

Valóban a ruhaipar a fő környezetterhelő, vagy a mezőgazdasággal „egyesített” textilipar – vagy egyik sem?

Kutasi Csaba

Egyes könnyűipari szakterületek is néhány médium célkeresztjébe kerültek, ez történt az utóbbi időkben a ruházati ill. a textiliparral is. Az ilyen tudósításokat vélhetően a szélsőséges környezetvédő mozgalmak erőltetik, döntően megalapozatlan megállapításokkal kívánják „befeketíteni” a termékelőállítókat. A 2021. április 19–23. között – a Kék-bolygó Alapítvány által – megrendezett Kárpát-medencei Fenntarthatósági Témahétén is – ahol többek között közel az összes ipari terület görcső alá került – elrettentő példaként hangsúlyosan szerepelt a farmernadrág és a pamutpóló vonatkozásában a túlzott fajlagos vízfelhasználás, mintegy ágazatainkat megbélyegezve.

Csak két elmarasztaló cikk megállapításaira térünk vissza:

- „Az ágazat vízpazarlása, ha lehet, még durvább, a gyapottermesztés nagy vízigénye miatt egyetlen pamutpóló elkészítése több mint 2500 liter vízbe kerül. A pamut kihívójaként felfutóban lévő viszkóz gyártása is majdnem ennyire vízigényes és még durván szennyező is. A globális hulladékvíz 20 százalékanak termeléséért a ruhaipar felelős, ennek fő oka a textílfestés: egyetlen farmer festéséhez nagyjából 7500 liter vizet használnak el.”

- „A ruhaipar így mára az olajszektor után a legszennyezőbb ágazatok között van”.

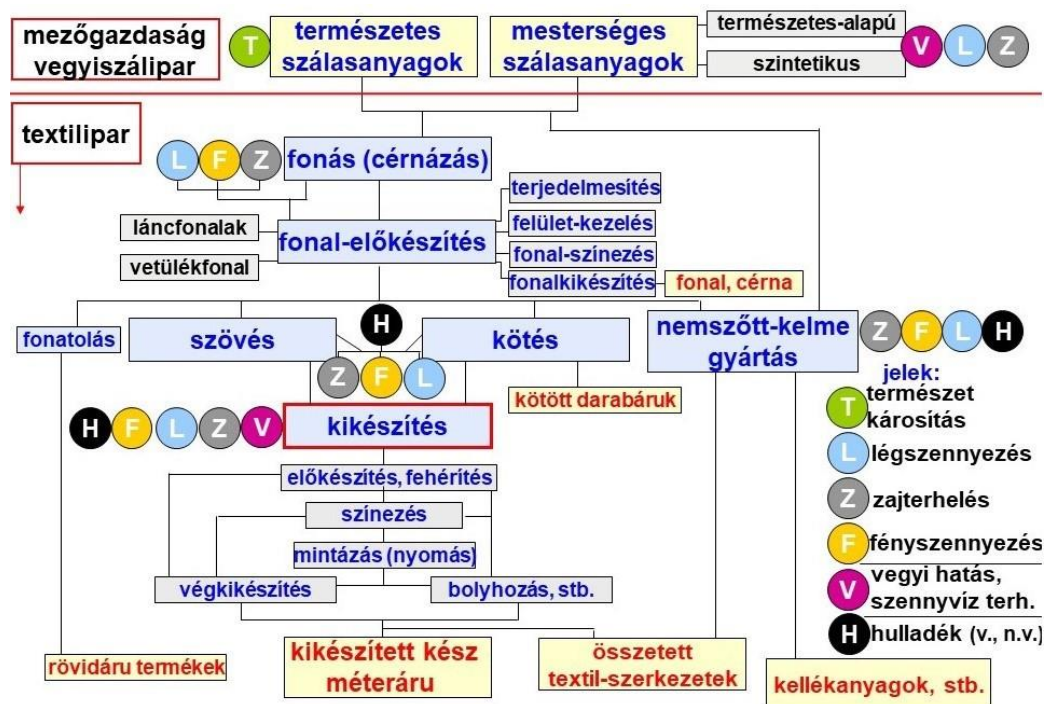
A Magyar Textiltechnika 2020/3. számában „Kinek és minek jó szakágazataink alaptalan lejáratása?” c. cikkemben már foglalkoztam a témával. Azonban az újabb, vízpazarlással összefüggő állításokra való reagálás és a hatékony környezetkímélő műszaki intézkedéseink kivonatos bemutatási igénye miatt – akár vitaanyagként – is indokolt a folytatás.

Annak ellenére, hogy az egyes alapanyagokat képező szálanyagok termesztése/tenyésztése és a mesterséges szálanyagok előállítása nem a textilipari szektorhoz tartozik, a téma érintettsége kapcsán célszerű erről is szót ejteni. Előbbiek közismerten a *mezőgazdaság* (növénytermesztés: mag-szálak, hánacs- és szerkezeti rostok stb.), állattenyésztés (gyapjú és egyéb állati szőrök, selymek), utóbbiak a *vegyipar* (mesterséges szálak előállítása) területén járnak környezetterheléssel. Miután a pamut került a „támadás” középpontjába, a gyapottermesztésre is kitérünk.



A textilipari termelés környezeti hatásai

1. ábra



A textilipar gyártási folyamata és környezetterhelő tényezői

2. ábra

A textil- és ruházatiipari ágazat valós környezetterhelései

Ami vállalható, ugyanakkor számos környezetkímélő technológiáról viszont nem esett szó

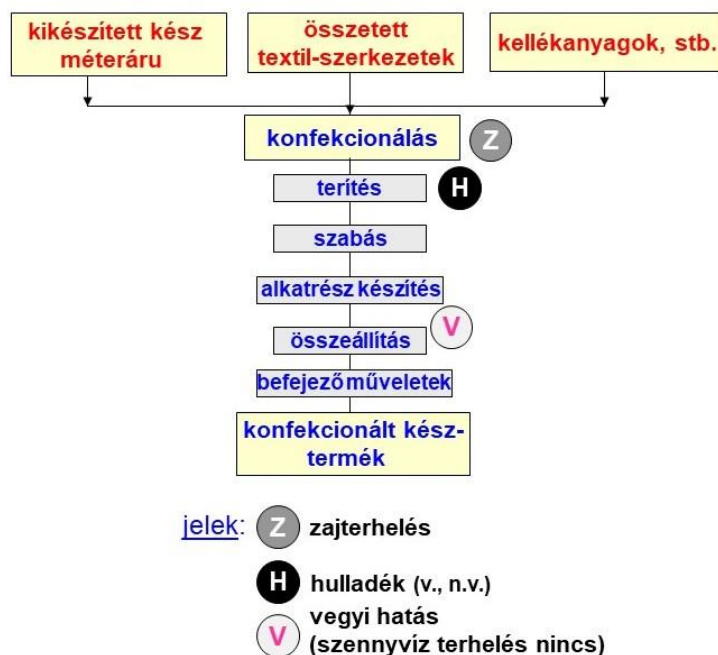
A textilipari ágazat működtetése jelentős energia- és vízigénnyel jár, főként a textilkikészítési folyamatok (fehérítés, színezés, színnyomás, végkikészítés) tekintetében. Utóbbi esetében a szennyvíz terhelése jelentős lenne, ha a hatértéket meghaladó pH, a magas sótartalom, a nagy kémiai és biológiai oxigénigény, esetleges nehézfém szennyezők és toxikus vegyületek jelenléte, ill. a gyakori színhatás és növekedett hőmérséklet kezelés nélkül fennállna. Jellemző a gyakori zaj- és rezgésterhelés (technológiai hatásként, energiaátalakítási folyamatok révén). A légszennyezés szálrészecskék, szerves vegyületgőzök, kedvezőtlen szaghatások és füst formájában fordul elő. A két- és főként a háromműszakos üzemmenet következtében fennállhat a fényszennyezés is. A hulladékképződést veszélyes (vegyianyaggal szennyezett termékvágatok, maradványanyagok stb.) és nem-veszélyes (pl. termelési textilhulladékként keletkező) maradékok egyaránt jellemzik. Közvetett terhelésként a szállítással együtt járó környezeti hatások, továbbá az energiaátalakítások miatti károsító tényezők jellemzők (1., 2. ábra).

A ruhaipar környezetterhelése a textiliparhoz viszonyítva minimális, sokkal kevesebb a víz-igény (főként csak gőztermelés céljára), így nincs technológia szennyvízterhelés, kisebb az energiaigény, kevés vegyi szennyezőanyag (pl. ragasztók), gyengébb zaj és rezgésterhelés fordul elő, továbbá döntően nem veszélyes hulladékok és mindössze a szállítással kapcsolatos károsítóhatások jellemzők még.

Így azt állítani, hogy „A ruhaipar így mára az olajszektor után a legszennyezőbb ágazatok között van”, nem helytálló, inkább még a textilipari szakágazat környezetterhelését is túldimenzionáló álláspontnak tűnik (3. ábra).

Közismert, hogy a textilipar a ruhaipari gyártás kelmeanyagait (szövött, kötött, nemszött, fonatolt), ill. a különböző textilanyagú kellékeket (tépőzár, cipzár zárszalag, cérna, paszományárú stb.) állítja elő.

A másik könnyűipari szakterület a ruhaipar, ahol a textilipari alap- és kellékanyagok, összetett textilszerkezetek (pl. lélegző membránok alkalmazása) a felhasználásával számos rész-művelettel, pl. terítés, szabás, alkatrész készítés, idomok egyesítése varrással, hegesztéssel – pl. ultrahangos kezeléssel – stb.), formázás stb. készül el a konfekcionált késztermék (ruházat, lakástextília – függöny, ágynemű- és matrachuzat, étkezési- és fürdőszoba textiltermékek – stb.).



A ruhaipari gyártás folyamata és a környezetterhelő tényezők

3. ábra

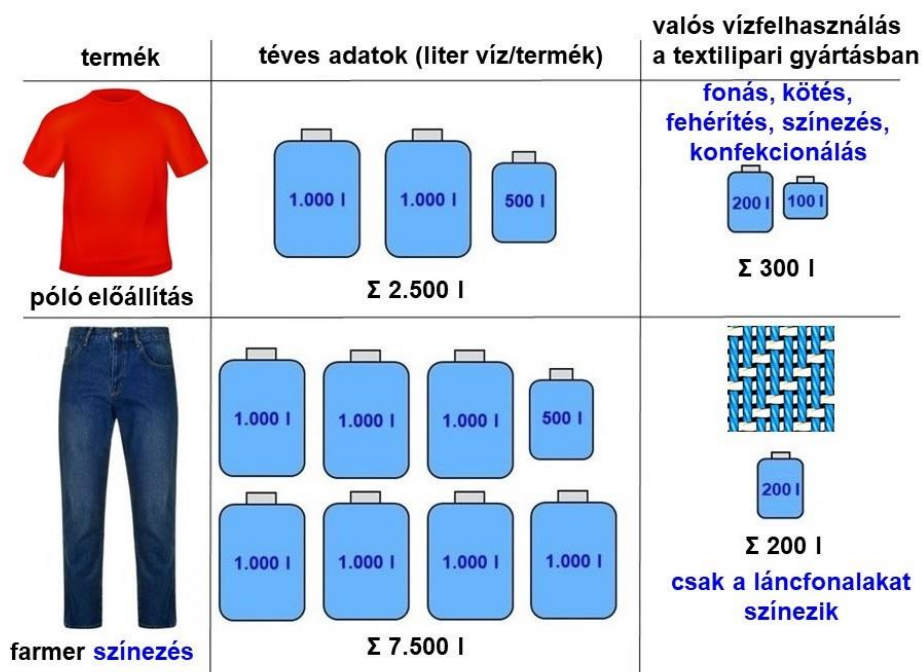
Visszatérés a hibás következtetésekkel közzétett cikkre

„Az ágazat vízpazarlása, ha lehet, még durvább a gyapottermesztés nagy vízigénye miatt, egyetlen pamutpólo elkészítése több mint 2500 liter vízbe kerül. A pamut kihívójaként felfutóban lévő viszkóz gyártása is majdnem ennyire vízigényes és még durván szennyező is. A globális hulladékvíz 20 százalékának termeléséért a ruhaipar felelős, ennek fő oka a *textilfestés*: egyetlen farmer festéséhez nagyjából 7500 liter vizet használnak el.”

