

SZAKDOLGOZAT

Somogyi Réka
Létesítményenergetikai szakmérnök

Gödöllő
2023



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Gödöllői Campus
Létesítményenergetikai szakmérnök**

Ipari szigetelés alkalmazása gőzszállító rendszerben

Belső konzulens:	Dr. Szabó Márta egyetemi docens
Külső konzulens:	Németh Ders István Ügyvezető, Wattler Kft.
Készítette:	Somogyi Réka F1VZ66 Létesítményenergetikai szakmérnök - szakirányú továbbképzés levelező tagozat
Intézet/Tanszék:	Műszaki Intézet

**Gödöllő
2023**

**MŰSZAKI INTÉZET LÉTESÍTMÉNYENERGETIKA SZAKIRÁNYÚ
TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK**

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Somogyi Réka (F1VZ66)

részére

A szakdolgozat címe:

Ipari szigetelés alkalmazása gőszállító rendszerben

Feladatkiírás:

A dolgozatban mutassa be a hőátvitel alapfogalmait és számítási módszertanát. Adjon körképet az egyes ipari alkalmazásokban felhasználható szigetelőanyagokról, írja le ezeknek tulajdonságait is.

Ipari példán keresztül, hőkamerás mérésekkel, illetve számítással támassza alá az ipari gőzvezetékek szigetelésével elérhető energiamegtakarítási potenciált. Számításait támassza alá az adott gyártási folyamatra számított energiagazdálkodási teljesítménymutatóval.

Mutassa be az energiahatékonysági beruházás során alkalmazható támogatási lehetőségeket.

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Németh Ders István, Wattler Kft., 1094, Budapest, Páva utca. 8.

Belső konzulens: Dr. Szabó Márta, egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet


Beadási határidő: 2023. november 5.

Gödöllő, 2023. év 09. hó 15. nap

Jóváhagyom




(tanszékvezető)



(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. év 11. hó 03. nap



(külső konzulens)

Tartalom

1. BEVEZETÉS	2
1.1. Célkitűzések	2
2. ENERGIAFELHASZNÁLÁS - ENERGIAHATÉKONYSÁG: TENDENCIÁK, IRÁNYELVEK ÉS TÁMOGATÁSI LEHETŐSÉGEK.....	3
2.1. A világ energiafelhasználása	3
2.2. Energiahatékonysági célkitűzések, irányelvek.....	6
2.3. Hazai vállalati energiahatékonysági támogatások.....	10
3. HŐÁTVITEL ÉS HŐSZIGETELÉS: ALAPOK, SZÁMÍTÁSOK ÉS ALKALMAZÁSOK	14
3.1. Hőtranszport folyamatok.....	14
3.2. Hőveszteség számítása	15
3.3. Hőszigetelő anyagok felhasználása	18
3.3.1. Építészeti, épületgépészeti berendezések	19
3.3.2. Hűtőházak, fagyasztó kamrák	23
3.3.3. Ipari szigetelések	23
3.4. A dolgozatban vizsgált energiahatékonysági beruházás során alkalmazott hőszigetelő anyagok műszaki paraméterei	24
4. VIZSGÁLT TECHNOLÓGIA BEMUTATÁSA	27
4.1. Gőz, mint hőhordozó közeg	27
4.1. A szeszgyártás folyamata	29
5. MÉRÉSEK.....	31
5.1. A Beruházás előtti rendszer felmérése	31
5.2. A szigetelt rendszer felmérése.....	35
6. AZ ENERGIAMEGTAKARÍTÁS SZÁMÍTÁSA.....	39
6.1. Hőveszteség-csökkenés alapú vizsgálat	39
6.2. Energiagazdálkodási-teljesítmény mutató (EgTM) alapú vizsgálat.....	40
6.2.1. Vizsgált időszak	41
6.2.2. Alapmennyiségek és korrekciók bemutatása	41
6.2.3. EgTM alapú energiamegtakarítás.....	45
6.3. Támogatási rendszerekben elszámolható energiamegtakarítás - EKR, TAO lehetőségek összevetése.....	46
7. ÖSSZEFOGLALÁS.....	49
8. SUMMARY.....	51
9. IRODALOMJEGYZÉK.....	55
10. A DOLGOZATBAN HASZNÁLT RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE	59
11. MELLÉKLETEK.....	60
11.1. Az alkalmazott hőszigetelő anyagok specifikációs adatlapja	60

1. BEVEZETÉS

A napjainkban tapasztalható nagy mértékű energiahordozó áremelkedés hatására már nemcsak rendeleti szinten lebeg az emberek, vállalatok, országok szeme előtt az energiahatékonyság, mint egy szakpolitikai vízió, hanem ténylegesen érdekelték lettek energiafogyasztásuk monitorozásában, a veszteségek feltárásában.

Hivatalos definíció szerint az „*energiahatékonyság: a teljesítményben, a szolgáltatásban, a termékben vagy az energiában kifejezett eredmény és a befektetett energia hányadosa* (2015. évi LVII. törvény).

Szakedolgozatomban egy feldolgozóipari vállalat (a Vállalat) potenciális energiahatékonyság javulási lehetőségét vizsgálom a Vállalat gőz-, illetve kondenzvezeték rendszerének szigetelésével.

A Vállalat energiafogyasztásának megközelítőleg 80%-át földgáz adja, amelynek szinte egészét gőz előállításra fordítják, így az energiahatékonysági lehetőségek vizsgálatánál elsődleges fontosságú a gőzrendszer felmérése.

A gőzt, mint munkaközeget a kazánházból különböző méretű csővezetékeken szállítják a felhasználási helyekre. A vezetékek csaknem fele rosszul, vagy egyáltalán nem szigetelt, illetve az összes szerelvényre javasolt szigetelés felhelyezése. A hőszállító vezetékrendszerének hossza 2000 méternél nagyobb, ami különböző DN átmérőjű és hőmérsékletű csövet jelent. Ennek közel fele szigetelt, ezt nem tervezi cserélni a vállalat.

1.1. Célkitűzések

- Szakedolgozatomban célul tűztem ki az energiahatékonyság jogszabályi környezetének, illetve az energiahatékonysági célkitűzések bemutatását hazai és Európai Uniói szinten.
- Ismertetem a hazai vállalatok számára általánosan elérhető energiahatékonyság támogatási lehetőségeket, különös tekintettel a 2021 január 1-étől hatályos Energhatékonyági Kötelezettségi Rendszerben (EKR) rejlő lehetőségekre.
- Bemutatom a gőzrendszerekben keletkező energiaveszteségek típusait és az energiaveszteségek számítási módját.
- A hőveszteségek csökkentéséhez különböző szigetelőanyagok tulajdonságaira térek ki.
- A választott szigetelés alapján kiszámítom a teljes rendszerre vonatkoztatott energiafelhasználás-csökkenést a bemutatott hőveszteségi képletek alapján.
- Az eredményeimet hőkamerás méréssel ellenőrzöm, illetve célom, hogy vizsgáljam az egységnyi termelt mennyiségre vonatkoztatott energiafelhasználást. Tehát energiagazdálkodási teljesítménymutatót (EgTM) képezek, amivel vizsgálom a fajlagos energiafelhasználást a szigetelés előtti és utáni állapotban.
- A kimutatott energiamegtakarítást elszámolhatóságát vizsgálom az Energhatékonyági kötelezettségi Rendszerben, illetve az Energhatékonyági beruházások társasági adó kedvezménye szempontjából.

2. ENERGIAFELHASZNÁLÁS - ENERGIAHATÉKONYSÁG: TENDENCIÁK, IRÁNYELVEK ÉS TÁMOGATÁSI LEHETŐSÉGEK

A következőkben igyekszem globális körképet nyújtani a világ energiafelhasználásáról és az elmúlt 60 év tendenciáiról. Bemutatom az energiapolitika fejlődését és a jelenlegi energiahatékonyság célkitűzéseket Európai Unió és hazai szinten. Ismertetem az energiahatékonysági irányelveket és azok változásait az évek során, különös tekintettel a Fit for 55 intézkedéscsomagra és Magyarország Nemzeti Energia- és Klímatervére (NEKT).

A NEKT-ben meghatározott energiahatékonysági támogatási rendszereket, különös tekintettel az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszert (EKR) külön alfejezetben tárgyalom.

Emellett bemutatom az energiaárak alakulását a közelmúltban és azok hatását az energiafelhasználásra, valamint a klímaváltozás és fenntarthatóság szerepét az energiapolitikában.

2.1. A világ energiafelhasználása

Az ipari forradalom kezdete óta rohamosan növekszik az emberiség energiafelhasználása, ami a természeti környezet károsodását idézte elő a XX. századra lokális, majd globális szinten. Ezek a hatások összeadódva a XXI. század legfőbb kezelendő problémájához, a globális klímaváltozáshoz vezettek.

A technológiai fejlődés az életkörülmények javulását idézte elő, amely demográfiai robbanásokat okozott a fejlődő régiókban, aminek hatására a Föld népessége 2022. végére elérte a 8 milliárd főt a Worldometer¹ statisztikai adatai alapján. A népességnövekedéssel a világ energiafelhasználása is drasztikusan növekszik. A British Petroleum publikációja szerint 2021-ben 595 EJ volt a világ, 82,38 EJ Európa és 1,02 EJ Magyarország primerenergia felhasználása (British Petroleum, 2022).

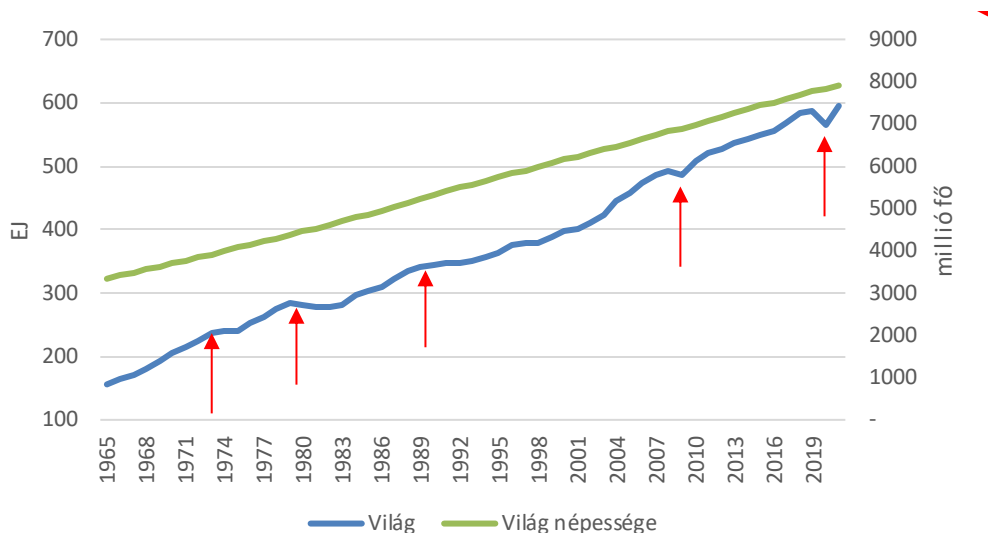
A 2015. évi LVII. törvény (Ehat tv.) 1. §-ának fogalom meghatározásai alapján:

„28. primerenergia-fogyasztás: a nem energiacélú felhasználással csökkentett bruttó belföldi energiafogyasztás;

32. végsőenergia-fogyasztás: az ipar, a közlekedés, a háztartások, a szolgáltatások és a mezőgazdaság számára szolgáltatott energia, az energiaátalakítási ágazatnak és az energetikai iparnak szolgáltatott energiaszállítás kivételével;” (2015. évi LVII. törvény).

