

ATEITIES MADA: INOVATYVIOS TEKSTILĖS MEDŽIAGOS IR TVARUMO PERSPEKTYVOS

Indrė Mikuckė

Kauno kolegija

Anotacija. Mados ir tekstilės pramonė daro neigiamą poveikį aplinkai – ji prisideda prie klimato kaitos, didelio vandens suvartojimo, plastiko taršos ir šiltnamio efekto sukeliančių dujų emisijų. Remiantis naujausiais duomenimis, tekstilės sektorius kasmet sunaudoja apie 215 trilijonų litrų vandens ir yra atsakingas už 9 proc. mikroplastiko taršos pasaulio vandenynuose. Nors mados ir tekstilės pramonė laikoma viena iš labiausiai aplinką teršiančių pramonės šakų pasaulyje, augantis žmonių sąmoningumas, technologinė pažanga ir naujos strategijos skatina netvarius procesus keisti tvaresniais sprendimais, galinčiais teigiamai paveikti žmonijos ateitį. Tvarumo siekis tampa vis svarbesnis, todėl būtina ieškoti inovatyvių sprendimų, galinčių sumažinti mados ir tekstilės pramonės daromą žalą aplinkai. Straipsnyje analizuojami tvarios mados poreikį lemiantys veiksniai, aptariamos mažesnį žalingą poveikį aplinkai turinčių tekstilės medžiagų alternatyvos, remiantis naujausiais moksliniais ir technologiniais tyrimais, nagrinėjamos šių medžiagų pritaikymo perspektyvos mados pramonėje. Tyrimas grindžiamas mokslinių šaltinių analize, įvertinančia perdirbtų sintetinių medžiagų, biosintetinių pluoštų, taip pat gyvulinės kilmės odos ir natūralaus kailio alternatyvų potencialą. Šiuo metu mažesnį žalingą poveikį aplinkai turinčių alternatyvų sritis sparčiai plečiasi – kuriami nauji perdirbto poliesterio sprendimai, vystomos biologiškai skaidžios, biosintetinės medžiagos, kurios prisideda prie klimatui nekenksmingos gamybos, o laboratorijoje užaugintos ar biotechnologiškai sukurtos inovacijos gali tapti svarbia darnios mados ateities dalimi. Analizė parodė, kad tvaresnių sprendimų plėtra yra būtina siekiant sumažinti neigiamą mados ir tekstilės pramonės poveikį aplinkai. Perėjimas prie inovatyvių medžiagų padėtų mažinti CO₂ emisijas, plastiko taršą ir išteklių eikvojimą, tačiau tam reikalingi tiek technologiniai pokyčiai, tiek vartotojų elgsenos transformacija. Nors siekiant pritaikyti mažesnį žalingą poveikį aplinkai turinčias tekstilės medžiagų alternatyvas, vis dar susiduriama su iššūkiais, sparčiai tobulėjančios technologijos, žiedinės ekonomikos modelio taikymas bei mados industrijos siekis mažinti ekologinį pėdsaką sudaro palankias sąlygas šių medžiagų plėtrai.

Reikšminiai žodžiai: mados ir tekstilės pramonė, mažesnį žalingą poveikį aplinkai turinčios tekstilės medžiagų alternatyvos, tvaresni sprendimai

Įvadas

Ne paslaptis, kad mados ir tekstilės pramonė viso pasaulio mastu susiduria su įvairiomis aplinkos taršos problemomis. Šios pramonės šakos yra atsakingos už klimato kaitą, didžiulį vandens suvartojimą, plastiko taršą ir anglies dioksido emisijas (Niinimäki ir kt., 2020). Tekstilės gamyboje kasmet sunaudojama apie 215 trilijonų litrų vandens, šis sektorius išmeta 2–8 proc. pasaulio šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir yra atsakingas už 9 proc. mikroplastiko taršos vandenynuose (United Nations Environment Programme, 2023). Svarbu paminėti, kad tekstilės atliekos kelia didžiulį iššūkį, kasmet Europos Sąjungoje išmetama 5 milijonai tonų drabužių. Tik 1 proc. iš jų galima perdirbti į naujus gaminius, kadangi technologijos, kurios suteikia galimybę perdirbti drabužius į pirminius pluoštus, tik neseniai pradėtos plėtoti (European Commission, 2024).

Didėjant žmonių sąmoningumui, tobulėjant technologijoms bei atsirandant naujoms strategijoms, netvarius procesus keičia tvaresni sprendimai, galintys teigiamai paveikti žmonijos ateitį. Pasaulio aplinkos ir plėtros komisija Brundtlando ataskaitoje (angl. Brundtland Report) 1987 m. pateikė tvarumo apibrėžimą, kuriame teigiama, kad tvarumas yra ekonominės plėtros veikla, kuri tenkina dabarties poreikius, nepažeisdama ateities kartų galimybių patenkinti savuosius poreikius (World Commission on Environment and Development, 1987). Vienas iš svarbių tvarumo aspektų yra pozityvus poveikis aplinkai. Prie jo prisideda ekonominis tvarumas, kuomet daugiausia dėmesio skiriama natūralių, biologiškai skaidžių medžiagų paieškai ir perdirbimui, bei socialinis tvarumas, susijęs su veiklos etiškumu ir ekologinės sąmonės ugdymu (Ganatra ir kt., 2021). Tvarumas susijęs su atsakomybe ne tik gamybos, bet ir vartojimo srityse, todėl tampa vienu iš svarbiausių šiuolaikinės mados industrijos tikslų, skatinančių naujų technologijų bei inovatyvių medžiagų plėtrą. Šiame kontekste inovatyvios medžiagos virsta viena iš esminių priemonių mažinant neigiamą poveikį aplinkai ir skatinant ilgalaikį tvarumą.