Pontosításként:

- Nem a részben környezetterhelő ruhaiparról, hanem inkább a textiliparról lenne szó. Bizonyára a ruhaiparba beletartozónak vett textiliparra vonatkozik részben ez a megállapítás.
- A gyapotcserje termesztése (pl. öntözés, növényvédelem stb.) nem a könnyűipari ágazatok területe (a mezőgazdasági szektorhoz tartozik). Ennek ellenére ezzel kapcsolatban a jelen cikk *A gyapotnövény vízigénye* c. alfejezetében térünk ki konkrét adatokra és a valós helyzetre.
- Jelentős eltéréssel jelenik meg a fajlagos vízfelhasználás, mert egy pamutpólo kelmeanyagának fehéritése során és színezésekor összesen – nagyvonalú ráhagyásokkal – 300 liter vízfelhasználásról lehet szó. A fonalgyártás és kötöttkelme-készítés, ill. a konfekcionálás technológiai vízigénye szinte nem mérhető. Még a nem textilipari, hanem a *mezőgazdasági* (pl. a gyapottermesztésnél az öntözés és a növényvédelmi permetezéssel) szektorhoz tartozó vízfelhasználással is hibádzik, mert egy pólóban kb. 25–30 dkg gyapotból származó pamut van. Lehet, hogy a különböző tanulmányokban a teljes gyapottermőterület vízigényével számoltak, pedig a gyapot termőterületeknek csak 40 %-án folyik a termesztés szál céljára, 60 %-án pedig kimondottan mag (olaj) hasznosítás a cél.
- A *viszkóógyártás* környezeti terhelése (pl. nátrium-hidroxid, szén-diszulfid, kénsav) közismert, de akkor miért nem került szóba a környezetkímélően gyártott, még jobb használati jellemzőkkel (nagyobb nedves szilárdság, jobb gyűrődésseloldódási képesség stb.) rendelkező – szintén regenerált cellulóz anyagú – *lyocell* szál, mint régebb óta megvalósuló speciális szálelőállítás és az ilyen anyagú kelmék terjedő felhasználása?

Szintén kirívó tévedés vagy tudatos csúsztatás, hogy egyetlen farmer *színezéséhez* nagyjából 7500 liter vizet használnak fel. A farmeranyagok közismert jellegzetessége, hogy csak egyik - a hosszanti lánc - fonalrendszerük színezett, így a nadráganyag festéshez (a nyersszövet elkészültéig, miután a további szövetkikészítés, koptatás vízigényével nem foglalkozik a tudósítás) - maximum - nagyvonalú ráhagyásokkal 200 liter vizet használnak. Ennél a megállapításnál a



Pamutpóló előállítás, farmerszínezés vízigénye

4. ábra

mezőgazdasági (gyapottermesztésnél) szektorhoz tartozó vízfelhasználás szóba sem jöhet, miután a „festés” (színezés) textilkészítő műveletére vonatkozik a nagyon hibás konklúzió. Ugyanakkor mindent beszámítva is elég sok a 7500 l víz/farmernadrág fajlagos adat (4. ábra).

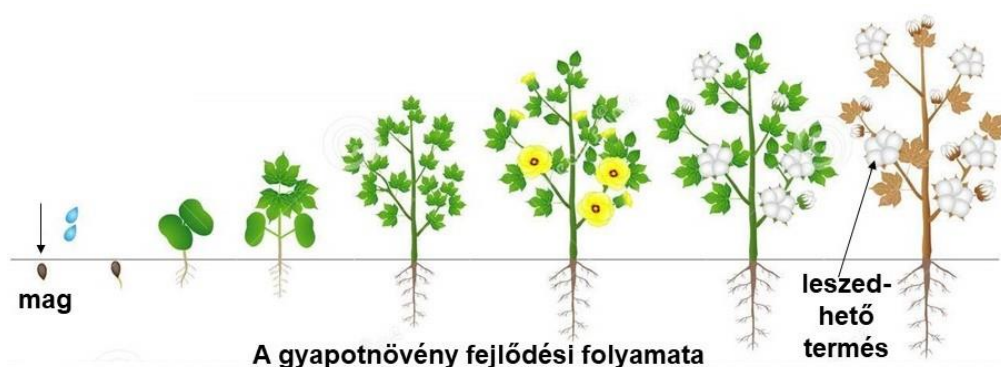
A gyapottermesztés

A gyapottermesztés köztudottan a mezőgazdasági, nem pedig a textilipari szektorban folyik, a vízfelhasználás tisztánlátása érdekében érdemes ezzel is foglalkozni. A gyapotcserje szubtrópusi növény, az ennek megfelelő mérsékelt meleg égöv, a – Föld északi és déli féltekéjén a 23,5°-tól kb. a 40° szélességi fok közé eső – részén jellemző a termesztése. A kontinensek nyugati oldalán a télen csapadékos mediterrán, a keleti oldalán pedig a nyáron csapadékos szubtrópusi monszun éghajlat jellemző. A csapadék eloszlása mindkét esetben erősen ingadozó. A mediterrán éghajlat többnyire csak kis területen alakul ki, mert a magasabb hegységek megakadályozzák, hogy mélyebben behatoljon a szárazföldre belsejébe. Legnagyobb kiterjedése a Földközi-tenger zárt medencéje körül fordul elő. Mindkét éghajlat Euráziában jellemző.

Régóta a gyapot *egynyári változatát* (cserje) termesztik. A termésben a maghéj egyes sejtjei megnyúlnak, és ezekből alakulnak ki az ún. röptető szálak, később a magról leválasztott pamutszálak (a „röptetőszál” kifejezés onnan származik, hogy a vadon élő hasonló növény magjait a szél messzire hordja, így növelve az elterjedést). A szálak fejlődése a magból a virágzás napján kezdődik, a vékony falú csőhöz hasonló képződmények belsejét sejtnedv tölti ki. A szálak először hosszirányban fejlődnek, 25–30 nap alatt érik el teljes hosszukat. A fejlődés második szakaszában (ez az érési folyamat) a szálak falvastagsága nő, miután a sejtnedvből *cellulózrétegek* rakódnak a belső falra, a szál falvastagságának növekedésével a szilárdság fokozódik. A cellulóz lerakódási folyamat a toktermés felpattanásáig (kovadás vagy kovasodás) tart, ezután a szálak hamar kiszáradnak, összelapulnak és megcsavarodnak (5. ábra).

A gyapot betakarítását általában orsós gyapotszedő géppel (esetleg kézzel) végzik. A nagy sebességgel forgó orsókra a szálak rácsvarodnak, így a termés magostól kikerül a tokból. (A nem, ill. részben felpattant tokterméseket – kurákokat – speciális géppel szedik, ezzel kisebb értékű, szennyezett, gyenge minőségű gyapot nyerhető.)

A termőterületen folyó elsődleges feldolgozás során a magokról leválasztják a szálakat, így válik textilipari nyersanyaggá. Ezt hengeres, vagy fűrészlapos egrenológépekkel végzik. A munkaszervek kialakítása és működése olyan, hogy a szálak közel töben leválnak a magokról (6., 7. ábra).



A gyapotnövény fejlődési folyamata



napelemmel működő 24 órás talajnedvességmérő, többszintű szondákkal, mobilhálózaton elérhető adatokkal

A gyapot termesztése

5. ábra



egy termésben 30 mag a szálakkal



2.000-7.000 szál egy magon (gyapotfajtától függően)



gyapotcserje



virágzás



az egrenálás műveletével a szál leválasztása a magról → pamut



a pamut szálhalmaz előkészítés bálázásra



toktermés



felpattant toktermés magszálakkal

A gyapot elsődleges feldolgozási műveletei

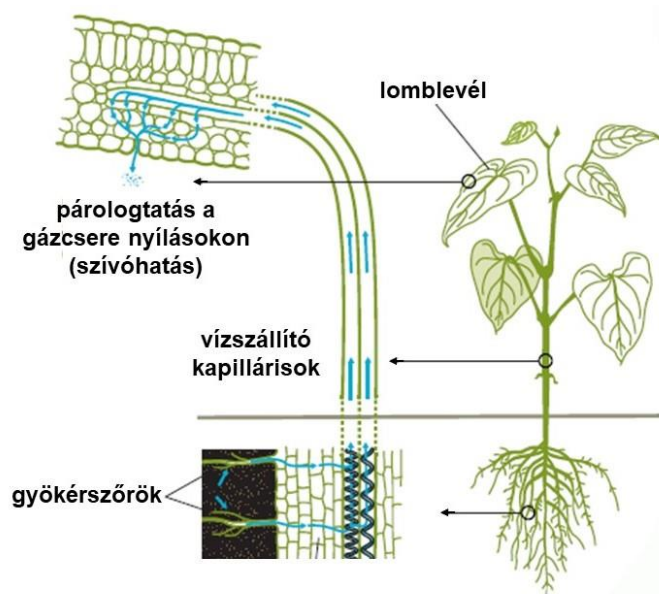
6. ábra

A magszál kifejlődése

7. ábra

A gyapotnövény vízigénye

A víz közismerten lényeges szerepet tölt be minden növény életében. Általában egy gramm szárazanyag előállításához a növény gyökerén keresztül kb. 500 g vizet vesz fel, amit a levelekig szállít, ill. a légkörbe továbbít. A vízleadás a levelek gázcsere nyitottságának végébe, ez az aszályos időszakban akár a növény kiszáradásához, pusztulásához vezethet. A vízleadással egyidejűleg jut a növénybe a *fotoszintézist* biztosító széndioxid is (optimális szabályozó mechanizmusok tartják fenn a széndioxid felvétel maximalizálását, ill. a vízleadás csökkentését). A felvett szén-dioxid mennyiségét nagyban meghatározza a gázcsere nyitottsági foka, ami a transzspirációval leadott vízmennyiséget is befolyásolja (a két folyamat szorosan kötődik egymáshoz). Ha elegendő víz van a talajban, akkor a növény nyitva tudja tartani a gázcsere nyitottságait, és így sok szén-



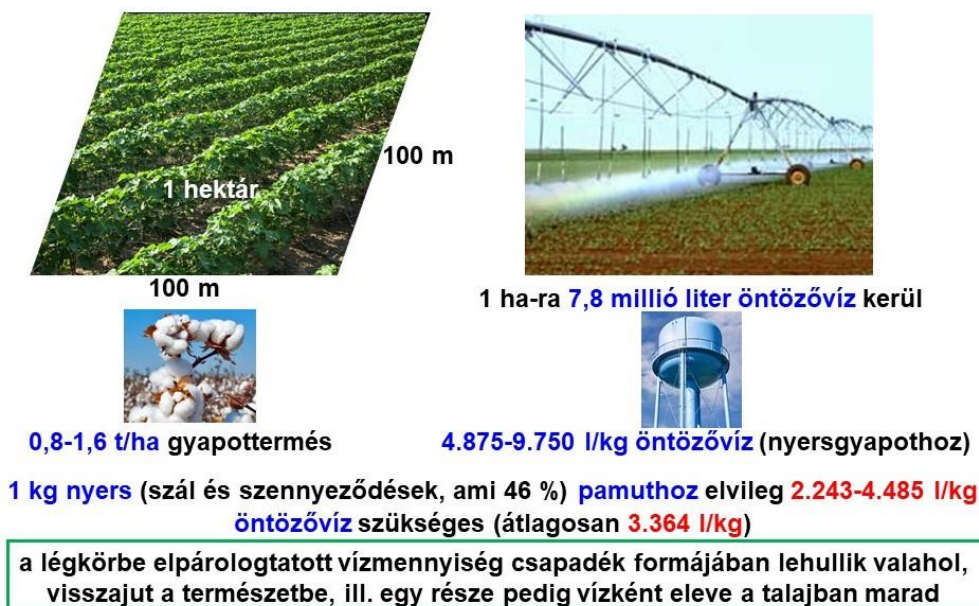
A növény anyagszállítása víz segítségével

8. ábra

dioxidot vesz fel és fejlődik. A leadott vízgőz és a felvett széndioxid mennyisége nagyon eltér egymástól (kb. 400 vízmolekulára jut egy szén-dioxid molekula) (8. ábra).