A következő ábrán a világ energiafelhasználása és a népesség növekedése látható. Amíg a világ népessége a bemutatott időszakban lineáris növekedést mutat, addig az energiafogyasztásban bizonyos mértékű fluktuációk érzékelhetők.

¹ <https://www.worldometers.info/hu/>



1. ábra: A világ népessége és energiafelhasználása 1965-től 2021-ig. (Forrás Nüited Nations és pb adatpublikációja alapján saját szerkesztés)

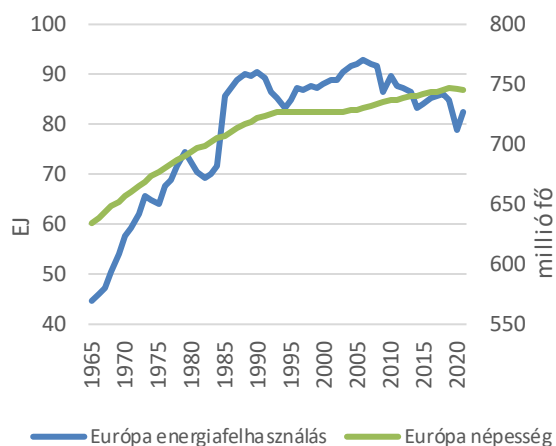
Az 1. ábrán látható, hogy az elmúlt, közel 60 évben a világ energiafelhasználása közel 6-szorosára, míg a népessége 2,6-szorosára növekedett. Míg a világ népessége monoton növekedőnek mondható, addig az energiafelhasználásban időszakos visszaeséseket tapasztalhatunk, amelyeket a fenti ábrán piros nyíllal jelöltem.

Az első két nyíl az 1973-as, illetve az 1979-es olajválságot mutatja, amelyek hatására jelentős recesszió következett be a II. világháború utáni ipari és gazdasági fellendülés után az egész világon. A fejlett világ az újkori történelem során lényegében először tapasztalhatta meg, hogy mennyire függ a kőolajtól, illetve a kőolajat exportáló országoktól (Arató & Koller, 2015), illetve ekkortól került politikai napirendre az erőforrások diverzifikált forrásból történő behozatala az országok ellátása szempontjából, a saját forrásokra támaszkodás, illetve a túlhasználat csökkentése.

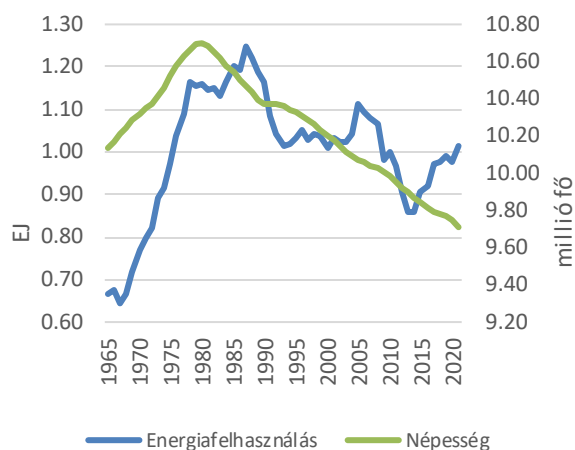
A harmadik, 1989. után lévő visszaesés a volt szocialista országok, köztük Magyarország nehéziparának megroppanása okozta. Ebben az időszakban megszűntek a KGST-piaci lehetőségek, berobbant az importipar (Dövényi, 2016).

A negyedik nyíllal jelölt visszaesés a 2008-as világgazdasági válság idejére tehető, míg az utolsó, a 2020-as évet jelöli. 2020-ban a pandémiás helyzet okozta üzemleállások miatt látványosan visszaesett az éves energiafelhasználás, amely sajnos azóta ismét csúcsokat dönt.

Az alábbi ábrákon Európa, illetve Magyarország népességének, illetve energiafelhasználásának alakulását láthatjuk.



2. ábra: Európa népessége és energiafelhasználása 1965-től 2021-ig. (Forrás Nited Nations és pb adatpublikációja alapján saját szerkesztés)



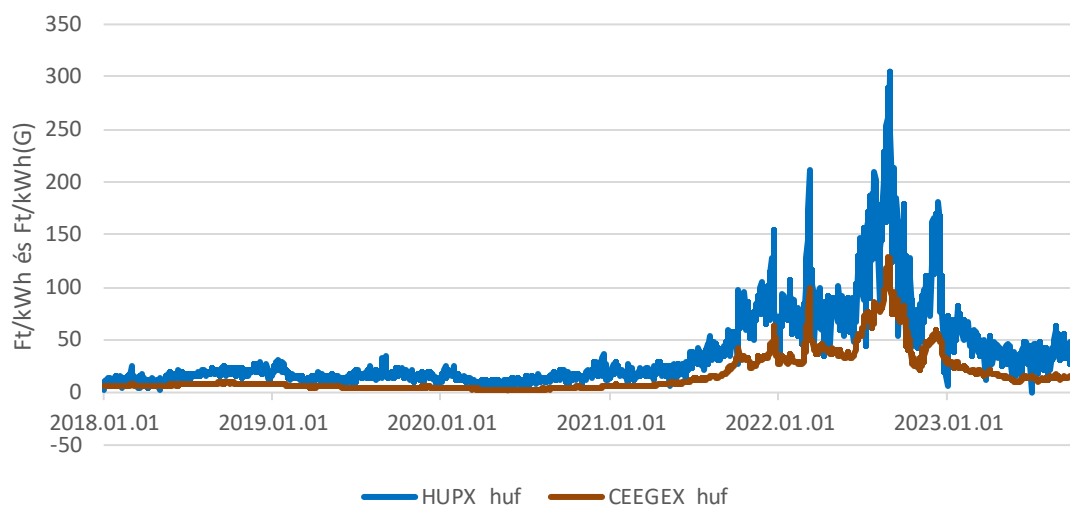
3. ábra: Magyarország népessége és energiafelhasználása 1965-től 2021-ig. (Forrás Nited Nations és pb adatpublikációja alapján saját szerkesztés)

A fosszilis energiahordozók felhasználásával a légköri szén-dioxid és egyéb üvegház hatású gázok koncentrációja rohamosan növekszik, a fogyasztói társadalom fejlődése egyre több környezeti szennyezést és pazarlást eredményez. Az ember-környezet-teremtés szemlélet kialakításának első kulcsszereplőjének Rachel Louise Carsont tartják, aki az 1962-ben megjelent *Néma tavasz* című művével járult hozzá a környezettudatos szemlélet kialakításához. E mű megjelenése után hosszú folyamat eredményeként az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (IPCC) kimondta (az évek során egyre nagyobb, legutóbb, 2013-ban 95%-os valószínűséggel), hogy a globális éghajlatváltozásért az emberi tevékenység a felelős.

A klímaváltozás erősödésével sorra születnek az egyre szigorodó, környezetvédelemre, fenntarthatóságra vonatkozó célkitűzések, szabályozások és megállapodások ország-, kontinens- és világszinten is. Ezen intézkedések fő célja, hogy egy karbonsemleges, fenntartható jövőt érhesünk el, amely cél érdekében a politikai döntéshozóknak nagyszabású és átfogó intézkedéstervezeteket kell létrehozniuk és ebbe minden szektort – a mezőgazdaságot, az ipart, a szolgáltatászekort és a háztartásokat is – be kell vonniuk.

Ám az elmúlt évek legfontosabb energiahatékonysági mozgatórugója, energiafelhasználás csökkenést meghatározó tényezője nem a klímaváltozás elleni küzdelem volt.

A világszinten mérhető energiafelhasználás csökkenést 2020-ban a korábbiakban is részletezett COVID19 pandémiás helyzet következtében kialakult korlátozások okozták. 2021 ősztől pedig a drasztikus energiaár növekedés készítette a felhasználókat jelentős energiahatékonysági beruházások megvalósításra, illetve energiafelhasználási korlátozásokra.



4. ábra: A villamos energia egységára, illetve a földgáz molekuladíja 2018-tól 2023. októberig a magyar energiatőzsdén.
 Forrás: HUPX és CEEGEX adatpublikáció alapján saját szerkesztés.

A 4. ábra adatai alapján látható, hogy 2022. augusztus 26-31. között, amikor a helyzet a legrosszabb volt, a villamos energia egységára (rendszerhasználati díjak nélkül) megközelítőleg 12-szer, a földgáz molekuladíja pedig 25-ször magasabb volt, mint a 2018-tól 2021. nyaráig tartó időszakban.

Habár 2023. második negyedétől normalizálódni látszanak az energiaárak, ekkora ársokk után nem térhetünk vissza a 2022-es évet megelőző energiafogyasztási szokásainkhoz. Ahol lehet, lakossági felhasználóként is törekedjük a tudatos energiafelhasználásra!

Munkám során, energetikai szakreferensi feladatkört is ellátva azt tapasztalom, hogy az energiaköltségek és az energiafogyasztás figyelemmel kísérése sok esetben vállalatirányítási alappillérre emelkedett. Bízom benne, hogy az évtized második fele az energiahatékonyság fényében fog telni.

2.2. Energiahatékonysági célkitűzések, irányelvek

Ebben a fejezetben az energiahatékonyság területén megfogalmazott intézkedéseket, törvényeket mutatom be. Elsősorban az Európai Unió és Magyarország vonatkozásában vizsgálom meg a szabályozási rendszer kialakulásának történetét és az eddig tett és tervezett, célok eléréséhez szükséges lépéseket.

Az erőforrás-felhasználás szabályozása mindig is kulcsszerepet játszott az Európai Unió történetében és megalakulásának útján. Az 1951-ben létrehozott Európai Szén- és Acélközösség célja a nyersanyagok nemzetközi felügyelete volt egy esetleges újabb háború elkerülése és a fegyverkezés lehetőségeinek csökkentése érdekében (ECSC, 1951). Később atomenergia békés célú felhasználásának érdekében megalkották az Európai Atomenergia Közösséget (EURATOM, 1957). Ezek a szerződések azonban nem alakítottak ki integrált energiapolitikát, amelynek létrehozása az olajválság következtében vált szükségessé.

Amint az 1. ábra mutatja, az 1973-as olajválság jelentőshatással volt az Európai Gazdasági Közösségre.

Az OPEC (Kőolaj-exportáló Országok Szervezete) exportkorlátozó és árnövelő intézkedéseinek ellensúlyozására jött létre az OECD (Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet), majd az IEA (Nemzetközi Energiaügynökség), amelynek energiapolitikai célkitűzéseit az EGK részben átvette. Az események hatására az EGK Tanács megalkotta a közös energiapolitikát, melynek fő célja az volt, hogy racionalizálja az energiafelhasználást, csökkentse a kőolajimportot, és más ellátásbiztonsági tényezőket is figyelembe vegyen, például növelje a szén és nukleáris energia részarányát (EN, 1974). A második olajválság előidézte gazdasági visszaesés következtében 1980-ra az energiafogyasztást racionalizáló intézkedések is napirendre kerültek az EGK-ban. A velencei csúcstalálkozón a részt vevő államok meghatározták, hogy az energiafogyasztás növekedése nem haladhatja meg a gazdasági növekedés 60%-át. Emellett a maximális importfüggőség szintjét 50%-ban rögzítették (EN, 1980). A Római Szerződés első átfogó reformjában az Egységes Európai Okmányban (SEA) már felmerült az energiapiaci liberalizáció és az egységes belső energiapiac gondolata, de ezt csak az 1997-ben elfogadott Energia Charta Egyezmény és a 96/92/EK irányelv a villamos energia belső piacára vonatkozó közös szabályokról emelt törvényi keretek közé (Olajos & Szilágyi, 2013).

Az 1995-ös Energiapolitika az Európai Unióért című Fehér Könyvben megjelent a környezetvédelem, energiaellátás biztonsága és versenyképesség hármásának gondolata is.