Tyrimo problema. Nors tvarumo principai vis aktyviau integruojami į mados ir tekstilės pramonės praktiką, vis dar stokojama išsamios, mokslu grįstos analizės, kuri leistų sistemškai identifikuoti ir įvertinti inovatyvių, aplinkai mažiau žalingų medžiagų alternatyvų taikymo potencialą, iššūkius bei plėtros kryptis tvarios mados kontekste.

Tyrimo objektas – inovatyvios, mažesnį žalingą poveikį aplinkai turinčios tekstilės medžiagos ir jų taikymo galimybės mados industrijoje kaip alternatyvos netvariems sprendimams.

Tyrimo tikslas – straipsnyje nagrinėjama, kokios naujos tekstilės medžiagos formuoja tvarios mados ateitį, siekiama identifikuoti mažesnį žalingą poveikį aplinkai turinčias medžiagų alternatyvas, kurios gali tapti išeitimi nusistovėjusiems netvariems sprendimams.

Tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti tvarios mados poreikį apsprendžiančius veiksnius ir pagrindinius aplinkosauginius iššūkius, su kuriais susiduria mados ir tekstilės pramonė.
2. Identifikuoti aktualias sintetinių audinių perdirbimo technologijas bei mažesnį žalingą poveikį aplinkai turinčias tekstilės medžiagų alternatyvas.
3. Įvertinti šių inovatyvių medžiagų taikymo galimybes, apribojimus ir perspektyvas tvarios mados kontekste.

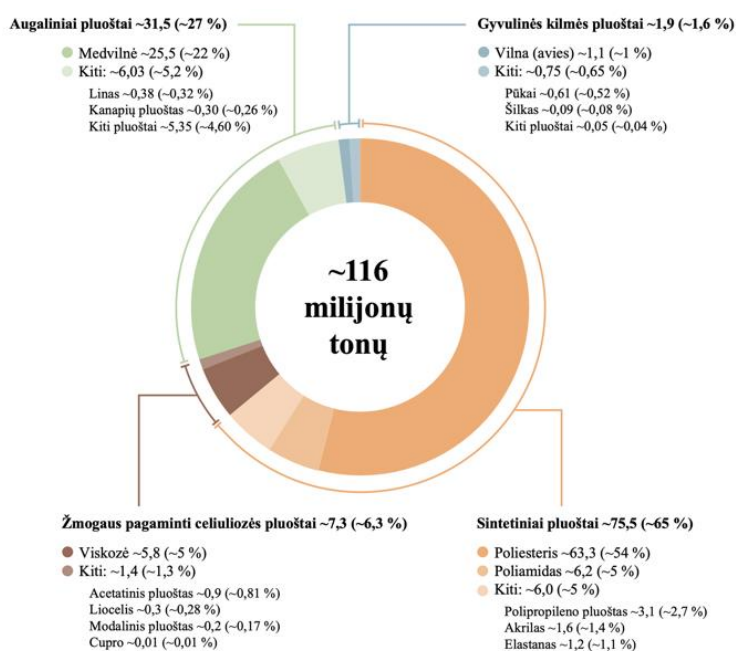
Tyrimo metodas – analitinis metodas – mokslinių šaltinių analizė, nagrinėjanti tvarumo problemų situaciją ir sprendimo būdus inovatyviomis priemonėmis.

Tyrimo metodai ir sąlygos

Šiame tyrime buvo taikytas analitinis metodas, apimantis mokslinės literatūros bei inovatyvių medžiagų gamintojų technologinių sprendimų analizę. Tyrimo metu buvo siekiama įvertinti, kurios inovacijos galėtų pakeisti tekstilės medžiagas, turinčias neigiamą poveikį aplinkai. Duomenys buvo renkami iš mokslinių straipsnių, tarptautinių organizacijų ataskaitų, gamintojų pateikiamos informacijos bei pramonės ekspertų įžvalgų. Pagrindiniai analizuoti aspektai:

- Tvarios mados poreikį lemiančios aplinkybės (ekonominės, ekologinės, socialinės).
- Šiuo metu aktualios sintetinių audinių perdirbimo technologijos ir mažesnį žalingą poveikį aplinkai turinčios tekstilės medžiagų alternatyvos.
- Šių medžiagų efektyvumas, įvertinant jų taikymo potencialą, iššūkius bei plėtros kryptis tvarios mados kontekste.

Analizė atskleidė, kad mados ir tekstilės pramonė yra viena iš taršiausių pasaulyje – ji atsakinga už didelius šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekius, vandens išteklių eikvojimą ir mikroplastiko taršą. Norint pasiekti mados pramonės tikslą iki 2030 m. 45 proc. sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, susijusias su pluoštų ir žaliavų gamyba, – tai atitinka siekį apriboti pasaulinį atšilimą iki 1,5 °C, – būtina keisti dabartinę pramonės praktiką (United Nations Environment Programme, 2023). Netolimoje ateityje visame pasaulyje įsigalios daugiau nei 35 nauji teisės aktai, susiję su tvarumu. Jie apims importo apribojimus, produktų dizaino gaires, išplėstinę gamintojų atsakomybę, ženklavimo reikalavimus, skaidrumo standartus ir kt. Atsižvelgiant į šiuos pokyčius, vienas pagrindinių iššūkių bus įmonių – ne tik veikiančių mados sektoriuje – atsiribojimas nuo priklausomybės iškastinio kuro pagrindu gaminamoms medžiagoms, tokioms kaip sintetiniai pluoštai (poliesteris, akrilas, elastanas).