A gyapottermesztés *általános vízigénye* egyszerű számítással a következők szerint alakul:

- 1 hektár területű gyapotföldön kb. 7,8 millió liter öntözővizet használnak fel;
- 1 hektáron jellemzően kb. 0,8–1,6 tonna (helyenként nagyobb terméshozam is lehet) gyapot terem, így 1 kg nyers gyapot eléréséhez 4875–9750 liter öntözővíz szükséges. 1,2 tonnás termésátlaggal számolva elvileg 6500 liter/kg a fajlagos öntözővízigény;
- ugyanakkor a termésben 33% a feldolgozható pamutszál, 54% mag (amit olaj céljára hasznosítanak), 13% növényi és egyéb szennyeződés,
- 1 kg nyers pamuthoz (szál és szennyeződések, ami összesen 46%) (a magról az egrenálás műveletével leválasztott szálasanyag) elvileg 2243–4485 liter öntözővízre van szükség (átlagosan 3364 l/kg) (9.–11. ábra).



A gyapot-, ill. a pamut öntözővíz igénye

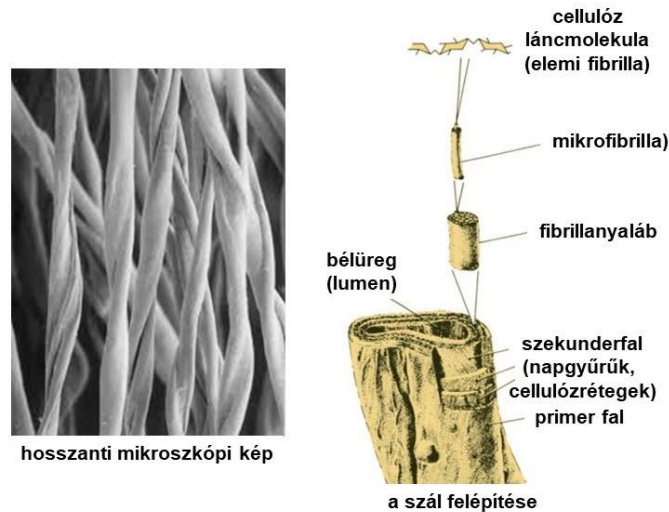
9. ábra

A víz körforgása biztosítja, hogy a növényből a légkörbe elpárologtatott mennyiség csapadék formájában valahol visszakerüljön a felszínre, tehát visszajut a természetbe, ill. az öntözővíz egy része eleve a talajban marad. Ugyanakkor megemlítendő, hogy az öntözővíz előállítása energiafelhasználással és szén-dioxid kibocsátással jár, továbbá a mezőgazdasági vízfelhasználás jelentős terhet jelenthet a környező ökológiai rendszereknek (az öntözésre felhasznált édesvíz kivétele valamilyen rendszer kárára következhet be). Az öntözővíz biztosítása miatt csökkenhet a talajvízszint, amitől akár a „szárazodás” is bekövetkezhet. Emiatt ez jelentős probléma lehet egy



A nyersgyapot összetevői

10. ábra



A pamutszál

11. ábra

gyenge vízháztartású területen, ha a szélsőséges körülmények fennállásakor sok víztől fosztja meg az öntözés a környező élővilágot.

A felvett víznek mindössze kb. 2–3%-a épül be huzamosabban a növényi szervezetbe (felhasználódik a fotoszintézisre, és a növekedésre fordítódik), tehát a növényeken keresztül a víz nagy része átalakulás nélkül a légkörbe távozik. Az öntözővíznek eleve nem a teljes mennyiségét veszi fel a növény, hiszen a mérték függ a termőhelytől, talajtól, klimatikus tényezőktől.

Ezért sem helytálló egységesen és magabiztosan kijelenteni, hogy – a gyapottermesztéstől a kész textilruházati termékig – pl. egy pamutpóló elkészítése több mint 2500 liter vízbe kerül, egyetlen farmer előállításához pedig nagyjából 7500 liter vizet használnak fel, ráadásul *nem fosztják meg ennyi víztől* maradéktalanul a természetet.



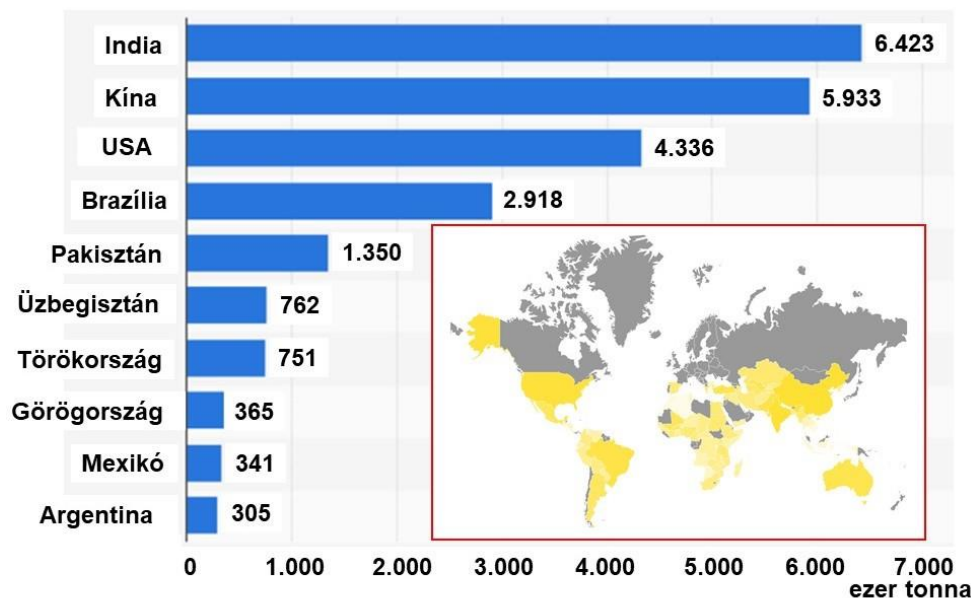
A globális szálanyag termelés alakulása a 2019-ben

12. ábra

A pamut a második legnagyobb mennyiségű textilipari szálanyag

2019-ben – az első helyen álló, közel 580 millió tonnás poliészter szálanyag után – a második legnagyobb mennyiségben termelt szálanyag 257,8 tonnával a pamut volt. A további növényi eredetű természetes szálak/rostok, mint a háncsrostok (len, kender, juta, rami, kenaf stb. és szerkezeti rostok (szizál, manilakender, mauriciusz-kender, ananászrost stb.), ill. a gyümölcsrost (kókusz) termesztése] 6,7 millió tonnás hozammal járt (12. ábra).

A pamut fontosságát a belőle régóta rendszeresen készült ruházati- (főként alsónemű, ing, blúz, egészségügyi rendeltetésű cikkek stb.) és lakástextil (ágyneműhuzatok, törölközők, törülők stb.) termékek sokasága támasztja alá. Többek között a jó nedvszívó képesség, bőrbarát jelleg, gyakori mosásra való alkalmasság jelenti előnyeit (13. ábra).



Vezető gyapottermelő országok 2019/2020-ban

13. ábra

Környezetkímélés a fenntartható textilipari gyártás érdekében

A szakmáinkat valótlan körülményekkel terhelő, egyes közmédiaokban megjelenő és megalapozatlan cikkek jövőbeni elkerülése érdekében el kell érni, hogy a textilipar egyre jobban

terjedő környezetkímélő technológiáiról, önkéntesen tanúsított gyártási folyamatairól, termékeiről is szó esszen a zavaró hangulatkeltés helyett.

Környezetkímélő szálanyagok

Annak ellenére, hogy a *természetes szálak* nyerése (növénytermesztés, állattenyésztés), ill. a mesterséges szálak előállítása nem ágazatunkban folyik, vázlatosan érdemes ezen területek környezetkímélési lehetőségeire kitérni (14. ábra).



biopamut

- a mezőgazdasági vegyszerek (műtrágya, növényvédő) csökkentése, a **genetikailag módosított gyapot** termesztése, amely „megmérgezi” a kártevőket
- **biotermesztés**, komposztal történő trágyázás, gyomirtás kapálással ill. égetéssel, más **haszonnövények közé-ültetésével**, lombtalanítás leszárítással, természetes permetanyag főzet alkalmazása stb.



BCI-pamut

- **víz hatékony felhasználása**, a termőföld megóvása a **káros növényvédelmi gyakorlatok hatásának minimalizálása**
- a pamut-magszál minőségének megőrzése és a **tisztességes munka elvének betartása** érdekében így elősegítve a **jobb öntözési gyakorlatokat**, továbbá a **műtrágyák alkalmazásának észszerű csökkentését**

GREENWASHING?



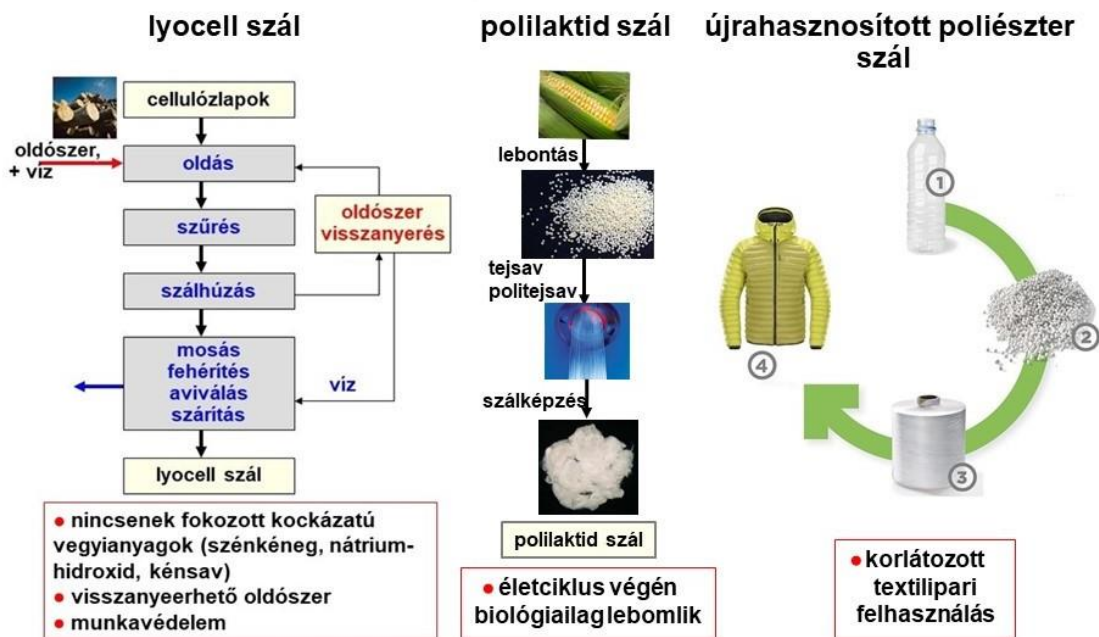
organikus gyapjú

- növényvédőszeres is kerülhetnek a bundára
- ha a felhasznált kemikáliák **biológiailag nem bomlanak le** és összetevőik **toxicitása is fennáll**, úgy az elsődleges feldolgozáshoz tartozó **mosás során vízszennyezést okoznak**
- az ún. **organikus gyapjú** esetében az **állattartásnál tanúsítottan mellőzik a környezetterhelő rovarölő- és növényvédőszereseket**

Példák környezetkímélő módon elérhető természetes szálakra

14. ábra

A mesterséges szálanyagok közül pl. ismert, hogy a regenerált cellulóz anyagú lyocell előállítása környezetkímélőbb a viszkózhoz képest, a polilaktid pedig biológiailag lebontható az életciklusa végén. A többek között PET-palackból – kémiai lebontás után – poliészterszál képezhető (egyelőre korlátozott felhasználhatósággal) (15. ábra).



