



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**Polietilén fólia gyártástechnológiájának vizsgálata
élelciklus-elemzési módszerrel**

Nagy Réka

IV. éves műszaki menedzser hallgató

Konzulens:

Bodnár István

PhD hallgató

Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

Vegyipari Gépészeti Intézeti Tanszék

Miskolc, 2014

Tartalom

Bevezetés	3
1. A műanyagok, mint szerves vegyületek	3
1.1 A műanyagok tulajdonságai	9
1.2. Polietilén fóliák felhasználása	12
2. A polietilén fólia feldolgozásának technológiája.....	14
2.1. Az extrudálás technológiája:	14
2.2. A berendezés.....	15
2.3. A műszaki paraméterek.....	16
2.4. A berendezés főbb részei	17
2.5. Fúvófej.....	20
2.6. Fóliahűtő egység	21
2.7. Felhúzó egység	22
2.8. A poligon	22
2.9. Fólia hajtogató egység.....	24
2.10. Feltekercselő egység	24
2.11. Elektromos vezérlőszekrény.....	26
2.12. A hőfokszabályzó műszer szerepe, fűtő és hűtőzónák	26
2.13. A tényleges hőmérséklet.....	26
3. Fóliafűtés	27
3.1. A fóliatömlő extrúzió elvi vázlata	28
3.2. Új technológia a fóliatömlő jobb hatásfokú hűtéséhez	31
4. Az életciklus-elemzés	35
4.1. Az életciklus-becslés három szintje:.....	39
5. Elemzés folyamata	40
5.1. A technológia életciklus-elemzése	41
Összefoglalás	52
Forrás:	53

Bevezetés

Az emberiség történelmi korszakainak felosztását, ha figyelembe vesszük, akkor megfigyelhető, hogy az új anyagok megjelenéséhez is kötik. Tehát ezeket a következő korszakok különböztethetők meg: kőkorszak, rézkorszak, bronzkorszak, vaskorszak és végezetül napjaink kora, a polimer korszak. A „polimer korszak” nevet azért is érdemelte ki ez időszak, mert mintegy 50 év alatt a polimerek termelése és egyúttal felhasználása kétszázszorosára nőtt. Napjainkban évente több mint 200 millió tonna polimert állítanak elő és használnak fel a világon. Ez a növekedés napjainkban sem állt meg, mégpedig a fejlett országok gazdasági növekedésénél jelentősen nagyobb, évente közel 7%-os mértékben. Polimer termék felhasználása igen nagy mennyiségű hulladékot is eredményez, ami környezeti szempontból lehet aggályos. Mindezek következtében a polimerek elsődleges alapanyagként történő alkalmazása mellett egyre jelentősebbé válik a polimerek – mint műanyag hulladékok – másodlagos alapanyagokként történő felhasználása.

1. A műanyagok, mint szerves vegyületek

A mesterségesen előállított anyagok egyik családja a szerves vegyületek. Nevüket onnan kapták, hogy az élő szervezet felépítéséhez hasonlóan ezek a molekulák is szénatomokat tartalmaznak. A szénatomoknak nagy jelentősége van világunkban. Négy vegyértékkel igen sok más kémiai elemhez képes kapcsolódni, így bonyolult struktúrákat kialakítva. Azokat a szén alapú molekulákat melyekben ezen kívül csak egy hidrogén található, szénhidrogéneknek nevezik. Kapcsolódhatnak lánc és térhálós szerkezetben is! Legegyszerűbb szénhidrogén 1 szén és 4 hidrogén atomból áll, ezt nevezzük metánnak. Földgáz 80-99%-ban ebből áll.

Fűtésen kívül a vegyipar egyik legfontosabb alapanyaga. A metán elégetésével széndioxid (CO_2) és víz (H_2O) állítható elő, illetve feldolgozva a legkülönbözőbb anyagok, akár óriás molekulák is. A keletkező molekulák sokféleségét tovább

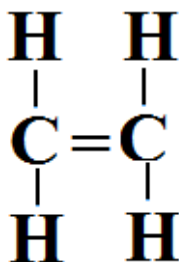
gazdagítja, ha a szintézis sokán más kémiai elemek is bekapcsolódnak, pl. klór (Cl) vagy oxigén (O₂).

Az elfogadott definíció szerint a műanyagok olyan makromolekulás anyagok, amelyik makromolekulák mesterséges átalakításával vagy kisebb molekulájú szerves vegyületekből, szintetikus úton állíthatók elő.

Polikondenzációval történő előállítás során a terv szerint létrejövő anyagon kívül víz is keletkezik. Ezt folyamatosan eltávolítják a reaktorból, mint melléktermékként. Ilyen kémiai folyamattal állítják elő például a poliésztereket.

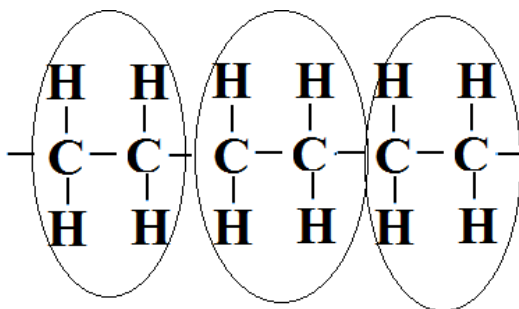
Poliaddíció során nem keletkezik melléktermék. Aránylag kevés fajta műanyagot állítanak elő ezzel az eljárással. Így készülnek a epoxigyanták vagy a különféle poliuretánok.

Polimerizáció során ugyancsak melléktermék nélkül kapcsolódnak össze az alkotórészek, az azonos úgynevezett monomer kis molekulák. Ilyen folyamat terméke pl.: a Polietilén (PE), a polipropilén (PP), a polivinilklorid (PVC).



1.ábra: A PE és a PP kiindulási molekulája (monomerje) az etilén (C₂H₄)

Megfigyelhető, hogy a két szénatom két vegyérték kapcsolja össze. A polimerizáció során ezek a vegyértékek hasadnak fel és ezekkel kapcsolódnak a monomerek. Ebben a formában:



2.ábra: Polimerizálódó monomerek

Az etilént többféleképpen lehet előállítani, hazánkban a polietilén gyártásához szükséges etilén alapanyaga a benzin, melyből oxigénszegény vagy oxigénmentes közegben hő bontással (pirolízissel) történik a gyártás.

Még változatosabbá teszi a keletkező óriásmolekulák választékát az, hogy nem csak így, szigorúan egy sorban lehet a monomereket összekapcsolni, hanem oldalláncok is kialakíthatók. Két olyan óriásmolekula, melyben az alkotórészek (C és H atomok) darabszámra azonos, de az elágazások számában, azok méretében különböznek, teljesen eltérő fizikai tulajdonságú anyagot alkot. Az ilyen végterméket nevezzük homopolimernek.

A vegyipari technológia alkalmazhat olyan polimerizációs folyamatot, melyeknél nem azonos monomerekből építi fel az új molekulát, hanem két vagy többféléből. Ezek a kopolimerek.

A polimerek a közhiedelemmel ellentétben nem azonosak a műanyagokkal. (A műanyagok olyan mesterségesen előállított anyagok, melyek gyakran több anyag keverékéből állnak, legalább egy komponensük polimer. A többi kitöltő-, vázanyag, öregedésgátló, feldolgozást segítő adalékanyag, festék...). A polimerek lehetnek természetesek (cellulóz, fehérje stb.) vagy természetes alapú mesterséges anyagok (pl.: viszkóz).

Gyártás során az összekapcsolódás természetesen nem magától jön létre, tartályokban (reaktorokban) állítják elő a szükséges nyomást és hőmérsékletet. Egyes anyagoknál – mint pl.: a PVC – folyékony közegben játszódik le a reakció. A kémiai folyamatot ún. katalizátorokkal igen sokrétűen lehet befolyásolni. Ezek az anyagok nem épülnek be a termékbe, hanem befolyásolják a polimerizációs folyamatot. Már elég néhány százalékos jelenlétük, s célzottan megváltoztatható a reakció. A katalizátort a folyamatok befejeződése után szükség szerint eltávolítják, mivel további jelenlétük akár káros folyamatokat is okozhat.

Fentiekből látható, hogy szinte megszámlálhatatlan féleségű molekula állítható elő ezekkel a folyamatokkal. Tapasztalhatjuk is, hogy szinte napról napra új tulajdonságú műanyagokkal találkozhatunk akár, mint valamilyen alkatrész, akár festék, bevonat stb.

A következő táblázatban a Duroplasztok illetve a Termoplasztok tulajdonságait feldolgozhatóság és alkalmazás szerint foglalhatjuk össze.

A duroplasztok, a végtermékgyártás utolsó fázisában hőre keményedő műanyagok.

1. táblázat: Duroplasztok csoportosítása és jellemzése

Megnevezés	Jelölés	Tulajdonságok	Megmunkálás és alkalmazás
Poliészter gyanta	UP	lágys, elasztikus szilárdság 15 MPa sűrűsége 1,2 g/cm ³ 100 C fölött bomlik	Kikeményedve jól csiszolható, forgácsolható. Üvegszál anyagok ragasztásához, lakkokhoz.
Epoxygyanta	EP	kétkomponensű paszta szilárdság 30-40 MPa sűrűsége 1,2g/cm ³ a keverési arányra érzékeny	Kis zsugorodású, forgácsolható, csiszolható. Fémek, üvegek és duroplasztok ragasztására.
Fenolgyanta/bak elit	PF	szívós, kemény, jó szigetelő, szilárdság 25- 35 MPa, sűrűsége 1,3g/cm ³ , 120C-ig hőálló	Hő és nyomás hatására kikeményedő sajtológyanta. Jól forgácsolható, nedvszívó. Fogaskerekek, tárcsák, burkolatok, villamos szigetelők
Szénszál erősítésű műanyag	CFK	kemény, szívós szilárdság 1000 MPa, sűrűség 1,7 g/cm ³	Főleg epoxigyantával készül. Jól forgácsolható, ragasztható. Repülőek, sportautók karosszériaelemei, nagy terhelésű sporteszközök anyaga.

A **termoplasztok** legjelentősebb előnye a hőre lágyuló technikákkal történő feldolgozhatóság. Így a fröccsöntéssel, extrúzióval ill. fúvással is feldolgozhatóak. Hőre lágyuló tulajdonságai révén újra feldolgozható, így felhasználása gazdaságos.

2/a. táblázat: Termoplasztok csoportosítása és jellemzése

Megnevezés	Jelölés	Tulajdonságok	Megmunkálás és alkalmazás
Polipropilén	PP PP/EPDM	nem kemény 130°C-on lágyul 165-175°C-on olvad sűrűsége 0,9 g/cm ³	Jól alakítható, hegeszthető, forgácsolható. Lökharítók, doblemezek, műszerfalak, hűtőrácsok, tükröburkolatok, kerti bútorok, háztartási cikkek.
Polietilén és nagy sűrűségű PE	PE HDPE	kemény és lágy kivitel is készül szilárdság 10-25 MPa sűrűsége 0,94 g/cm ³ lágyulás 110°C-on savakkal, lúgokkal szemben ellenáll	Jól olvadó, alakítható, nehezen hegeszthető. Doblemezek, ablakmosó tartályok, üzemanyag tartályok, csővezetékek, csőelemek (HDPE), fóliák, játékok.

2/b. táblázat: Termoplasztok csoportosítása és jellemzése

Megnevezés	Jelölés	Tulajdonságok	Megmunkálás és alkalmazás
Poliamid	PA	kemény, kopásálló szilárdság 60-80 MPa sűrűsége 2,2g/cm lágyulás 160°C-on 180-220°C-on olvad	Alakítható, forgácsolható, hegeszthető. Vízhűtők oldalvízterei, kiegyenlítő tartályok, ventilátor lapátok és házak, huzalok, fogaskerekek, védősisakok, ruhaanyagok
Akrilnitril – butadién - sztírol	ABS	kemény, szívós szilárdság 50-70 MPa sűrűség 1.1g/cm ³ lágyulás 100°C-on 160-185°C-on olvad	Jól forgácsolható, csiszolható, alakítható, hegeszthető. Hűtőrácsok, dísztárcsák, visszapillantó tükrök, kismotor burkolatok.
Polimetil- metakrilát (plexi)	PMMA	átlátszó, vegyi ellenálló szilárdság 55 MPa sűrűsége 1,8 g/cm ³ lágyulás 90°C 160°C-on olvad	Jól alakítható, forgácsolható, polírozható, hegeszthető és ragasztható. Biztonsági üvegek, burkolatok, motorszélvédők, szemüvegek
Poli- vinilklorid	PVC	lágú és kemény kivitelben készül szilárdság 10-50 MPa sűrűsége 1,2- 1,4g/cm ³ lágyulás 60°C-on	Jól alakítható, formázható, forgácsolható. Jól hegeszthető és ragasztható. Csomagtér burkolatok, kárpitok, fóliák, csőszelvények

1.1 A műanyagok tulajdonságai

Polietilén:

Polimerizációval nyert termék. A legegyszerűbb kettős vegyérték-kötést tartalmazó szénhidrogén, az etilén polimerizációját az 1930-as években angol vegyészeknek sikerült megvalósítani, vagyis polietilént előállítani. A polietilénnek többféle változata ismert: a kis sűrűségű polietilén (rövidítése az angol „low density” kifejezésből LDPE), - és a nagy sűrűségű (rövid jelölése HDPE, a „high density” alapján) polietilén, - az egyik legújabb változat a lineáris kis sűrűségű (LLDPE), ami speciális katalizátorok segítségével állítható elő. A kis sűrűség ellenére jó mechanikai tulajdonságai vannak. A tulajdonságokban megmutatkozó különbséget az eltérő előállítási körülmények okozzák. A kis sűrűségű polietilént nagy (150-200 MPa) nyomáson 200 °C körüli hőmérsékleten végrehajtott polimerizációval nyerik. Ilyen körülmények között a polimerizáció során a CH₂-csoportól leszakadhat egy hidrogénatom, amelynek a helyére –CH₃-csoport kapcsolódhat. Így elágazások jönnek létre az összekapcsolódó szénláncok bizonyos helyein, ami azt eredményezi, hogy a molekulák nem illeszkednek jól egymáshoz, ezért az anyag sűrűsége kisebb lesz. Más fizikai tulajdonságai is eltérnek a nagy sűrűségű polietilénétől. A kis sűrűségű polietilént fóliák, csomagoló- és szigetelőanyagok készítésére használják. Az 1950-es évek elején egy német kémikus, Karl Ziegler olyan katalizátort fedezett fel, amelynek alkalmazásával légköri nyomáson és 60°C-os hőmérsékleten is lejátszódik az etilén polimerizációja. Az így képződő polimer igen hosszú, fonalszerű molekulákból áll. A molekulák jól illeszkednek, ezért az anyag sűrűsége nagyobb, mint a nagynyomású polimeré. A nagy sűrűségű polietilénből edényeket, csöveket, játékokat stb. gyártanak.

A polimerizációval képződő makromolekulák lánchossza sohasem azonos, hanem szűkebb vagy tágabb határok között változik. Így konkrét molekulatömeget sem lehet megadni, csak átlagos molekulatömeggel jellemezhetjük az anyagot. A kis sűrűségű polietilén lánchossza 20 000 – 48 000. A nagy sűrűségű polietilén az 50 000 - 300 000 tartományba esik. A legutóbbi időben egy új termék jelent meg: a különlegesen nagy moláris tömegű polietilén. Ez igen stabil, nagyon szilárd, ezért ebből készítik pl. a csípőprotézisek gömbfejét. Az ilyen nagy molekulatömegű és

rendezett szerkezetű polietilénből (rövidítése: HOPE „highly oriented” PE) készülő műszál szilárdsága vetekszik az acélével, 340 km hosszú darabja szakad csak el a saját súlya alatt.

Polipropilén:

A propilén polimerizációjából keletkezik a polipropilén. Benzinből krakkolással etilént és propilént állítanak elő. A krakkolás a molekulák széthasításának folyamata. Ezt követően ebből a bomlástermékből épülnek fel az új molekulák. A folyamat lejátszódását katalizátorokkal irányítják. Az alkalmazott katalizátornak döntő befolyása van a polimer térszerkezetére. A propilén polimerizációjával többféle szerkezetű molekula alakulhat ki, attól függően, hogy a minden második szénatomhoz kapcsolódó metilcsoportok hogyan helyezkednek el. A polipropilén fizikai tulajdonságai, így a szilárdság, a törékenység, az átlátszóság erősen függ a metilcsoportok térbeli elhelyezkedésétől. Ha metilcsoportok elhelyezkedése szabályos, a láncmolekulák egymáshoz képest rendezetten helyezkednek el, és kristályos régiókat alkotnak. Ez eredményezi a szilárdságot. A rendezetlen, amorf régiók a rugalmassághoz és az ütésállósághoz járulnak hozzá.