1 pav. Pasaulinė pluošto gamyba 2022 m. (milijonais tonų ir proc. pasaulinės pluošto gamybos) (Textile exchange, 2023)

2022 m. sintetiniai pluoštai sudarė 65 proc. visos pasaulinės pluošto gamybos (Textile exchange, 2023). Šie pluoštai ne tik priklauso nuo neatsinaujinančių išteklių ir nėra biologiškai skaidūs, bet ir yra didžiausias pirminių mikroplastikų šaltinis pasaulio vandenynuose. Remiantis Tarptautinės gamtos apsaugos sąjungos (Boucher, Friot, 2017) ataskaita, jie sudaro net 35 proc. visų vandenynuose esančių mikroplastikų. Dėl šių priežasčių būtina ieškoti tvaresnių sprendimų, kurie sumažintų tiek aplinkos taršą, tiek priklausomybę nuo iškastinio kuro išteklių.

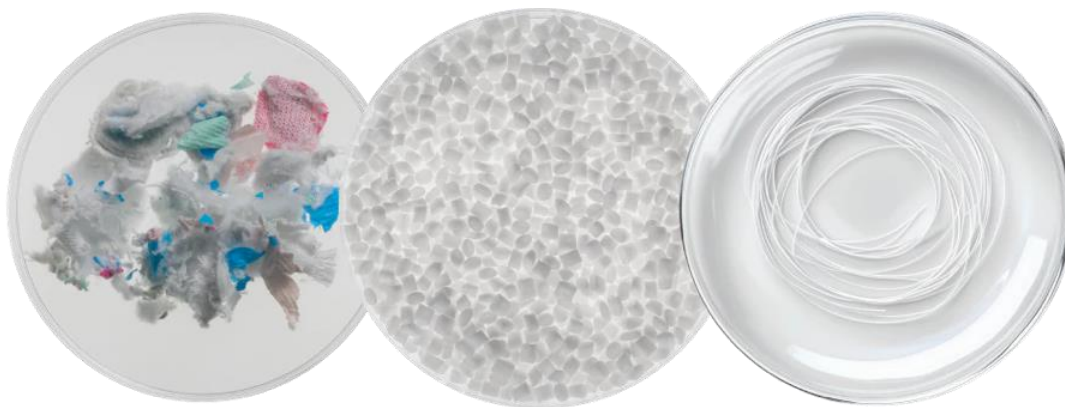
Inovatyvūs tekstilės sprendimai: perdirbimas, biosintetiniai pluoštai ir alternatyvos gyvulinės kilmės medžiagoms

Toliau straipsnyje bus aptariamas tekstas *Alternatyvų poreikis* (angl. *The need for alternatives*), publikuotas žurnale „View – The Main Season Issue Spring/Summer 2025“ (2024), kuriame rašoma apie naujausius pluoštų ir audinių pokyčius, galinčius turėti įtakos žmonijos ateičiai. Šiame tekste pristatomos naujos tekstilės perdirbimo technologijos, biosintetiniai pluoštai bei gyvulinės kilmės odos ir natūralaus kailio alternatyvos.

Sintetiniai pluoštai dominuoja pasaulinėje rinkoje, o poliesteris yra viena iš plačiausiai naudojamų sintetinių medžiagų pasaulyje. 2022 m. jo gamybos apimtis siekė apie 63 mln. tonų, poliesteris sudarė 54 proc. visos pasaulinės pluoštų gamybos. Šis audinys pasižymi atsparumu, ilgaamžiškumu ir prieinama kaina. Tačiau poliesterio poveikis aplinkai yra itin didelis – jo gamybai naudojamos iškastinės žaliavos, tokios kaip nafta, o pats audinys nesuyra gamtoje šimtus metų. Dėl šių priežasčių mados industrija ieško tvaresnių sprendimų ir efektyvių poliesterio perdirbimo būdų (Textile Exchange, 2023). Šioje straipsnio dalyje bus aptariami inovatyvūs sprendimai, skirti šiems iššūkiams spręsti (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Tekstilės perdirbimo sprendimai

Pavadinimas	Aprašymas
„Ambercycle“ – Cycora	„Ambercycle“ sukūrė patentuotą <i>Cycora</i> technologiją (žr. 2 pav.), leidžiančią panaudotus poliesterinius drabužius paversti aukštos kokybės perdirbtu poliesteriu, kuris gali būti vėl naudojamas naujiems gaminiams. Jų tikslas – sukurti žiedinę tekstilės gamybos sistemą, kurioje senas audinys paverčiamas nauju, neprarandant kokybės (<i>Cycora</i> , n.d.).
„Carbios“	„Carbios“ yra Prancūzijos biotechnologijų įmonė, sukūrusi fermentinį poliesterio perdirbimo metodą. Specialūs fermentai skaido poliesterį į pirmines chemines sudedamąsias dalis, leidžiančias gaminti naujus audinius neprarandant kokybės. Tai viena iš pažangiausių technologijų, kuria galima perdirbti mišrios sudėties audinius (<i>Carbios</i> , n.d.).
CuRe Technology	Ši technologija suteikia galimybę perdirbti net žemos kokybės poliesterį, kuris anksčiau buvo laikomas perdirbimui netinkamu. Naudojant mažiau energijos, ši technologija sukuria aukštos kokybės poliesterio pluoštą, kuris gali būti naudojamas naujiems gaminiams (<i>Cure Technology</i> , n.d.).
„Eastman“	„Eastman“ pasitelkia molekulinį perdirbimą, kurio metu iš tekstilės atliekų atkuriami skaidri ir aukštos kokybės poliesterio žaliava. Tai leidžia sumažinti naftos naudojimą gamyboje ir sukurti tvarius audinius be papildomos taršos (<i>Eastman</i> , n.d.).
„Erema“	„Erema“ – Austrijos įmonė, kuri specializuojasi mechaninio perdirbimo technologijose. Jos inovacijos leidžia efektyviau perdirbti poliesterį iš įvairių atliekų, naudojant pažangius filtravimo ir valymo procesus. Įmonės sprendimai leidžia ne tik sumažinti atliekų kiekį, bet ir užtikrinti perdirbtų pluošto tinkamumą aukštos kokybės gaminiams. Tai sudaro sąlygas pereiti prie žiedinės ekonomikos modelio tekstilės sektoriuje (<i>Erema</i> , n.d.).
„GR3N“	„GR3N“ yra Šveicarijos įmonė, sukūrusi novatorišką PET (polietileno tereftalato) ir poliesterio perdirbimo metodą, grąžinantį panaudotą poliesterį į jo pirminę formą, kuri gali būti naudojama naujų gaminių gamybai. Šios įmonės metodas ne tik skatina žiedinę ekonomiką, bet ir leidžia spręsti tekstilės ir plastiko atliekų problemą globaliu mastu – ši technologija gali būti pritaikyta industriniu lygmeniu, taip mažinant priklausomybę nuo iškastinių žaliavų (<i>GR3N</i> , n.d.).



