoniumchlorid; C.I. Basic Violet 3 med $\geq 0,1\%$ af Michlers keton (EF-nr. 202-027-5)	612-205-00-8	548-62-9	208-953-6	50 mg/kg	1000	
4-Chlor-o-toluidiniumchlorid	612-196-00-0	3165-93-3	221-627-8	30 mg/kg	1000	
2-Naphthylammoniumacetat	612-071-00-0	553-00-4	209-030-0	30 mg/kg	1000	
4-Methoxy-m-phenylendiammoniumsulfat; 2,4-diar	612-200-00-0	39156-41-7	254-323-9	30 mg/kg	1000	
2,4,5-Trimethylanilinhydrochlorid	612-197-00-6	21436-97-5	—	30 mg/kg	1000	
Quinolin	613-281-00-5	91-22-5	202-051-6	50 mg/kg	1000	
*) Dog 300 mg/kg frem til 01.11.23						

33 stoffer og forbindelser er optaget på REACH-forordningens Bilag XVII, som ikke må markedsføres i nye tekstiler og fodtøj over de anførte koncentrationsgrænser efter 1. november 2020 – sammenlignet med koncentrationsgrænserne for, hvornår de samme stoffer gør affald og produkter farlige (hvor intet andet er anført, gælder den samme koncentrationsgrænse). De med fed fremhævede stoffer er samtidig optaget på kandidatlisten over særligt problematiske stoffer til godkendelse, offentliggjort i henhold til artikel 59, stk. 10, i REACH-forordningen. For disse stoffer gælder det, at enhver leverandør skal oplyse om stofferne til kunderne, hvis koncentrationen overstiger 0,1% - eller altså 1000 mg/kg.