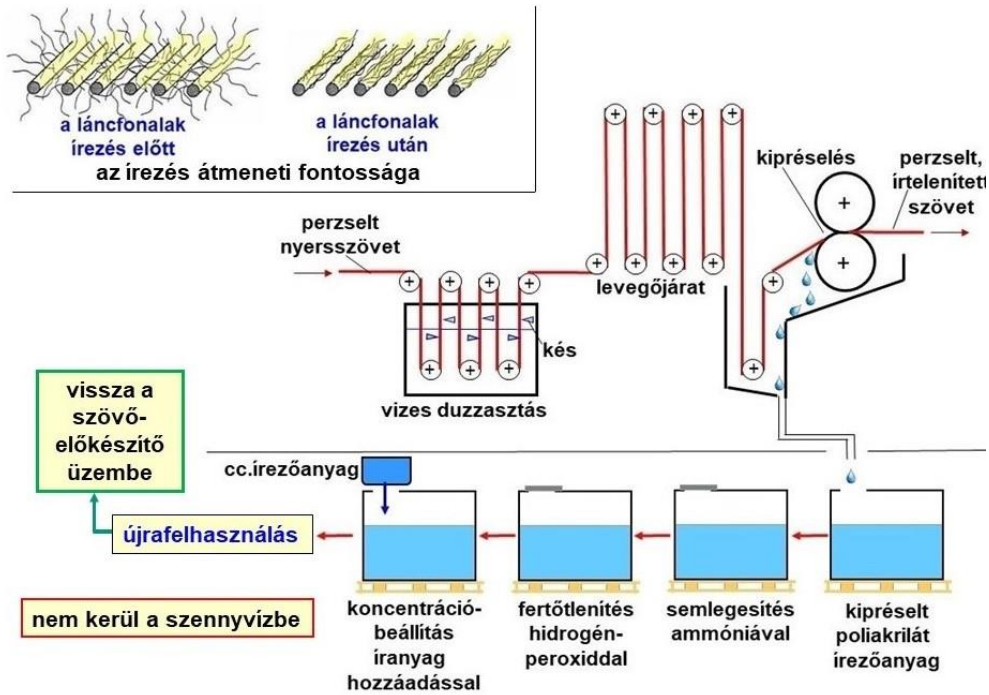
Példák környezetkímélő mesterséges szálanyagokra

15. ábra

A poliészter textilhulladékok elterjedt hasznosítási módja a mechanikus szilárdítású nemszőtt-kelme-előállítás.

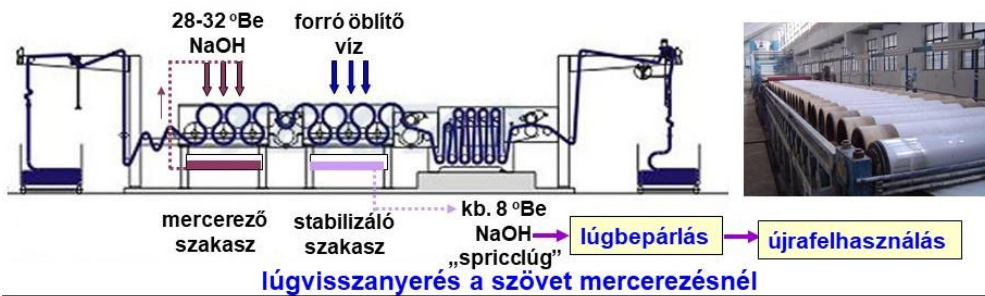
Környezetkímélő technológiák, különösen a kikészítésnél

A fonalgártásnál ill. a kelmeképzésnél a terhelő tényezők csökkentése kiemelt törekvés, ugyanakkor e folyamatok döntően mechanikai jellege miatt az energiamegtakarítás és a zaj- és rezgésterhelés további minimalizálása a cél. A fonalszínezés területén – később – a kelmeszínezés során

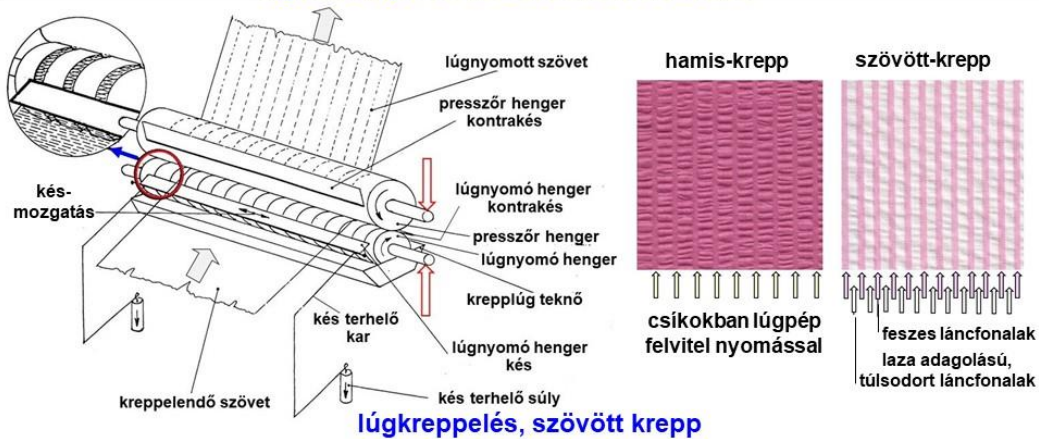


Példa a kikészítőüzemben visszanyerhető írezőanyagra

16. ábra



lúgvisszanyerés a szövet mercerezésénél



lúgkrepelés, szövött krepp

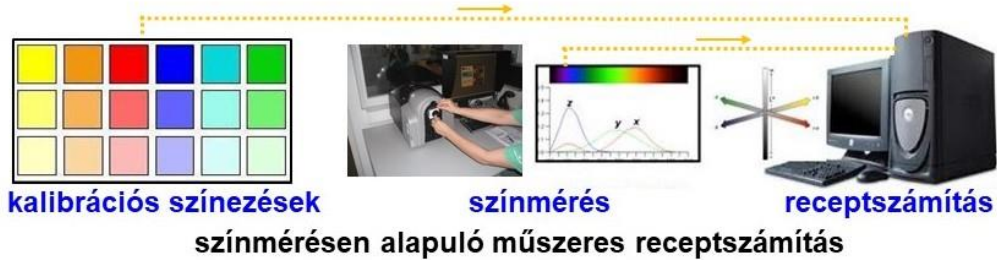
A nátrium-hidroxid felhasználás és terhelés csökkentés

17. ábra

alkalmazott megoldásokkal érhető el környezetkímélés. A szövéselőkészítés egyetlen vegyi jellegű művelete az írezés, a kikészítőüzemben visszanyerhető és így újrahasznosítható írezőanyagra kifejlesztett eljárás csökkenti a környezeti hatásokat (16. ábra).

Környezetkímélő kikészítési technológiák kapcsán többek között a *mercerezés*, a *lúgkreppeles* okozta nátrium-hidroxid felhasználás csökkentése meghatározó környezetvédelmi feladat (17. ábra).

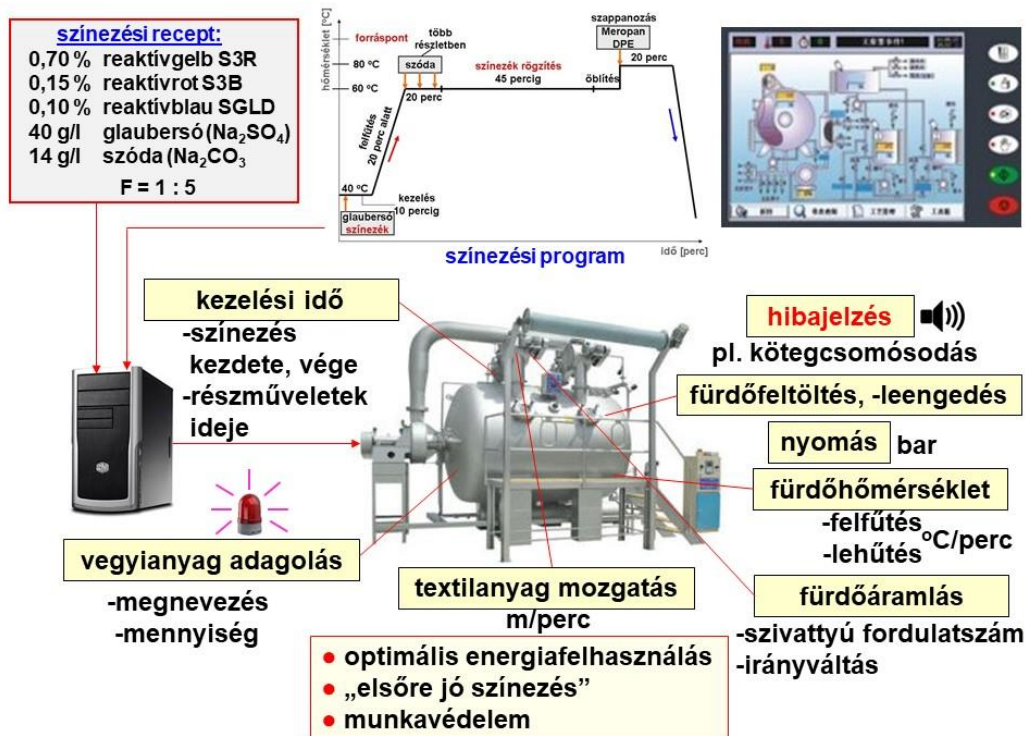
A *színezés* területén a színezőberendezések számítástechnikai támogatása járul hozzá legjobban a környezetkímélő folyamatok biztosításához, beleértve a színmérésen alapuló műszeres receptszámítás és a színezőfürdők pontos összeállítását biztosító háttérprogramok igénybevételét is (18., 19. ábra).