2 pav. Cycora molekulinės regeneracijos technologija (Cycora, n.d.)

Biosintetika – tai sintetiniai pluoštai, kurie visiškai arba iš dalies gaminami iš biologinės kilmės atsinaujinančių išteklių. Tai tvaresnis sprendimas nei naudojant iškastinį kurą pagaminti sintetiniai pluoštai ir sulaukia vis didesnio tekstilės pramonės dėmesio, nes padeda mažinti priklausomybę nuo neatsinaujinančių išteklių ir prisideda prie klimato kaitos mažinimo. Svarbu atkreipti dėmesį į terminologiją, susijusią su biosintetinėmis medžiagomis. Dažnai vartojamas terminas *biologinės kilmės medžiagos* (angl. *biobased materials*) kartais suprantamas kaip biosintetikos sinonimas. Tačiau šiame kontekste biologinės kilmės medžiagos – tai medžiagos, kurios visiškai arba iš dalies gaunamos iš biologiškai atsinaujinančių šaltinių, tokių kaip žemės ūkio atliekos, augaliniai ar maisto pramonės šalutiniai produktai. Tuo tarpu biosintetiniai pluoštai yra biologinės kilmės medžiagų kategorija, kuri skirta pakeisti tradicinius sintetinius pluoštus, išlaikant jų technines savybes ir funkcionalumą. Siekiant skatinti biologinės kilmės poliesterio naudojimą, būtina tolimesnė žaliavų vystymo pažanga, kuri suteiktų pramonei inovatyvius sprendimus ir paskatintų platesnį jų pritaikymą. Kai kurios iš šių inovacijų jau pasiekė tradiciniams sintetiniams pluoštams būdingas eksploatacines ir technines savybes, todėl gali tapti tvaresniu įprastų sintetinių medžiagų sprendimu, kuris padėtų mažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro išteklių (Textile Exchange, 2022). Toliau straipsnyje bus aptariamos biopoliesterio inovacijos (žr. 2 lentelę):

2 lentelė. Biopoliesterio inovacijos

Pavadinimas	Aprašymas
„Toray“ – <i>Ecodear</i>	<i>Ecodear</i> yra augalinis poliesterio pluoštas, sukurtas augalinės kilmės etilenglikolio, išgaunamo iš cukranendrių (org. <i>saccharum officinarum</i>) melasos ir tereftalio rūgšties, pagrindu. Šis pluoštas pasižymi tradicinio poliesterio savybėmis, tačiau daro mažesnę neigiamą poveikį aplinkai (Toray, n.d.).
<i>Lycra</i> – <i>T400 Ecomade</i>	<i>T400 Ecomade</i> – tai elastingas pluoštas, gaminamas iš perdirbtų ir biologiškai atsinaujinančių šaltinių. Daugiau nei 65 proc. bendros <i>LYCRA</i> – <i>T400 Ecomade</i> pluošto sudėties sudaro perdirbtos plastiko atliekos ir atsinaujinančios augalinės kilmės žaliavos. Šis pluoštas išlaiko visas pageidaujamas savybes ir funkcinius privalumus, būdingus originaliam elastingam pluoštui (Lycra, n.d.).
„NatureWorks“ – <i>Ingeo</i>	<i>Ingeo</i> biopolimeras, pagamintas iš atsinaujinančių žaliavų, tai yra mažai CO ₂ į aplinką išskirianti alternatyva naftos pagrindu pagamintam plastikui ir sintetiniam pluoštui. Šis pluoštas pasižymi puikiu patvarumu ir biologiško skaidumo savybėmis (NatureWorks, n.d.).
„Kintra Fibers“	„Kintra Fibers“ įmonė gamyboje naudoja 100 proc. biologinės kilmės žaliavas. Pasitelkdamą gamtos, chemijos ir pažangiausio medžiagų mokslo galią, „Kintra Fibers“ sukūrė naują polimerą poliesterio kategorijoje. Ši įmonė kuria 100 proc. biologiškai suyrančius sintetinius pluoštus, skirtus drabužių gamybai (Kintra Fibers, n.d.).
„Radici Group“ – <i>Biofeel</i>	<i>Biofeel</i> – tai biologinės kilmės poliesteris, sukurtas siekiant sumažinti priklausomybę nuo iškastinio kuro. Visos <i>Biofeel</i> medžiagos yra gaminamos iš žemės ūkio žaliavų, kurios nekonkuruoja su maisto grandine. Jos pasižymi šiais bruožais: pagamintos iš atsinaujinančių šaltinių, turi plačias dažymo galimybes, yra biologiškai skaidžios, patvarios ir visiškai perdirbamos naudojant standartinius perdirbimo metodus (RadiciGroup, n.d.).
„Virent“	Tai biotechnologijų įmonė, kuri naudoja <i>BioForming</i> technologiją parakšileno gamybai iš 100 proc. atsinaujinančių augalinės kilmės šaltinių. Iš šio junginio gaminamas biopoliesteris pasižymi tokiomis pačiomis savybėmis kaip ir tradicinis sintetinis pluoštas, tačiau jo gamybos metu CO ₂ emisijos sumažėja iki 70 proc. (Virent, n.d.).