Az 1995-ös "Energiapolitika az Európai Unióért" című fehér könyvben a környezetvédelem, az energiaellátás biztonsága és a versenyképesség hármás követelménye került előtérbe. Ezeket a törekvéseket erősítette a 2005-től kezdődő újabb orosz-ukrán gázvita következtében kialakult energiaellátási krízis is. Ennek eredményeként született meg a második Zöld Könyv, amelynek kulcsterületei környezeti fenntarthatóság fejlesztése, az európai gazdaság versenyképességének és az energia megfizethetőségének biztosítása és az ellátásbiztonság növelése. Ebben a dokumentumban hangsúlyozták az éghajlatváltozás elleni integrált intézkedések fontosságát is (EN, 2006).

Az ellátásbiztonsági krízisek következtében felmerülő energiaimport diverzifikációs kérdéseket, illetve a Kiotói Jegyzőkönyvben meghatározott kibocsátáscsökkentési célkitűzéseket szem előtt tartva az EU 2001-ben a 2001/77/EK direktívában először határozta meg a megújuló erőforrásból előállított energia fogalmkörét, illetve biztosította a megújuló energiaforrásból termelt villamos energia piaci helyzetét. A 2009/28/EK „Megújuló energia irányelv”, illetve az ezt kiegészítő 2012/27/EU Energiahatékonysági irányelv (EED) célkitűzése volt, hogy 2020-ra Európai Uniószinten megvalósuljon a 20%-os megújuló energiafelhasználás részesedés (a közlekedési ágazatban 10%-os), 20%-os energiahatékonyság javulás, illetve az üvegház hatású gázok kibocsátásának 20%-os csökkentése az 1990-es bázisévhez képest (2009/28/EK). A 2020-as célokat végül sikerült elérni, amelyben a Covid 19 válság okozta leállások is szerepet játszottak. Az üvegház hatású gáz kibocsátás 34,25%-kal csökkent, az energiahatékonyság 23%-kal javult és a megújuló energiaforrások aránya pedig 21,3%-ra nőtt a 2020. év végére az Európai Környezetvédelmi Ügynökség adatpublikációja szerint (European Environment Agency, 2021). A 2015 decemberében tartott klímakonferencián született megállapodás, a Párizsi Klímaegyezmény szerint a globális klímaváltozás beláthatatlan következményeinek elkerüléséhez a földi átlaghőmérséklet

emelkedését nem elég 2°C alatt tartani, hanem az ipari forradalom előttihez képest maximálisan 1,5°C globális átlaghőmérséklet emelkedés legyen az irányadó. Az EU az egyezménynek megfelelően a 2030-as célkitűzésként 40%-os üvegház hatású gáz kibocsátás csökkentést, 32%- megújuló energia részarányt, illetve 32,5%-os energiahatékonyság növelést ír elő. A célok eléréséhez 2018-ban vizsgálták felül és módosították az Energiahatékonysági Irányelvet (EN, 2018b).

Az Energiahatékonysági Irányelv újbóli felülvizsgálatát a 2021 júliusában elfogadott „Irány az 55%!” (Fit for 55) jogalkotási csomag megjelenése tette szükségessé, amelynek célja, hogy 2030-ig az 1990-es bázisévhez képest az üvegház hatású gáz kibocsátási szintet 55%-kal csökkentsük EU-s szinten, 2050-re pedig klímasemlegessé váljon a szövetség (European Commission, 2021).

A javaslatcsomag átfogó reformot indítványoz többek között:

- a kibocsátáskereskedelemben (EU ETS),
- az épületenergetikai szabályozásban, az épületek energiafelhasználásának csökkentésében,
- a megújuló energia fokozott felhasználásában,
- a nagyobb energiahatékonyság elérésében,
- az erdészeti kérdésekben,
- az alacsony kibocsátású közlekedési módok fejlesztésében és az ehhez kapcsolódó infrastruktúra kiépítésében és
- a tagállami adópolitikák összehangolásában az európai zöld megállapodás célkitűzéseivel (European Commission, 2021).

Az Európai Unió tagállamként Magyarországnak integrálnia kell a jogalkotási folyamatába a kitűzött célokat, és be kell számolnia arról, hogy hogyan érte el azokat. Hazánk 2018-ban mutatta be Magyarország Nemzeti Energia- és Klímatervének tervezetét, majd 2020 januárjában publikálta a hivatalos Nemzeti Energia- és Klímatervet (NEKT). A NEKT 2023-ban felülvizsgált változatának legfontosabb célkitűzései a Nemzeti Energiastratégia céljaival összhangban az energiaszuverenitás és az energiabiztonság megerősítése, a rezsicsökkentés eredményeinek fenntartása, valamint a dekarbonizáció (NEKT, 2023).

Az „Irány az 55%!” intézkedéscsomag jogharmonizációjához igazodva a 2023-as felülvizsgálatban növekedtek az energiapolitikai célkitűzések, amelyet az alábbi táblázatban mutatok be.

1. táblázat: Magyarország és az EU célkitűzései (Forrás ITM, 2020, NEKT, 2023 és European Commission, 2021 alapján saját szerkesztés)

	NEKT 2020	NEKT 2023	Fit for 55 intézkedéscsomag
ÜHG kibocsátás csökkentés 2030-ig 1990-hez képest	min. -40%	min. -50%	-55%
ÜHG kibocsátás csökkentés 2050-ig 1990-hez képest		karbonsemleges	karbonsemleges
A megújuló energia részaránya a bruttó végső- energia felhasználáson belül	min. 21%	min. 29%	40%
Végső energiafelhasználás	legfeljebb 785 PJ	legfeljebb 750 PJ	2020-ban készített energiafogyasztási előrejelzésekben szereplő adatokhoz képest legalább 11,7%-kal csökkenjen.

A táblázatban bemutatott végső energiafelhasználási célkitűzések magyarázatra szorulnak.

A Klímaterv 2.2 i. pontja szerint „*Legfőbb energiahatékonysági célkitűzésünk, hogy az ország végsőenergiafelhasználása (Europe 2020-2030 indikétre szerint számítva) 2030-ban ne haladja meg a 750 PJ értéket. Célunk, hogy GDP növekedésének üteme egyre nagyobb mértékben haladja meg az energiafelhasználás növekedését, és hogy a GDP végső energiaintenzitása tovább javuljon, 2030-ra 0,429 toe/millió Ft alá csökkenve*” (NEKT, 2023).

A 2020-ban kiadott Klímaterv, Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal honlapján elérhető 3. melléklete szerint a 2030-ra előre jelzett végső energiafelhasználás 20661,36 ktoe (865 PJ) lesz a WEM forgatókönyv szerint (Meglévő intézkedésekkel - with existing measures) (ITM, 2020). Tehát abban az esetben, hogyha a 2020-as évet megelőző energiahatékonysági intézkedések körét nem bővíti, de megtartja a Kormány.

Így a 2023-as felülvizsgálat szerint 13,29%-kal kevesebb lesz 2030-ban hazánk végsőenergia felhasználása, mint a WEM forgatókönyvben előre jelzett mennyiség.

Az Eurostat végsőenergia 2020-30 indikátora szerint a 2021-től 2030 végéig tartó időszakra vonatkozó halmozott végfelhasználási energia-megtakarítási kötelezettségünk 336,323 PJ (NEKT, 2023).

Az előirányzott energiamegtakarítás eléréséhez a Klímaterv 1. melléklete különböző, már hatályos vagy elfogadott, illetve a 2020-2030-as periódusban kialakítani tervezett szakpolitikát vagy energiahatékonysági intézkedést mutat be. Ezek között számos, vállalati, lakossági, középületi, közlekedésfejlesztési, gazdaságfejlesztési, energiahálózat fejlesztési fókuszú stratégiát találunk.

Az energiahatékonysági célkitűzéseket beruházási támogatásokkal, szabályozásokkal, illetve pénzügyi ösztönzőkkel igyekeznek megvalósítani Magyarország. Ezekre az intézkedésekre a következő táblázatban mutatok példákat.

2. táblázat: A Klímatervben bemutatott energiahatékonysági stratégiák (Forrás: ITM, 2020 alapján saját szerkesztés).

Szabályozás	<ul style="list-style-type: none"> - 2015. évi LVII. törvény az energiahatékonyságról <ul style="list-style-type: none"> o Kötelező nagyvállalati energetikai audit o Energetikai szakreferens program o Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer bevezetése - Nemzeti Energetikusi Hálózat - 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról (majd 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet)
Beruházási támogatások	<ul style="list-style-type: none"> - Operatív programok: KEHOP, GINOP, TOP, VEKOP, MAHOP, VP - Egyedi (Kormány-) döntéssel odaítélt költségvetési támogatások alapján történő energiahatékonyságot javító beruházások - Modern Városok Program - Panel programok - CSOK - Lakásépítési támogatás energiahatékonysági bónusz
Pénzügyi ösztönzők	<ul style="list-style-type: none"> - ESCO típusú finanszírozási megoldások javítása - Otthon Melege Program (utófinanszírozással) - Lakás-előtakarékossági program - Energiahatékonysági TAO kedvezmény

A szakdolgozatom szempontjából a vállalkozások számára igénybe vehető energiahatékonysági támogatási programok tekinthetők relevánsnak, így a következő fejezetben ezeket mutatom be.

2.3. Hazai vállalati energiahatékonysági támogatások

Beruházási támogatások

2014. és 2023. között több periódusban, pályázati körben zajlottak a kkv-k célzott támogatására irányuló energetikai fejlesztési programok úgy, mint a:

- Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program (KEHOP),
- Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program (GINOP),
- Versenyképes Közép-Magyarország Operatív Program (VEKOP) és a
- Vidékfejlesztési Program (VP).

Ezek a programok vissza nem térítendő vagy feltételesen visszatérítendő, beruházási támogatást nyújtottak az alábbi területeken (ITM, 2020):

- Megújulóenergia-felhasználás növelése – napelemes, napkollektoros rendszerek kiépítése méretkorláttal, valamint hőszivattyús rendszer beépítése.
- Épületek energiahatékonyságának javítása – ezek alapját az adott épület energetikai besorolásának javulása adta. A pályázathoz épületenergetikai tanúsítást kellett készíttetni a megelőző és a beruházás utáni állapotról.
- Készülékek energiahatékonyságának javítása – kazáncsere, világításkorszerűsítés.

- Szolgáltatási/tercier szektor energiahatékonyságának javítása,
- Ipari, és végfelhasználói energiahatékonyság javítása,
- Energiahatékonyság javítása az energiaiparban és az átalakítási szektorban.

A programokon nagyvállalatok nem vehettek részt, a közép-magyarországi régió kizárólag a VEKOP pályázatokon vehetett részt. Külön pályázatokat írtak ki a mezőgazdasági, a szolgáltatási, illetve az ipari szektor számára. A részvétel feltétele egy sikeres pályázattal járó eljárás volt. A pályázatok általános jellemzője, hogy a vállalatok a kiírásban meghatározott fejlesztéseket valósíthatták meg, ami nem hagyott teret például egy adott technológiai folyamat átalakítására.

2015-től évente kiírásra kerül a Nagyvállalati Beruházási Támogatási Program. Ez a forrás az alábbi területekre alkalmazható (PM, 2018):

- induló vagy új gazdasági tevékenység végzésére irányuló induló beruházások,
- energiahatékonysági beruházások,
- megújuló energia használatát célzó beruházások,
- bővítő vagy pótló beruházások.

