

Ocena śladu środowiskowego tkaniny poliestrowej

Celem opracowania jest określenie śladu środowiskowego tkanin poliestrowych stosowanych jako obicia tapicerskie pod kątem prezentacji na stronie internetowej.

Czynniki środowiskowe

W ocenie cyklu życia uwzględnia się w zasadzie bardzo wiele aspektów środowiskowych, z których część jest nieintuicyjna dla przeciętnego odbiorcy (nie wspominając o samych jednostkach stosowanych do wyrażenia niektórych aspektów). Pełna ocena cyklu życia (ang. Life Cycle Assessment – LCA) korzysta uwzględnia aż 13 aspektów, wymienionych poniżej:

- Zmiana klimatu (mierzona śladem węglowym)
- Zmniejszenie warstwy ozonowej
- Toksyczność dla ludzi
- Fotochemiczne formowanie ozonu
- Promieniowanie jonizujące
- Pyły zawieszone
- Zakwaszenie gleby
- Eutrofizacja gleby
- Eutrofizacja wody
- Toksyczność środowiskowa
- Zużycie surowców, kopalne
- Zużycie surowców, abiotyczne
- Zużycie wody[1]

Z tego powodu zdecydowano się skupić na wybranych aspektach, które są bardziej intuicyjne dla przeciętnego odbiorcy:

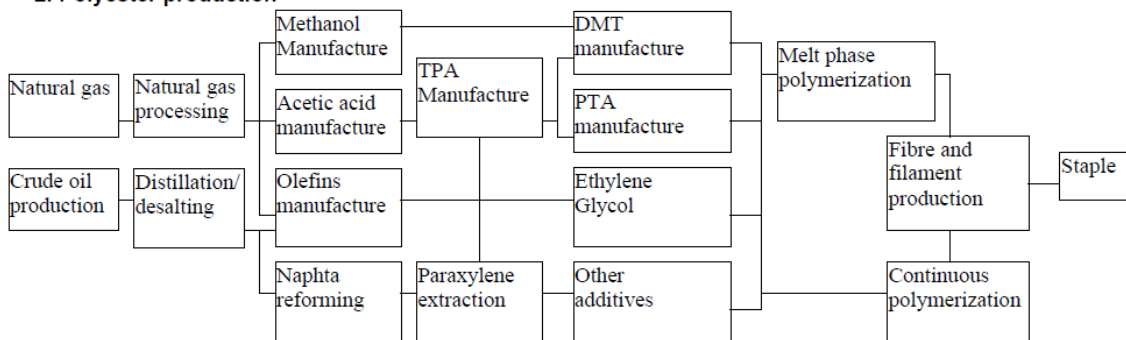
- Ślad węglowy (pełny, z uwzględnieniem CO₂, CH₄ oraz NO_x) [kg CO₂e/kg tkaniny] – kg CO₂e to kilogram ekwiwalentu CO₂
- Zużycie paliw kopalnych [kg/kg]
- Zużycie energii [MJ/kg]
- Zużycie wody [l/kg]
- Ścieki [l/kg]
- Środki chemiczne [g/kg]

Pozostałe aspekty środowiskowe mogą wyraźnie zaciemniać obraz. Gdyby surowiec był pochodzenia organicznego (len, bawełna), to wtedy uwzględniłbym kwestię stosowania pestycydów, zużycia powierzchni ziemi itd.