Pavadinimas	Aprašymas
Biologinio pagrindo Dyneema pluoštas	Biologiškai atsinaujinantis, itin stiprus ir lengvas pluoštas, sukurtas iš atsinaujinančių biologinės kilmės šaltinių. <i>Dyneema</i> pluoštas turi ISCC (angl. International Sustainability and Carbon Certification) sertifikata. Tai visame pasaulyje pripažinta tvarumo sertifikavimo sistema (<i>Dyneema</i> , n.d.).
„ZymoChem“	Tai biotechnologijų įmonė, sukūrusi fermentacijos technologiją, kuri leidžia gaminti aukštos kokybės biosintetinius polimerus iš atsinaujinančių šaltinių. Bendradarbiaudama su tarptautiniais tekstilės ir mados sektoriaus prekių ženklais, įmonė kuria tvarius, biologiškai suyrančius pluoštus, kurie padeda reikšmingai sumažinti anglies dioksido emisijas (<i>ZymoChem</i> , n.d.).

Visos šios inovacijos rodo, kad mažesnę žalingą poveikį aplinkai turinčių medžiagų kūrimas yra aktyviai plėtojamas, o ateityje rinka vis labiau orientuosis į perdirbamas ir biologinės kilmės sintetines medžiagas. Biopoliesteriai ir kiti biosintetiniai pluoštai pasižymi keliais pagrindiniais privalumais, dėl kurių jie gali tapti tvaresniu sprendimu tradiciniams sintetiniams audiniams:

- Gaminami iš atsinaujinančių žaliavų, todėl jų gamybos procesai išmeta mažiau CO₂ nei naftos pagrindu sukurti poliesteriniai audiniai.
- Kai kurie biosintetiniai pluoštai (pvz., *Ingeo*, *Kintra*) sukurti taip, kad natūraliai suirtų aplinkoje, sumažindami mikroplastiko taršą.
- Naujos kartos biosintetiniai pluoštai pasižymi tokio pat patvarumu, elastingumu ir atsparumu kaip tradiciniai sintetiniai audiniai.
- Naudojant augalinės kilmės žaliavas, mažėja naftos produktų paklausa tekstilės gamyboje.
- Nepaisant didelio potencialo, biosintetinių pluoštų gamintojai susiduria su iššūkiais, kurie gali lemti lėtesnį įsisavinimą ir ribotą konkurencingumą rinkoje.
- Šiuo metu biosintetiniai pluoštai yra brangesni nei tradiciniai naftos pagrindu sukurti sintetiniai audiniai.
- Nors kai kurios technologijos jau taikomos komerciniu mastu, daugelis jų dar tik vystomos arba ribotai prieinamos rinkoje.

Daugelis šiandien rinkoje esančių biosintetinių medžiagų yra tik iš dalies biologiškai pagrįstos. Pramonė turi toliau investuoti į 100 proc. biologinės kilmės sprendimų kūrimą, kad būtų mažinama priklausomybė nuo iškastinio kuro pagrindu sukurtų žaliavų. Svarbu atkreipti dėmesį į tai, kad ne visi biologinės kilmės pluoštai yra savaime tvarūs, todėl būtini papildomi tyrimai, leidžiantys išsamiai įvertinti jų poveikį aplinkai ir ilgaamžiškumą.

Nors biologinės kilmės žaliavų tvarumo standartai jau egzistuoja, jų mastai ir taikymas biosintetikos sektoriuje vis dar riboti. Siekiant užtikrinti biologinės kilmės poliesterio tvarumą ir skaidrumą, būtina plėsti šių standartų taikymą ir skatinti jų pramoninę integraciją (Textile Exchange, 2022).

Toliau straipsnyje bus aptariamos gyvulinės kilmės odos ir natūralaus kailio alternatyvos (žr. 3 lentelę).