2022-ben igen nagy népszerűségnek örvendett a szintén nagyvállalatok támogatására irányuló Gyármentő Program, amely a feldolgozóipari tevékenységgel foglalkozó nagyvállalatok számára nyújtott vissza nem térítendő támogatást energiahatékonysági és megújuló energia termelésére irányuló beruházásokhoz. A programban budapesti székhelyű vállalkozások is részt vehettek. A kiírás újszerűségét adta, hogy energiahatékonysági beruházás esetén a támogatási kérelemhez a beruházás megkezdését megelőző állapotot rögzítő, a beruházással érintett helyszínről és a tervezett beruházásról készült energetikai auditot kellett mellékelni (HIPA, 2022).

Az eddig bemutatott támogatási formák beruházási támogatások voltak, részben előfinanszírozták az energiahatékonysági projekteket, továbbá mivel meghatározott projekteket valósíthattak meg a vállalatok, ezért ezek alapján központilag kalkulálták az EU felé elszámolható energiamegtakarítást.

Energiahatékonysági célokat szolgáló beruházás, felújítás adókedvezménye (TAO kedvezmény)

2017-ben újfajta, a társasági adóból visszaigényelhető energiahatékonysági támogatást vezettek be a TAO törvény módosításával. A törvény 22/E. §-a rendelkezik az energiahatékonysági célokat szolgáló beruházás, felújítás adókedvezményéről. A TAO támogatás lényege, hogy energetikai auditot igazolt energiahatékonysági projekt megvalósítása esetén az adózó a beruházási költség bizonyos részét visszaigényelheti a társasági adójából.

Adó visszaigénylésre, amennyiben társasági adót fizet a vállalkozás, a méretétől és regionális elhelyezkedésétől függően eltérő százalékban lehet igényt benyújtani, amennyiben az energiahatékonysági beruházás megfelel az Európai Unió vagy hazai szinten szabályozott minimum energiahatékonysági követelményeknek. Amennyiben vannak ilyen követelmények, illetve a régi berendezés, eszköz műszakilag hasznos élettartama már lejárt, abban az esetben ellenajánlatot kell kéni a beruházásra és elszámolható költségként a kevésbé hatékony (de minimumkövetelményeknek

megfelelő) berendezés, illetve a megvalósított beruházás költségkülönbségét lehet feltüntetni (1996. évi LXXXI. törvény).

A MEKH adatpublikációja szerint a TAO auditokban jelentett megtakarítások a következőképp alakultak: 2017-ben 14,95 TJ (32 db igazolás), 2018-ban 268 TJ (291 db igazolás), 2019-ben* 320 TJ (482 db) (Ringhoffer, 2020).

Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszert (EKR)

2021 januárjától az Energiahatékonysági törvény (Ehat. tv.) módosításával Magyarországon is bevezették az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszert (EKR). Az EKR értelmében a villamosenergia- és földgáz-kereskedelmi engedélyesek és egyetemes szolgáltatók, valamint a közlekedési célú üzemanyagot értékesítő gazdálkodó szervezetek kötelesek a két évvel korábban értékesített energiamennyiségük arányában számolt energiamegtakarítást elérniük a végső felhasználók körében (Ehat tv., 2015).

Az alábbi táblázatban az Ehat törvényben leírt éves (EKR) energiamegtakarítási kötelezettség éves százalékos arányát vetem össze a villamos energia, a földgáz, illetve a közlekedési ágazat végső energia felhasználásával.

3. táblázat: *Az EKR hatálya alá tartozó becsült energiamegtakarítási kötelezettség (Forrás: Ehat. tv. és NEKT alapján saját szerkesztés)*

Kötelezettség teljesítésének éve	Melyik év eladásai a számítás alapja	Mértéke (eladott energia %-a)	Becsült energiamegtakarítási kötelezettség [TJ]
2021	2019 (tényadat)	0,05%	286
2022	2020 (tényadat)	0,10%	596
2023	2021 (további évek a 2020-as végsőenergia felhasználás alapján)	0,30%	1 788
2024	2022	0,50%	2 979
2025	2023	0,50%	2 979
2026	2024	0,50%	2 979
2027	2025	0,50%	2 979
2028	2026	0,35%	2 086
2029	2027	0,15%	894
2030	2028	0,05%	298
Összesen			17 864

A táblázat alapján látható, hogy megközelítőleg 18 ezer TJ energiamegtakarítást remélnek a döntéshozók az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszertől. Jelenleg, 2023 októberében az

energetikai auditorok, (hitelesítő szervezetek) 3563,6 TJ energiamegtakarítás jelentettek le (MEKH, 2023), amely meghaladja a 2023-as évi kötelezettségeket.

Az energiaszolgáltatók egy része az üzletszabályzatuk módosításával az energiamegtakarítást nem elérő végfelhasználókra terhelte ki új díjlemként az energiamegtakarítási kötelezettséget. Ezzel együtt a hitelesített energiamegtakarítások (HEM-ek) adás-vételére piac alakult ki. A HEM értéke jelenleg a HUPX Zrt. piacmonitoring elemzése szerint 5-20 ezer Ft/GJ között mozog (HUPX, 2022).

Ahogy a TAO auditorknál, itt is az energiamegtakarítás számításánál figyelembe kell venni az energiával kapcsolatos termékek környezetbarát tervezésére vonatkozó követelményeket (2009/125/EK). E szerint azoknál a berendezéseknél, amelyekre hatályban van EU által meghatározott minimum energiahatékonysági követelmény, ott a beruházás során létrejövő energiamegtakarítást nem a régi és az új berendezés energiafogyasztásának különbségéből kell számítani, hanem a meghatározott kritérium és az új berendezés energiafelhasználásának különbségeként (Ehat tv., 2015).

3. HŐÁTVITEL ÉS HŐSZIGETELES: ALAPOK, SZÁMÍTÁSOK ÉS ALKALMAZÁSOK

A szigetelőanyagokkal elérhető energiamegtakarítás felmérése érdekében tisztában kell lennünk, hogy a rendszernél – legyen az épület, távhő elosztóhálózat vagy magas hőmérsékletű ipari rendszer – szigetetlen alapállapotban, illetve adott minőségű szigeteléssel milyen hőveszteségekkel számolhatunk. A következőkben a különböző hőmérsékletű közegek találkozásakor fellépő hőtranszport folyamatokat, a hőveszteség számítási módszerét mutatom be.

3.1. Hőtranszport folyamatok

Az energiaátadás hőmérséklet-különbség hatására is létrejön az anyagban. A különböző hőmérsékletű anyagok között létrejövő energia átmenet a hőátvitel vagy hőtranszport.

A hőenergia terjedésének mennyiségét az alábbiakban bemutatott folyamattal tudjuk leírni. A hő terjedése hőszállítással, hővezetéssel, illetve hősugárzással történhet a nagyobb hőmérsékletű hely felől a kisebb felé a termodinamika II. főtétele szerint (Bihari, 2012).

- Hővezetés vagy konduktív hőátadás esetén az atomok vagy molekulák ütközésük révén adják át a hőt egymásnak. Mivel szilárd anyagokban állnak a legközelebb egymáshoz a részecskék, a szilárd anyagok esetében a legjelentősebb a hővezetés hatása. Ennél a hőátadási formánál nem történik anyagáramlás, hanem a részecskék a belső energiájukat adják át (Bihari, 2012).
- Hőszállítás, konvektív hőátadás játszódik le folyadékok és gázok esetében, mikor melegítés hatására sűrűségük csökken, a lokálisan kisebb sűrűségű rész pedig felfelé áramlik. A hőközlési folyamat egy szilárd fal és a gáz vagy fluidum fő tömege között jön létre. A hőforrás és a hőelnyelő között makroszkopikus mozgást végző közeg közvetít (Gróf, 1999). Hőáramlás játszódik le a vizsgált gőzvezeték rendszerben is, amikor a csővezeték felülete felmelegíti a környező légtömeget.
- A hősugárzás vagy radiáció lejátszódásához nincs szükség közegre és minden 0 Kelvin feletti testnél végbemegy elektromágneses hullámok formájában (Bihari, 2012). A Stefan-Boltzman törvény alapján a fekete test által kisugárzott teljes energia mennyisége csak a sugárzó test hőmérsékletétől függ és annak negyedik hatványával arányos (István, 2013).

$$P = \sigma T^4, \text{ ahol} \quad (1)$$

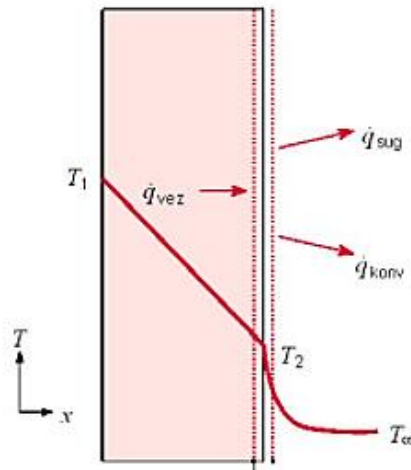
- $\sigma = 5,672 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$ a Stefan-Boltzmann állandó,

- T pedig az abszolút hőmérséklet.

A hősugárzás egy olyan folyamat, amely a térben elektromágneses hullámok formájában terjed, és nem igényel közvetítő közeg jelenlétét. Ez a folyamat eltér a hővezetéstől és hőszállítástól, mivel a hő itt elektromágneses sugárzássá alakul, majd újra hővé válik egy másik ponton a térben (Wellons, 2007).

A test spektrális emissziós és abszorpciós képessége anyagjellemző, de ezek hányadosa nem függ az anyag minőségétől (István, 2013).

Az ipari csövek esetében hőszállítás megy végbe amikor a forró gőz átadja a hőenergiáját a csőfalnak. Ezek után a szilárd testben a hő energiáját hővezetéssel adják tovább az atomi részecskék. A csőfal szélét elérve a hőenergia újra hőszállítással adódik át a környezetbe, ami a rendszerben hővesztésékként jelenik meg. Ezt a folyamatot, illetve a radiációs hővesztéséget az alábbi ábra mutatja be.



5. ábra: A hőszállítás (q_{sug}), a hővezetés (q_{vez}) és a hőszállítás (q_{konv}) viszonya. (Forrás: BME Energetikai Gépek és Berendezések Tanszék.)

A hőátadás egy összetett fizikai jelenség, a hővezetés, a hőszállítás és a hőszállítás együttes jelenléte eredményezi (Gróf, 1999), ezért a számítások során a három, összefüggő hővesztési folyamatot vizsgálom.

3.2. Hővesztés számítása

A hővezetés matematikai modelljét Fourier vezette be. A Fourier-törvény szerint egy homogén testben a stacionárius hőáram a csökkenő hőmérsékletek irányába mutat. Ezt írja le az alábbi képlet (Bihari, 2012):

$$\dot{q} = -\lambda * \text{grad}T \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (2)$$

ahol:

- \dot{q} – hőáramsűrűség $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
- λ – hővezetési tényező, $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$
- ΔT – hőmérséklet különbség, $[K]$.

Egy dimenzióban a hőáram arányos a terjedés irányában tapasztalt hosszegységenkénti hőmérséklet-változással és az erre az irányra merőleges keresztmetszettel, így a Fourier-egyenlet síkfalra vonatkozó számítását állandósult hővezetés esetében az alábbiak szerint írhatjuk le (Bihari, 2012):

$$\dot{Q} = -\lambda * A * \frac{t_2 - t_1}{\delta} [W] \quad (3)$$

ahol:

- \dot{Q} – hőáram, [W]
- λ – hővezetési tényező, $[\frac{W}{m \cdot K}]$
- A – keresztmetszet [m²]
- $t_2 - t_1$ – a sík fal két oldalán jelentkező hőmérséklet különbség, [°C]
- δ – sík fal vastagsága [m].

A fent bemutatott egyenletek egy szilárd testben – a dolgozat szempontjából a csővezetékek acélfalában – létrejövő hővezetést mutatják be.