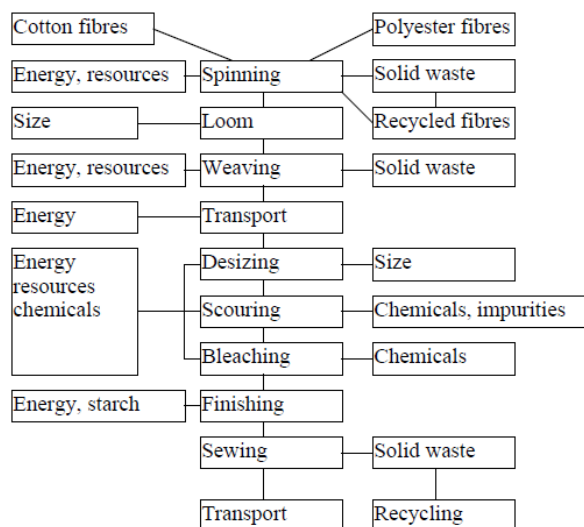
Zakres analizy

W ocenie uwzględniono kwestie związane zarówno z produkcją włókna jak i tkaniny. Cały cykl produkcji składa się z: produkcji granulatu, produkcji włókna, teksturowania, tkania oraz barwienia. Na Rys. 1 zaprezentowano schemat produkcji tkaniny poliestrowej.

2. Polyester production



3. Fabric production



Rys.1 Schemat produkcji tkaniny poliestrowej z uwzględnieniem zapotrzebowania na surowce oraz energię [2]

W analizie pominięto kwestię prania tapicerki – zaletą tego rozwiązania będzie łatwa zmywalność w porównaniu do konkurencji, lecz przez brak statystyk ile razy tkanina jest poddawana myciu w całym cyklu życia kanapy – ciężko tę wartość ustalić. Co więcej, trudność będzie stanowić określenie śladu węglowego urządzenia do czyszczenia tapicerki, gdyż jest to relatywnie rzadkie urządzenie.

W opracowaniu nie uwzględniono metody utylizacji odpadu – w praktyce jest to albo spalanie (częściowy odzysk energii, w tym wypadku wynosi on ok. 23MJ/kg, zdecydowanie mniej niż ilość energii potrzebnej do wyprodukowania tkaniny poliestrowej), recykling (mało prawdopodobny) oraz składowanie. Pominięto również kwestię transportu, gdyż w perspektywie masy całego produktu (jakim jest kanapa) – udział (i zarazem ślad) jest niewielki.

Ślad węglowy i zapotrzebowanie na energię

Zgodnie ze schematem przedstawionym na Rys. 1 ślad środowiskowy można podzielić na dwie części:

- Produkcja włókna
- Produkcja tkaniny

W przypadku produkcji włókna największy wpływ będzie miała produkcja samego granulatu – przetworzenie go na włókno ma zdecydowanie mniejszy ślad węglowy oraz zapotrzebowanie na energię (formowanie włókna ok. 6.2-8 MJ/kg, obróbka wstępna ok. 8MJ/kg [3,4]).

Sytuacja wygląda całkowicie inaczej w przypadku produkcji tkaniny, gdzie znaczący udział ma zarówno tkanie jak i barwienie. Tkanie jest procesem bardzo energochłonnym i na ślad węglowy oraz zużycie energii bardzo duży wpływ będzie miała gęstość liniowa stosowanego włókna. Barwienie z kolei ma również istotny ślad węglowy rzędu 50 MJ/kg tkaniny. Poniżej w Tab. 1. przedstawiono ślad węglowy oraz zapotrzebowanie na energię różnych etapów obróbki włókien syntetycznych

Tab. 1 Zestawienie danych wejściowych od oceny kosztów środowiskowych, śladu węglowego, zapotrzebowania na energię oraz toksyczności produkcji włókien syntetycznych[3]