3 lentelė. Gyvulinės kilmės odos ir natūralaus kailio alternatyvos

Pavadinimas	Aprašymas
„Ananas Anam“ – <i>Piñatex</i>	<i>Piñatex</i> yra audinys (žr. 3 pav. a), pagamintas iš celiuliozės pluoštų, išgautų naudojant ananasų lapus. Tai natūralios odos alternatyva, kurią sukūrė ispanų įmonė „Ananas Anam“. Šią medžiagą galima panaudoti avalynės, aksesuarų ir drabužių gamyboje bei interjere (<i>Ananas Anam</i> , n.d.).
„Polybion“ – <i>Celium</i>	„Polybion“ įmonė sukūrė <i>Celium</i> audinį. Jį sudaro aukščiausios kokybės celiuliozė, kurią suformuoja bakterijos, mintančios agropramoninėmis vaisių atliekomis. Ši inovacija leidžia sukurti natūralios sudėties odos alternatyvą (<i>Polybion</i> , n.d.).
„Sqim“ – <i>Ephea</i>	Įmonė „Sqim“ sukūrė audinį, skirtą mados pramonei, – <i>Ephea</i> bei interjero dizaino ir architektūros rinkai pritaikytą medžiagą – <i>Mogu</i> . Tai grybienos (micelio) pagrindu pagaminta odos alternatyva, kuri imituoja natūralios odos struktūrą ir tekstūrą (<i>Sqim</i> , n.d.).
„Natural Fiber Welding“ – <i>Mirum</i>	<i>Mirum</i> yra aukščiausios kokybės medžiaga, pagaminta iš natūralios gumos, augalinių aliejų, vaško, natūralių pigmentų ir mineralų. Ši medžiaga dažoma augaliniais ir mineraliniais pigmentais, o jos sudėtyje gali būti įvairių natūralių užpildų, leidžiančių išgauti platų spalvų, blizgesio ir tekstūrų spektrą (<i>Natural Fiber Welding</i> , n.d.).
„Gozen“ – <i>Lunaform</i>	<i>Lunaform</i> yra pažangi biomedžiaga, dėl pluoštinės celiuliozės struktūros pasižyminti į audinį panašia kokybe, kuri yra neįprasta neaustinėje tekstilėje. Ši medžiaga yra 100 proc. biologiškai skaidi drėgnoje būsenoje. <i>Lunaform</i> audinys yra lengvas, tačiau pasižymi tvirtumu (<i>Gozen</i> , n.d.).
„Biophilica“ – <i>Treekind</i>	<i>Treekind</i> (žr. 3 pav. b) yra patentuota augalinė alternatyva odai, kurioje visiškai nėra plastiko. Ši medžiaga pagaminta lignoceliuliozės pagrindu, kuri yra išgaunama iš nukritusių medžių lapų, žemės ūkio ir miško atliekų bei rišamosios medžiagos, kurią sudaro dumbliai. <i>Treekind</i> yra itin mažai išteklių reikalaujanti medžiaga, kurią galima ne tik perdirbti, bet ir kompostuoti namuose (<i>Biophilica</i> , n.d.).

Pavadinimas	Aprašymas
„VitroLabs“	Bendradarbiaudama su „Kering“, didžiausia pasaulyje prabangos prekių įmonių grupe, San Fransiske įsikūrusi „VitroLabs“ tapo pirmąja įmone pasaulyje, pradėjusia gaminti laboratorijoje užaugintą odą, kuri išsaugo natūralios odos savybes (Kent, 2022).
„BioFluff“ – Savian	„BioFluff“ yra pirmoji įmonė pasaulyje, sukūrusi pramoniniu būdu gaminamą augalinį kailį. Tai 100 proc. augalinės kilmės kailis (žr. 3 pav. c) iš dilgėlių, kanapių ir lino. Kadangi šis procesas 40–90 proc. sumažina CO ₂ emisiją, įmonė žengia į priekį link ekologiškesnio ir tvaresnio požiūrio į medžiagų gamybą (Savian.bio, n.d.).



a



b



c

3 pav. a – *Piñatex* audinys ir avalynė, pagaminta iš šios medžiagos (Ananas Anam, n.d.);
b – aksesuarai, pagaminti iš *Treekind* medžiagos (Biophilica, n.d.); c – *Savian* audinys (Savian, n.d.)

Mados pasaulyje nuolatos vyksta aktyvios diskusijos apie gyvulinės kilmės medžiagas, nesutariant dėl natūralios odos, kailio ir sintetinių (vadinamų ir veganiškomis) medžiagų naudojimo. Nors teigiama, kad gyvulinės kilmės medžiagų naudojimas yra neetiškas ir kenksmingas aplinkai, vis dėlto tai tampa geresniu pasirinkimu, lyginant su plastiko pagrindu sukurtomis odos alternatyvomis. Šiuo metu plečiantis augalinės kilmės biomedžiagų pasiūlai ir vykstant naujiems atradimams, šios natūralios odos alternatyvos ima sparčiai populiarėti tarp kūrėjų bei gamintojų – jos tampa konkurencingais sprendimais, galinčiais pakeisti gyvulinės kilmės odą, išvengiant etikos ir taršos problemų (Ashley, 2021). Šioje straipsnio dalyje aptariamos medžiagos, kurios buvo sukurtos kaip natūralios odos alternatyvos, puoselėtos daugybę metų – jų gamyboje naudojami mikroorganizmai, augalai ar maisto atliekos.

Gyvulinės kilmės odos ir natūralaus kailio alternatyvos siūlo tvaresnį sprendimą mados ir tekstilės pramonei. Pagrindinis šių inovacijų pranašumas yra aplinkosauginis tvarumas – dauguma alternatyvų, tokių kaip *Piñatex*, *Treekind* ar *Savian*, gaminamos iš atsinaujinančių augalinių žaliavų arba perdirbtų atliekų, todėl jų CO₂ pėdsakas yra ženkliai mažesnis nei tradicinės odos ir kailio. Laboratorijoje išauginta „VitroLabs“ oda išlaiko natūralios odos savybes, tačiau leidžia atsakyti žiauraus elgesio su gyvūnais. Šios inovacijos taip pat mažina sintetinių polimerų naudojimą, nes tokių alternatyvų kaip *Mirum* ar *Treekind* pagaminimui yra visiškai nenaudojamas plastikas.