3/a. táblázat: Műanyagok fajtái, tulajdonságaik

Név (rövidítés)	Monomerje(i) (átalakítási eljárás)	Tulajdonságai	Felhasználás
Polietilén (PE)	etilén (polimerizáció)	hőre lágyuló, vegyszerálló, elektromos szigetelő	fóliák, palackok, edények, csövek, zsákok
Polipropilén (PP)	propilén (polimerizáció)	hőre lágyuló, vegyszerálló, jó szálhúzó képesség	fóliák, palackok, edények
Poli-vikilklorid	vinil-klorid (polimerizáció)	hőre lágyuló, fény hatására öregszik.	műbőrök, csomagolóanyagok.

3/b. táblázat: Műanyagok fajtái , tulajdonságaik

Név (rövidítés)	Monomerje(i) (átalakítási eljárás)	Tulajdonságai	Felhasználás
Polietilén tereftalát (PET)	etilén-tereftalát (polikondenzáció)	hőre lágyuló, jó ütés és hőálló.	élelmiszersomagolás, textilipar
Poliészter	tereftálsav, glikol (polikondenzáció)	hőre lágyuló (kb. 250 C-ig hőálló) jó mechanikai szilárdságú.	műszálas ruhaneműk
Polisztirol	sztírol (polimerizáció)	hőre lágyuló, rugalmas, „hőálló”, igen erős szál	burkolat (telefon) poharak, habosított hang és hőszigetelő anyag
Akril-nitril- butadién kopolimer (ABS)	Akrilnitril és butadién kopolimerizáció	hőre lágyuló, jó elektromos szigetelő	elektronikai eszközök borítása
Poli (metrilmetakrilát) (PMMA)	metil-metakrilát (polimerizáció)	üveghez hasonló, de nem törik,	plexi üveg, védőszemüveg
Poli (tetrafluoretilén) = teflon (PTFE)	tetrafluor-etilén (polimerizáció)	hő- és vegyszerálló	edények bevonása, elektromos szigetelés
fenoplast	fenol, formaldahid	hőre keményedő, kemény sötét anyag, elektromos szigetelő	elektromos berendezések alkatrészei
Poliamid	adipinsav, 1,6- adiminohexán	hőre lágyuló, hajlékony, nagy szakítószilárdságú	textíliák, harisnyák

1.2. Polietilén fóliák felhasználása

A polietilén fóliák felhasználása nagyon sok irányba szerteágazhat. Jelen esetben a mezőgazdasági fóliák típusai láthatók.

Ezek a mezőgazdasági széles fóliák az alábbi kedvező tulajdonságokkal rendelkeznek:

- Kiváló UV stabilitás
- Jó fényáteresztő képesség
- Nagy szakítószilárdság
- Koextrudált, háromrétegű szerkezet
- Fiziológiailag közömbösek
- Teljes mértékben újrahasznosíthatók

A széles fólia termékcsalád a következő termékcsoportokat tartalmazza:

- Sátorfólia
- Talajtakaró fólia
- Silófólia
- Silótömlő fólia
- Általános takarófólia
- Építőipari fólia

Sátorfóliák: kiváló fényáteresztő képességükkel, nagy rugalmasságukkal, szakítószilárdságukkal és időjárás-állóságukkal tűnnek ki. A felhasználási célnak megfelelően adalékolt többrétegű fóliatípusok optimális feltételeket biztosítanak a különböző növényi kultúrák termesztéséhez.

Talajtakaró fólia a talaj hőmérsékletének emelésével, a nedvességtartalom megőrzésével, és a gyomnövények fejlődésének meggátolásával a lehető legkedvezőbb feltételeket biztosítják a haszonnövények fejlődéséhez.

Alkalmazásukkal a növényvédő szerek felhasználása jelentősen csökkenthető. Használatuk a biokertészetekben különösen előnyös.

A silófólia alatt történő tárolás mellett a silózott takarmány 1 évig nem veszít minőségéből. A felhasználási területe jellemző éghajlati viszonyok és a tárolandó takarmány tulajdonságaitól függően fekete vagy fehér/fekete silófóliákat célszerű használni.

A silótömlő történő tárolás mellett a takarmány 1-2 évig nem veszít minőségéből. A takarmányok és a gabonák egyszerű, megbízható tárolási módja. Ennek lényege, hogy a takarmányt nagy átmérőjű (2,4 - 3,6 m) polietilén tömlőkbe sajtolják, majd ezeket a tömlőket végeiken légmentesen lezárják. A silótömlők a kereskedelemben úgy kerülnek, hogy hossz tengelyük mentén, arra merőlegesen kb. 500 mm-es átlapolásokkal be vannak redőzve a töltőgépre történő felhúzás megkönnyítésére. A silótömlők anyaga LDPE. A fólia fehér-fekete (a fehér oldal van kívül). Névleges méretei: 2,4 m, 2,7 m, vagy 3 m, hosszúság: 60 vagy 75 m, vastagság: 240 mikron vagy 250 mikron. A tömlő anyaga egy meghatározott szilárdsággal és egy adott nyúlásértékhez tartozó feszültséggel rendelkezik. A megfelelő töltöttségi állapot eléréséhez a tömlő teljes hosszában nyúlást jelző jelek vannak nyomtatva, ezek a tömlő keresztirányú nyúlását jelzik.

Az általános takarófólia takarási célra, túlnyomórészt polietilén regranulátumból gyártott fekete vagy színek nélküli (a regranulátum színétől függően változó színű) fóliák.

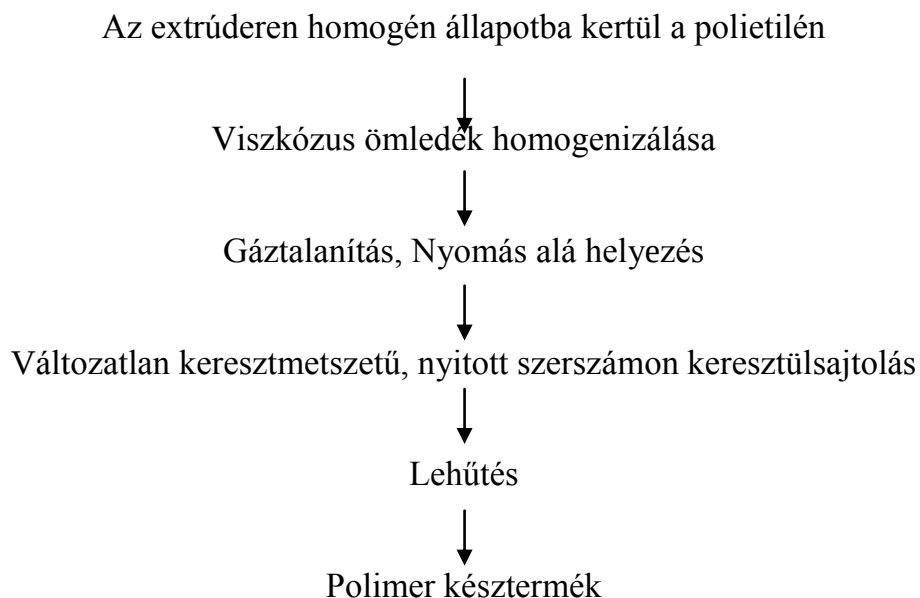
Az építőipari fóliával letakarva védjük az időjárás viszontagságaitól a cement, téglák, fa stb. árukat. Használatával az építőanyagok tárolásánál adódó veszteségek jelentős mértékben csökkenthetők. Ideiglenes létesítmények, védett munkaterületek gyorsan és viszonylag kis költséggel létesíthetők építőipari fóliából, így a munkavégzés függetleníthető az időjárás változásaitól. Nagy felületű betonozási munkáknál a beton kiszáradását, az ebből adódó repedezést folyamatos locsolással akadályozzák meg. Az építőipari fólia alkalmazásával ez praktikusabban kevesebb munkaráfordítással oldható meg.

2. A polietilén fólia feldolgozásának technológiája

2.1. Az extrudálás technológiája:

A nagymennyiségű műanyag fólia előállításához megfelelően nagykapacitású gépeket használnak fel. A minőségi és vevői kapacitást kielégíteni csak modern, automatikus vezérlésű gépekkel lehetséges, erre alkalmas a direkt extrudálás technológiája.

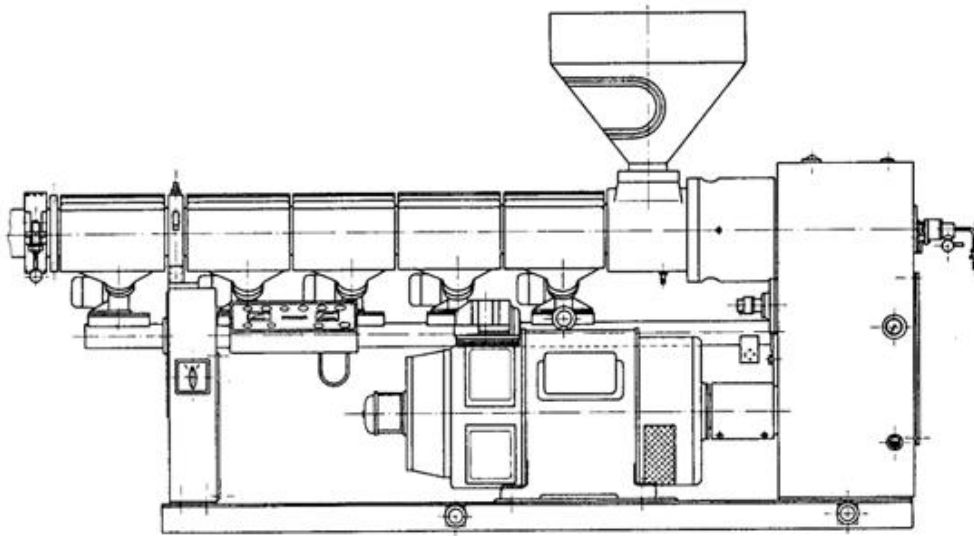
Az *extrúzió* a polimer feldolgozás hatékony és termelékeny technológiája, mely így épül fel:



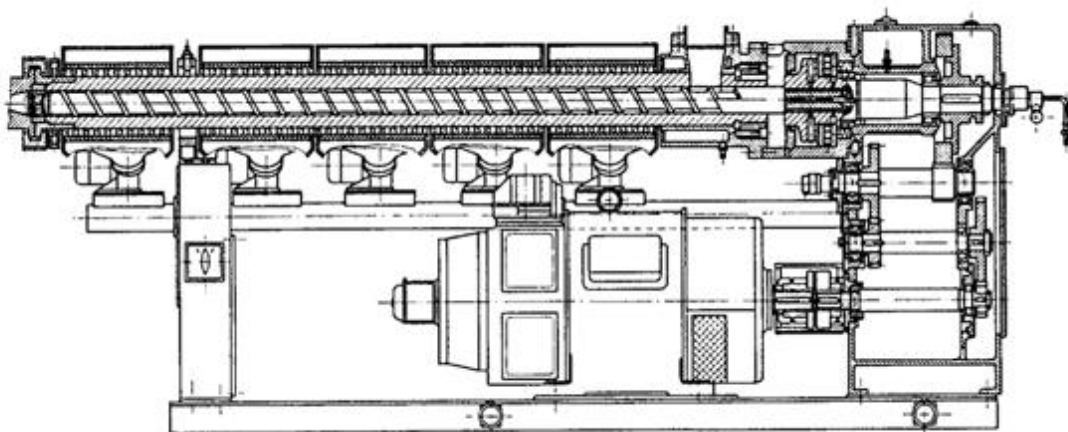
A polimer késztermékek lehetnek lemez, fólia, üreges illetve többszörösen üreges termékek is. A példaként vett vállalat a polietilén fólia mellett gyárt még Cartonplast lemezeket is, melyek ugyanilyen eljárás alapján készülnek.

2.2. A berendezés

Tekintsünk bele kicsit részletesebben egy ilyen extruder felépítésébe. Az 1930-as években kezdett megjelenni a PVC és ekkorra tehető a polimerek extrúziójának technológiája is. A technológia sikerességéhez tanulmányozni és jobban megismerni kellett néhány fizikai és anyagsajátosságokat. Ilyenek például az ömledék állapotú anyagok keverésben az extruder csiga szerepe, a viszkoelasztikus polimerek sajátosságait, és áramlási tulajdonságait, illetve ezeket mechanikai szempontokból.



3 ábra: az extruder gép felépítése



2. ábra: extruder szerkezeti rajz

2.3. A műszaki paraméterek

a, A gép energia igénye:

Névleges üzemi feszültség:	380V (400V)
Préslevegő:	4-6 bar
Hűtővíz (lágy víz):	10-18 C

b, Gyártható paraméterek

Tömlővastagság:	0,06-0,24mm
Optimális vastagság:	0,15 mm
Tekeressúly:	30-200 kg
Tömlő szélesség:	1900-5100 mm
Optimális szélesség:	12000 mm
Alapanyag	LPDE
Csiga átmérő:	200 mm
L/D viszony:	30
Csiga fordulatszám:	Max 72 ford/perc
Csiga kiképzés:	Egyenlő menetemelkedésű, egyenlő bekezdésű végén homogenizáló zónával
Etető zóna:	Hornyolt
Szerszám átmérő:	1800 mm
Szerszám rész méret:	2,0 mm
Adagoló:	4 komponens
Automata négyzetméter szabályzó:	nincs
Ömledék hőmérséklet mérés:	nincs
Tekercselő átmérő max:	400 mm
Tekercselő szélesség max:	3200 mm
Gyártható szélesség min:	4000 mm
max:	16000 mm
Gyártható vastagság min:	0,06 mm
max:	0,24 mm

2.4. A berendezés főbb részei

- Extruder
- Fúvófej
- Fóliahűtő egység
- Felhúzó egység
- Fólia hajtogató egység
- Feltekercselő egység
- Elektromos vezérlőszekrény

Extrúder:

- Főmotor
- Főhajtómű
- Garat
- Henger
- Csiga
- Szűrőváltó egység
- Elektromos fűtőtestek és hőérzékelők
- Hűtőegységek

Az extruder főbb jellemzői:

Típusa:	ST-200/2
Csigaátmérő:	200 mm
Csiga hossza:	6000 mm
L/D viszony:	30
Csigafordulat:	2 – 72 ford/min
Henger hűtő-fűtőzónáinak száma:	7
Henger hűtése:	lágyított víz
Garat hűtése:	lágyított víz
Árnyékoló hűtése:	lágyított víz

Az extruder hengere nagy szilárdságú nemesített nitridált acélból készült, mely a hajtóműhöz van rögzítve. Hosszirányú elmozdulást rögzítő fél gyűrűk elfordulását retesz akadályozza meg. A henger két támasztékbakon fekszik fel, mely hő táguláskor vezetőként is szolgál.

A henger fűtése ellenállásfűtéssel történik, mely fűtőszalag formájában, gyűrűszerűen, teljes hosszában körül fogja a csigahengert. A henger hosszának megfelelően több fűtőzóna van kialakítva, melyek egymástól függetlenül hőfokszabályozást tesznek lehetővé. Az esetenként fellépő túlmelegedéskor keletkezett hő elvezetésére, a fűtőzónákkal azonos osztásban, a csigahengerben egymástól függetlenül szabályozható hűtőzónák vannak beépítve. Ezen kívül a garat és az árnyékoló zóna külön hűtve van annak érdekében, hogy az anyag ne boltozódhasson be a garatba, valamint a csiga intenzív szállítást végezhesen.

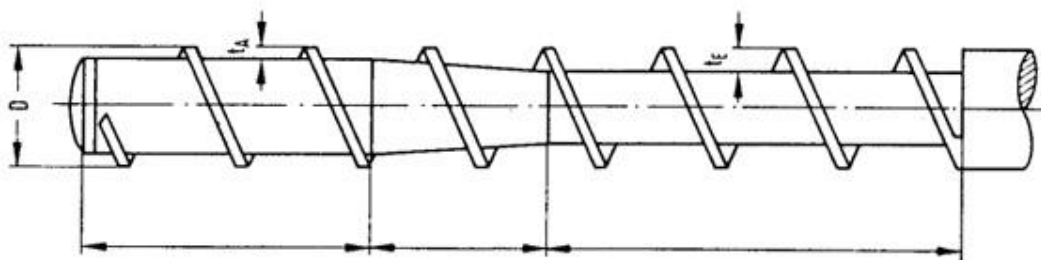
A hengerben található az extruder csiga, mely szintén nitridált acélból készült, állandó menet emelkedéssel, változó menet mélységgel. A csiga a hajtómű házba van csapágyazva. A csigacsúcson kialakított törlőelemek a megömlött polietilén homogenizálást végzik. Meghajtását egy fokozat nélküli szabályozható motorral történik, mely az alaplemezre van szerelve. A főmotor tengely a főhajtómű tengellyel rugalmas tengelykapcsolóval van összekötve.