A felületet (az acélcső belsejét) az áramló közeg (gőz, meleg víz) hőátadással melegíti fel. A hőátadás szilárd felület és áramló közeg között jöhet létre, hajtóereje a hőmérséklet különbség. A falban történő hővezetés során a fal szintén hőátadással adja át a szállított hőt a külső környezetnek. A hőátadási tényező nem anyagjellemző. Függ a felület geometriai jellemzőitől, áramlás jellegétől, közeg fizikai jellemzőitől (Dr, Beke, 2009).

A bemutatottak alapján az összetett hőátvitel jelensége, a hővezetés és hőszállítás során létrejövő hővesztesség (R) az alábbi képletek szerint számítható.

Síkfal állandósult hővezetésénél az alábbi számítási módszert alkalmazhatjuk (Dr, Beke, 2009):

$$R = \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_{acél}}{\lambda_{acél}} + \frac{\delta_{szig}}{\lambda_{szig}} + \frac{1}{\alpha_k} \quad (4)$$

$$k = \frac{1}{R}$$

$$q = k * \Delta t$$

- q – hővesztesség $\frac{W}{m^2}$
- k – hőátbocsátási tényező $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
- $\delta_{acél}$ – az acél szerkezet vastagsága [m]
- δ_{szig} – a szigetelés vastagsága [m]
- α_b – belső hőátadási tényező $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
- α_k – külső hőátadási tényező $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
- $\lambda_{acél}$ – az acél szerkezet hővezetési tényezője $\frac{W}{m \cdot K}$
- λ_{szig} – a szigetelés hővezetési tényezője $\frac{W}{m \cdot K}$
- Δt – a berendezés belső és a kinti hőmérséklet különbsége [°C]

A szerelvények szigeteléséhez dolgozatomban a fenti képletet alkalmazom, mivel ezek alakja és felülete változatos, így a következőkben bemutatott, hengerre alkalmazható összefüggésekkel nem írhatók le a hővesztéseik.

A henger állandósult hővezetésének meghatározása az alábbiak szerint történik, mivel külső és belső felületük eltérő (Dr, Beke, 2009):

$$R = \frac{1}{\alpha_b * r_{cs\delta,b} * \pi} + \frac{1}{2\pi\lambda_{cs\delta}} * \ln \frac{r_{cs\delta,k}}{r_{cs\delta,b}} + \frac{1}{2\pi\lambda_{szig}} * \ln \frac{r_{szig,k}}{r_{cs\delta,k}} + \frac{1}{\alpha_k * r_{szig,k} * \pi} \quad (5)$$

$$k = \frac{1}{R}$$

$$q = k * \Delta t$$

- q – hőveszteség $\frac{W}{m^2}$
- k – hőátbocsátási tényező $\frac{W}{m^2 * K}$
- $r_{cs\delta,b}$ – a henger belső sugara [m]
- $r_{cs\delta,k}$ – a henger külső sugara [m]
- $r_{szig,k}$ – a szigetelés külső sugara [m]
- α_b – belső hőátadási tényező $\frac{W}{m^2 * K}$
- α_k – külső hőátadási tényező $\frac{W}{m^2 * K}$
- $\lambda_{cs\delta}$ – a cső hővezetési tényezője $\frac{W}{m * K}$
- λ_{szig} – a szigetelés hővezetési tényezője $\frac{W}{m * K}$
- Δt – a berendezés belső és a kinti hőmérséklet különbsége

A kapott q – hőveszteség $\frac{W}{m^2}$ értékeket meg kell szorozni a hőleadó felület nagyságával, illetve az hőleadás időtartamával, így kapjuk meg az adott rendszer hőszállítás és hővezetés során létrejövő hőveszteségét.

A felület radiációs (hősugárzásos) hőveszteségének meghatározásához az előző fejezetben ismertett Stefan-Boltzman törvényhez képest korrekcióra szorult. Ha test felülete egyidejűleg emittál és abszorbeál is hőt, a felületi hőveszteség az alábbi formulával adható meg (Dodog, 2023):

$$P = A\varepsilon\sigma(T_{test}^4 - T_{környezeti}^4) \quad (6)$$

- A – felület,
- ε – a felület emissziós tényezője = 0,25,
- $\sigma = 5,672 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 * K^4}$ a Stefan-Boltzmann állandó,
- $T_{környezeti}$ = a külső levegő hőmérséklete Kelvinben,
- T_{test} – pedig a berendezés külső hőmérséklete Kelvinben.

Fontos megemlíteni, hogy a hősugárzással a testek nemcsak leadnak hőenergiát, hanem fel is tudnak venni, jelen esetben a jelentősebb sugárzási hőnyereség a többi berendezés és Nap sugárzási hőleadása.

3.3. Hőszigetelő anyagok felhasználása

Az előző fejezetekben bemutatott számítási módszerek, képletek alapján az összetett hőátvitelt az alábbi jellemzők befolyásolják:

- a fal „belső” oldalán a közegre jellemző hőátadási tényező (α_b),
- a fal „külső” oldalán a közegre jellemző hőátadási tényező (α_k),
- a fal anyagának hővezetési tényezője (λ),
- a fal vastagsága (δ),
- a hőmérséklet-különbség a fal két oldalán (Δt).

Ebben a fejezetben a hővezetéssel, hőszigeteléssel, illetve a hőszigetelő anyagok anyagi minőségével foglalkozom, a felhasználási szempontokat is figyelembe véve.

A hővezetési tényező, amelynek jele: λ , mértékegysége: $\frac{W}{m \cdot K}$ egy arányossági tényező, amely azt fejezi ki, hogy mekkora hőáram halad át időegység alatt egységnyi vastagságú, az egységnyi felülettel bíró anyagon, egységnyi hőmérsékletkülönbség hatására az áramlásra merőlegesen. A hővezetési tényező tehát egy anyagjellemző, számértéke pedig az anyag szerkezetétől és termodinamikai állapotától függ (Padrah *et al.*, 2019). Minél kisebb tehát egy anyag hővezetési tényezője, annál jobb hőszigetelő tulajdonsággal bír, hiszen ez által képes csökkenteni a hőáramlási sebességet (Aditya *et al.*, 2017). A hőszigetelésre felhasznált anyagokra termékszabványokat határoznak meg. A szabványok a hőszigetelő anyagok fontos tulajdonságait és követelményeit írják elő.

Az MSZ EN 13163:2012 szabvány például az építőipari hőszigetelő termékeken belül a gyári készítésű expandált polisztirol (EPS-) termékek műszaki előírásait, az MSZ EN 13164:2012 termékszabvány pedig a gyári készítésű extrudált polisztirolhab (XPS-) termékek műszaki előírásait mutatja be.

Az MSZ EN 13163 termékszabvány többek közt az alábbi anyagtulajdonságokat említi és fogalmaz meg rájuk követelményértékeket (MSZ EN 13163:2012):

- Hővezetési tényező, hővezetési ellenállás
- Nyomószilárdság
- Hőállóság
- Alaktartóság
- Méretváltozás hőmérsékletváltozás hatására
- Öregedés, időjárás hatásaival szembeni ellenállóképesség
- Vegyszerállóság
- Éghetőség
- Építésbiológiai tulajdonságok
- Vízfelvétel hosszú idejű teljes bemelegítés esetén
- Hosszú idejű páradiffúziós vízfelvétel

Elmondható tehát, hogy a fentebb leírt tulajdonságok lényegesen befolyásolják a szigetelőanyagok alkalmazási körét a különböző iparágakban.

A következőkben egyes iparágak, felhasználási lehetőségek alapján csoportosítom a hőveszteségek csökkentésére – azaz hőszigetelésre – felhasznált anyagokat.

3.3.1. Építészet, épületgépészeti berendezések

Az IEA (International Energy Agency) 2022-es riportja alapján az épületek energiateljesítménye adja a világ végsőenergia felhasználásának 30%-át. Európai Unió szinten 2021-ben ez a szám 28% volt az Eurostat adatai alapján (Eurostat, 2023). Az energiahatékonyság növelésében, illetve a kibocsátáscsökkentésben az EU nagy mértékben támaszkodik a háztartásokra.

Az energiahatékonysági irányelv az energiaszegény háztartások segítségét célzó intézkedéseket kíván bevezetni, illetve a hűtés-fűtés végső energiateljesítményének nagyobb mértékű monitorozását írja elő a tagállamok számára (EN, 2018a). A 2018-tól hatályos épületenergetikai irányelv alapját pedig egy 2050-ig megvalósítandó épület dekarbonizációs intézkedéssorozat képezi, a közel nulla energiaigényű épületek kialakítása érdekében (EN, 2018).

A szennyezőanyag kibocsátás csökkentésben az épületállomány hőveszteségeinek csökkentése jelentős szerepet játszik. Magyarországon meglévő épület jelentős felújítása² vagy új épület építése esetén (kivéve bizonyos esetek például műemléképületek, vagy a 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet hatálya alá nem tartozó épületek) az épület szerkezeteinek meg kell felelniük a TNM rendeletben, majd 2023.11.01-től az ÉKM rendeletben meghatározott, szerkezetek hőátbocsátási tényezőire vonatkozó követelményértékeknek.

A követelményértékeket az alábbi táblázatokban mutatom be (7/2006. (V. 24.) TNM rendelet) (9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet).

² „2§ 13. jelentős felújítás: a határoló szerkezetek összes felületének legalább a 25%-át érintő felújítás.”
„6§ (7) E § alkalmazásában nem minősül jelentős felújításnak a földszintes épület pincefödémének vagy padlásfödémének utólagos hőszigetelése, amennyiben más korszerűsítés az épületen nem történik.” (7/2006. (V. 24.) TNM rendelet)

4. táblázat: Szerkezetek hőátbocsátási tényezőinek követelményértékei (7/2006. (V. 24.) TNM rendelet) (9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet).

Szerkezet	U _k követelmény [W/m ² K]		Változás
	ÉKM	TNM	
Homlokzati fal	0,24	0,24	-
Lapostető	0,17	0,17	-
Fűtött tetőteret határoló szerkezetek	0,17	0,17	-
Padlás és búvótér alatti földem	0,17	0,17	-
Árkád és áthajtó feletti földem	0,17	0,17	-
Alsó záróföldem fűtetlen terek felett	0,26	0,26	-
Üvegezés	1,00	1,00	-
Különleges üvegezés (magas akusztikai vagy biztonsági követelményű üvegezés)	1,20	1,20	-
Fa vagy PVC keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró (> 0,5 m ²) (**)	1,10	1,15	-0,05
Fém keretszerkezetű homlokzati üvegezett nyílászáró (> 0,5 m ²) (**)	1,40	1,40	-
Homlokzati üvegfal, függönyfal (**)	1,40	1,40	-
Üvegtető	1,50	1,45	+0,05
Tetőfelülvilágító, füstelvezető kupola (> 0,5 m ²)	1,70	1,70	-
Tetősík ablak (> 0,5 m ²)	1,30	1,25	+0,05
Ipari és tűzgátló ajtó és kapu (fűtött tér határolására)	2,00	2,00	-
Homlokzati vagy fűtött és fűtetlen terek közötti ajtó	1,40	1,45	-0,05
Homlokzati vagy fűtött és fűtetlen terek közötti kapu	1,80	1,80	-
Fűtött és fűtetlen terek közötti fal	0,40	0,26	+0,14
Szomszédos fűtött épületek és épületrészek közötti fal	1,50	1,50	-
Lábazati fal	0,30	0,30	-
Talajjal érintkező fal csak új épületeknél)	0,30	0,30	-
Talajon fekvő padló (új épületeknél)	0,30	0,30	-
Hagyományos energiagyűjtő falak (pl. tömegfal, Trombe fal)	1,00	1,00	-

Az ÉKM rendelet a szerkezetek jellemzésére bevezetett egy minősítési skálát, amelyet a következő táblázat tartalmaz (9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet).