Nors šios alternatyvos turi nemažai pranašumų, tačiau vis dar susiduriama su trūkumais ir problemomis:

- Viena didžiausių problemų yra gamybos kaštai – dauguma šių inovacijų dar nėra plačiai pritaikytos masinėje gamyboje, todėl jų kaina išlieka aukštesnė nei tradicinių medžiagų.
- Kai kurie augalinės kilmės audiniai yra mažiau atsparūs drėgmei ir gali būti ne tokie patvarūs kaip natūrali oda.
- Ribotas medžiagų prieinamumas rinkoje, nes daugelis jų vis dar yra ankstyvame vystymo etape ir nėra plačiai naudojamos.

Nepaisant šių iššūkių, inovacijos gyvulinės kilmės odos ir kailio alternatyvų srityje sparčiai vystosi, o augantis vartotojų sąmoningumas bei investicijos į tvarius sprendimus leidžia tikėtis, kad ateityje jos taps vis labiau prieinamos ir patvaresnės.

Išvados

1. Tyrimas atskleidė, kad mados ir tekstilės pramonė daro reikšmingą, tačiau neigiamą poveikį aplinkai. Pagrindiniai veiksniai, lemiantys perėjimo prie tvarių sprendimų būtinybę, yra didelis vandens ir gamtinių išteklių sunaudojimas, mikroplastiko tarša, šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos bei tekstilės atliekų kaupimasis. Dėl šių priežasčių būtina ieškoti tvaresnių sprendimų, kurie sumažintų tiek aplinkos taršą, tiek priklausomybę nuo iškastinio kuro išteklių.
2. Tyrimo metu buvo identifiкуotos perspektyvios sintetinių audinių perdirbimo technologijos bei mažesni žalingą poveikį aplinkai turinčios tekstilės medžiagų alternatyvos. Šių inovacijų plėtra gali padėti sumažinti neigiamą mados ir tekstilės pramonės poveikį aplinkai. Inovacijos sintetinių pluoštų perdirbimo srityje ir biosintetinės medžiagos gali sumažinti CO₂ emisijas, mikroplastiko taršą ir priklausomybę nuo iškastinių išteklių. Tyrimo metu nustatyta, kad dauguma gyvulinės kilmės odos ir kailio alternatyvų gaminamos iš atsinaujinančių augalinių žaliavų arba perdirbtų atliekų, todėl jų CO₂ pėdsakas yra ženkliai mažesnis nei tradicinės odos ir kailio. Laboratorijoje išauginta oda išlaiko natūralios odos savybes, tačiau leidžia atsisakyti žiauraus elgesio su gyvūnais. Šios inovacijos taip pat mažina sintetinių polimerų naudojimą, nes kai kurių pagaminimui yra visiškai nenaudojamas plastikas.
3. Biosintetinių pluoštų plėtra rodo, kad tekstilės pramonė aktyviai ieško tvaresnių sprendimų naftos pagrindu gaminamoms medžiagoms, tačiau platesniam jų taikymui būtina įveikti keletą esminių iššūkių – didesnę gamybos kainą, ribotą prieinamumą ir nepakankamą tvarumo standartizavimą. Siekiant užtikrinti biosintetikos sektoriaus augimą, būtinos investicijos į technologinę plėtrą, sertifikavimo sistemų kūrimą ir pramoninę integraciją. Atsakingas žaliavų valdymas kartu su inovacijomis gali lemti, kad biosintetinės medžiagos taptų reikšminga regeneracinės ir žiedinės ekonomikos dalimi. Nors gyvulinės kilmės odos ir kailio alternatyvos yra ekologiškesnės, kai kurios iš jų vis dar turi trūkumų, tokių kaip mažesnis atsparumas drėgmei ir patvarumas bei ribotas jų prieinamumas rinkoje. Tačiau šių medžiagų vystymasis rodo sparčią technologinę pažangą, o augantis vartotojų sąmoningumas ir investicijos į tvarius sprendimus leidžia tikėtis, kad ateityje jos taps prieinamesnės ir patvaresnės. Inovatyvių, aplinkai mažiau žalingų medžiagų plėtra yra būtina, norint sumažinti mados ir tekstilės pramonės neigiamą poveikį aplinkai. Perėjimas prie ekologiškesnių medžiagų galėtų žymiai sumažinti CO₂ emisijas, plastiko taršą ir gamtinių išteklių eikvojimą. Sparčiai tobulėjančios perdirbimo technologijos, biotechnologijų pažanga ir žiedinės ekonomikos modelių taikymas sudaro palankias sąlygas tvarios mados ateičiai.