színezőberendezés elektronikus folyamatszabályozása, -vezérlése

A színezés elektronikus támogatására példák

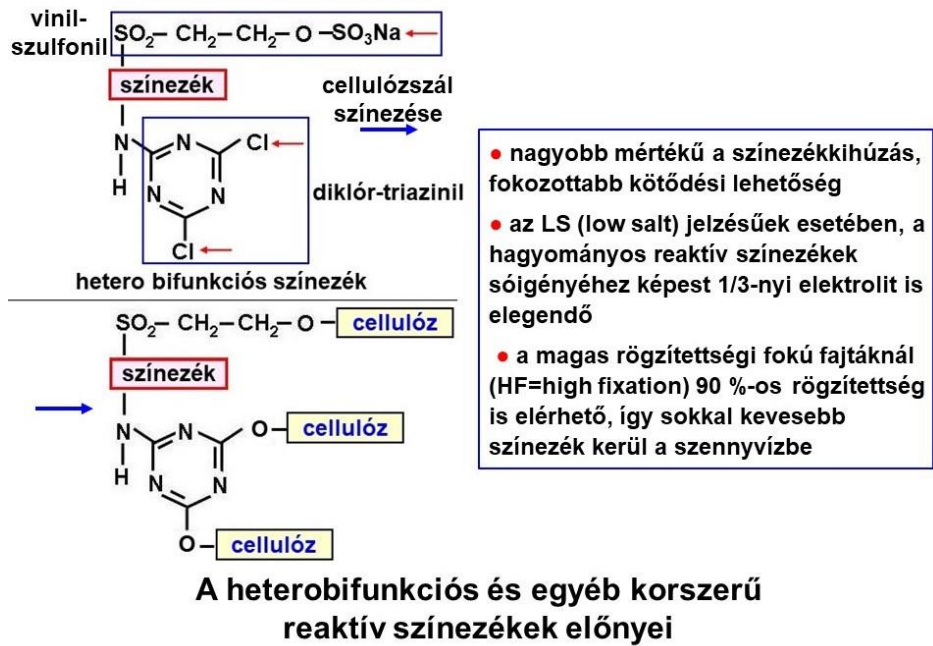
18. ábra



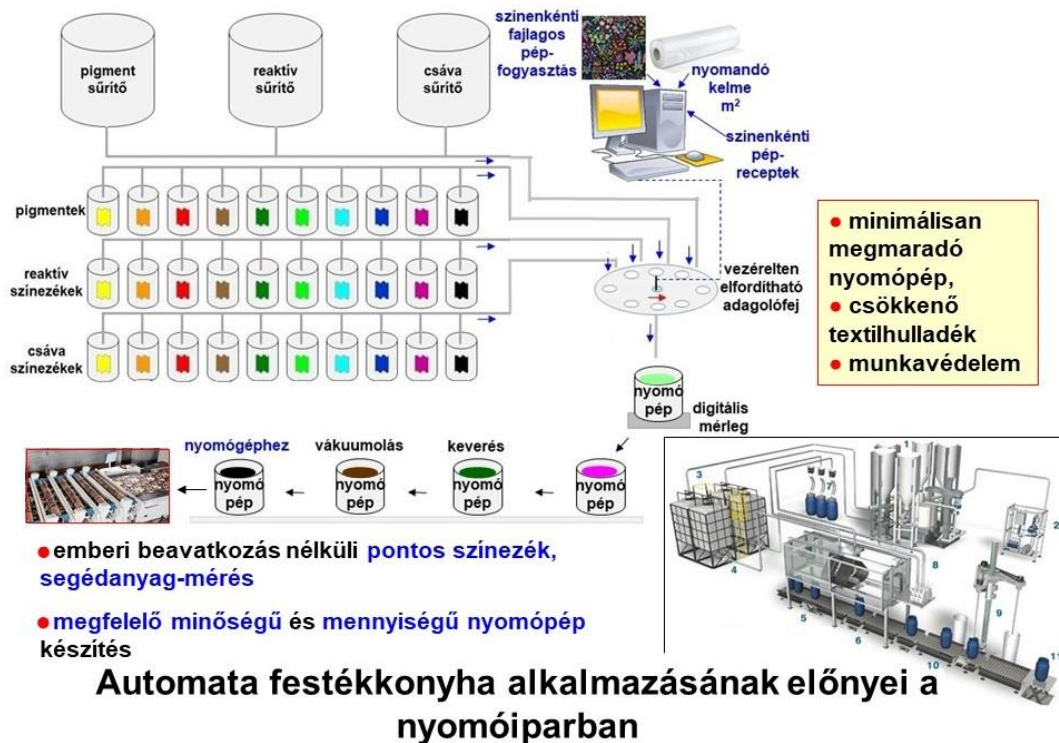
Környezeti terhelés csökkentésre példa a színezésnél

19. ábra

A nagyobb rögzítettséget biztosító heterobifunkciós ill. kis elektrolit igényű reaktív színezékek alkalmazása szintén jelentősen csökkenti a színezési folyamatok terhelő tényezőit. A korszerű reaktív színezékek AOX (abszorbeálható szervesen kötött halogén) mentesek, egy-két kivételtől eltekintve nehézfémeket sem tartalmaznak (20. ábra).



20. ábra



21. ábra

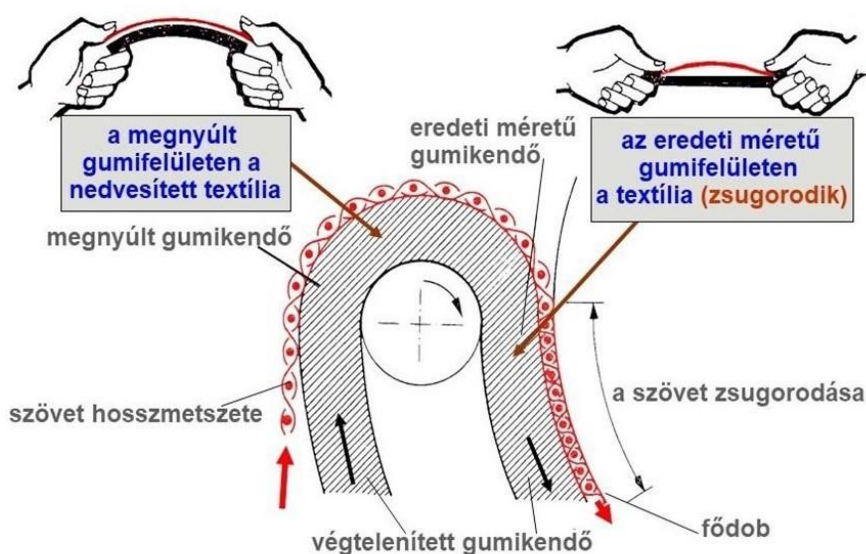
Az egészségkárosító, pl. a káros aril-aminra bomló egyes azoszínezékek, ezen kívül meghatározott diszperziós színezékek (szintetikus szálak színezése) és pigmentek (nyomóipari felhasználás) veszélyesek, amelyek többek között rákkeltők, valamint allergiát okozhatnak. Ezek kiváltására számos színezékegyedtet fejlesztettek ki, valamennyinél előtérbe került a nehézfémek kerülése is. Általánosságban jellemző, hogy a színezékgyártás fejlesztésénél a termékek környezetbarát jellege már prioritást élvez.

A kémiai textilmintázási eljárások (pl. színnyomás) kivitelezése során az automata festékonyha biztosítja az optimális nyomópép-összeállítást és felhasználást, elkerülve a veszélyes hulladékot képező pépmaradványok előfordulását is. A digitális mintavéggyártással elmaradnak a környezetterhelést is okozó sablonkészítési többletműveletek (21. ábra).

A végkikészítő eljárások területén alkalmazható célirányos megoldások csökkentik a környezetterhelő tényezőket. Ilyen pl. a műgyantás méretállandósítás helyett a mechanikai eljárás (szanforizálás) előnyben részesítése. A zsugorítógépeken a képlékennyé tett kelme a zsugorító szerkezet préselőhengerének közvetítésével megnyúlt végtelenített gumikendő részére kerül rá. A beforduló gumiszalagon futó textilanyagot a hozzá nyomódó fűtött zsugorítóhenger aszerint zsugorítja, hogy a gumikendő vastagsága mennyire nyomódik össze, azaz sebessége mennyire gyorsul (a szűkebb keresztmetszetben a gumifelület a rajta levő kelmével gyorsabban halad tovább – a jelenség hasonló a szűkebb csőben meggyorsuló folyadékáramhoz). Előfordul olyan megoldás is, ahol a gumikendő összenyomását kellően beállított álló rúd végzi el. Amint a haladó gumikendő visszanyeri eredeti vastagságát (miután a préselőnyomás megszűnt), eleve lelassul továbbá, az ellenkező görbületű helyzet felvételével a kelme a kívánt zsugorodásra van készítve.

Így elmaradnak a vegyi szennyezőanyagok (a műgyantán kívül a katalizátorok, a varrhatóságot javító segédanyagok, lágyítók stb.), ill. csökken a légszennyezés.

A kötött kelmék zsugorítására a kelmeszerkezeti eltérések miatt a szövetekre alkalmas berendezések nem használhatók. A víztelenítéssel kombinált zsugorító berendezést főként pamut alapú csókelmek relaxálására használják, a kedvezőtlen hosszirányú rövidülés és keresztirányú méretváltozás megszüntetése érdekében. A kelme méretállandósítás fenntartható eljárásait egyértelműen a mechanikai kikészítést végző zsugorítógépek jelentik (22. ábra).

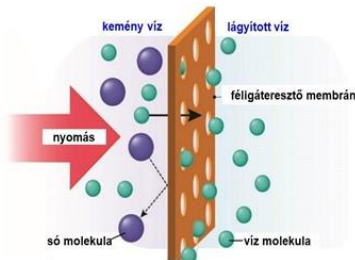


A szövet-sanforizálógép zsugorító egysége

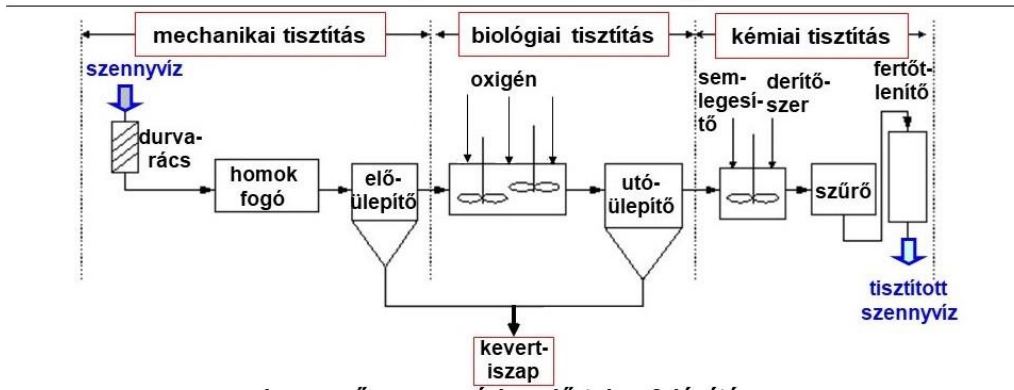
22. ábra

Amennyiben tartós gyűrődésfeloldódó képességet, könnyű kezelhetőséget kell elérni, a kikészítést reaktív műgyantákkal is végzik, ezek közül a formaldehidszegény, ill. esetleg formaldehidmentes kikészítőszer kerülnek előtérbe (a szigorúbb előírások 20–30 mg/kg-os határértéket engedélyeznek). A környezetre is kedvező kisebb szabad formaldehid tartalom ellenére számolni kell azzal, hogy a formaldehidmentes kikészítőszerből akár kétszeres mennyiség is szükséges lehet a kívánt hatás elérésére.

A különleges kikészítő eljárásoknál – pl. olaj- és szennytaszítás, hidrofobizálás, lángolásgátlás, ill. égéscsökkentés stb. – a késztermék egészségre gyakorolt negatív hatását kiküszöbölő és a gyártásnál kisebb környezeti kockázatot jelentő segédanyagokat célszerű csak alkalmazni.



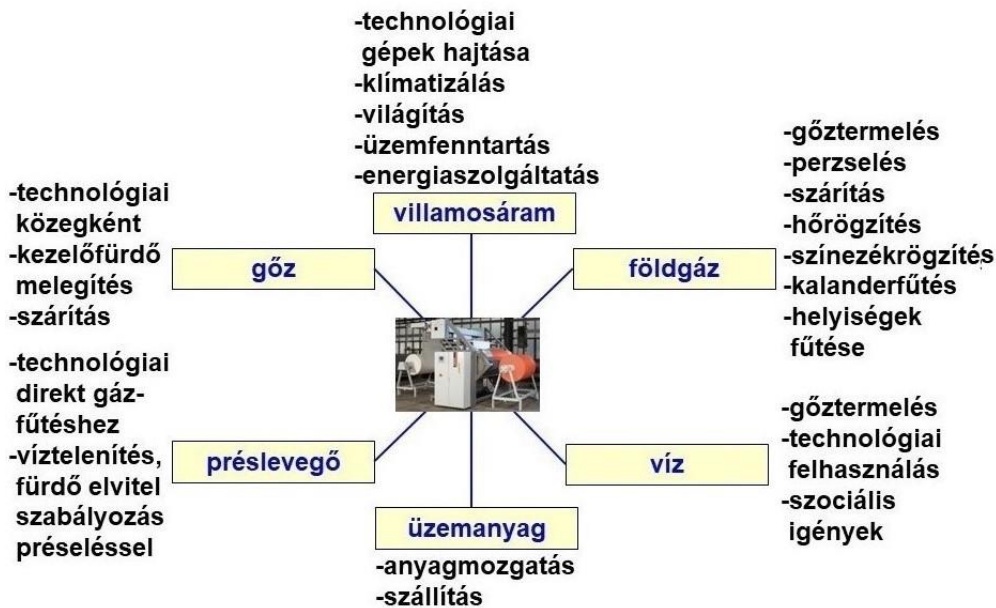
fordított ozmózisnyomáson alapuló vízlágyítás elve



korszerű szennyvízkezelő telep felépítése

Környezetkímélő vízlágyításra, szennyvízkezelésre példa

23. ábra



Példák az energiafelhasználásokra a textiliparban

24. ábra

Környezetkímélés az ipari víz-, ill. szennyvízkezelésnél, energiagazdálkodás

Az ipari víz kezelésénél (pl. lágyítás stb.) a vegyi terhelések csökkentése, a szennyvíz terhelő tényezőinek mérséklése kiemelt feladat a már bevezetett műszaki intézkedések mellett, egyúttal a jogilag szigorúan szabályozott határértékek betartása a termelés fenntartásának alapvető kritériuma (23. ábra).