5. táblázat: Épületszerkezetek minősítése (9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet).

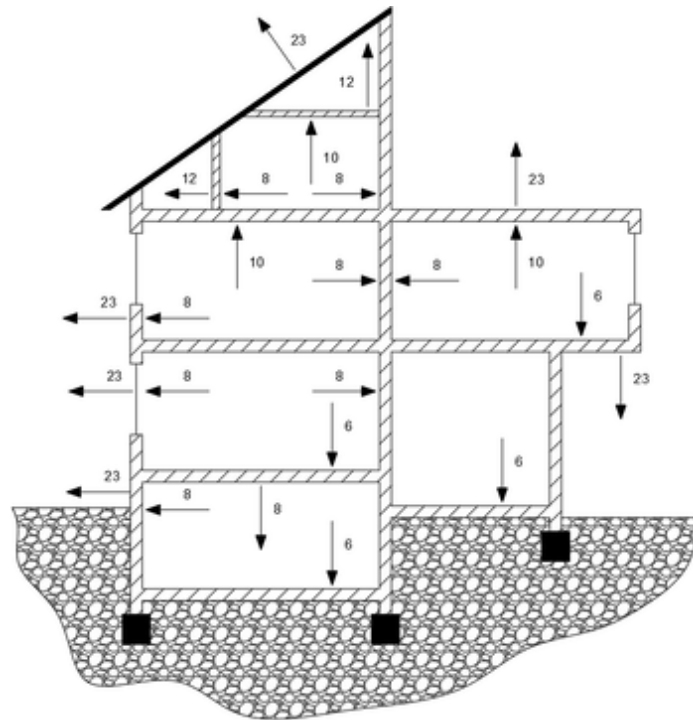
	rossz	gyenge	közepes	jó	kiváló
homlokzati fal [W/m ² K]	0,9<...	0,45<...≤0,9	0,24<...≤0,45	0,16<...≤0,24	≤0,16
padlásföldem [W/m ² K]	0,7<...	0,3<...≤0,7	0,17<...≤0,3	0,12<...≤0,17	≤0,12
talajjal érintkező fal [W/m ² K]	0,8<...	0,5<...≤0,8	0,3<...≤0,5	0,2<...≤0,3	≤0,2
talajon fekvő padló [W/m ² K]	0,8<...	0,5<...≤0,8	0,3<...≤0,5	0,2<...≤0,3	≤0,2
pinceföldem [W/m ² K]	0,9<...	0,5<...≤0,9	0,26<...≤0,5	0,2<...≤0,26	≤0,2
magastető, lapostető [W/m ² K]	0,7<...	0,3<...≤0,7	0,17<...≤0,3	0,12<...≤0,17	≤0,12
nyílászáró [W/m ² K]	3,0<...	1,5<...≤3,0	1,1<...≤1,5	0,8<...≤1,1	≤0,8
tetősík ablakok [W/m ² K]	3,0<...	1,5<...≤3,0	1,3<...≤1,5	1,1<...≤1,3	≤1,1

Az építészeti szigetelőanyagok esetében azért lényeges szempont az épületszerkezetek hőátbocsátási tényezőire vonatkozó követelményérték, mert a 5.2. *Hővesztesség számítása* című fejezetben bemutatott számítási módszertan alapján az épületenergetikai felújítások során figyelembe kell vennünk például a

homlokzati fal vastagságát, a fal minősége alapján meghatározott hővezetési tényezőjét és vizsgálnunk kell, hogy az adott hővezetési tényezőjű szigetelőanyagból mekkora vastagságot kell felvinnünk a szigetelendő falfelületre.

Egy példát említve:

30 cm vastagságú B 30-as téglá falazatra, melynek hővezetési tényezője $0,64 \text{ W/mK}$ a számítási módszertan alapján pontosan $14,2 \text{ cm}$ $0,4 \text{ W/mK}$ hővezetési tényezőjű (polisztirolhab) szigetelést kell felhelyezni a követelmények teljesítéséhez.



6. ábra: Hőátadási tényező értékei az egyes szerkezeteknél (Zöld et al., 2019).

Az alábbi táblázatban a 4. táblázatban bemutatott színskálával jelöltem meghatározott szigetelés vastagságokkal a homlokzati fal szerkezetének minőségét. Hőátadási tényezőnek a 6. ábrán bemutatott küldő és belső hőátadási tényezőket használtam (Zöld et al., 2019), a B30-as téglá falazat hőátadási tényezőjét pedig a WinWatt Épületfizika szoftverben jelölt érték alapján vettem fel.

6. táblázat: B 30-as téglafalazat szigetelése különböző vastagságú polisztirolhab szigetelőanyaggal (Forrás: saját számítás).

	fal- vastagság	szigetelés vastagság	belső hőátadási tényező	külső hőátadási tényező	hővezetési tényező B30 tégla falazat	hővezetési tényező polisztirolhab	hőátbocsátási tényező
	[mm]	[mm]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/mK]	[W/mK]	[W/mk]
B30 téglafalazat	300	0	8,0	23,0	0,64	0,04	1,57
szigetelt B30 téglafalazat	300	50	8,0	23,0	0,64	0,04	0,53
szigetelt B30 téglafalazat	300	100	8,0	23,0	0,64	0,04	0,32
szigetelt B30 téglafalazat	300	150	8,0	23,0	0,64	0,04	0,23

A fentiek alapján látható, hogy az épületenergetikai hőszigeteléseknél meg kell felelni a minimum energiahatékonysági követelményeknek. A követelményeknek való megfelelés esetében valósítható meg elméletben jelentős felújítás, illetve a megfelelés az alapja az energiahatékonysági támogatásokban vagy az EKR-ben hitelesített energiamegtakarítás (HEM) kiállításának.

Az építőipari szigetelés alapanyagai az igényeknek megfelelően sokfélék lehetnek. Főbb szempontok az ár-érték viszony, az időjárás hatásaival szembeni ellenállóképesség, illetve a megfelelő páratechnikai tulajdonságok, de adott környezetben fontos szempont lehet a tűzállóság is (Al-Homoud, 2005). A szigetelőanyagokat anyagi összetétel szerint is osztályozhatjuk, amelyet Aditya és munkatársainak tanulmánya alapján mutatok be.

7. táblázat: A szigetelőanyagok osztályozása anyagi összetétel alapján (Aditya et al., 2017).

Anyagi minőség		Tulajdonságok
Szervetlen anyagok	habos szigetelések - pürhab	Rések, hézagok kitöltésére használatos
	szálas szigetelések - kőzetgyapot - üvegyapot	Jó hővezetési tényező 0,035-0,038 W/mK körül, tág hőmérsékleti tartomány, akár 250°C-ig
Szerves anyagok	habos szigetelések - expandált polisztirol - extrudált polisztirol - poliuretán hab	EPS – homlokzati hőszigeteléseknél, hővezetési tényező 0,035-0,038 W/mK XPS – igen kis vízfelvétel, alkalmas lábazati, földem szigetelésekre, hővezetési tényező 0,035-0,038 W/mK
	szálas szigetelések - birka gyapjú - pamut - kókuszrostok - cellulóz	Újrahasznosítható, nem mérgezőek, környezetbarátok és gyártási technológiájuk kis energiaigényű A cellulóz hővezetési tényezője ismert, de viszonylag magasabb, 0,054–0,046 W/mK, továbbá az alkalmazhatósági határa 80°C.
Összetett anyagok	- kalcium-szilikát - gipszhab - fa-gyapjú	A kalcium-szilikát alapú hőszigetelő lemezek alkalmasak belső oldali hőszigetelésre kapilláris szívóhatásuk miatt. Hővezetési tényező 0,053 W/mK
Új technológiák	- átlátszó anyagok (falak vákuumos szigetelése) - dinamikus anyagok	Jelenleg rendkívül drágák, kutatás-fejlesztés alatt állnak, ellenben hővezetési tényezőjük rendkívül alacsony, az aerogéleknek kisebb, mint 25 mW/mK

Jelenleg az építőiparban a legerjedtebb szigetelőanyagok általában polimer alapúak, mint például polisztirol (EPS, XPS) és poliuretán hab. Ezek az anyagok megfelelő hőszigetelő tulajdonságokkal

rendelkezők és olcsóbbak, azonban a gyártási folyamataik során keletkező környezeti hatások is számottevők. Ezeket főleg homlokzati hőszigetelésre vagy lapostető hőszigetelésre használják (Abu-Jdayil *et al.*, 2019). Födém hőszigetelésénél további népszerű megoldás a kőzetgyapot hőszigetelés. Az épületek fűtőrendszereinek, fűtési csöveinek szigetelésére jelenleg nincs hatályos energiahatékonysági jogszabály, de az épületgépészeti csövek, szellőző és légkondicionáló csatornák megfelelő szigetelése javítja az épület energiahatékonyságát, akusztikai komfortját és tűzbiztonságát is.

3.3.2. Hűtőházak, fagyasztó kamrák

A hűtő és fagyasztó berendezések esetében is a cél a hő terjedésének lassítása, de ezeknél a berendezéseknél nem a hő kijutását, hanem a bejutását próbáljuk csökkenteni. A hűtő- és fagyasztókamrákat elterjedten alkalmazzák az élelmiszeriparban, a kereskedelemben, a gyógyszeriparban és még számos helyen.

A fagyasztórendszerek tipikus üzemelési hőmérséklete -4 és -45°C között van. A rendszerek gazdaságos üzemeltetéséhez nemcsak a tároló kamrákat, hanem a hűtőközeg szállító csöveket, berendezéseket is érdemes szigetelni. Ezek anyaga lehet celluláris üveg, elasztometrikus kaucsukhab lemez vagy ásványgyapot. A szigetelések fontos jellemzője a párakicsapódás elleni védelem, a hajlíthatóság, illetve az alacsony minimum hőmérsékleti határérték (Sarbu *et al.*, 2014).

A hűtőkamrák hőszigetelésére hazánkban is széles körben elterjedt a poliuretán szigetelőanyagot tartalmazó szendvicspanel (külső és belső fém tartóváz réteg között szigetelőanyagot tartalmazó) hőszigetelés, amely optimális vastagsága hűtve tárolásnál 150 mm, fagyasztva tárolásnál 180-200 mm (Girip *et al.*, 2021). Szendvicspaneles vagy más konstrukcióban szintén alkalmas szigetelőanyagok az üvegszál, a kőzetgyapot, az extrudált polisztirol, illetve a hungarocell is (Kecebas & Kayveci, 2010).

3.3.3. Ipari szigetelések

Az ipari szigeteléseknek igen tág hőmérsékleti tartományban és változatos körülmények között kell megfelelniük az elvárt műszaki és alkalmazási követelményeknek.

Számos technológiai folyamatban merül fel az ipari szigetelés alkalmazásának lehetősége, többek közt vízgőz hőhordozó- és munkaközegként való alkalmazásakor, nagynyomású melegvízes rendszereknél, égetőkemencékben. Ezekre példák:

- Erőművek, fűtőművek,
- Vegyi üzemek, gyógyszergyárak,
- Papírgyárak,
- Gumigyártás,
- Élelmiszeripari üzemek, konzervipar,
- Gépjármű alkatrész üzemek, például kerámia berendezések (részecskeszűrők) gyártása.