A csiga részei jobbról balra:

Behúzó zóna

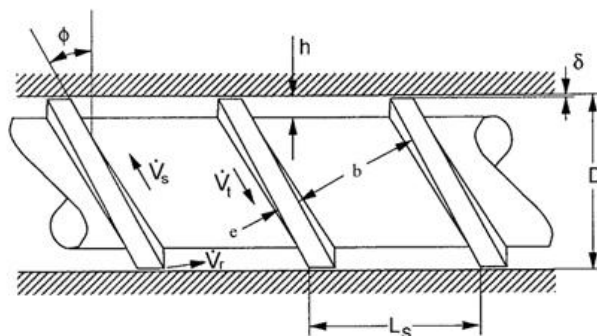
Kompressziós zóna

Kiszállító zóna



3. ábra extruder csiga

Az extrudercsiga tehát jobbról balra szállít, és a csigának a néző-felőli palástja felülről lefele forog.



4. ábra csiga geometriája

Az öntöttvas házban található a ferde fogazású homlokkerekes lassító hajtómű. A hajtómű és a tám csapágy egyenletes olajárammal való ellátását az elektromotorral meghajtott fogaskerék szivattyúval működő cirkulációs kenés biztosítja. A kenőolaj hűtése vízzel történik, a hajtómű tetején elhelyezett olajhűtőn keresztül. Az extruder a granulátum ömlesztését és a képlékeny anyagnak a szerszámba szállítását végzi. A megömlesztett polietilén a szűrőn és törőtárcsán, majd az átömlő csatornán keresztül a fúvófej anyagcsatornájába kerül.

Automata szűrőváltó a törőtárcsával:

A szűrő az alapanyagba került szennyeződések, illetve az esetleg meg nem olvad granulátum szemcsék szerszámba való jutását akadályozza meg, amelyek egyébként gyakori tömlőszakadást és a szerszámrés idő előtti elszennyeződését okoznák.

Jellegéből adódóan a szűrő bizonyos idő után elszennyeződik, eltömődik, amelyet a megnövekedett ömledék nyomás és a teljesítmény csökkenése jelez. Ezért a szűrőt bizonyos időközönként cserélni kell.

A szűrőváltók előtt beszerelt elektromos ömledék nyomás, illetve hőmérsékletmérő és az ehhez tartozó kijelzők biztosítják a megfelelő időben történő szűrőcserét. Az ömledék nyomás kijelzőn az alsó határ eltérés elérésekor a készülék jelez, ekkor el kell végezni a szűrőcserét. Amennyiben nem történik ez meg és tovább emelkedik az ömledék nyomás, a beállított felső nyomáshatár elérésekor a műszer leállítja az extrudert az esetlegesen nagyobb kár megakadályozása céljából.

A gépen fekete fólia gyártásakor ritka szövésű könnyített, 3 rétegű szűrőt, más fóliák esetébe sűrű szövésű szűrőt kell alkalmazni. A szűrőváltás automatikusan, a berendezés leállítása nélkül végezhető a beépített hidraulikus működtetésű szűrőváltó egységek segítségével.

2.5. Fúvófej

- Átömlő könyök
- Egyenletes anyagáramlást biztosító belső mag
- Felső szerszám betét
- Fűtőtestek, hő érzékelők
- Mozgatható tartóállvány
- Méretállító csavarok
- Levegőbefúvó szelep

A fúvófej főbb jellemzői:

Kivitele:	Körkörös fúvóka
Körkörös hézag:	(átmérőjel) 1800 mm x 2mm
Fűtése:	Ellenállás-fűtőszalagok
Fűtőzónák száma:	6 db

A fúvófej anyaga speciálisan nemesített acél. A műanyag ömledékkal érintkező felületek tükrösítve vannak. A fúvófej középvezetékében egy furat van, mely a felfúvó préslevegő áramlását biztosítja. A fúvófej kerekekkel ellátott kocsihoz van szerelve azért, hogy mozgatható legyen.

A fejben az anyagáramlás útja úgy van kialakítva, hogy az extruder által szállított képlékeny anyag a kerület mentén egyenletesen elosztva jusson a felső szerszámrészhez, ahonnan a tömlő formájában hagyja el a fejet.

2.6. Fóliahűtő egység

- Fóliahűtő ventilátor
- Fóliahűtő gyűrű
- Összekötő flexibilis csövek
- Levegőszűrő
- Tömlőt felfúvó ventilátor

A fúvófejből kilépő tömlőt a szélességi és vastagsági mérettartás érdekében hűteni kell. A hűtés levegővel történik, melyet egy háromfázisú radiál ventilátor biztosít.

A hűtőlevegő tisztítása szűrőlemezekkel történik, melyek úgynevezett szűrőházba vannak beépítve.

A fóliahűtő ventilátor a fúvófej alatt kiépített aknába került elhelyezésre, mely egy csatornán keresztül össze van kötve a szűrőházzal.

Fóliahűtő ventilátor teljesítménye:	15 kW
Szállító teljesítménye:	230 m ³ /perc

A ventilátor egy elosztó aknába továbbítja a levegőt, melyből 12 db csatlakozó csonkon keresztül a fóliahűtő gyűrűbe kerül. A fóliahűtő ventilátor szívó oldalán egy állítható blende kerül elhelyezésre, mely elektromechanikusan mozgatható. A hűtőlevegő mennyiségét meghatározó tényezők:

- extruder teljesítménye
- gyártandó termék méret jellemzői
- ömledék hőmérséklete
- hűtőlevegő hőmérséklete

A fúvófejen elhelyezett hűtőgyűrűt 6 db csavarral lehet központosítani, a hűtőgyűrű felső része állítható, mely megakadályozza a levegő áramlás irányát. A fóliahűtő gyűrűn körkörösén védőkorlát van elhelyezve, melyek kiemelhetőek a szerelés megkönnyítése érdekében.

Szállító teljesítménye:	34 m ³ / perc
Motor teljesítménye:	5,5 kW

A fúvófejen elhelyezett befúvató a szelephez flexibilis vezetékkel csatlakozik.

2.7. Felhúzó egység

- Terelőlapok
- Felhúzó hengerpár
- Terelőhengerek
- Terelő elemeket mozgató elektromechanika
- Állványszerkezet
- Pneumatikus elemek és vezetékek
- Fóli oldalfeszítők
- Redőző ék és az azt mozgató mechanika

A tömlő egyenletes lehúzását a szerszámfejtől a felhúzó egység gumírozott hengerpárnája végzi. Hengerek nyitása-zárása távműködtetésű pneumatikus munkahengerrel történik. Az elhúzás sebességének beállítása elektromechanikus hajtóművön keresztül valósítható meg. A felhúzó egységen a hengerpár alatt elhelyezett terelőlapok feladata, hogy a tömlőt gyűrődésmentesen, fokozatosan a hengerpár közé terelje. A két terelőlap dőlésszöge egy menetes orsó elektromechanikusan történő forgatásával egymástól függetlenül vagy egyszerre a gyártandó termék méretének megfelelően állítható.

2.8. A poligon

Közvetlenül a fej felett van elhelyezve, négy különálló, de együtt mozgatható, több sorban felfogott apró kerámiagyűrűből áll. A kerámiagyűrűket soronként egy félkör alakú pálca tartja, amin a gyűrű tömlővel találkozáva forogni tud.

Mivel a poligon négy különálló része egy kört alkot, azt a tömlőt körbeöleli, megakadályozva a tömlő oldalirányú elmozdulását. Fontos szerep van a tömlő méretére fűvészkor, méretváltásakor. A poligon átmérője állítható, így előre beállítható a gyártandó termék méretének megfelelően.

A poligont függőleges irányban menetes orsó és elektromotor segítségével lehet állítani.

Redőzött fólia gyártása 2 db redőzőék segítségével történik. A 12.000 mm feletti szélességi tartományban lévő fóliák gyártása csak redőzőékek segítségével történhet. A redőzőék billentése motorikusan van megoldva. A redőzőék billentésének kapcsolása a felhúzó állványról, a kapcsoló- és műszerszekrényről is elvégezhető. A redőzőékek alsó részének vízszintes irányú mozgatása egy csavarorsó segítségével kézzel lehetséges. A gyártandó fólia redőszélességét a műhelyrendelés tartalmazza. A redőzőékek mozgatása történhet egyszerre és egymástól függetlenül is.

Felhúzó hengerek működtetése történhet az állványszerkezetről valamint a vezérlőszekrényről. Terelőhengerek a tömlő hasadási irányát valamint megfelelő pályafeszességet határozzák meg. A terelőhengerek egyik végén hajtást végző nyomaték motor van elhelyezve, melynek fordulata üzem közben a fólia haladási sebességének megfelelő. A terelőhengerek indítása csak akkor történhet meg, ha a fólia rávezetés megtörtént, ugyanis a henger hossza 6.500 mm, melyből következik, hogy nagy a fesztávolság a két felfüggesztési hely között. Üresjárat esetén viszonylag magas a fordulatszám, mely nehezen beálló egyensúlyi helyzet miatt mechanikus meghibásodást idézhet elő.

A felhúzó állványszerkezet harmadik szintjén kerül elhelyezésre a vivőhengerpár melynek feladata a felhúzó egységtől a fólia továbbítása a hajtogató háromszögre. A vivőhengerpár egy fém és egy gumírozott felületű hengerekből tevődik össze.

Ezen egység fölött van elhelyezve a hasító berendezés, melynek segítségével lehetőség nyílik a tömlő mindkét oldali szélezésére, valamint a tömlő közepén történő felhasítására.

A keletkezett szélhulladék gyűjtésére egy- egy forgódobos terelőegység került elhelyezésre, melynek meghajtása nyomaték motorral történik. A forgódobról a szélhulladék eltávolítása könnyen elvégezhető művelettel történik. A szélhulladék egy belső szorítású tengelyen helyezkedik el. a szorítás oldása utána a szélhulladék tekercs könnyen lehúzható a tengelyről. A vivőhengerpár utána a fólia két úton juthat el a tekercselőhöz.

Az egyik pálya a vivőhengerpár alatt függőlegesen elhelyezett terelőhengereken keresztül, a fűvófejhez párhuzamosan elhelyezett tekercselőhöz vezet. Síkfólia vagy

szimplán 6.000 mm-es fólia gyártása ezen a pályán történik. A másik haladási irány a vivőhengerpártól: terelőhengeren, hajtogató háromszög, vivőhengerpár, terelőhengerek, tekercselő egység.

2.9. Fólia hajtogató egység

- Vágómű, szélhulladék feltekercselő egységgel
- Kis és nagy hajtogató háromszög
- Elhúzó hengerpár
- Pneumatikus elemek és vezetékek
- Mozgatható tartóállvány szerkezet, elektromechanikával
- Terelőhengerek, oldalfeszítő egység

A 2db hajtogató háromszög a fólia összehajtására szolgál, a feltekercselhetőség biztosítása érdekében. Mindkét hajtogató háromszögre fel van szerelve a 2-2 db oldalfeszítő hengerpár, mely a fóliát oldalirányba feszíti. A két hajtogató háromszög vízszintes irányban 2db sín pályán, függőleges irányban a háromszög csúcsa egy menetes orsó segítségével elmozdítható. A hajtogató háromszög vízszintes elmozdításával éleit lehet egy síkba hozni. A függőleges irányú mozgatskor a háromszög dőlésszögét állítjuk, ezzel a fólia megfelelő feszességét szabályozhatjuk a hajtogató háromszögön. A nagy hajtogató háromszög mozgatása elektromechanikus úton, a kis hajtogató háromszögre menetes orsó segítségével, kézi úton történik.

2.10. Feltekercselő egység

- Előhúzó egység
- Tekercselő tengelyeket meghajtó egység
- Két db tekercselő tengely
- Tekercselő fordító egység
- A nyolcrét hajtott fólia tekercselése külön csévetengely tartó szerkezet a rövid tengelyekkel

Két darabos azonos felépítésű, de méreteiben különböző tekercselő egység lett telepítve. A folyamatos üzemben lévő kis tekercselő max 3200 mm szélességű fóliát tud feltekercselni.

Ami nagyon ritkán van üzemben (nagy) tekercselő, max. 4000 mm szélességű fóliát tud feltekercselni.

Mindkét tekercselő 2 db vezetősínre van helyezve, ahol oldalirányban elmozdíthatók. A tekercselő állványszerkezetére egy segédlevezető hengerpár van felszerelve, amit a nyomatékmotor hajt. A hengerpár nyitása- zárása a többi hengerpárétól eltérően, egy kar segítségével kézi erővel történik. A tekercselőn két csévézési lehetőség van, amit a forgókereszt átfordításával váltakozva használnak. A kis tekercselőt használjuk a négy- és a nyolcrét hajtott fóliák feltekercselésére úgy, hogy nyolcrét hajtott fóliák gyártásakor a tekercselőt az eredeti álláshoz viszonyítva 90fokkal a kis hajtogató háromszög alá be kell fordítani. Ilyenkor a nyolcrét hajtott fólia tekercselési szélessége kb. fele a négyrét hajtott fólia szélességének, ezért a rövid csévetartó tengelyeket kell használni. A tekercselőt a rövid tengelyek befogására alkalmas tartószerkezettel kell felszerelni.

A tekercselő fordításakor a géppel meg kell állni a tekercselő fémkerekeit a vezetősínből fel kell emelni, ezáltal a tekercselő aljára szerelt gumikerekre kerül, amin az könnyen mozgatható. Ha a tekercselő fordítása megtörtént, a fémkerekeket le kell hajtani úgy, hogy azok a vezetősínből jól felfeküdjenek.

A tekercselő egység működtetése csak a mellette elhelyezett vezérlő szekrényről történhet.

Tekercs szélesség:	max. 3200 mm
Tekercselési sebesség:	max. 42m/perc
Húzóerő:	max 80kg
Tekercs átmérő:	max. 600 mm

A tekercstartó állvány fordítása a tekercs váltáskor egy hajtómű – fékmotor segítségével történik.

2.11. Elektromos vezérlőszekrény

A gépsor központja a kapcsoló- és műszerszekrény. Innen lehet a gépsor valamennyi egységét irányítani. Az egyes kezelógomboknál megláthatók a magyar nyelvű feliratok, melyek megmutatják, hogy melyik egység működtetését irányíthatjuk a megfelelő gombbal. A kapcsoló és műszerszekrényben van beépítve a regisztráló berendezés, amely az anyag- és ellenyomást folyamatosan rögzíti a regisztráló papírra.

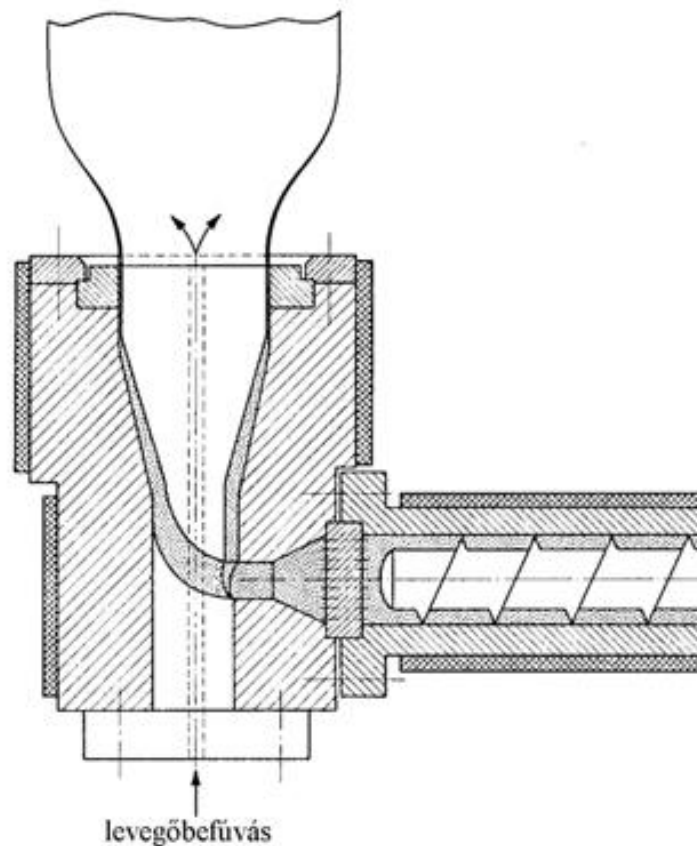
2.12. A hőfokszabályzó műszer szerepe, fűtő és hűtőzónák

A berendezésen a fűtés zónákra van osztva. Egy-egy zónához egy vagy több fűtőtest, hőérzékelő és hőfokszabályzó műszer tartozik. Az extrudereknél a fűtőzónákhoz hűtőzóna is tartozik. A hőfokszabályzó műszer a fűtő és a fűtő-hűtőzónának szabályzását végzi. A fűtőzónához nagyteljesítményű ellenállás fűtőtest tartozik, ami a fűtés bekapcsolásakor mindaddig fűt, míg a hőfokszabályzó műszer a beállított értéket el nem éri. Az adott zóna hőmérsékletét a hőérzékelő viszi át a fűtőtesttől a műszerig. Ha a hőmérséklet elérte a beállított értékeket, a műszer kikapcsolja a fűtőtestekről a feszültséget. Azokon a zónákon (extruder) ahol a hűtőzóna is van, ha a hőmérséklet túllépi a beállított értéket, a műszer kinyitja a mágnesszelepet, ami hűtővizet enged a túlmelegedett zónára. A hőfokszabályzó műszer elzárja a mágnesszelepet, ha a zónán a hőmérséklet a beállított értékre csökken. Az állított hőmérséklet: A hőfokszabályzó műszeren a feldolgozásra kerülő alapanyagnak megfelelő beállított érték.