Az energiagazdálkodás során a technológiai célú energiafelhasználás csökkentése és a geotermikus energia temperálásra/vízmelegítésre való használata kerül előtérbe (24. ábra).

A vételezett villamos árammal való takarékoskosságot elsősorban a gépek hajtásánál elterjedt frekvenciavezérelt aszinkron motorok és egyéb elektronikai egységek alkalmazása teszi lehetővé.

Az üzemi világításnál a LED-fényforrások előnyösek. A megújuló energiák közül a napelemmel megtermelt zöldáram felhasználása is lényeges tényező.

A földgáz sokirányú felhasználása kapcsán a technológiai területen számos műszaki megoldás és intézkedés teszi gazdaságosabbá az ilyen eredetű hőenergia alkalmazását. Pl. a direkt gázfűtéssel működő szárító-feszítő-hőrogzító gépeken (rámáknál) fontos a jellemző kelmeszéleséghez való igazodás (az átlagszélességet jelentősen meghaladó szélességgel rendelkező szárító-hőrogzító szekrény miatt fokozódik a gázfelhasználás). Hasonlóan lényeges a szárításnál a megfelelő víztelenítési hatásfok biztosítása, az optimális maradéknedvesség-tartalom garantálása. Az indirekt gőzfűtésű szárítóknál (pl. nyomógép utáni lebegtető szárító) célszerű áttérni a direkt gázfűtésre, ami nemcsak gazdaságosabb, hanem a kazántól független üzemmenetet is lehetővé teszi.

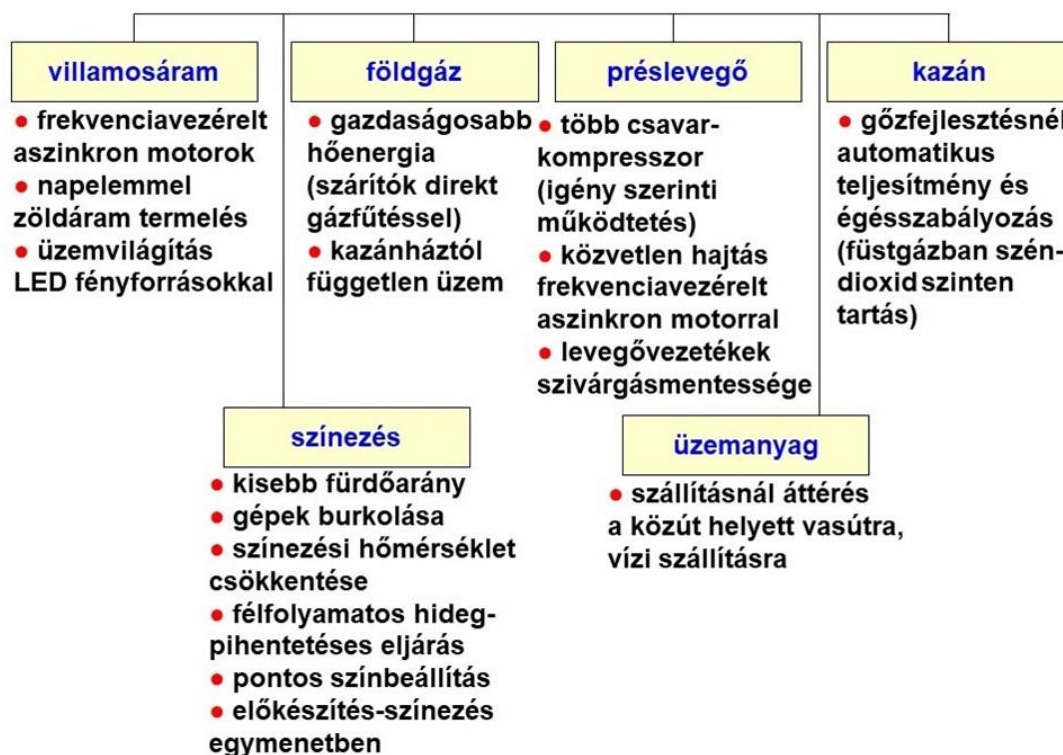
A gőzfejlesztő kazánoknál lényeges többek között az automatikus teljesítmény- és égésszabályozás (utóbbival a füstgáz szén-dioxid tartalma kedvező szinten tartható).

Az üzemben a központi préslevegő előállítás során előnyös, ha több csavarkompresszorral rendelkezik az állomás, és igény szerint lépnek működésbe a légsűrítők. Gazdaságos a kompresszorok közvetlen hajtása frekvenciavezérelt aszinkronmotorral. A sűrítettlevegő-vezetékek szivárgási veszteségeinek csökkentése kiemelt jelentőségű.

Az üzemanyagok a belsőégésű motorral működő anyagmozgató eszközök (targoncák) esetében, a nyers-, félkész- és késztermékek ill. vegyi anyagok főként közúti szállítása kapcsán érintik a textilipari üzemeket. A környezetkímélés érdekében törekedni kell a vasúti, ill. vízi úton történő szállításra.

A technológiai célú hőenergiafelhasználás csökkentésére főként a színezés során vannak lehetőségek. Pl.

- a fürdőarány (l/kg) és a színező berendezés kapacitásának jobb kihasználása, miután egyértelmű, hogy kisebb fürdőarányal kevesebb a víz- és gőzfelhasználás;
- az energiatakarékos színezési technológiák, többek között a motollás kádak, jiggerek esetén a burkolat lezárása a párolgási hőveszteségek, kelmelehülés elkerülésére (nyitva hagyott motolláskádból óránként 50–100 kg, jiggernél 15–30 kg víz párolog el 90 °C-nál melegebb fürdő esetén);



Példák a textilipari energiamegtakarítási lehetőségekre

25. ábra

- a színezési hőmérséklet lehetőség szerinti csökkentése, hatékonyabb színezék rögzítéssel a színezést követő mosási folyamat rövidítése;
- a félfolyamatos hideg-pihentetéses (pad-batch) reaktív színezési technológiák alkalmazása;
- a pontos színbeállítással (pl. színmérés és műszeres receptszámítás) elmarad a színezék-utánadagolás miatti többlet energiafogyasztás;
- -az előkészítés-fehérítés és színezés egy fürdőben történő végrehajtása (25. ábra).

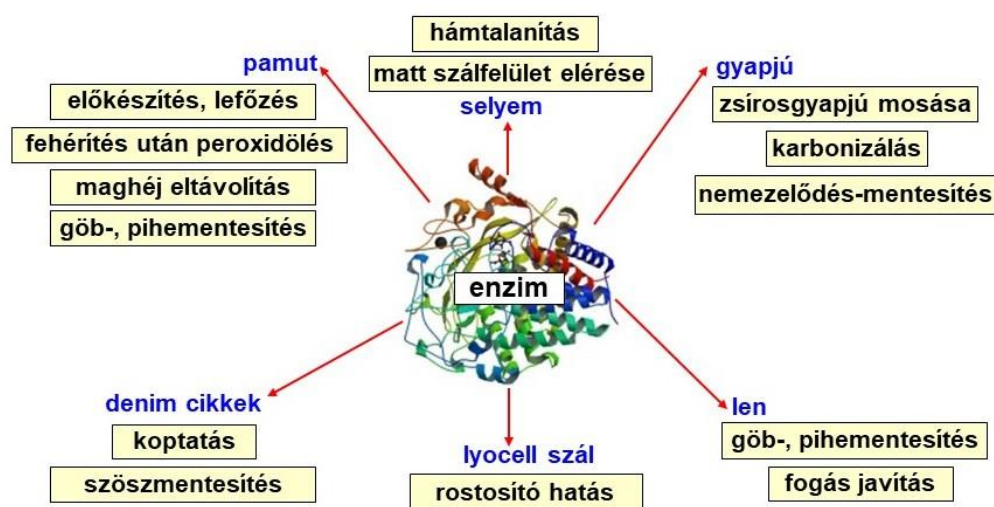
Példák a környezetterhelés-mentes eljárásokra

A kifejezetten környezetterhelés-mentes textilipari technológiáknál az enzimek alkalmazására, a szuperkritikus széndioxidban történő színezésre, a nanotechnológiai alkalmazásokra és a plazmakezelő eljárásokra fókuszálnak a fejlesztések.

Az *enzimek* elterjedését számos egyedi előny fokozza, például

- a környezetet terhelő textilsegédanyagok egy része kiváltható enzimek készítményekkel (biológiailag teljesen lebonthatók);
- alkalmazásuk biztonságos, kizárólag az igény szerinti anyagra fejtik ki hatásukat (az ún. anyagspecifikus jelleggel magyarázható);
- hatásmechanizmusuk a főbb állapotjelzőkkel (hőmérséklet, pH, koncentráció, kezelési idő) jól kézben tartható;
- különleges felületmódosító hatások is elérhetők a hagyományos technológiai beavatkozások mellett.

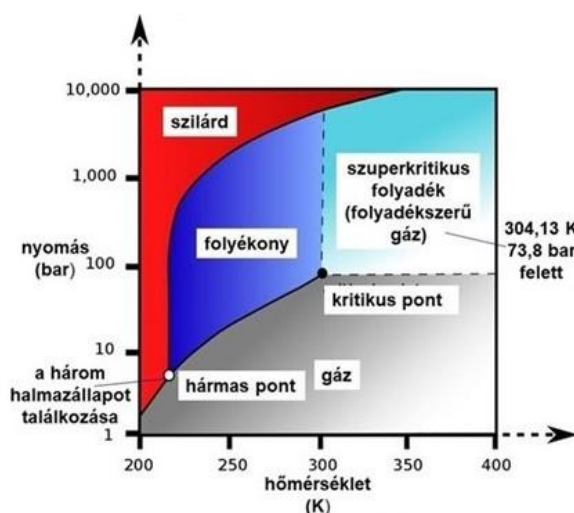
Az enzimek működésük során az arra alkalmas anyaggal először komplexet képeznek, majd feladatukat végezve ismét szabaddá válnak. Ezek az aktív góccok újabb szubsztrátummal kapcsolatba kerülve ismét kifejtik hatásukat. Az enzimek készítmények felhasználási területeit az aktivitás és stabilitás határozza meg (26. ábra).