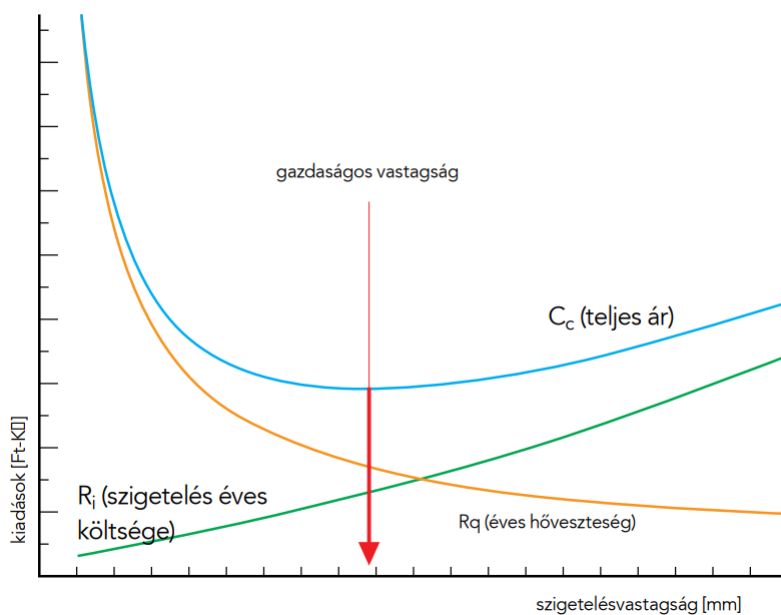
Az adott alkalmazáshoz szükséges szigetelésvastagság és szigetelőanyag választás meghatározásában több tényező is szerepet játszik. Amennyiben egy folyamat kritikus, akkor a szigetelés megbízhatóság az elsődleges szempont. Ez lehet például a könnyű hozzáférés, bonthatóság. Ha viszont a hő- (földgáz)

vagy villamosenergia-megtakarítás a döntő szempont, akkor az éves energiamegtakarítás szerepel az értékelés középpontjában a beépítési költségekkel összehasonlítva. Ilyenek lehetnek például a folyamatos üzemű gőz vagy melegvízes csövek. Ellenben, ha a szigetelést ideiglenesen vagy a szigetelt berendezést kis éves üzemidőben használják, akkor a lehető legalacsonyabb beépítési költség lehet a meghatározó tényező (Bahadori & Vuthaluru, 2010).

Mivel az ipari szigetelések alkalmazása ilyen széles gyártói és felhasználói spektrumot mutat be, ezért a továbbiakban a munkám szempontjából releváns, 50-180°C-os hőmérséklettartományban használt hőszigeteléseket szakirodalmi hivatkozások alapján mutatom be. Ebben a hőmérséklettartományban, hőtávvezetékek, melegvízes-, illetve gőzrendszerek esetében hablémezt, XPS-t, kőzetgyapotot, EPS-t és üvegszálát használnak (Kayfeci, 2014).

Az csőszigetelések optimális vastagságáról számos tanulmány született, amelyek az energiaköltségek, illetve a szigetelésvastagságok költségei alapján vizsgálják az optimum pontos, amelyben a két költség összege a legkedvezőbb (Kaynakli, 2014) (Başoğul & Keçebaş, 2011) (Kayfeci, 2014).

Az alábbi ábrán Kaynakli vizsgálati módszere szerinti szigetelés vastagság optimalizálási módszer látható.



7. ábra: Optimális hőszigetelés vastagság (Forrás: Kaynakli, 2014, Rockwool Gépészeti szigetelések termékkatalógus).

3.4. A dolgozatban vizsgált energiahatékonysági beruházás során alkalmazott hőszigetelő anyagok műszaki paraméterei

A Vállalat gazdasági és üzemeltetési szempontokat mérlegelve más jellegű szigetelést választott a csövek, illetve a szerelvények szigeteléséhez, illetve ezeket más-más gyártótól rendelte meg.

Hőszigetelő anyagnak nagy hőfokú ipari vezetékek esetében általánosan kőzetgyapot hőszigetelést használnak, melyet horganyzott acéllemezekkel, alumínium-cink ötvözettel vagy alumíniummal bevont acéllemezekkel fednek a szigetelőanyag védelme érdekében. A szigetelőpaplan anyaga kőzetgyapot, vastagsága a csőátmérő függvényében kerül meghatározásra.

Szerelvények esetében újabban a szigetelőanyag védelme érdekében külső és belső, szilikonnal impregnált üvegszálás szövetet helyeznek el, régebben pedig erre a célra horganyzott acéllemezeket, alumínium-cink ötvözetet vagy alumíniummal bevont acéllemezeket használtak. A szilikonos technológia nagy előnye, hogy könnyen fel és leszerelhető, nincs szükség hozzá hegesztési munkákra, így a szerelvények karbantartása egyszerűbben megoldható.

Mindkét hőszigetelő anyagra megadta a gyártó adott hőmérsékletű közegek esetén a hőszigetelő anyagok hővezetési tényezőjét. Az egyes hőmérsékleti értékekhez tartozó hővezetési értékekre Microsoft Office Excel segítségével görbét illesztettem. A görbéhez tartozó egyenlet alapján meg tudtam állapítani a hővezetési tényező értékének változását a közeg hőmérsékletének összefüggésében. A szigetelőanyagok gyártói adatlapját a Mellékletek fejezetben mutatom be.

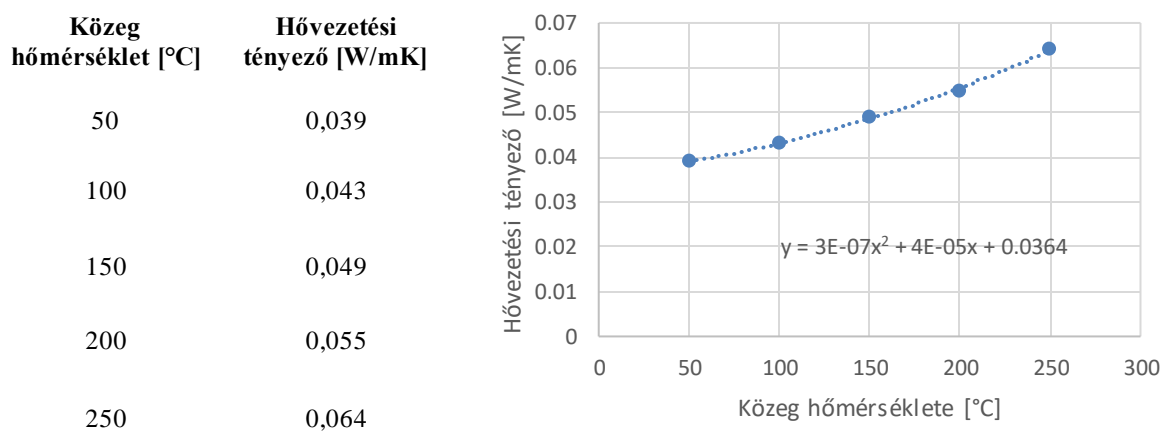
A szerelvényekre szerelt DLT250-S-EG25 bevart paplanos újrafelhasználható szigetelés esetében a pontokra illesztett görbe alapján az alábbi egyenletet kaptuk:

$$\lambda = 3 * 10^{-7} * t^2 + 4 * 10^{-5} * t + 0,0364 \quad (7)$$

ahol:

- λ – Hővezetési tényező [W/mK]
- t – A közeg hőmérséklete [°C]

8. táblázat: A szerelvényekre szerelt szigetelés hővezetési tényezője a közeg hőmérsékletének függésében (Forrás: Műszaki adatlap alapján saját szerkesztés).



A csövekre szerelt ProRox WM 960 horganyzott huzalfonatra tűzött kőzetgyapot paplan hőszigetelés esetében a pontokra illesztett görbe alapján az alábbi egyenletet kaptuk:

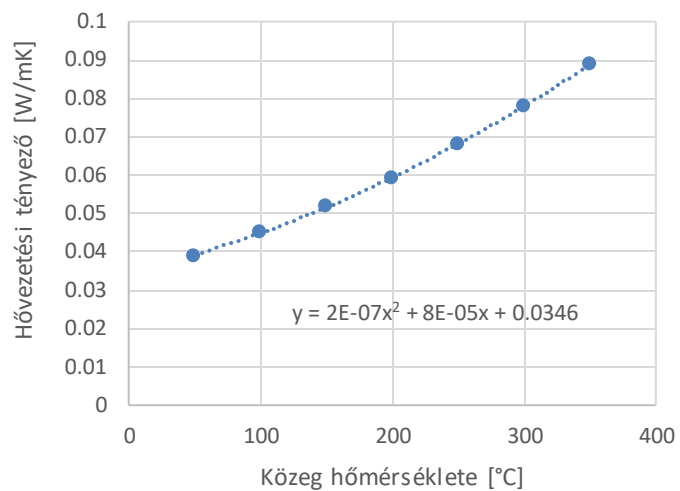
$$\lambda = 2 * 10^{-7} * t^2 + 8 * 10^{-5} * t + 0,0346 \quad (8)$$

ahol:

- λ – Hővezetési tényező [W/mK]
- t – A közeg hőmérséklete [°C]

9. táblázat: A csövekre szerelt szigetelés hővezetési tényezője a közeg hőmérsékletének függésében (Forrás: Műszaki adatlap alapján saját szerkesztés).

Közeg hőmérséklet [°C]	Hővezetési tényező [W/mK]
50	0,039
100	0,045
150	0,052
200	0,059
250	0,068
300	0,078
350	0,089



4. VIZSGÁLT TECHNOLÓGIA BEMUTATÁSA

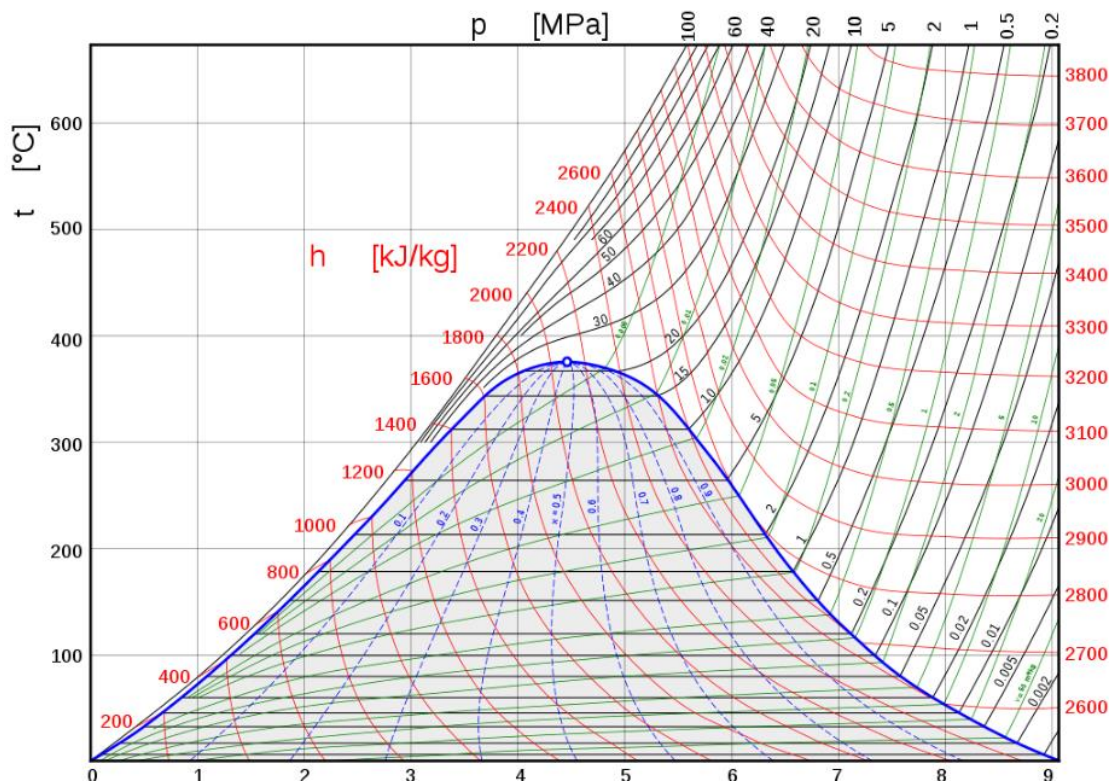
Szakedolgozatomban ipari példán keresztül mutatom be a melegvizes, gőzös rendszerek szigetelésének hatását a hőveszteségek, így az energiafelhasználás csökkentésére. A számításaim alapját egy szeszyár főgőz, kondenz és a technológiai folyamat egyes részeinek vizsgálata adja.