| Ecoinvent LCI name or Idemat 2012 LCI name | Eco-costs | CO ₂ | CED | ReCiPe |
|---|-----------|-----------------|-------|--------|
| Acetonitrile, at plant/RER | 0.753 | 3.040 | 86.7 | 0.362 |
| Cotton fibers, ginned, at farm/CN | 1.481 | 3.474 | 50.4 | 0.628 |
| Polyurethane, flexible foam, at plant/RER | 1.324 | 4.836 | 103.1 | 0.517 |
| Nylon: nylon 6, at plant/RER 50 %+nylon 66, at plant/RER 50 % | 2.069 | 8.638 | 129.7 | 0.780 |
| Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant/RER | 1.057 | 2.698 | 78.4 | 0.346 |
| Dyeing, excluding pigments and carriers (Section 3.6) | 0.422 | 2.245 | 48.2 | 0.199 |
| Heat setting and washing synthetic fabrics (Section 3.5) | 0.171 | 0.908 | 19.5 | 0.081 |
| Knitting 83 dtex (electricity 0.51 kWh/kg, see Fig. 3) | 0.048 | 0.257 | 5.5 | 0.021 |
| Knitting 200 dtex (electricity 0.21 kWh/kg, see Fig. 3) | 0.020 | 0.106 | 2.3 | 0.009 |
| Knitting 300 dtex (electricity 0.14 kWh/kg, see Fig. 3) | 0.013 | 0.071 | 1.5 | 0.006 |
| Pretreatment of cotton (Section 3.5) | 0.237 | 1.261 | 27.1 | 0.105 |
| Spinning cotton 45 dtex (electricity 22.4 kWh/kg, see Fig. 1) | 2.127 | 11.322 | 243.2 | 0.942 |
| Spinning cotton 70 dtex (electricity 14.4 kWh/kg, see Fig. 1) | 1.368 | 7.281 | 156.4 | 0.605 |
| Spinning cotton 150 dtex (electricity 6.73 kWh/kg, see Fig. 1) | 0.638 | 3.396 | 72.9 | 0.282 |
| Spinning cotton 300 dtex (electricity 3.37 kWh/kg, see Fig. 1) | 0.319 | 1.700 | 36.5 | 0.141 |
| Spinning extruder polymer filaments (80–500 dtex) (Section 3.2) | 0.168 | 0.896 | 19.2 | 0.074 |
| Spinning viscose fibers (80–500 dtex) (Section 3.2) | 0.042 | 0.223 | 4.8 | 0.019 |
| Texturing polymer fibers (Section 3.3) | 0.095 | 0.505 | 10.8 | 0.042 |
| Weaving 45 dtex (electricity 32.9 kWh/kg, see Fig. 2) | 3.118 | 16.595 | 356.4 | 1.380 |
| Weaving 70 dtex (electricity 21.1 kWh/kg, see Fig. 2) | 2.004 | 10.667 | 229.1 | 0.887 |
| Weaving 150 dtex (electricity 9.87 kWh/kg, see Fig. 2) | 0.936 | 4.980 | 106.9 | 0.414 |
| Weaving 300 dtex (electricity 4.93 kWh/kg, see Fig. 2) | 0.467 | 2.488 | 53.4 | 0.207 |

Na podstawie powyższej tabeli powstały poniższe wykresy, przedstawiający ślad węglowy oraz zapotrzebowanie na energię tkanin wytwarzanych z różnego rodzaju włókien syntetycznych o gęstości liniowej włókna 70 dtex.