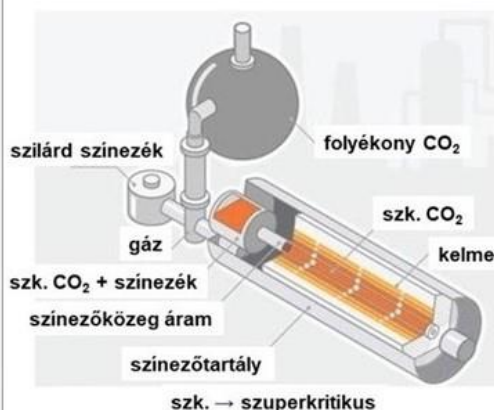
Az enzimek textilipari alkalmazására példák

26. ábra

A *szuperkritikus szén-dioxidban* történő színezési eljárással főként szintetikus szálanyagú (pl. poliészter) kelméket színeznek eredményesen, optimális használati szintartósági jellemzőkkel. Az ún. DyeCoo Textile Systems lényege, hogy folyékony szén-dioxid kerül a fekvőhengeres színezőkészülék tartályába, ahol perforált anyagtartóra tekercselt méterárut színeznek alkalmas színezékekkel. Hő és nyomás hatására a folyékony széndioxidból szuperkritikus állapotú folyadék-szerű gáz keletkezik, ez helyettesíti a hagyományos színezőfürdő vizét. A nagy oldószerteljesítményű közegben nincs szükség színezési segédanyagokra ill. vegyszerekre. A színezési idő rövidebb, az energiafelhasználás a felére csökken. A színezés végeztével – hűtés és a légköri nyomás visszaállítását kövezően – a gázként távozó szén-dioxidot 95%-os hatásfokkal visszanyerik és újrafelhasználásra alkalmas folyadékként tárolják (közel zárthurkos az eljárás). A



a szuperkritikus széndioxid kialakulása



a színezőberendezés felépítése



Színezés szuperkritikus szén-dioxidban

27. ábra

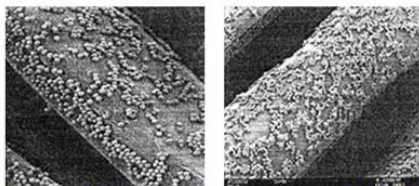
vízmentes technológia következtében értelemszerűen nem keletkezik környezetterhelő szennyvíz (27. ábra).

A *nanotechnológia* az anyag manipulálásával foglalkozik (legalább egy dimenzióban 1–100 nanométeres, atomi, molekuláris és szupramolekuláris tartományban). Ennek legkorábbi változatát ma molekuláris nanotechnológiának is nevezik. A kvantummechanikai hatások meghatározóak, így egy olyan kutatási kategóriáról van szó, amely magában foglalja az adott méretközű alatti emberi tevékenységet. A nanoeljárások lényege: olyan analitikai vagy megmunkáló eszközök használata, amelyek alkalmasak 100 nm-t meg nem haladó pontossággal történő anyagelőállításra, mozgásuk detektálására ill. mérésére. A nano szakterület többek között nanopórusú anyagokkal, nanocsövekkel, nanorétegekkel foglalkozik, továbbá a dendrimerek (elágazó molekulák) és kvantum pontok elemzésével, jellemzőik meghatározásával.

A kelmékre pl. emulgálással a nanoméretű kikészítőanyagok egyenletesebben vihetők fel. Így szenny- és víztisztító, ill. antisztatizáló képesség, lángállóság, antimikrobális tulajdonság, UV-védelem, továbbá gyűrődésfeloldódó és méretállandósító hatás is elérhető. Megfelelő nanoréteg felhordásával lélegzőképes bevonat szintén kialakítható. Öntisztuló képesség is elérhető a lótuszeffektust biztosító nano-felületmódosítással. (A lótuszvirág leveleinek állandó tisztasága a felület parányi egyenlőtlenségeivel magyarázható. A nanoméretű „rücskösség” következtében a szennyeződések lazán tapadnak, a legördülő vízcsepp ezeket magával ragadva eltávolítja.) (28. ábra).

A különböző készütséggű textiltermékeken végzett *plazmakezelések* a jövőbe mutató környezetkímélő eljárások egyik kiemelkedő területét képezik.

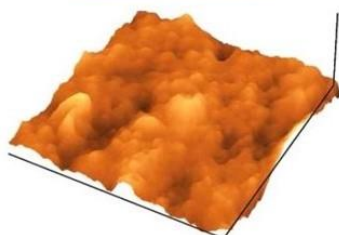
A plazmaállapotban az anyag rendkívül aktivált állapotban van, szerkezete kis rendezettségi fokú (pozitív- és negatív töltésű részecskék, szabad funkciós csoportok, semleges atomok és molekulák egyaránt jelen vannak). A plazmateret optimális összetételű és minőségű kezelőgáz biztosítja (lehet oxigén, nitrogén, levegő, argon, egyéb inert gáz, argon+hélium, etán, hexafluor-



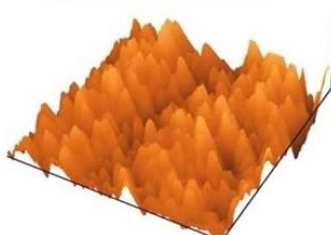
poliészter szálak fénoxid nanorészecskékkel bevonva



- nincs vegyi segédanyagfelhasználás
- munkavédelem



szenny- és víztaszító nanoréteggel kialakított textília felülete

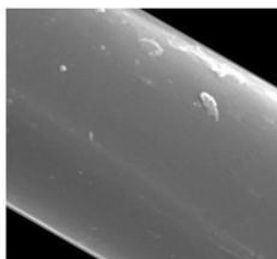


az öntisztuló lótuuszlevél felülete

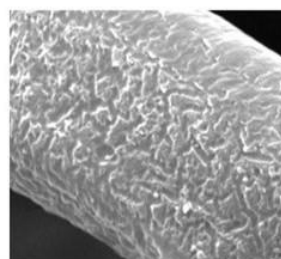
textilfelület funkcionális módosítása nanotechnológiával

Példák textilipari nanotechnológiákra

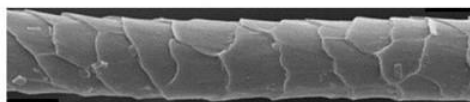
28. ábra



kezelés előtti csillogó, műanyaghatású szárfelület



a szál felületének „hámozásával” kedvező hatások kialakulása



a gyapjuszál pikkelyes felülete, ez okozza a nem kívánatos nemezelődést



a gyapjuszál plazmakezelés után, a pikkelyek élei legömbölyítettek, nem kapcsolódnak össze a szomszédos szálak

Példák plazmakezeléssel elérhető hatásokra

29. ábra

etán+hidrogén). A kialakításhoz elsősorban szabályozott kisülést létrehozó elektromos és egyéb állapotjelzők szükségesek, a textilipari kezelésekhez főleg az ún. alacsonynyomású plazma bizonyult előnyösnek (az 50 °C alatti plazmakezelését vákuumban végzik). Biztató kísérletek folynak az atmoszférikus, folyamatos plazmakezelések megvalósítására.

Az atomi méretű plazmatechnológiák többféleképpen hasznosíthatók a textiliparban.

- A szálanyag felszínének tisztítása a szerves szennyeződések, egyéb zavaró idegen anyagok eltávolításával. A gyapjúszál pikkelyrétegének kémiai beavatkozás nélküli változtatásával (élek legömbölyítése, cirádák tompítása) nemezelődéscsökkentés érhető el. A szintetikus szálak felszínének „hámozásával” – amelynek során apró kráterek alakulnak ki a szál egyébként sima palástján – megszüntethető a csillogóan fényes és műanyag jelleg, kedvezőbb fogás is elérhető.

- A szálfelszín aktiválása meghatározott kémiai csoportokkal, amelyek többek között fokozzák a nedvességfelvevő képességet (pl. pamutkelme színezéséhez előnyös), továbbá növelik a tapadóképességet, vagy elősegítik a biokompatibilitást az élő szervezetekkel tartós kapcsolatba kerülő textiltermékeknél.

- A plazmatérben végzett kémiai jellegű szárfelületmódosítás lehetővé teszi igen vékony filmréteg tartós felvitelét.

- Plazmapolimerizáció megvalósítása a plazmán át gerjesztett gázszerű monomerek felhasználásával (pl. olaj- és szennytaszítás, hidrofobizálás, lángolásgátlás, ill. égéscsökkentés elérése). Ilyen kezelés kész konfekcionált terméken is elvégezhető, a funkcionális képesség kiterjed a kelékekre (varrócérna, cipzár zárszalag stb.) is.

A plazmakezeléseknél nincs szükség különféle segédanyagokkal, vegyszerfürdőkkel történő kihúzatásos vagy telítéssel eljárásokra, nincs szükség vízre és jelentős hőenergiára, nem áll fenn légszennyezés, nem képződnek veszélyes hulladékok (29. ábra).

Textil anyagú környezetvédelmi eszközök

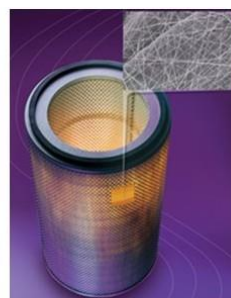
A környezetvédelmet támogató textiles megoldások területén a speciális, környezetvédelmet szolgáló textiltermékekkel, a textilhulladékok és maradványanyagok csökkentésével, továbbá az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklését és az üzemanyagmegtakarítást biztosító speciális műszaki textiliákkal veszi ki részét az ágazat (30., 31. ábra).



robbanásálló hajlékony konténer



úszó konténerrel ivóvízszállítás



nanoszálás szennyvízszűrő



mesterséges levél széndioxid csökkentésre



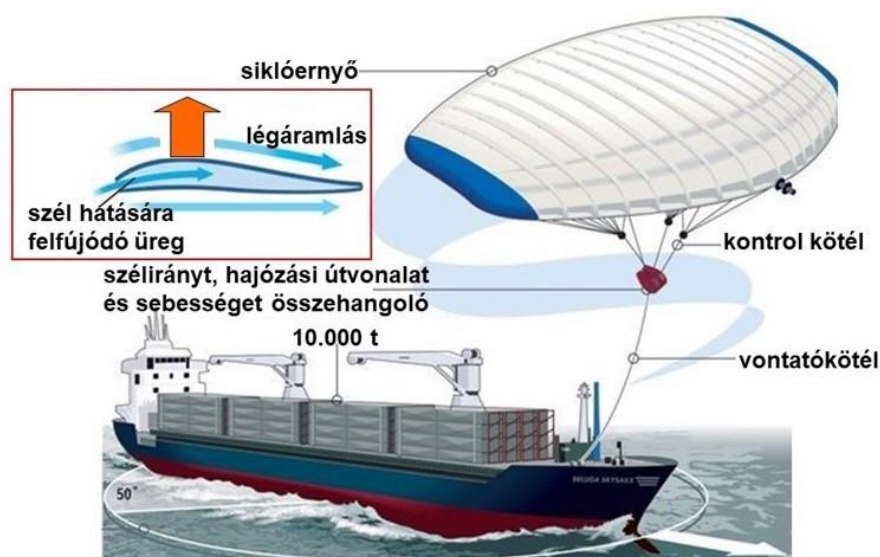
vízen úszó olajszennyezés további terjedésének megakadályozása

Textilanyagú környezetvédelmi eszközökre példák

30. ábra

A textiltermékek gondozása során alkalmazható környezetkímélési lehetőségek

A környezetterhelést mérséklő megoldások közül a nagyüzemi mosásnál a legfőbb intézkedés a vízfelhasználás csökkentése (7 l/kg-ról 1,5–2,5 l/kg-ra), pl. a vízvisszaforgatás megoldásával. A melegvíznyeréshez előnyös a forró szennyvíz hőtartalmának hőcserélővel biztosított felhasználása. Lényeges a gőzfelhasználás mérséklése (közvetlen gáz- ill. elektromos fűtésre való áttérés). Fontos környezetkímélő technikát jelent a pontos mosószer- és segédanyag adagolás automata szivattyúrendszerrel, programvezérléssel.



- a siklóernyőhöz hasonló **nagyméretű légcselelő, nagyszilárdságú poliamid szerkezetet** szupererős-polietilén kötélrendszerrel látják el
- **600 - 5.000 m²-es hasznos felületű vontatósárkányokat** használnak, pl. több ezer tonnás hajó mozgását képesek fokozni
- **éves átlagban 10-35 %-nyi energia takarítható meg**, így a kevesebb üzemanyag-felhasználással csökken a légköri szén-dioxid emisszió

Vontatósárkány teherszállító tengeri hajókhoz

31. ábra

Egyre fokozódó elvárás a biológiailag lebomló mosó- és segédanyagok használata.