Literatūros ir kitų šaltinių sąrašas

1. Ananas Anam. (n.d.). *Ananas Anam: the pioneers of innovative natural textiles from waste pineapple leaves*. <https://www.ananas-anam.com/about-us/>
2. Ashley, V. (2021). Knowledge of Leather Alternatives: An Exploratory Study: Implications for Education. *Journal of Textile Science & Fashion Technology*, 7(4), 1–6. <https://doi.org/10.33552/JTSFT.2021.07.000668>
3. Biophilica. (n.d.). *Treekind*. <https://biophilica.co.uk/pages/treekind>
4. Carbios. (n.d.). *Enzymatic recycling: removing the constraints of current processes*. <https://www.carbios.com/en/enzymatic-recycling/>
5. Cycora. (n.d.). *Turning the textiles of the past into the clothing of the future*. <https://cycora.com>
6. Cure Technology. (n.d.). *Low-energy polyester recycling technology*. <https://curetechnology.com/about-cure-technology/>
7. Dyneema. (n.d.). *Our strength is in bio-based Dyneema*. <https://www.dyneema.com/sustainability/bio-based-dyneema-fiber>
8. Eastman. (n.d.). *Polyester renewal technology*. <https://www.eastman.com/en/sustainability/environmental/circularity/circular-solutions/polyester-renewal>
9. Erema. (n.d.). *Pet Fibre to Fibre – Innovative concepts for fiber & textile recycling*. <https://www.erema.com/en/pet-fibre-recycling>
10. European Commission. (2024). *EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles*. https://environment.ec.europa.eu/strategy/textiles-strategy_en
11. Ganatra, J., Patil, V., & Nayakawadi, A. (2021). Sustainable Fashion. *Journal of Textile and Clothing Science*, 4(1), 15–25.
12. Gozen. (n.d.). *Explore A New Material Reality*. <https://www.gozen.world>
13. GR3N. (n.d.). *Paving the path towards a greener world*. <https://gr3n-recycling.com/technologies/>
14. Boucher, J., Friot, D. (2017). *Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources*. International Union for Conservation of Nature. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-002-En.pdf>
15. Kent, S. (2022). *Kering Invests in Lab-Grown Leather Startup*. The Business of Fashion. <https://www.businessoffashion.com/articles/sustainability/kerling-invests-in-lab-grown-leather-startup>
16. Kintra Fibers. (n.d.). *Materials science for circular fashion*. <https://www.kintrafibers.com>
17. Lycra. (n.d.). *Lycra – T400 EcoMade fiber*. <https://www.lycra.com/en/business/search-technologies/lycra-t400-ecomade-fiber>
18. Natural Fiber Welding. (n.d.). *Mirum – The world's first plastic-free alternative to leather*. <https://nfw.earth/mirum>
19. NatureWorks. (n.d.). *Nature builds things from carbon dioxide, and so do we*. <https://www.natureworksllc.com>

20. Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T., & Gwilt, A. (2020). The environmental price of fast fashion. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(4), 189–200. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>
21. Polybion. (n.d.). *Where biology meets creativity, the future unfolds*. <https://www.polybion.bio>
22. RadiciGroup. (n.d.). *Biofeel*. <https://www.radicigroup.com/en/products/fibres-and-nw/bio-yarn>
23. Savian. (n.d.). *Savian – Luxury inspired by nature*. <https://www.savian.bio>
24. Sqim. (n.d.). *Sqim – Mycelium – Unbound*. <https://www.sqim.bio>
25. Textile Exchange. (2022). *Sustainability of Biosynthetics*. https://textileexchange.org/app/uploads/2022/05/Textile-Exchange_The-Sustainability-of-Biosynthetics.pdf
26. Textile Exchange. (2023). *Materials Market Report*. <https://textileexchange.org/app/uploads/2023/11/Materials-Market-Report-2023.pdf>
27. Toray. (n.d.). *Ecodear – Plant-based Synthetic Fiber*. <https://www.toray.com/global/products/fibers/fibers015.html>
28. United Nations Environment Programme. (2023). *Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain – A Global Roadmap*. <https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/2023-10/Fullproc.20Reportproc.20proc.20UNEPproc.20Sustainabilityproc.20andproc.20Circularityproc.20inproc.20theproc.20Textileproc.20Valueproc.20Chainproc.20Aproc.20Globalproc.20Roadmap.pdf>
29. Urban View. (2024). The Need for Alternatives. *View – The Main Season Issue Spring/Summer 2025*, 145. Metropolitan Publishing.
30. Virent. (n.d.). *Sustainability*. <https://www.virent.com/technology/sustainability/>
31. World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.
32. ZymoChem. (n.d.). *Owned & Partnered Products Biomanufacturing Reimagined*. <https://www.zymochem.com/ownedpartneredproducts>

FUTURE FASHION: INNOVATIVE TEXTILE MATERIALS AND SUSTAINABILITY PERSPECTIVES

Summary

The fashion and textile industry has a negative impact on the environment, contributing to climate change, excessive water consumption, plastic pollution, and greenhouse gas emissions. According to the latest data, the textile sector consumes approximately 215 trillion litres of water annually and is responsible for 9 per cent of microplastic pollution in the world's oceans. Although the fashion industry is considered one of the most polluting sectors in the world, increasing public awareness, technological advancements, and new strategies are driving the shift from unsustainable processes to more sustainable solutions that can positively impact the future of humanity. The pursuit of sustainability is becoming increasingly important, making it essential to explore innovative solutions that can reduce the environmental footprint of the fashion industry. This article analyses the key factors driving the need for sustainable fashion, examines alternatives to textile materials with a lower environmental impact based on the latest scientific and technological research, and explores the prospects of the application of these materials in the fashion industry. The research is based on a scientific literature review, evaluating the potential of recycled synthetic materials, biosynthetic fibres, and alternatives to animal-based leather and natural fur. Currently, the field of alternatives with a lower environmental impact is rapidly expanding as new solutions for recycled polyester are being developed, along with biodegradable and biosynthetic materials that contribute to climate-friendly production. In addition, lab-grown and bioengineered innovations have the potential to become an integral part of sustainable fashion in the future. The study revealed that expanding the use of sustainable alternatives is crucial to reducing the environmental impact of the fashion industry. Transitioning to innovative materials could help lower CO₂ emissions, plastic pollution, and resource depletion. However, this shift requires both technological advancements and changes in consumer behaviour. While challenges remain in integrating material alternatives with a lower environmental impact into the fashion industry, rapidly advancing technologies, the adoption of circular economy principles and the industry's commitment to reducing its ecological footprint create favourable conditions for their development.

Keywords: fashion and textile industry, *material alternatives with a lower environmental impact*, sustainable solutions

Informacija apie autorę

Indrė Mikuckė. Kauno kolegijos Menų ir ugdymo fakulteto Menų akademijos lektorė ir jaunesnioji asistentė. Mokslinių tyrimų kryptys: vaizduojamieji menai, dizainas.
El. pašto adresas: indre.mikucke@go.kauko.lt