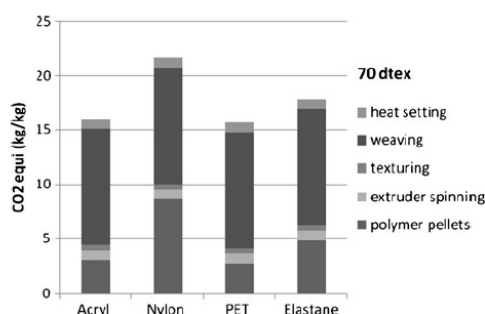


Fig. 10 The carbon footprint of synthetic textiles, 70 dtex

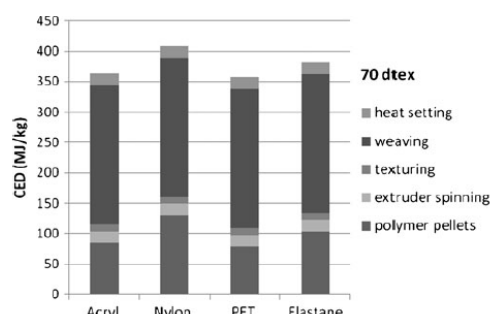
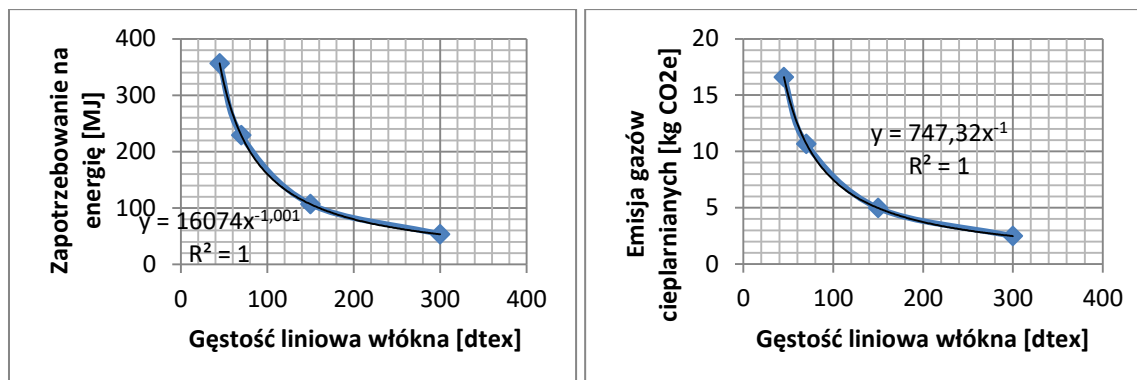


Fig. 11 The CED of synthetic textiles, 70 dtex

Rys. 2a-b Ślad węglowy oraz zapotrzebowanie na energię produkcji różnych włókien syntetycznych[3]

Jak wcześniej wspomniano, bardzo duże znaczenie ma tutaj tkanie, które jest bezpośrednio zależne od gęstości liniowej włókna. Dla włókna 70 dtex zapotrzebowanie na energię wynosi 229.1 MJ/kg, a dla 300 dtex zaledwie 53.4 MJ. W oparciu o znalezione dane wykreślono wpływ gęstości liniowej włókna na ślad węglowy oraz zapotrzebowanie na energię (Rys 3a-b).



Rys. 3a-b Ślad węglowy oraz zapotrzebowanie na energię procesu tkania.

Zużycie wody oraz środków chemicznych

W procesie produkcji granulatu zużycie wody jest niewielkie woda jest stosowana w niewielkim stopniu, przez co etap ten nie będzie zużywać dużej ilości wody.

Na zużycie wody, ilość ścieków oraz środków chemicznych będzie mieć wpływ samo barwienie, które w zależności od źródła będzie wymagało zużycia wody 128-204 l/kg tkaniny (z czego część będzie zapewne odzyskana). Literatura podaje, iż na każdy kilogram tkaniny powstaje 10 litrów ścieków zawierających barwniki oraz potrzeba ok. 240 g barwników.

Zestawienie

W Tab. 2 przedstawiono zestawienie informacji dla poszczególnych aspektów z różnych źródeł w celu uśrednienia wpływu produkcji tkanin poliestrowych. Średnie zostały wyznaczone tkanin, gdzie stosowano włókno 120 i 2000 dtex. Korzystając ze współczynników oraz postaci równania wyznaczonych metodą regresji (Rys. 3a-b) wyliczono wartości śladu węglowego oraz zapotrzebowania na energię dla wybranych gęstości liniowych włókna.