A vegytisztításnál a perklór-etilén kiváltása egyre sürgetőbb feladat, miután karcinogén és mutagén hatású, biológiailag nem bomlik le. Gőze a légtérbe kerülve károsítja az ózonréteget, a visszamaradó persár veszélyes hulladék. A perklór-etilén kiküszöbölésére fokozódnak a törekvések, sőt pl. Franciaországban az így működő új vegytisztítógépet 2016-ig volt szabad üzembeállítani, 2023-tól tilos a perklór-etilén használata. A helyettesítésre tervezett, alacsony lobbánypontú szénhidrogének tűz- és robbanásveszélyesek, a magasabb lobbánypontú szénhidrogének károsak az egészségre, továbbá tisztítóhatásuk gyengébb. A folyékony szilikon nagyon drága, a folyékony szén-dioxidos megoldás ipari méretekben még nem működőképes.

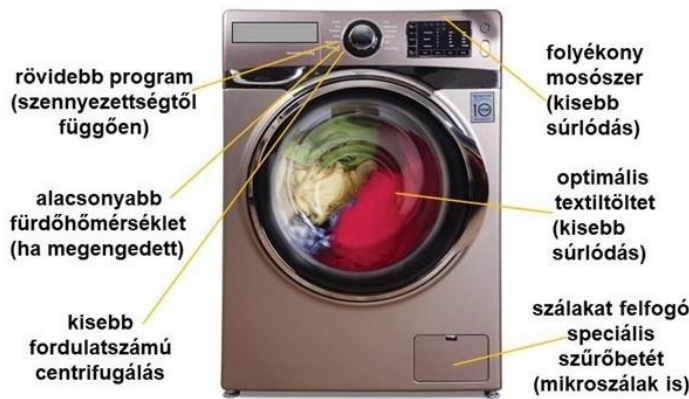
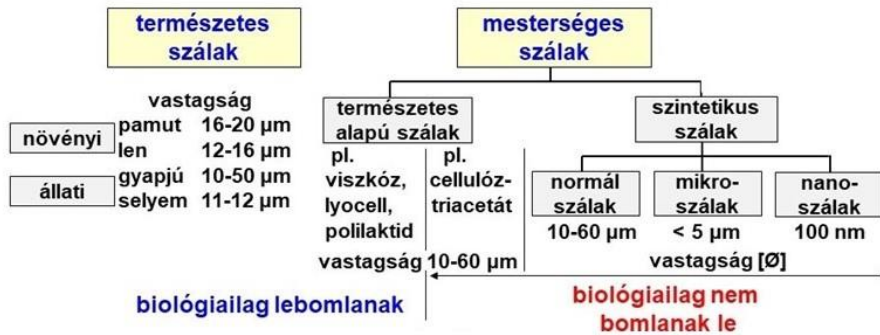
Magas lobbánypontú szénhidrogének és glikol-éterek keveréke jelenti a megoldást, ami nem veszélyes az egészségre és a környezetre, ill. szagtalan. Igaz az oldószer visszanyerése speciális berendezést igényel berendezést igényel (forráspontja 240 °C).

Szálás mikroműanyag keletkezésének csökkentése a háztartási mosási folyamatoknál is lényeges. A nagyfinomságú mikroszálak 1 dtex-nél finomabbak, azaz 10 000 m szál 1 g-nál kisebb tömegű. A szálak átmérője kb. 5 µm alatt van. (Összehasonlításképpen: a legfinomabb gyapjú 10 µm átmérővel jellemezhető.) Egyenletesen hengeres mikroszálak előállítása jelenleg már történhet közvetlen szálképzéssel (direktfonó eljárás), vagy az elterjedtebb bikomponenses (a szál felépítő anyag mellett ún. átmeneti kötőanyag a másik összetevő) módszerrel.

A bikomponens mikroszálakat előállító módszerek közös elve abban nyilvánul meg, hogy a szálképző fej nyílásai a normál szálakhoz hasonlóan durvábbak lehetnek (így többek-között az egyenletesség jobban biztosítható), majd a későbbiekben távolítják el a finomszálakat átmenetileg beágyazó, ill. körülvevő, már fölöslegessé vált másik összetevőt.

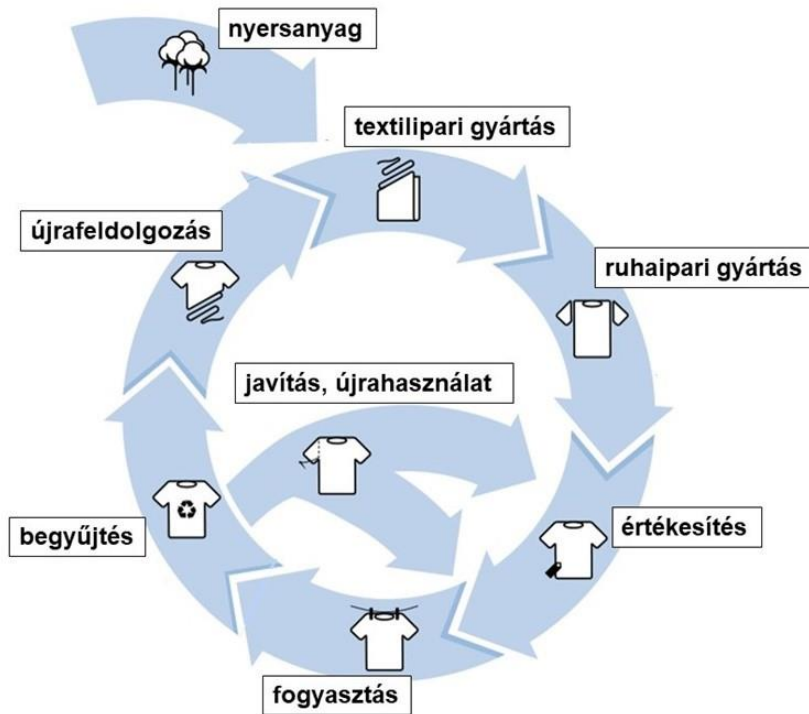
A mikroszálás kelmékből – a mesterséges szálanyag ellenére – komfortos, kellemes viseletű termékek képezhetők, miután a nedvességtranszponálási képességük fokozott (a nagyon finom hidrofób mikroszálak határoló felülete rendkívül nagy, és azonos finomságú fonal felépítésében sokkal több szál vesz részt, így a vízgőzfelvételnek és továbbításnak kedvező kapilláris hatás jobban érvényesül). Hasonlóan előnyös a mikroszálak alkalmazásával megnövekedett hőszigetelő képesség (a fonalon belüli számos finom-szál közötti üregek sok légzárványt tárolnak, ezzel a kimondottan rossz hővezetésű levegő szigetelőhatása megsokszorozódva érvényesül). A mikroszálakkal akár bármilyen kelmebevonat alkalmazás nélkül is elérhető, hogy csapadékos

időben a konfekcionált termék vízzáró legyen (ill. a fokozott légáramlásnál szélzáró képességgel rendelkezzen), mert a nedvességre kismértékben duzzadó szálak sokasága végül gátló felületet képez a kívülről behatoló nedvességgel- és széllel szemben. A még finomabb nanoszálak keresztirányú mérete esetenként kisebb a látható fény hullámhosszánál (így a nagy felbontóképességű fénymikroszkóppal nem elemezhetők) (32. ábra).



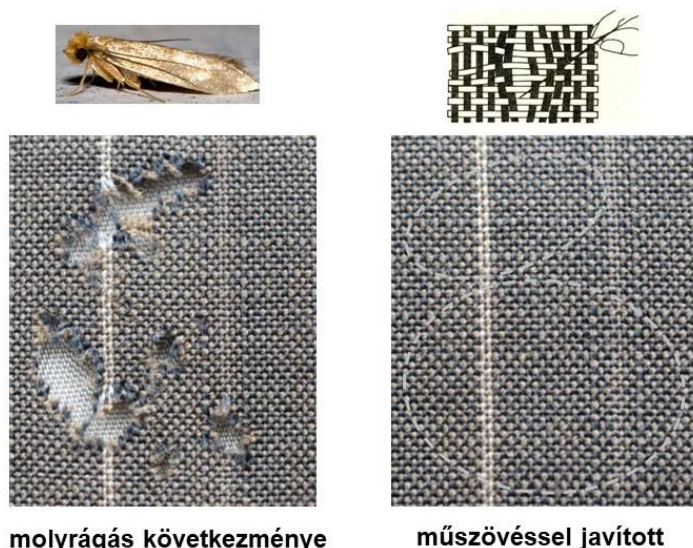
A szálak mikroműanyagok csökkentése a gépi mosásnál

32. ábra



A körforgásos textil-ruhaipari modell

33. ábra



Folytonossági hiány szövetrésZ javítására példa

34. ábra

A különböző textilalapanyagú termékek javítását – a gondozási folyamat fontos műveleteként – lényeges elterjedtté tenni. A textilipari körforgásos ciklus lényeges eleme az *életciklus meghosszabbítása* is. A teljesség igénye nélkül: a javítás kiterjedhet folytonossági hiány megszüntetésre (pl. műszövés), beléscserére, cipzárjavításra, cipzár rövidítésre, cipzár cserére, fémnyomókapocs (patent)-cserére, gomblyukjavításra, varraterősítésre, válltömőcserére stb. (33. ábra).

A világ gyapjútermelésének 10–15%-át teszik tönkre a ruhamolyok, azaz jelenleg mintegy 165–250 ezer tonnát pusztítanak el évente. Amennyiben ezt a mennyiséget többek között öltönyökre, kosztümökre és egyéb konfekcionált termékekre vonatkoztatjuk, akár 40 ezer konfekcionált terméket érint a károsodás. Ezek precíz műszövésSEL megmenthetők a hulladékba kerüléstől (34. ábra).

A termék teljes felújítására is sor kerülhet az ilyen jellegű gondozás során. A textiljavító szakemberutánpótláshoz a speciális szakképesítés ujjászervezése, majd fenntartása egyre sürgetőbb feladat.

Összefoglalva, a textil-, ill. tisztítóipar környezetkímélő és környezetterhelésmentes technológiákkal, továbbá a környezetvédelemben használatos műszaki textíliák gyártásával, valamint



A környezeti terhelőtényezők csökkentése a textiliparban, környezetvédelem speciális textiltermékekkel, optimális termékgondozással

35. ábra



36. ábra

a környezetkímélő textiltermék gondozással tud hozzájárulni a fenntartható fejlesztésekhez (35. ábra).

Önkéntesen tanúsított gyártási folyamatok, termékek

A Nemzetközi OEKO-TEX® Szervezet több fenntarthatósággal összefüggő tanúsítást végez, ami nagyban hozzájárul szakágazataink környezetkímélő tevékenységéhez. Több, hazánkban tevékenykedő vállalkozás is rendelkezik STeP by OEKO-TEX® tanúsítvánnyal (36. ábra).

Számos további önkéntes, fenntarthatósággal kapcsolatos tanúsítási rendszer ismert, amelyek terjedése szintén a textil- és ruhaipari ágazat felelős tevékenységét fémjelzi (37. ábra).



bioszálasanyagok,
fenntartható gyártás,
biológiai lebomló
segédanyagok,
nanorészecskék
tilalma



biológiai lebomló
segédanyagok,
szennyvíz KOI határérték,
plasztizolnyomás
tilalma,
újrahasznosíthatóság



meghatározott
nyersanyagösszetétel,
vegyianyagok
korlátozása,
ökológiai gyártás,
humánus előállítás

További fenntarthatósággal kapcsolatos megkülönböztető jelzésekre példák

37. ábra

Felhasznált irodalom

- <https://www.cottoninc.com/cotton-production/ag-resources/irrigation-management/irrigation-systems-overview/>
- Dr. Balogh János docens (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növényélettani és Ökológiai Tanszék) útmutatásai.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Better_Cotton_Initiative
- Kutasi Csaba: A környezeti terhelőtenyezők csökkentése a textiliparban fenntartható gyártási folyamatokkal, környezetvédelem textiles termékekkel és optimális termékgondozással, GINOP-5.3.5-18 Munkaerőpiaci alkalmazkodóképesség fejlesztését célzó tematikus projektek megvalósításának támogatása „A munkaerőpiaci alkalmazkodóképesség és a fenntarthatóság fejlesztése a ruházati termék gyártása ágazatban” c. projekt, 2021.