2.13. A tényleges hőmérséklet

A fűtőzónán a zónán tartozó hőérzékelő által mért a hőszabályzó műszerre vitt érték. A szabályozó műszer tetején egy középpontjában 0 értékkel jobban pozitív (+) balra negatív (-) jelöléssel ellátott számskála található. Ha ezen a skálán a + irányba gyullad ki a led, akkor hozzáadom az állított hőmérséklethez a piros led által mutatott értéket.

3. Fóliafújás

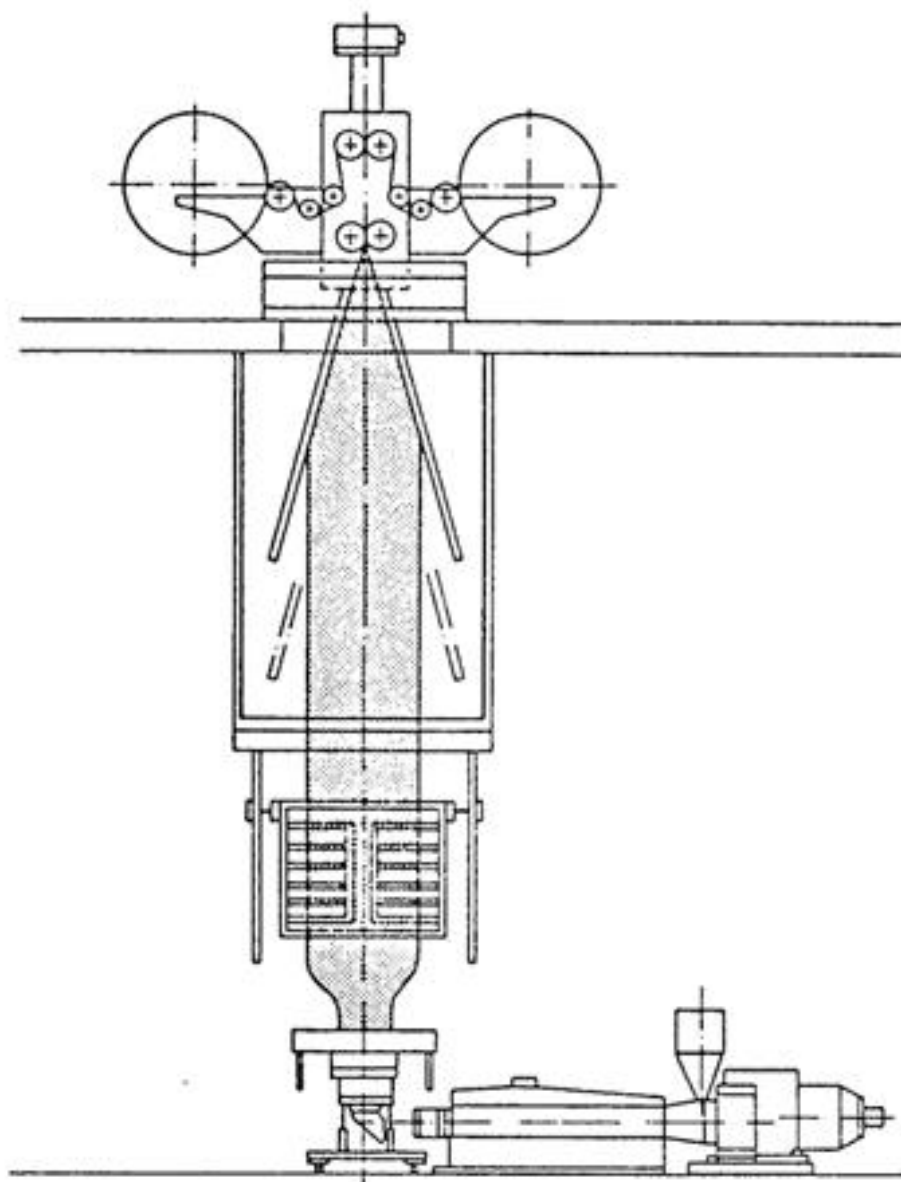


5.ábra: A fólia fújás szerszáma

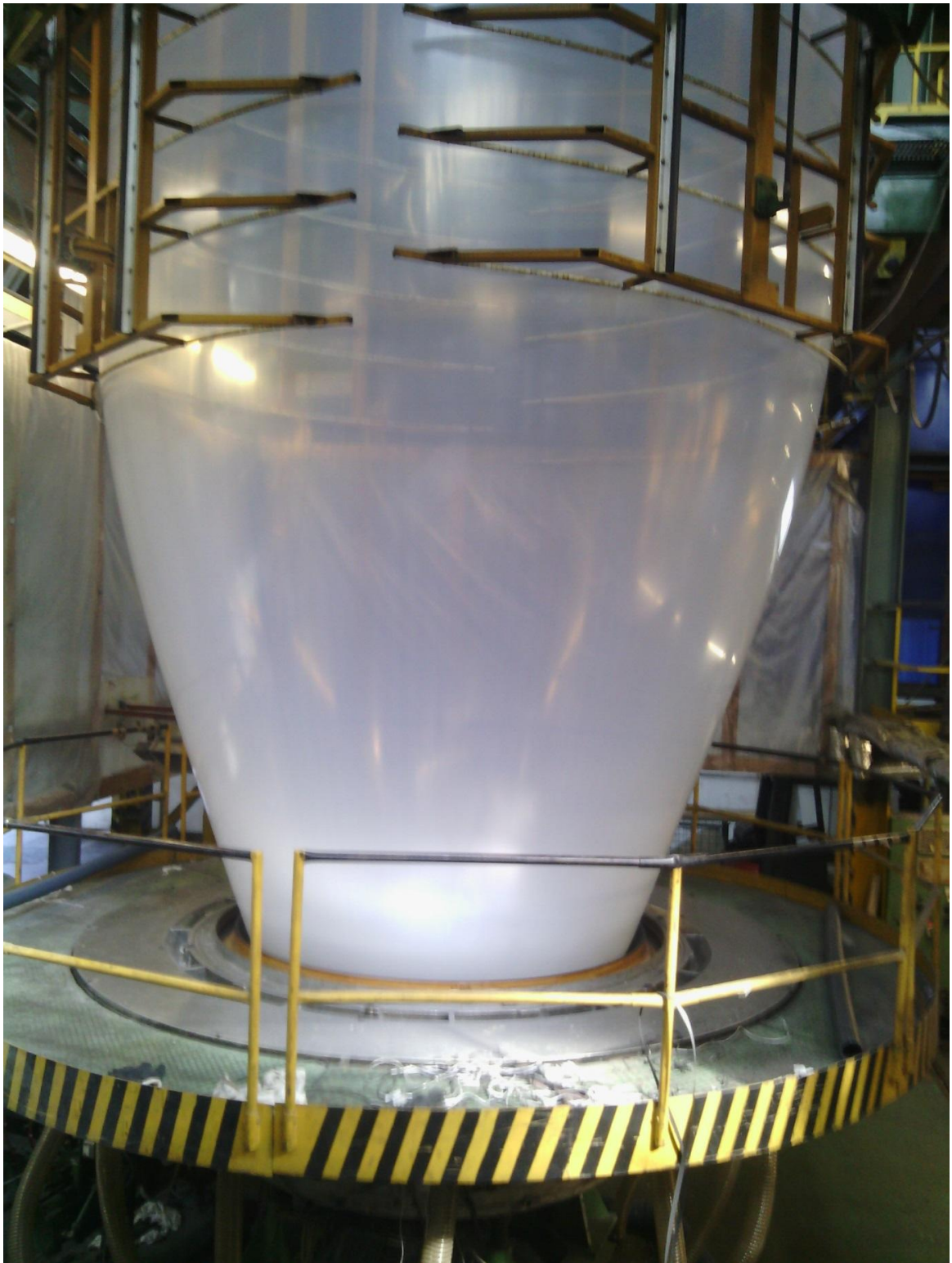
A finom, vékony fóliától kezdve a mezőgazdasági sátor fóliáig nagy része tömlő extrúzióval az az fóliafúvással készül. Az tömlőfúvásnál alapul veszik a polimerek nyúlékonyságát és a szilárdságnövekedését. A tömlőfúvás technológiáját kifejezetten az LDPE típusokra optimálták, de hasonló módszerrel fel lehet dolgozni HDPE-t, LLDPE-t, sőt PS habfóliát is.

Az eljárás alapja, hogy függőlegesen kifújja a tömlőt a berendezés , még a hűtés előtt , majd ezt felfújják némi túlnyomással. Közben a térfogatot növeljük és hosszirányú nyújtás is jelen van. Az átmeneti szakaszt követően a polimer hőmérséklete a kristályodási olvadáspont alá kerül, viszont a mérete nem változik, ez utána már csak a természetes hűtés van hátra. A terelőlapok (görgőcsatorna) között a tömlőt lapított formában tekercselik fel. A túlnyomása mindössze néhány tized bar a tömlő-buborékban. A fólia lehűl, mielőtt a több 10 méter magasságban elhelyezett tekercselő berendezéshez érne.

3.1. A fóliatömlő extrúzió elvi vázlata



8. ábra: Fóliatömlő extrúzió pinolén szerszámmal



1. kép Tömlő

A fólia gyártás termelékenységét nagyrészt befolyásolja a fóliatömlő stabilizálása illetve, az az idő amely meghatározza a fólia dermedési idejét. Tehát következtetésként levonhatjuk, hogy a fúvóberendezés hatásosságának növelése növeli a stabilitást illetve a termelékenységet.

Azok a technológiák, mint például: szálhúzás, fóliafűvás, fröccsöntés, amelyek során az ömledék érintkezik a levegővel, a gyártási folyamat stabilitása, vagy ennek hiánya befolyásolhatja a gyártás sebességét. Ennek következménye lehet a minőség romlása. „A fóliafűvás termelékenységéje sem az extruder kihozatalától függ, hanem a gyűrű alakú szerszámból kiáramló tömlő felfűvése révén képződő buborék stabilitásától

Az instabilitás több féle is lehet:

- Húzási rezonancia
- A buborék átmérőjének periódikus változását
- Csavarvonalú mozgás
- Dermedési vonal magasságának periódikus változása
- Buborék megereszkedése (fólia „ráül” a szerszámra)
- Fólia elszakadása a szerszám közelében
- Tömlő lebegését

Ezeknek több oka is lehet: az anyag helytelen megválasztása, géphiba vagy a paraméterek hibás megválasztása.

A fóliafűváásra legalkalmasabb anyagok a polietilének, és a hosszú elágazó láncot alkot, széles molekulatömeg-eloszlású polietilénekből lehetséges fóliát fűjni. Ilyenek például a kis sűrűségű polietilének és a PE-LD-k. Sokkal kisebb az extrudált felfűjt tömlő stabilitása, amely kis sűrűségű polietilénből készül, ezért keverni szokták más anyagokkal. A PE-HD azaz nagy sűrűségű polietilénből könnyű fóliát gyártani, viszont a plipropilénből meglehetősen nehéz.

A poliolefinek tömlőstabilitása a következő:

PE-LD → PE-HD → PE-LLD → PP

Az alacsony hőmérsékletű ömledék nagyobb tömlőstabilitást eredményez, így egyértelműen nagy szerepe van a hűtésnek.

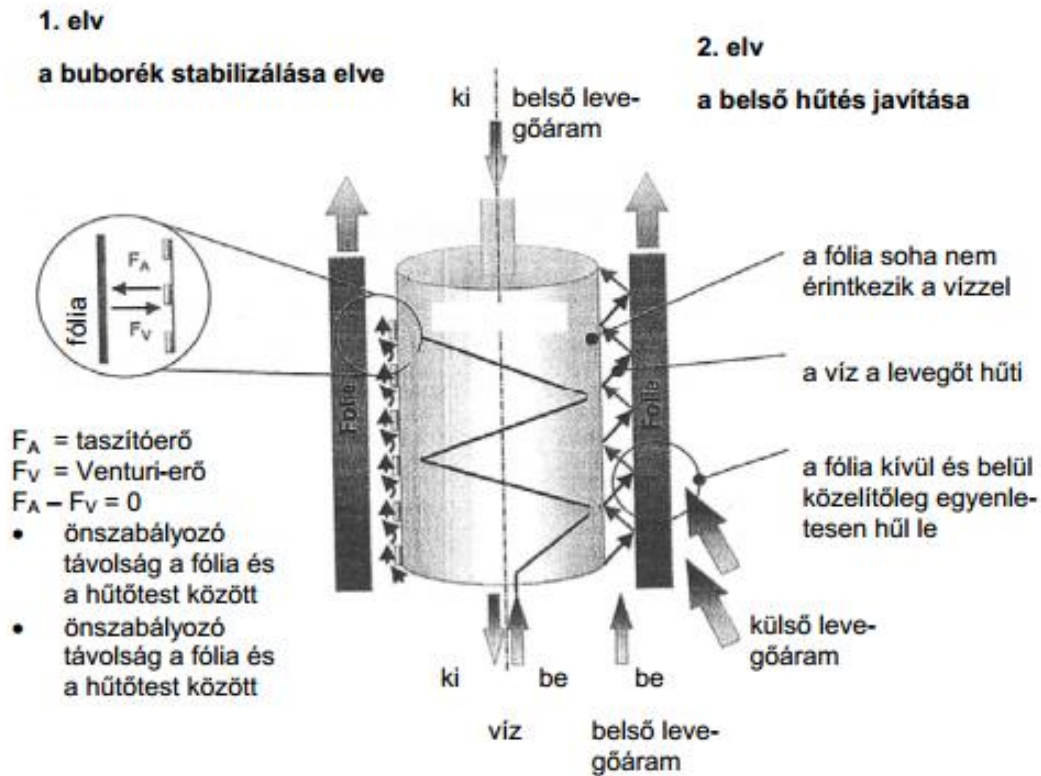
A berendezés leírása: a gyűrű alakú szerszámból kömlik a hevített műanyag, egy dupla ajakos gyűrű alakú végfúvókán. Ez a fúvóka levegőáramot irányít a némi túlnyomással felfűjt buborék külső részére, ezzel történik a lehűtés. Néhol a levegőáram örvénylő mozgást végez, és negatív nyomással hathat az olvadt állapotban lévő polimerre, amelynek következménye lehet a stabilitás veszteség. A stabilitás veszteség elkerülésének érdekében nem csak kívülről, hanem belülről is hűtik a tömlőt. Továbbfejlesztett változata ennek mikor levegő hűtés mellett víz hűtést is alkalmaznak a belső felületre.

3.2. Új technológia a fóliatömlő jobb hatásfokú hűtéséhez

Az extruderből távozó tömlőt a gyűrűszerszám közelében, a dermedési vonalnál kell lehűteni. Konvektív hőátadás történik, ennek jelentése, hogy a fólia közvetlenül, a levegőnek adja át hőenergiáját. Ezen esetben a hőveszteség elhanyagolható. A jelenleg használatos gyűrű alakú dupla ajakos külső levegőfúvókák tetején kiáramló levegő sebessége nagyobb, mint az alsó részen, ennek a következménye, hogy Venturi-hatás lép fel, a létrejött buborék a hűtőgyűrű fölé hajlik, ezekkel együtt jár, hogy nő az áramlási sebesség és a hőátadás is javul.