Tab. 2 Zestawienie wpływu środowiskowego produkcji tkanin poliestrowych w przeliczeniu na kg tkaniny.

| | Parametr | Ślad węglowy | Zapotrzebowanie na paliwa kopalne | Zapotrzebowanie na energię | Zużycie wody | Ścieki | Barwniki |
|-----|--------------------|--------------|-----------------------------------|----------------------------|--|--------|----------|
| | Jednostka | kg CO2e | kg | MJ | l | l | g |
| [1] | Suma | | od 3 do 4,8 | 163,6 | wstępnie 17,2 oraz od 65 do 148 na barwienie | 10 | 240 |
| | Suma | | | od 128 do 204 | | | |
| [2] | Produkcja włókna | 2,9918 | 2,4 | 97,4 | 17,2 | | |
| | Produkcja tkaniny | 7,7122 | 2,2 | 98,1 | 25600 | | |
| | Suma | 10,704 | | 195,5 | 25617,2 (pominięto) | | |
| [3] | Suma dla 120 dtex | 6,23 | | 134 | | | |
| | Suma dla 2000 dtex | 0,374 | | 8 | | | |

| | | | | | | | |
|-----|---------------------------|------------------------|-------------|--------------|---------------|-----------|------------|
| [4] | Produkcja włókna | od 1,7 kg do 4,5 kg | | od 96 do 125 | 62 | | |
| | Produkcja tkaniny | 4,5 | | 108 | 160 | | |
| | Suma | 7,6 | | 218,5 | 222 | | |
| | Średnia (120dtex) | 8,176 | 4,25 | 177,9 | 172,85 | 10 | 240 |
| | Średnia (2000dtex) | 11,26 | 4,25 | 146,4 | 172,85 | 10 | 240 |

Wartości średnie przedstawione na końcu Tab. 2 są równoważne oszczędnościom środowiskowym, które zostaną uzyskane przy poddaniu 1 kg tkaniny upcyklingowi zamiast utylizacji. Tym samym upcykling 1 kg tkaniny poliestrowej pozwala uniknąć emisji ok. X kg CO₂e, zużycia 4,25 kg paliw kopalnych, X MJ energii, zużycia 172,85 litrów wody, wylania 10 l ścieku i zużycia 240 g barwnika.

Jak wspomniano w założeniach – nie uwzględniono etapu zakończenia życia, które w tym wypadku będzie albo składowaniem albo spalaniem (ze względu na specyfikę odpadu bardzo mało prawdopodobne jest, żeby doszło do recyklingu tkaniny obciowej). Składowanie nie wpłynie na powyższe obliczenia, z kolei spalanie pozwoli odzyskać 23 MJ energii emitując CO₂. Ilość wyemitowanego CO₂ dla czystego węgla wynosi ok. 3,6 kg na kg spalonego węgla[5], w przypadku poliestru, który zawiera w swojej strukturze 4 atomy tlenu na jednostkę funkcyjną (glikol etylenowy i kwas tereftalowy), emisja będzie o kilkadziesiąt procent niższa, lecz będzie źródłem innych toksycznych związków, które będą musiały zostać odfiltrowane.

Literatura

[1] The role and business case for existing and emerging fibres in sustainable clothing, The Food and Environment Research Agency, April 2010, wyliczenia zebrano tu: <https://eko-logicznie.com/teoria/ktore- tkaniny-sa-najbardziej-ekologiczne-analiza-cykladu-zycia-tkanin/>,

[2] Eija M.Kalliala, and Pertti Nousiainen, Environmental profile of cotton and polyester-cotton fabrics, Autex Research Journal Vol 1, No.1, 1999,

[3] Natascha M. van der Velden & Martin K. Patel & Joost G. Vogtländer, LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane, Int J Life Cycle Assess, DOI 10.1007/s11367-013-0626-9

[4] Gustav Sandin, Sandra Roos, Malin Johansson, Environmental impact of textile fibers – what we know and what we don't know - the fiber bible part 2

[5] https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/oe/pdf/transportation/fuel-efficient-technologies/autosmart_factsheet_6_e.pdf