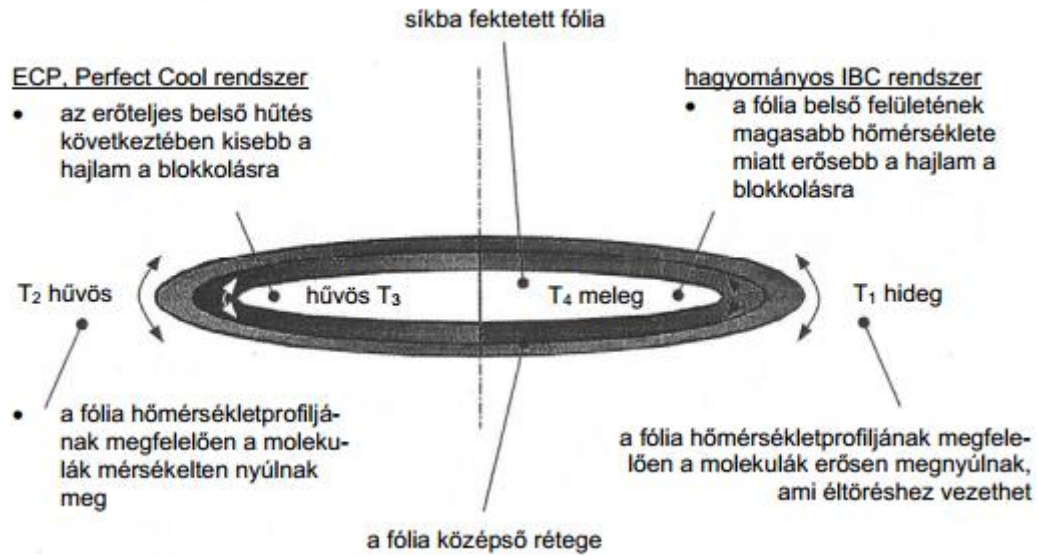
A hűtőgyűrű kialakításától független, a külső palást mentén felfelé áramló levegő hőmérsékletének növekedése, viszont annál magasabb a hőmérséklet, minél hosszabb a hűtési szakasz. A hűtés hatásfoka kiegészítő belső hűtéssel javítható. Az IBC rendszert (belső hűtőrendszer) tartalmazó fúvóberendezések a buborék belsejébe vezetnek be hűtőlevegőt. A hőelvezetés korlátozott, ennek az aránya a 75:25 illetve 90:10 között mozoghat.

Kutatás: Alacsony hővezető képességű ($\lambda = 0,026 \text{ W/mK}$) és kis hőkapacitású ($c_p = 1,00 \text{ kJ/kgK}$) levegő helyére vizet használnak a belső hűtésre ($\lambda = 0,604 \text{ W/mK}$, $c_p = 4,2 \text{ kJ/kgK}$) így a hűtés arányát javítani tudták. Ez az ötletet az ECP (enhanced cooling packet) rendszerben és a Perfect Cool berendezésben valósították meg. Ma már a 200 mm –nél nagyobb szerszámokhoz is rendelkezésre áll.



9. ábra: hűtés elve

A hűtőrendszer lényege a fólia belsejébe helyezett hűtőtest, amelynek felületét zárt belső csőrendszerben áramló víz tartja hidegen. Geometriailag úgy van kialakítva, hogy a test és a fólia közötti erők, a vonzó és feszítő erők ki legyenek egyenlítve, tehát a felfújott fólia stabil maradjon nagy sebességen is. A fóliatömlő és a hűtőtest közötti levegő turbulensesen áramlik, ez javítja a hőátadást. Azért lesz jobb a hatásfok, mert a hűtőlevegő a dermedési vonalig nem annyira melegszik fel. Van egy kikötés, mégpedig, hogy a hűtővíz nem érintkezhet a fóliával. A külső levegőáram is a hűtő ajakon keresztül érintkezik a fólia felületével és így az áramlása lamináris. Ezt össze kell hangolni a belső áramlással.



10.ábra Az új hűtőrendszerrel elérhető egyenletes hűtés eredményei a fólia tulajdonságaiban a hagyományos hűtéssel szemben

Az új hűtőrendszer egyenletes hűtést eredményez, a hatásfok megközelíti az 50:50 százalékot. A fólia minősége is nő ennek hatására.

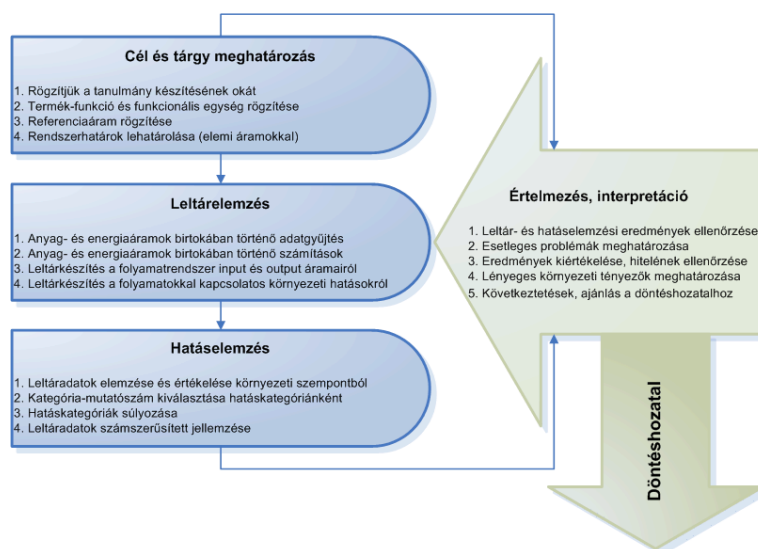


2. *kép* Tömlő fűtés

4. Az életciklus-elemzés

Az életciklus-értékelés (Life Cycle Assessment, LCA) kapcsán számszerűsítést és becslést végzünk arra vonatkozóan, hogy egy termék teljes élettartama során (előállítás, annak elosztása, felhasználása át a belőle képződő hulladék ártalmatlanításáig) milyen környezeti terheléseket okoz, illetve milyen és mennyi természeti erőforrást használ fel (beleértve az energiakiadásokat is). A 2012. évi XXVIII. törvényben kiemelkedő szerepet kap az életciklus-szemplélet, ami ez által a hulladékgazdálkodás szerves részévé vált. Az életciklus-értékelés során a legeredményesebb szakasznak a hatáselemzési szakasz mondható (ld. 1. ábra). A hatásértékelésnél (ISO 14044:2006 szabvány szerint) a folyamat-rendszer input és output áramait környezeti hatáskategóriákba soroljuk, az előző szakasz leltáreredményeinek hozzárendelésével. Minden egyes hatáskategóriára vonatkoztatva meghatározunk egy referencia egységet, majd súlyozzuk őket a rendelkezésre álló hatásvizsgálati módszer segítségével. Az életciklus teljes anyag-, ill. energiamérlegének ismeretében, adott hatásvizsgálati módszer kiválasztásával a kívánt eredményhez jutunk.

A CML 2001, 2010. novemberi kiértékelési módszer szerinti környezeti hatáskategóriák értelmezése a 4. táblázatban olvasható.



11..ábra: Az életciklus-értékelés szakaszai

A CML módszer

A CML 01 alapvetően három fő hatáskategória csoportot különböztet meg (kötelező, további és egyéb), de csak a kötelező hatáskategóriákra tartalmaz alapindikátorokat. A vizsgált hatáskategóriák között szerepel az erőforrás és nyersanyag kimerülés, üvegházhatás, ózonréteg károsodás, toxicitás, savasodás, tápanyagdúsulás, szag- és zaj. A módszer előnye, hogy könnyen használható, a leltárelemzés az eltérő legjobb technikákra és tudományos eredményekre épül, tartalmaz karakterizációt és normalizációt is.

Az életciklus-értékelésre vonatkozó szabványok a hatásértékeléshez a leideni egyetem által kifejlesztett CML-módszert javasolják. A CML-módszer hatás-orientált osztályozást jelent, azaz a termékhez kötődő emissziókat és egyéb környezeti hatásokat hatáskategóriákba vagy környezeti problémákhoz sorolja. A kategóriák kiválasztása probléma-orientált megközelítéssel történik, amely a károk (az ok-okozati lánc végpontja) helyett a környezeti problémákra (az ok-okozati lánc középső pontja) fókuszál.

A legtöbbet használt hatáskategóriák az üvegházhatás, globális klímaváltozás, a vizek és talaj savasodás, a vizek eutrofizálódása, ózonlebontás, a fotooxidánsok képződése, a humántoxicitás, környezeti toxicitás, abiotikus erőforrások kimerülése és földhasználat.

4/a. táblázat: Környezeti hatáskategóriák (CML 2001, 2010. novemberi módszer)

Hatáskategóriák megnevezése	Hatáskategóriák értelmezése	Egyenérték
Globális felmelegedési Potenciál (GWP)	A különböző üvegházhatású gázok globális felmelegedéshez való hozzájárulásának a mértéke egységnyi CO ₂ -hoz viszonyítva. (pl.: CH ₄ =23 kgCO ₂ -e, N ₂ O=296 kg CO ₂ -e)	kg CO ₂ -egyenérték
Savasodási Potenciál (AP)	A savasodási potenciált SO ₂ -hoz viszonyított savasodással adják meg SO ₂ egyenértékben.	kg SO ₂ -egyenérték
Eutrofizációs Potenciál (EP)	Az eutrofizáció mértéke a foszfátra vonatkoztatva került meghatározásra. Természetesen más emissziók is okozhatnak eutrofizációt, mint pl.: a nitrogén-oxidok, vagy az ammónium vegyületek.	kg Foszfát-egyenérték

4/b táblázat: Környezeti hatáskategóriák (CML 2001, 2010. novemberi módszer)

Hatáskategóriák megnevezése	Hatáskategóriák értelmezése	Egyenérték
Humán Toxicitási Potenciál (HTP)	Az emberi szervezetre mérgező hatású anyagokra vonatkozó, maximálisan megengedett koncentráció mértéke 1,4 diklórbenzol (DCB) egyenértékben.	kg DCB-egyenérték
Fotokémiai Ózonképződési Potenciál (POCP)	Az illékony szerves vegyületek ózontermelő képessége. Az etilénre ez az érték egységnyi. A legtöbb egyéb komponensre ez az érték kisebb egynél.	kg Etilén-egyenérték
Ózonréteg elvékonyodás (ODP)	Főként a halogénezett szénhidrogének rovására írható, referens összetevőként az R11 került kiválasztásra.	kg R11-egyenérték
Földi öko-toxicitás (TETP)	Növény és állatvilágra vonatkozó mérgező anyagok, DCB egyenértékben.	kg DCB-egyenérték
Tengervízi öko-toxicitás (MAETP)		
Édesvízi öko-toxicitás (FAETP)		
Abiotikus kimerülő források (ADP)	Magába foglalja a nagyszámú kimerülő fémércet.	kg Sb-egyenérték
Abiotikus kimerülő fosszilis források (ADP)	Magába foglalja a kimerülő fosszilis energiaforrásokat.	MJ

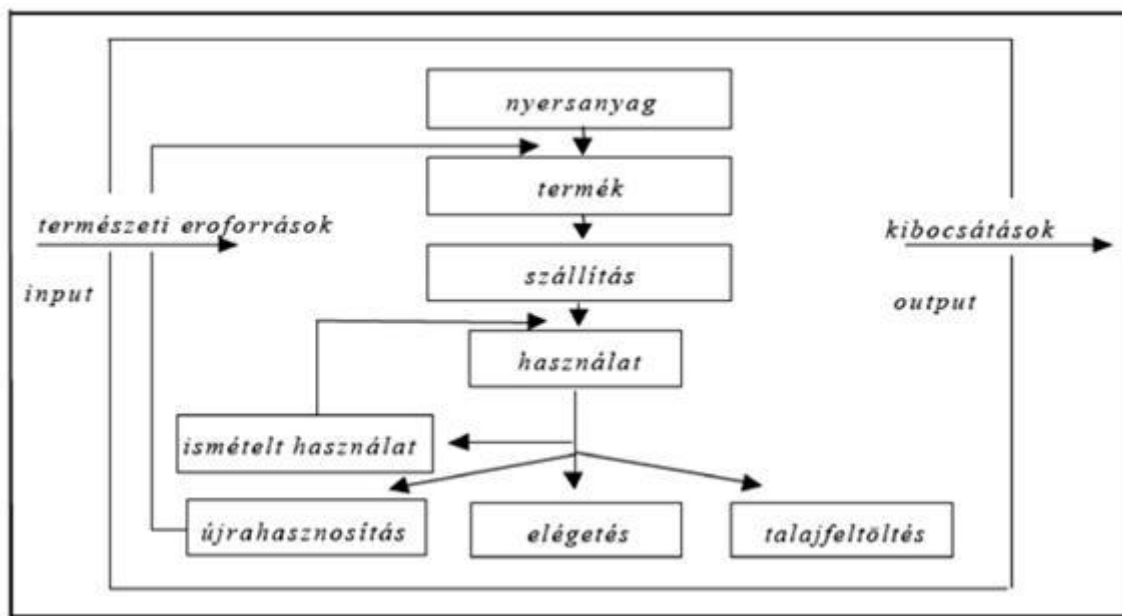
A fenntartható termelést segítő eszközök elsődleges célja a termelők támogatása a környezetbarát termékek megtervezésében és előállításában. Ezen eszközök egyike az életciklus-elemzés.

Az életciklus-elemzés a termékekkel, szolgáltatásokkal vagy folyamatokkal kapcsolatos környezeti terhelések értékelésének módszertana.

Alapelve: a környezeti hatásokat nem csak egyetlen fázisban, hanem a „bölcsőtől a sírig”, azaz a termékek és szolgáltatások összes életszakaszában figyelembe kell venni. Adatokat szolgáltat a többi eszköz alkalmazásához, pl. a környezettudatos terméktervezés, a környezeti termék nyilatkozatok, vagy a környezetbarát termékvédjegyek.

Egy adott rendszer teljes életútja: nyersanyagok kitermelése és feldolgozása; gyártás; szállítás és terjesztés; használat; újrafelhasználás vagy újrahasznosítás; hulladékok elhelyezése

Célja: A termék, technológia, vagy szolgáltatás egész élete során, vagy annak egy lépcsőjében leírja, megismerje, megértesse és tudatosítsa, a nyersanyag kitermelésétől a gyártáson és felhasználáson át a használt termék végleges elhelyezéséig a környezeti kapcsolódásokat, és a lehetséges környezeti hatásokat, lehetőséget teremtve arra, hogy e hatásokat tudatosan csökkentsék.



12. ábra: életciklus elemzés elve

Előnye:

- A termékek és szolgáltatások környezeti hatásainak felismerése.
- Termékek, szolgáltatások, egyes folyamatok „gyenge pontjai” –nak feltárása.
- ISO 14001 szabvány szerint tanúsított KIR céljainak eléréséhez nyújt segítséget.
- Környezeti szempontból tesz különbséget termékek, illetve szolgáltatások között.
 - Belső ipari felhasználás termékfejlesztése és javítása.
 - Belső stratégiai tervezés és vállalati politikai döntések támogatása az iparban.
 - Külső ipari használat marketing célokra.
 - Kormánypolitika meghatározása az ökocímke és a hulladékgazdálkodás területén.

Alkalmazási területei:

A vizsgált rendszer anyag- és energiaigényének, illetve az emisszióknak a meghatározása.

Egy termék, folyamat vagy szolgáltatás teljes életciklusán belül azon pontok megállapítása, ahol a forrásfelhasználás, illetve az emissziók legnagyobb mértékű csökkentését lehet és kell elérni.

A vizsgált rendszer inputjainak és outputjainak összehasonlítása alternatív termékekkel, folyamatokkal vagy szolgáltatásokkal.

Új termékek, folyamatok vagy szolgáltatások fejlesztésében segítséget nyújt, amennyiben az LCA-t potenciális tervezési eszköznek tekintjük a környezeti minőség fejlesztésére.

Segít megérteni, a terméket, annak csomagolását vagy az eljárást érintő változtatás előnyeit és kockázatait.

Eligazít a szabályozatlan környezeti terhek, potenciális környezeti károsodások dokumentálásához, értékeléséhez és segít integrálni ezeket a cég általános környezeti politikájával.

4.1. Az életciklus-becslés három szintje:

- A fogalmi LCA az életciklusban való gondolkozást jelenti. Az életciklus értékelés legegyszerűbb módja, mely során egy korlátozott, és csak minőségi lista alapján történik becslés a környezeti hatásokra. Ez az értékelési szint csak alapkérdésekre ad választ, és az új termék előnyeit és hátrányait mutatja be.
- A részletes LCA a legteljesebb, az életciklus minden lépésére kiterjedő elemzési módszer, amely azonban igen költség- és időigényes, ezért ritkán alkalmazzák.
- Egyszerűsített LCA: Az egyszerűsített LCA egy, az életciklus egészét átfogó becslés. A felhasznált adatok az életciklus egészét átfogják, de általánosak, gyakran standard modelleket használnak fel. Az egyszerűsített becslés csak a potenciálisan előforduló környezeti hatásokat veszi számba, csak egy-egy kiragadott lépésre összpontosít az életcikluson belül. Az egyszerűsített értékelés célja kisebb idő- és költségáfordítással a teljes LCA-hoz hasonló eredmények.

Jellemzői: a kihagyható részek meghatározása; a lényeges részekre az életciklus-értékelés elvégzése; a megbízhatóság becslése annak ellenőrzésével, hogy az egyszerűsítés nem csökkentette-e jelentősen az eredmény megbízhatóságát.

Ez a szint alkalmazható: környezeti címkézésnél, vagy az életciklus azon pontjainak meghatározására, ahol a legnagyobb környezeti hatás várható.

5. Elemzés folyamata

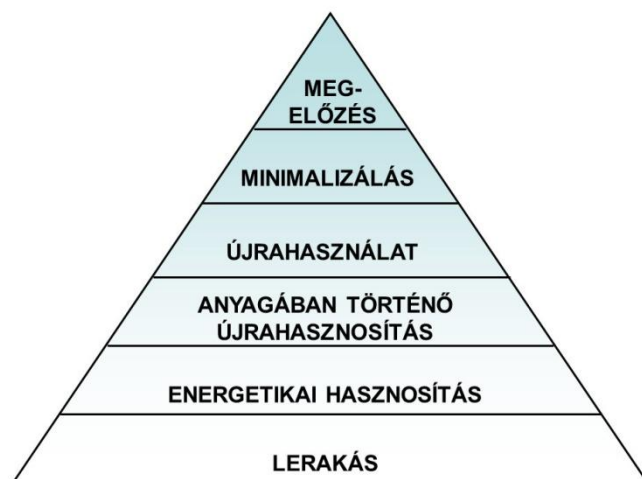
A következőkben, a LCA elemzést elvégzem a vállalat által gyártott fóliára. Az elemzést hat különböző esetre végeztük el, ezt egy esetben szemléltetem a kapott diagramokkal, és így láthatjuk a különböző környezeti hatásokat. A további értékeket, pedig egy összefoglaló táblázatban értékeltem ki.

A fólia gyártásához két helyről szerzik be az alapanyagot, első esetben a TVK-ról, tehát a szállításból szinte nem is keletkezik nekünk káros anyag. A további nyersanyag pedig Oroszországból érkezik, Kazan városából, amely 2503 km-re található a gyártól. Ebben az esetben már a környezetszennyezés kimutatható, ami a szállítást illeti.

Fontos szempont környezet tudatosság szempontjából, hogy használat után mi is történik a műanyag hulladékkal. Ezek a megoldások a hulladékkezelési piramis alján foglalnak helyet, hiszen elsődleges cél a megelőzés, illetve a hulladék keletkezés minimalizálása, majd az újra-használatra és az anyagában történő hasznosításra kell törekedni, de a realitás az, hogy itthon a kommunális szilárd hulladék mintegy 2/3 része még mindig égetésre és lerakásra (elsősorban utóbbira) kerül.

Az elemzésünk következő csoportosítása pedig a hasznosításra vonatkozott. Három különböző féle hasznosítást vizsgáltunk a program segítségével.

- Lerakás
- Égetés
- Újragranulálás



13. ábra : környezet tudatosság piramisa

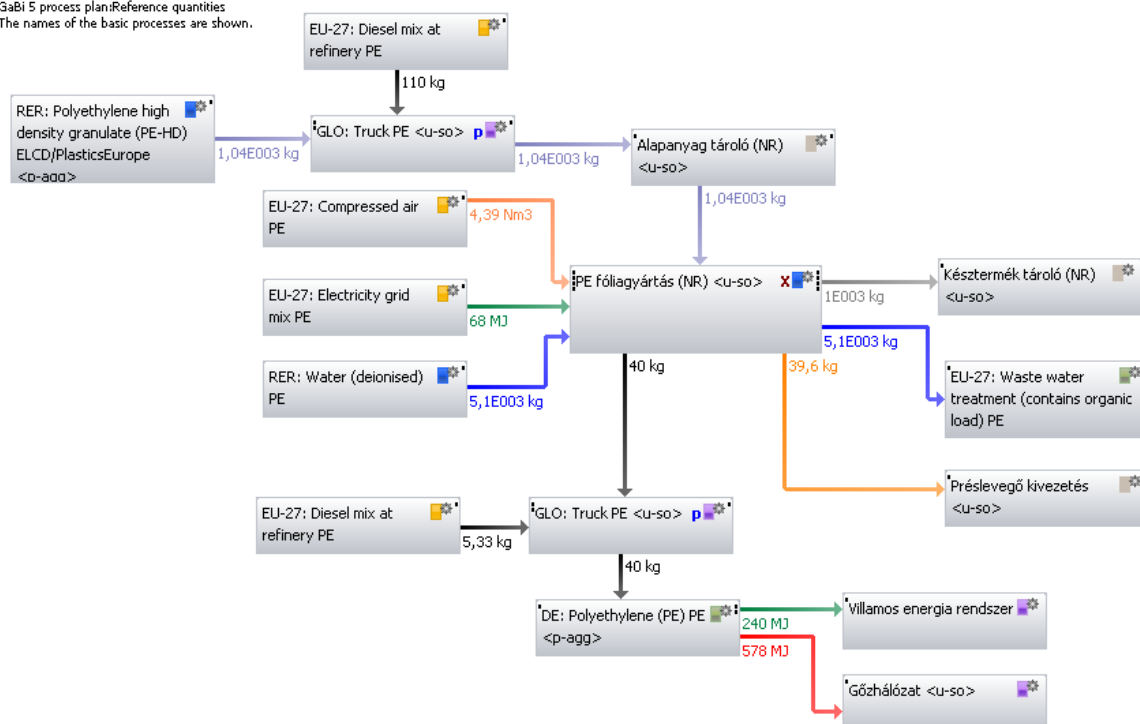
5.1. A technológia életciklus-elemzése

A következő diagramok segítségével szemléltetem az első esetet:

Az alapanyag Oroszországból érkezik, illetve a gyártásközi hulladék kezelése égetéssel történik.

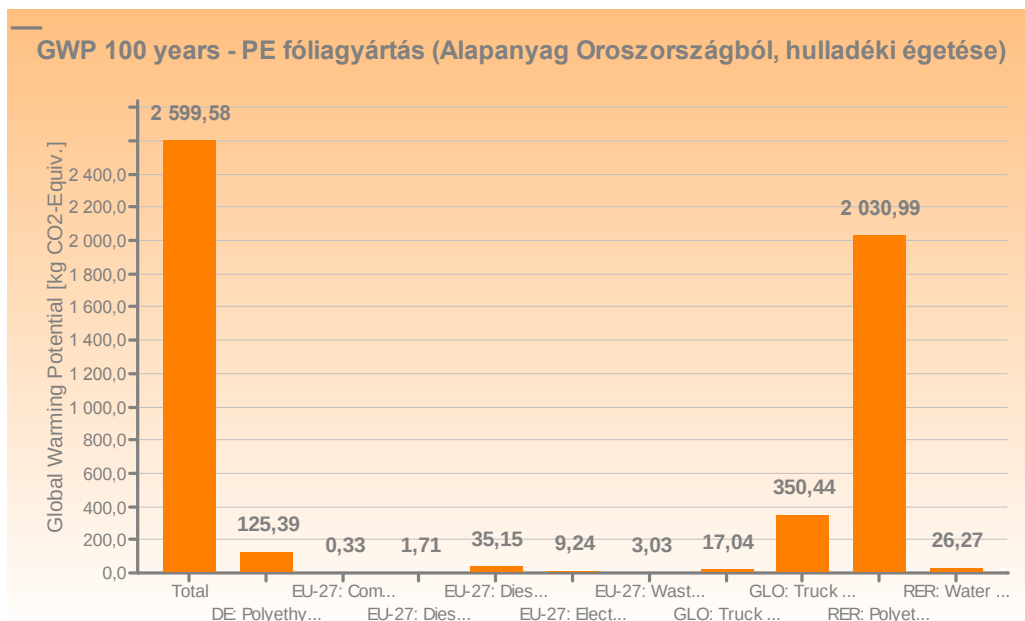
PE fóliagyártás (Alapanyag Oroszországból, hulladéki égetése)

GaBi 5 process plan: Reference quantities
The names of the basic processes are shown.

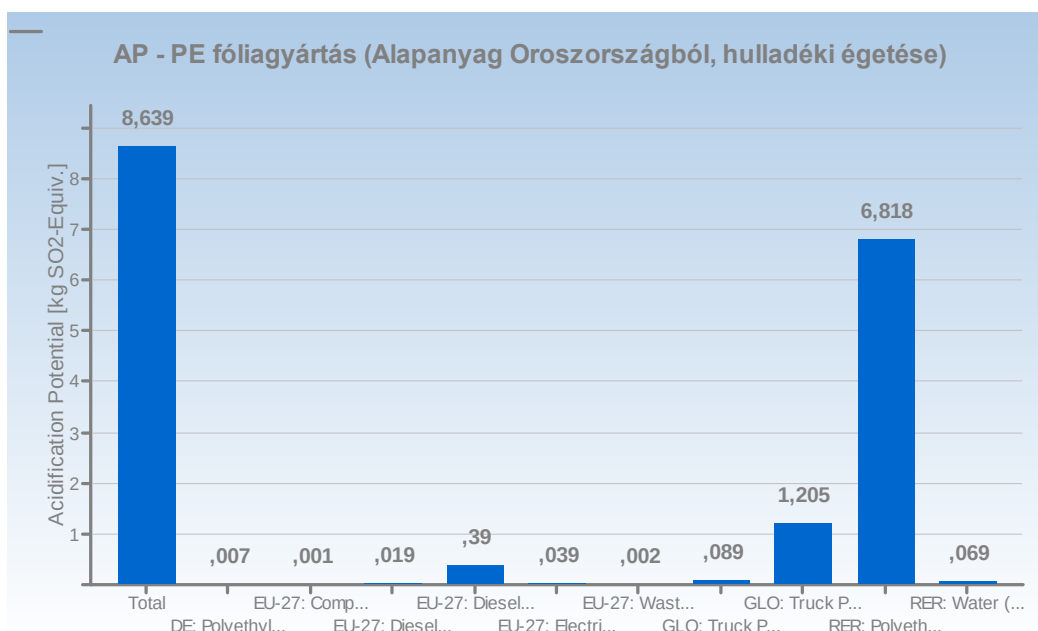


14. ábra inputok és outputok a folyamatban

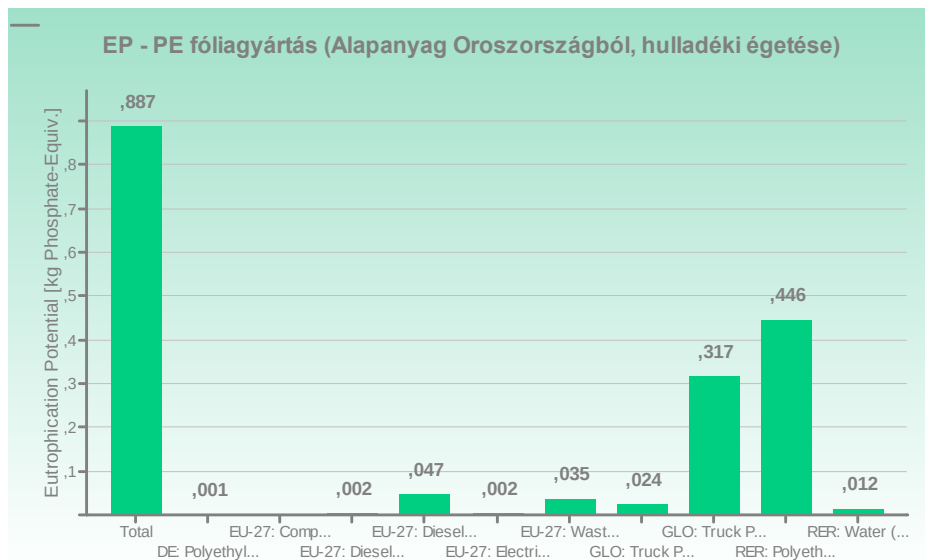
A felső ábrán az inputokat illetve az outputokat ábrázoltam. A gyártáshoz szükséges villamos energia, víz, szállítás, és levegő mind meghatározó tényezők. Ezek az inputok némi változás után távozni is fognak rendszerünkben, amely az ábra jobb oldalán látható is. Ezen kívül a szállítás illetve a hulladék kezelés is megjelenik, amely a dolgozatom esetében 6 variációt jelent.



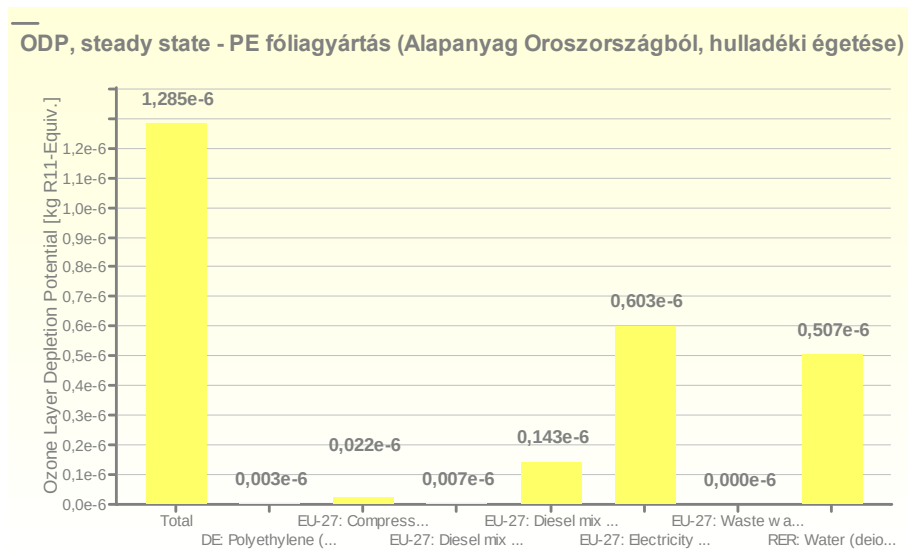
15. ábra: Globális felmelegedési Potenciál



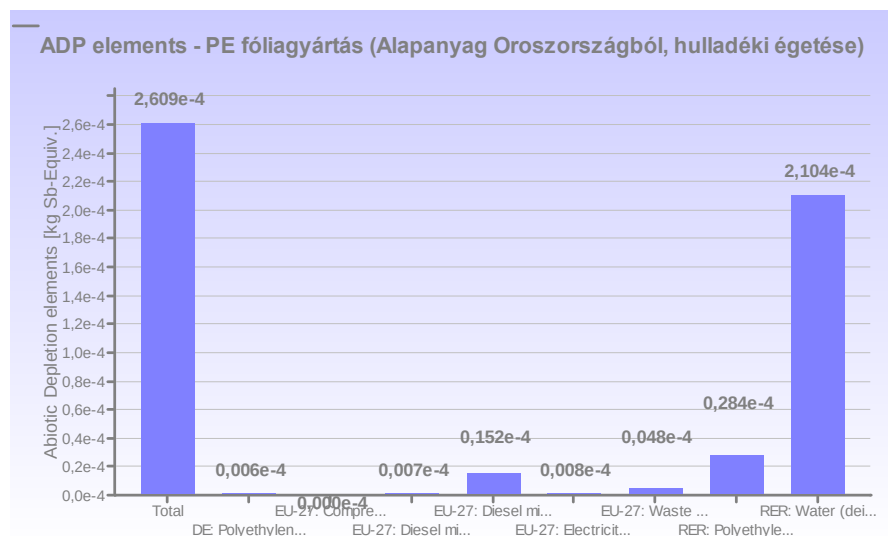
16. ábra: Savasodási Potenciál



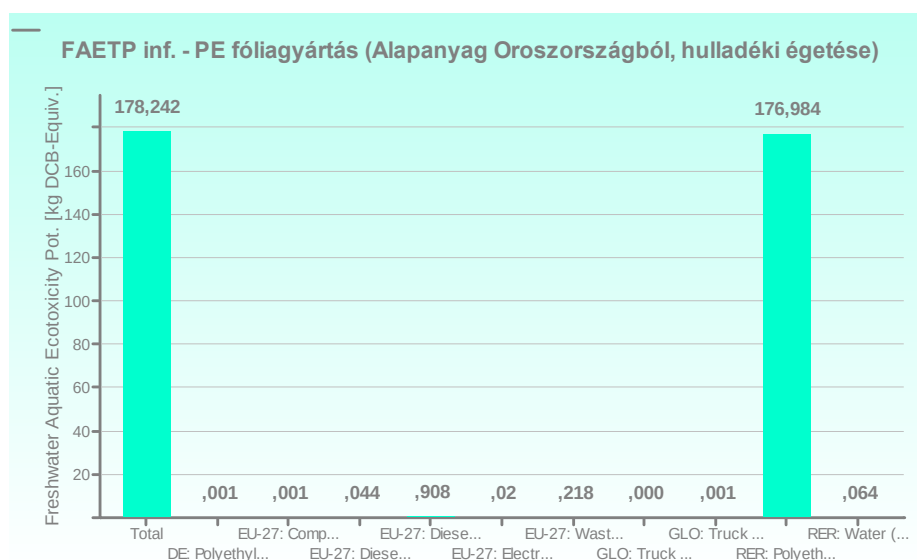
17. ábra: Eutrofizációs Potenciál



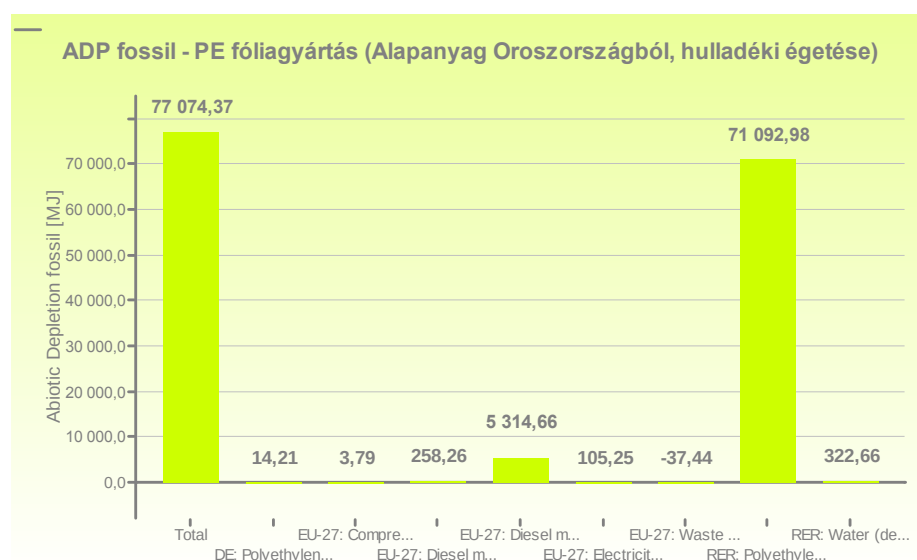
18. ábra Ózonréteg elvékonyodás



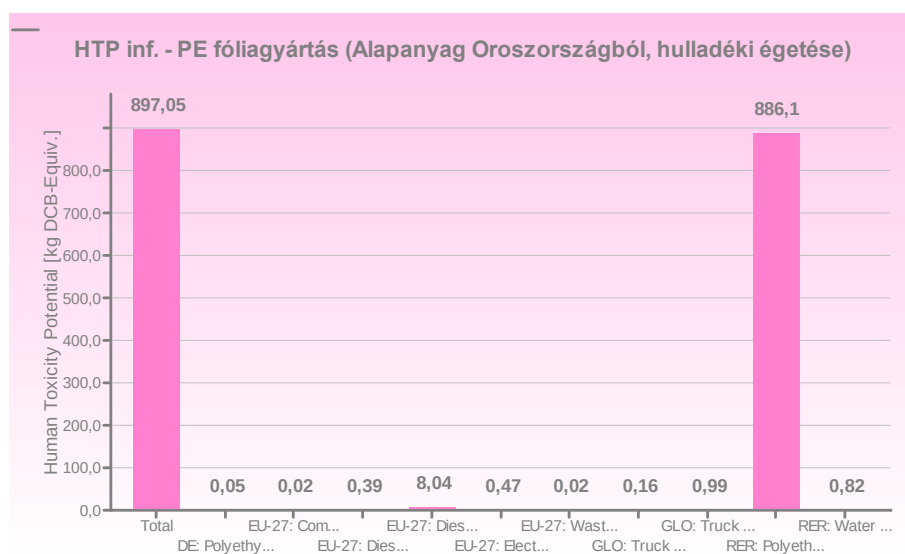
19. ábra Abiotikus kimerülő források



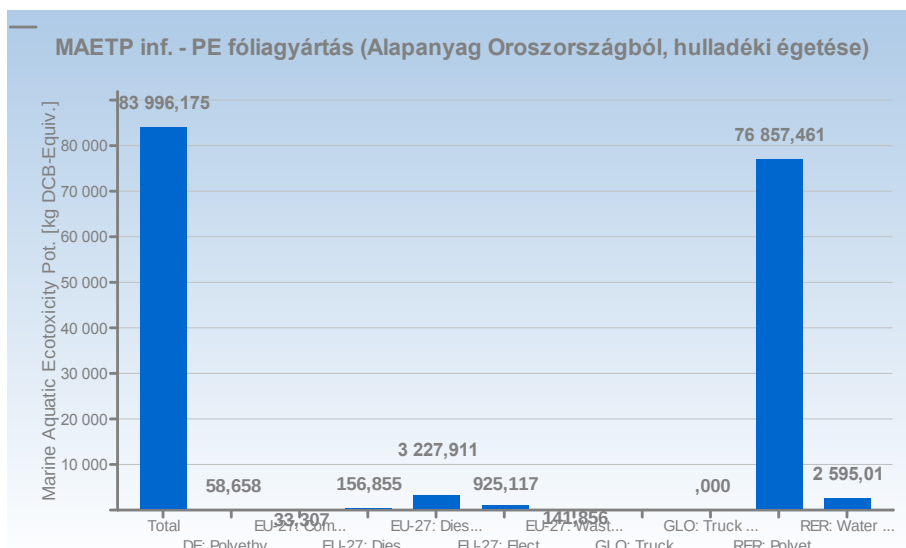
20. ábra Édesvízi öko-toxicitás



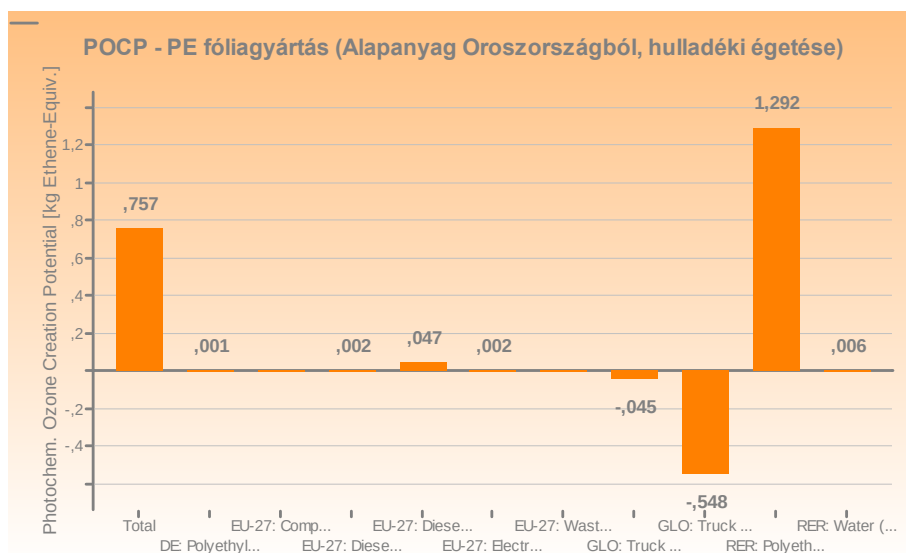
21. ábra Abiotikus kimerülő fosszilis források



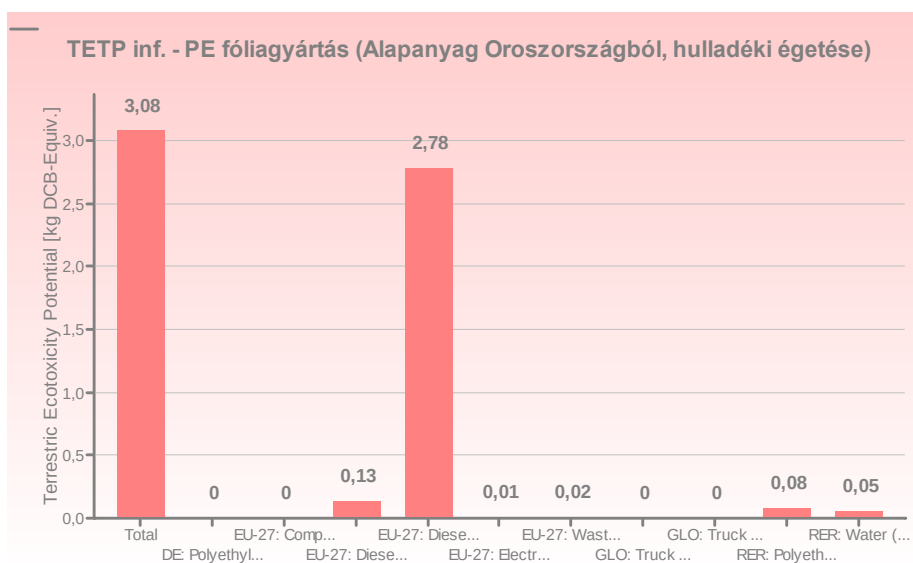
22. ábra Humán Toxicitási Potenciál



23. ábra Tengervízi öko-toxicitás



24. ábra Fotokémiai Ózonképződési Potenciál

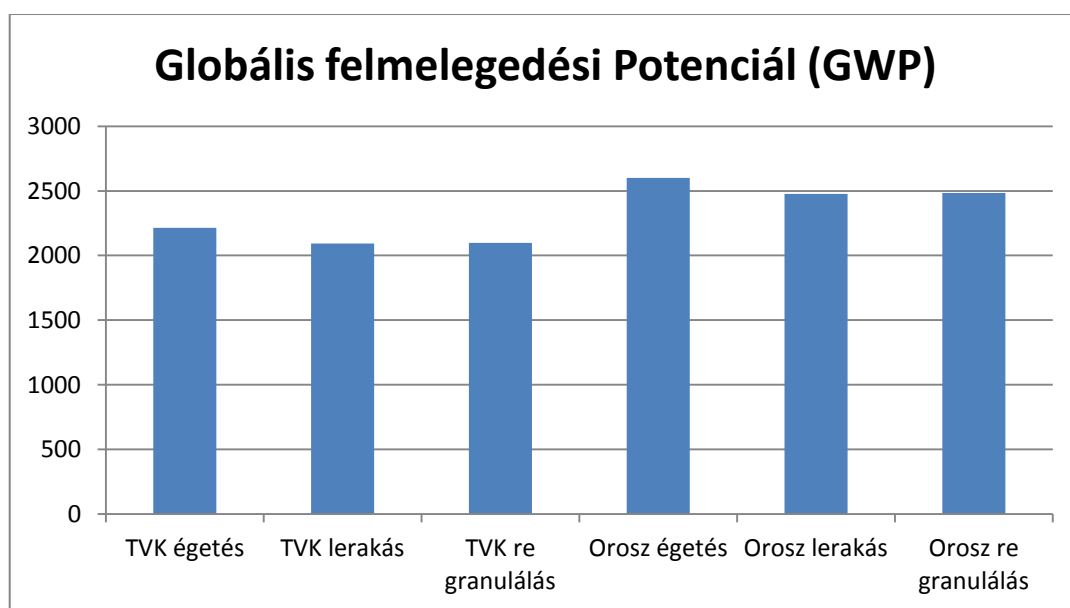


25. ábra Földi öko-toxicitás

5. táblázat LCA elemzés összefoglaló adatai

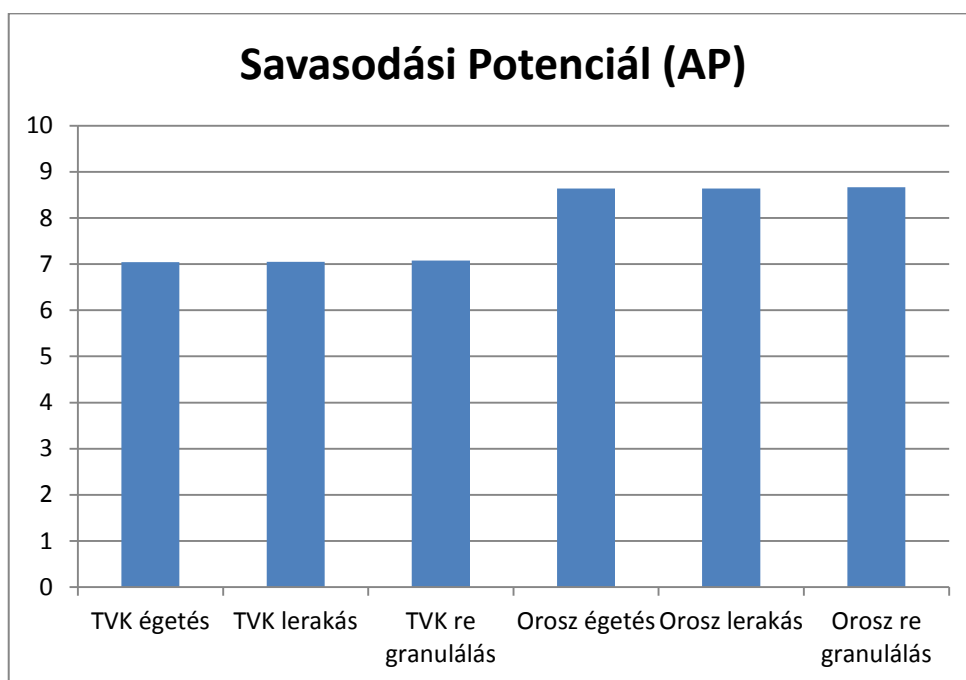
Hatáskategóriák	TVK égetés	TVK lerakás	TVK re granulálás	Orosz égetés	Orosz lerakás	Orosz re granulálás
Globális felmelegedési Potenciál (GWP)	2214	2091,6	2098,8	2599,59	2477,2	2484
Savasodási Potenciál (AP)	7,044	7,046	7,074	8,639	8,641	8,668
Eutrofizációs Potenciál (EP)	0,523	0,532	0,525	0,887	0,896	0,889
Humán Toxicitási Potenciál (HTP)	1,142 e-6	1,15 e-6	1,582 e-6	1,285 e-6	1,299 e-6	1,725 e-6
Fotokémiai Ózonképződési Potenciál (POCP)	2,458 e-4	2,457 e-4	2,525 e-4	2,609 e-4	2,608 e-4	2,676 e-4
Ózonréteg elvékonyodás (ODP)	71760	71789	71853	77074,37	77103	77168
Földi öko- toxicitás (TETP)	177,33	177,35	177,36	178,242	178,25	178,27
Tengervízi öko- toxicitás (MAETP)	888,02	888,06	888,43	897,05	897,09	897,45
Édesvízi öko- toxicitás (FAETP)	80768	80991	82022	83996,18	84219	85250
Abiotikus kimerülő források (ADP)	1,259	1,259	1,26	0,757	0,758	0,759
Abiotikus kimerülő fosszilis források (ADP)	0,3	0,37	0,32	3,08	3,15	3,09

Az LCA diagramokat összefoglaltam egy táblázatban, mely összehasonlítja a különféle kategóriákat, egymáshoz viszonyítva. Hat variációt vizsgáltam. Az első esetben az alapanyag a TVK-ból érkezik és a gyártás során keletkező hulladék égetésre kerül (TVK égetés). A második esetében az alapanyag továbbra is a TVK-ból érkezik, de a gyártási hulladék lerakásra kerül (TVK lerakás). A harmadik esetben szintén TVK-s alapanyagból gyártunk terméket, de a keletkezett hulladék újrahasznosításra (regranulálás) kerül (TVK regranulálás). A negyedik esetben az alapanyag már Oroszországból érkezik és a gyártásközi hulladék égetésre kerül (Oroszország égetés). Az ötödik alapeset, amikor az Oroszországi alapanyag gyártásközi mellékterméke lerakóba kerül (Oroszország lerakás). Végül az utolsó, azaz a hatodik eset, amikor Oroszországi alapanyagból gyártunk terméket, de a keletkező hulladékot is újrahasznosítjuk (Orosz re granulálás).



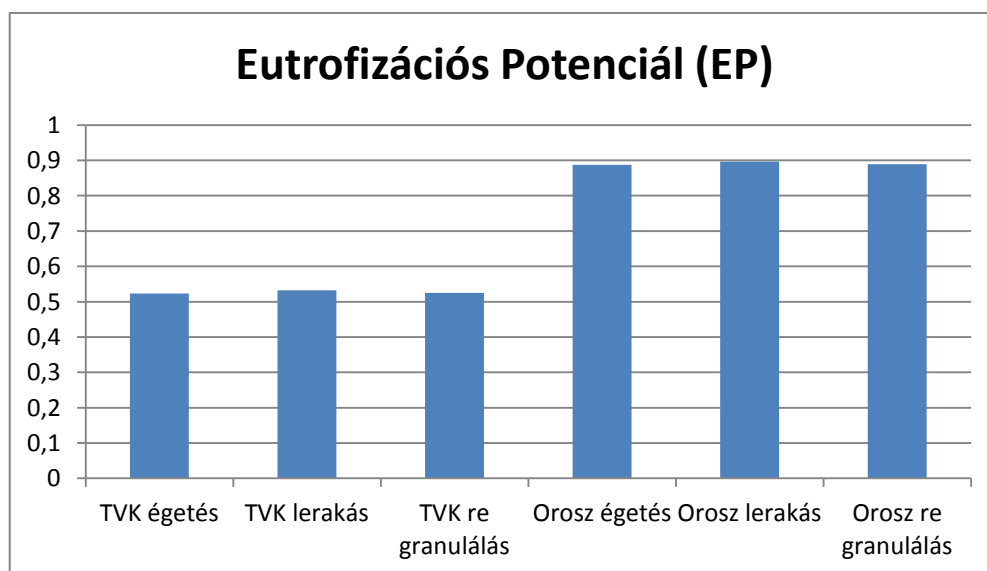
26. ábra Globális felmelegedési potenciál

A globális felmelegedés tekintetében (26. ábra) a TVK-s alapanyag, valamint a gyártásközi hulladék regranulálásának kombinációja a legkedvezőbb megoldás. Az Orosz alapanyag és a gyártásközi hulladék égetése pedig a legkárosabb.



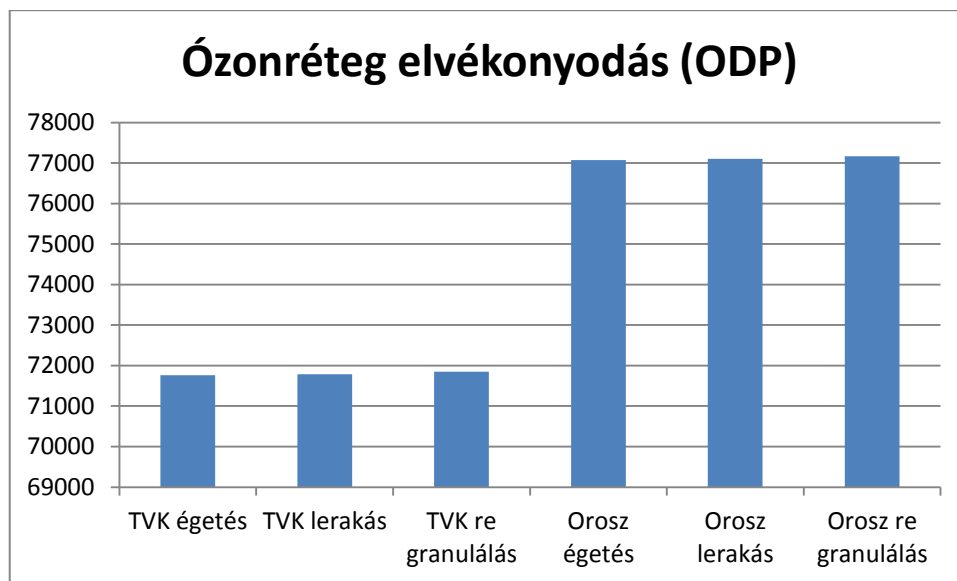
27. ábra Savasodási potenciál

A savasodási potenciál (27. ábra) az Orosz alapanyag és a gyártási hulladék égetésének kombinációjánál a legnagyobb, valamint a TVK-ból érkező alapanyag és a gyártásközi hulladék lerakásnál a legkedvezőbb.



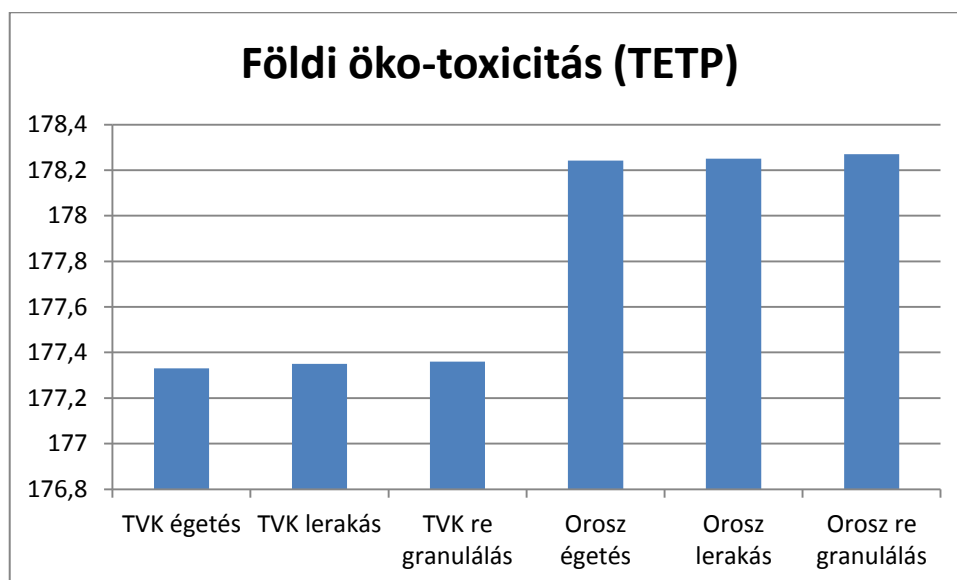
28. ábra Eutrofizációs potenciál

A 28. ábrán a foszforra vonatkoztatott eutrofizációs értéket vettük figyelembe. A TVK-s alapanyag és a hulladék regranulálásnál a legalacsonyabb ez az érték, valamint az Orosz alapanyag és a hulladék lerakásnál a legnagyobb.



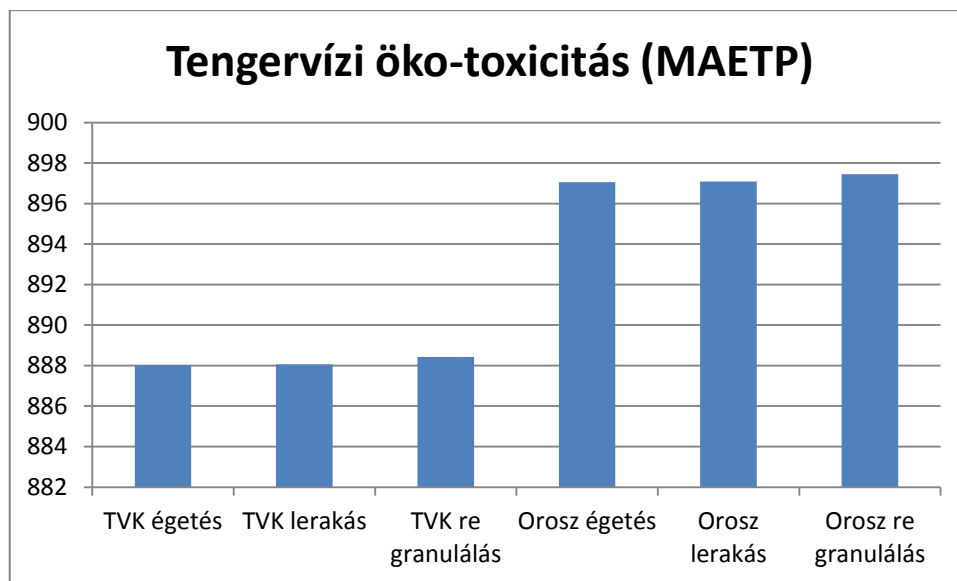
29. ábra Ózonréteg elvékonyodás

Az ózonréteg elvékonyodására (29. ábra) a helyi alapanyagból készült termék és a gyártásközi hulladék égetése van legkisebb hatással, míg az importált alapanyagból készült fólia és a gyártásközi hulladék regranulálása pedig a legnagyobb mértékben.



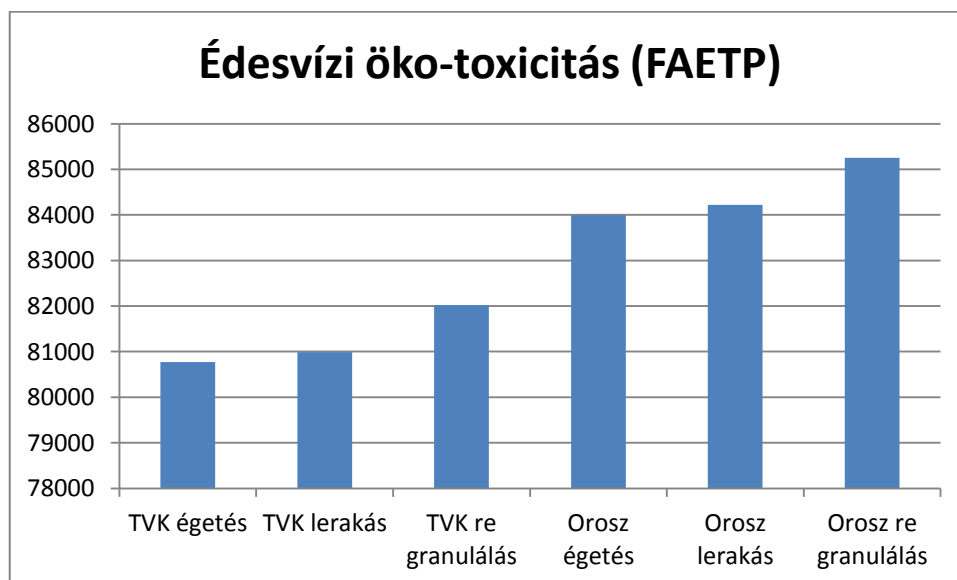
30. ábra Föld öko toxicitás

Az állat és növényvilágra vonatkozó mérgezőanyag kibocsátás (30. ábra) TVK-s alapanyag és a keletkezett hulladék égetésnél a legkisebb, míg az Orosz alapanyag és hulladék regranulálásnál legmagasabb.



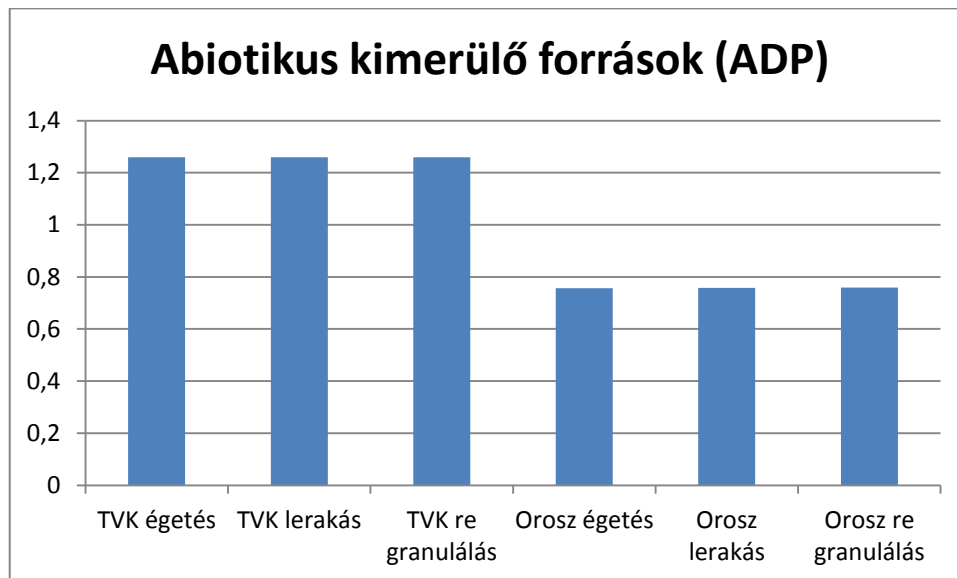
31. ábra Tengervízi öko-toxicitás

Tengeri élővilágra gyakorolt negatív hatás (31. ábra) a helyi alapanyag és gyártási hulladék égetésénél a legalacsonyabb, Orosz alapanyag és hulladékaik lerakásánál a legmagasabb.



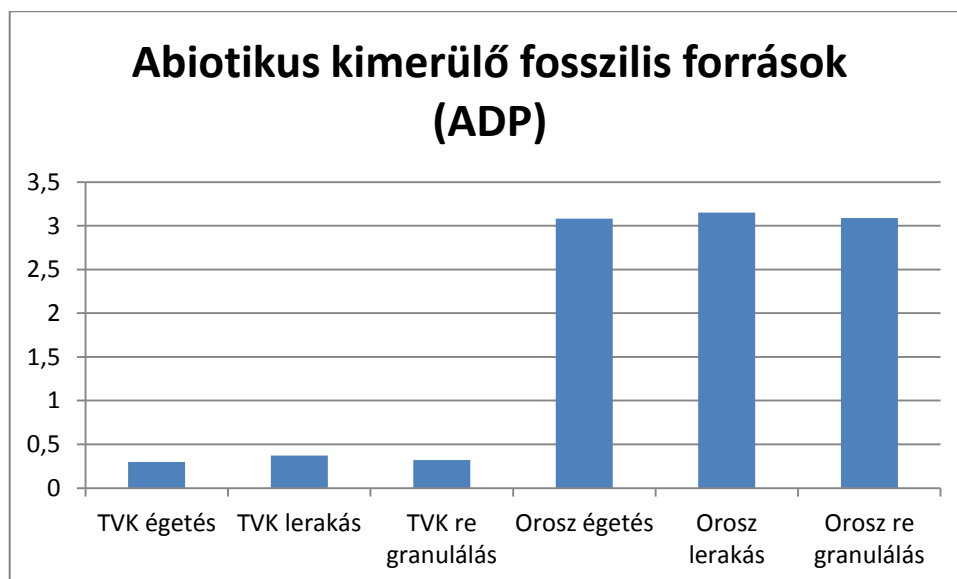
32. ábra Édesvízi öko-toxicitás

Édesvízszennyezésben az első oszlop értéke a legalacsonyabb, az utolsó, vagyis az Oroszországi alapanyag és a keletkezett hulladék regranulálásánál a legmagasabb.



33. ábra Abiotikus kimerülő források

Fémércek kimerülését mutatja, melynél az Orosz alapanyag és a keletkezett hulladék égetésénél a legalacsonyabb és TVK-s alapanyagból készült termék hulladékának lerakása pedig a legmagasabb



34. ábra Abiotikus kimerülő fosszilis források

Kimerülő fosszilis forrásoknál a TVK-s alapanyag és a gyártásközi hulladékok égetése képviseli a legalacsonyabb értéket, az Orosz alapanyagból készült termék és a hulladékaik lerakása pedig a legmagasabb értékeket eredményezi.

Összefoglalás

A XXI. század legtöbbet használt anyaga a műanyag, azaz a polimerek. Dolgozatom célja volt, hogy a műanyagok egyik változatának, a polietilén fóliának a szerkezetét, gyártását, felhasználását, majd hulladékának hasznosítását ismertessem meg közelebbről.

A polietilén fizikai tulajdonságai, így a szilárdság, a törékenység, az átlátszóság erősen függ a metil csoportok térbeli elhelyezkedésétől. Ebből az anyagból kiváló fólia készül, a dolgozatban leginkább a cég profiljából adódóan mezőgazdasági fóliákról esik szó. Ide sorolhatjuk többek közt a siló fóliát, talajtakaró fóliát. A fólia gyártása extruder berendezéssel történik, illetve fűtés technikájával. A technológia részletesen elemzésre kerül. Képen szemléltetem az úgynevezett tömlőt. Ez a gép által több méter magasra felfűjt fólia, mely lehűtés után feltekeresésre kerül. A hűtés és fólia stabilitása szoros összefüggésben van. A hűtésre egyre hatékonyabb megoldások vannak, erről is esik szó a fentiekben.

Jelentős részét teszi ki a dolgozatnak az életciklus elemzés. A fóliagyártás inputjait és outputjait egy szoftver segítségével ábrázoltuk, majd a lehetséges hulladék kezelési eljárások betáplálása utána különböző eredményeket kaptunk. A hulladék kezelési módjai közül az égetést, a lerakást és az újragranulálást vizsgáltuk. Az újragranulálás a legkedvezőbb hasznosítási forma a hulladék esetében, ezt követi az égetés, majd a lerakás. Emellett a granulálással nyersanyagot is lehet visszanyerni, míg a két utóbbi megoldás csak másodnyersanyagot tüntet el. Az alapanyagot pedig helyi vagy több ezer kilométeres szállítással is elemeztük. Az import granulátum a szállítási költség ellenére is kedvezőbb gazdaságilag. A szállítás miatt viszont ezeknél az értékeknél a környezetterhelés jelentős, így az értékek a diagramunkon sokkal magasabbak lesznek.

A diagramok jól szemléltetik, hogy a TVK-ból, azaz a helyből származó alapanyagot feldolgozó gyártás, majd a gyártás során keletkező hulladék égetése jelenti a legkedvezőbb megoldást a környezeti terheléseket tekintve.

Forrás:

- [1] Pál Károlyné: A tömlőbuborék stabilitása fóliafúvaskor.
<http://www.muanyagipariszemle.hu/2009/06/a-tomlobuborek-stabilitasa-foliafuvaskor-02.pdf>
- [2] Czvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János: A polimertechnika alapjai. 2007
<http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tkt/polimertechnika-alapjai/ch08s06.html>
- [3] Dr. Szűcs Edit, Dr. Budai István, Matkó Andrea: Környezetmenedzsment. 2011
- [4] MANNHEIM, V.: Vállalati környezetmenedzsment és rendszereszközei. Környezetvédelmi jogszabályok és nyomtatványok gyűjteménye. Hulladékgazdálkodás-környezetvédelmi termékdíj. Verlag Dashöfer Szakkiadó Kft. Budapest. 43. aktualizálás. 2013. február. Terjedelem: 25 oldal. ISSN 1589-7230.
- [5] A műanyag hulladékok bemutatása
<http://diak.hulladekboltermek.hu/hulladek/hulladekfajtak/muanyaghulladek/>
- [6] I. Anyagismeret. Oktatási jegyzet.
http://projects.aft.hist.no/files/5/2/HU-Plastic_materials.pdf
- [7] TVK HELIOFOL szélesfólia. <http://www.partium.hu/termekeink/hmszeles.html>