4.1. Gőz, mint hőhordozó közeg

A vízgőzt sokoldalúan alkalmazzák hőhordozó- és munkaközegként az iparban előnyös tulajdonságai miatt. A gőz hőhordozójú közegekben kedvező, gyors hőátadás lehetséges, emiatt a berendezések kisebb hőátadó felületet igényelnek. A gőznek nagy a fajlagos hőtartalma, ezért kisebb mennyiségben jelentős mennyiségű hőt tud szállítani. A gőzt a csővezetékben a nyomáskülönbség hajtja, ezért nem szükséges keringető szivattyúkat üzemeltetni (Dr. Zsebik, 2004).

A telített gőzt a víz forráspontig hevítésével állítják elő. Hogyha a forráspontot elérve még hőenergiát közlünk az állandó nyomású rendszerrel, akkor a víz elgőzölög, ám a rendszer hőmérséklete nem növekszik, ameddig az összes folyékony halmazállapotú anyag el nem gőzölög. Telített gőznek tehát azt az állapotot nevezzük, amikor a gőz hőmérséklete megegyezik a víz forrási hőmérsékletével (CERTUSS, 2011).

Légköri nyomáson a gőz 100°C-on telített, de eltérő nyomáson más-más telítési hőmérsékletet tudunk elérni. Erre mutat példát az alábbi ábra, ahol a sötétkék vonal jelzi az adott nyomáson a telítési gőzhőmérsékletet.



8. ábra: Vízgőz hőmérséklet-entrópia (T - s) diagramja (Forrás: Óbudai Egyetem, Hő- és áramlástechnika I.).

Hogyha a telített állapotú gőzzel annyi hőt közlünk, hogy a teljes folyadékfázis elpárolog, akkor száraz vagy túlhevített gőzt kapunk. Ezt az állapotot a fenti ábra jobb felső része ábrázolja.

A telített állapotig melegített gőz a kondenzációja során a fázisváltással állandó hőmérsékleten tudja átadni látens hőjét (párolgáshőjét), ezért a gőz ideális közeg olyan folyamatok esetében, amelyek állandó hőmérsékletű hőforrást igényelnek. A telített gőz hőmérsékletét egyértelműen meghatározza a hozzá tartozó telítési nyomás, ezért a megfelelő nyomás kiválasztásával viszonylag könnyen beállítható a hőmérséklet a hőátadáshoz.

Éppen ezért az ipari folyamatok nagy részében a gőzt telített állapotban hasznosítják, mivel így stabil hőmérsékletet tudnak tartani, de a villamosenergia iparban, nedvesítő munkaközeg esetén³ gyakran túlhevített gőzt alkalmaznak, ami gőz telítési hőmérsékletnél magasabb hőmérsékletre hevítését jelenti az adott nyomásszinten. A túlhevítés több szempontból kedvező az energiaátalakító folyamat során. Egyrészt ezzel elkerülhető a turbinában a túlzott mértékű cseppképződés, tehát a lapáterózió és áramlástani veszteségek csökkenthetők, másrészt a túlhevítés növeli a hőbevezetés termodinamikai középhőmérsékletét, így növeli körfolyamat termikus hatásfokát (Györke, 2020).

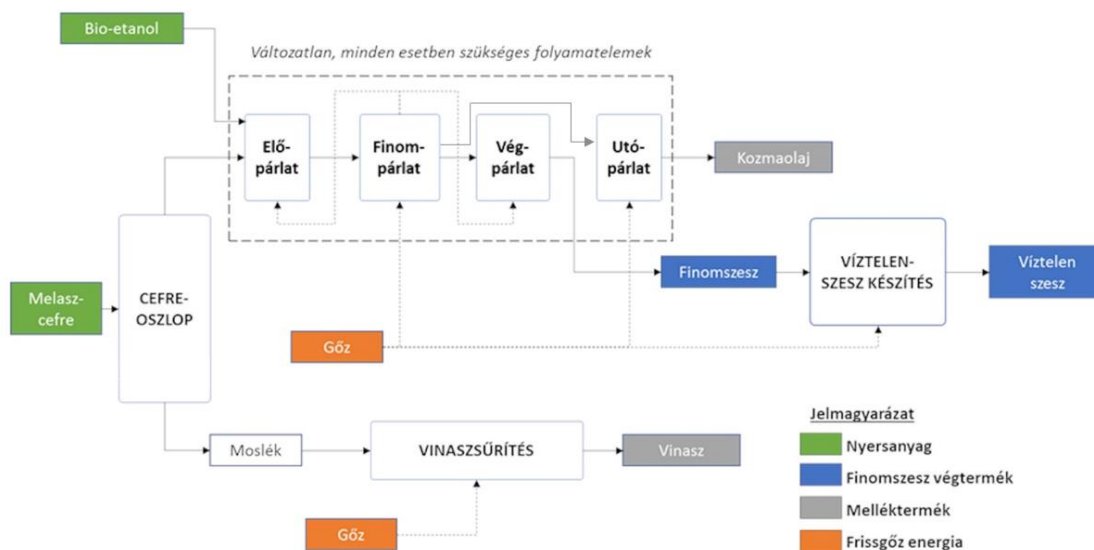
Az ipari folyamatokban a gőz igen elterjedt energiahordozó. Talán legjelentősebb hasznosítása az energiatermelésben van, ahol a gőz mechanikai energiáját használják villamos energia termelésére generátor segítségével (Bihari, 2011). Az élelmiszer- és szesziparban gyakran hőközlési célokra alkalmazzák: melegítésre, közegek, baktériumok optimális hőmérsékleten tartására, illetve szétválasztási folyamatokra, mint a bepárlás vagy desztilláció (Einstein *et al.*, 2001). A feldolgozóiparban hazai példákat tekintve nagy szerepe van a papírgyártás teljes folyamatában, a kőolajfinomításnál, illetve a gumiiparban a vulkanizálás során.

Régebben távhőszolgáltatásra és épületfűtésre is elterjedten használták a gőzt, de a magas hővesztesége miatt napjainkban már a melegvizet fűtési rendszerek jellemzőek. Távhő szolgáltatásban hőhordozó közegként az 1880. és 1930. közötti időszakban kiépített, úgynevezett első generációs rendszerekben használtak fel 200 °C körüli gőzt. Ilyen rendszerek épültek ki Európában először Drezdában, majd többek közt Salzburgban, Hamburgban, Münchenben, Kielben, Szentpéterváron és Koppenhágában, ám ezeket mára már modernizálták a hőveszteség csökkentése és a gőzrobbanások elkerülése érdekében. Amerikában szélesebb körben elterjedtek a gőz hőhordozójú rendszerek, amelyek néhány városban a 2010-es évek elején is használatban voltak (Lund *et al.*, 2014).

³ nedvesítő munkaközeg az erőművi folyamatban: víz, metán, szén-dioxid

4.1. A szeszgyártás folyamata

A szeszgyártás folyamata egy komplex rendszerben történik, ahol az egyes energia- és közegáramok jelentős hatással vannak egymásra. A rendszer szabályozása a végtermék (finomszesz) minőségére történik.



9. ábra: A szesz előállítás egyszerűsített folyamata és a gőz szerepe (Forrás: A Vállalat adatközlése alapján saját szerkesztés).

A gőzrendszerekhez felhasznált víz akár a vízhálózatból is nyerhető, de a használat előtt tisztítási, ioncserélési folyamaton kell átesnie. A vízkezelés során elsődleges szempont a kazán védelme, hiszen az elgőzöltetés során a szennyezőanyagok a kazánban rakódnak le.

A vizet szűrik, hogy ne kerüljenek szilárd szennyeződések a rendszerbe, gáztalanítják, eltávolítják a levegőt és nem kondenzálódó gázokat, illetve megfelelő pH-t állítanak be, ezzel elkerülhető a korrózió. A vízlágyítás szükséges művelet a vízben oldott kalcium és magnézium ionok eltávolítására, amelyek a rendszerben vízkőlerakódásokat okozhatnak (CERTUSS, 2011).

A gőzkazánban meghatározott nyomáson melegítik a vizet a telítési hőmérsékletig, ahol a telített folyadékot elgőzöltetik a telített gőz állapot eléréséig. A fogyasztóknál a gőz kondenzációval adja le hőjének egy részét az adott berendezésnek vagy folyamatnak.

A vizsgált Vállalat extra neutrális alkoholt és víztelenített szeszt állít elő. Energiahatékonyság növelése érdekében a Vállalat a technológiához szükséges gőzvezetékek és a hozzá tartozó szerelvények szigetelését tervezi a főgőz és a kondenz körökön, továbbá az alacsonyabb hőmérsékletű körökön a vinaszüzemben, a főzdében, a kazánházban, illetve minimális mértékben a kültéren az elfagyás elleni védelem érdekében. A gőzvezetékek az épületben (60%), illetve azokon kívül (40%) is futnak, számos technológiai folyamatot érintve. A beruházás 98%-a beltéri és 2%-a kültéri berendezéseket érint. Magyarországon az éves átlaghőmérséklet 10-11°C, az épületek fűtetlenek, a technológiai hő melegíti, így az átlagos belső léghőmérséklet 15°C-nak vehető.

A többlépcsős szesztermelési folyamat lényege, hogy a melaszból, mint fő nyersanyagból leerjedt alkoholos melaszcefre desztillálása révén elválasztott nyersszeszt további finomítási lépésekben a kísérő komponensektől forráspont alapján elválasztva finomszesz késztermékké alakítják. A gőz a folyamat legtöbb részében szerepet játszik, így a nagy felületű gőzcsövek szigetelésében jelentős energiamegtakarítási potenciál van.

A szeszgyártás és vinasz előállítás folyamatosan 3 műszakban történik, évente egy nagyleállással, évente átlagosan 8300 óra üzemidővel számolva.

5. MÉRÉSEK

Munkám során megismertem a Vállalat gyártási folyamatát, hőkamerás felméréseket végeztem a szigetetlen, illetve a régi, rossz állapotú szigeteléssel rendelkező technológiai elemeknél, amelyet a beruházás megvalósítása után is elvégeztem. A hőveszteségek számításához a hőszigetelni tervezett csővezetékek DN mérete és hossza, illetve a szerelvények DN mérete, típusa és darabszáma a vállalat által közölt információk által rendelkezésemre állt. Ezeket a darabszámokat összevettem a műszaki átadás után a teljesítési igazolásban szereplő darabszámmal, továbbá a felmérések során egyesével ellenőriztem a szigetelni tervezett berendezéseket, valamint ellenőriztem a szigetelés meglétét. Ezeket távolságmérővel lemértem, illetve feljegyeztem a DN méretüket és fényképesen is dokumentáltam. A hőmérsékletek megállapításához GUIDE P120V ipari hőkamerát, illetve FLIR hőkamerával rendelkező Ulefone Armor okostelefont használtam.

5.1. A Beruházás előtti rendszer felmérése

A beruházás előtti rendszer felmérését 2022. február 21-én végeztem. A Vállalat már korábban végrehajtott egy energiahatékonysági beruházást, amelynek eredményeként a gőzrendszerének egy részét, már leszigetelte. Jelen projekt keretében összesen 273 m² összfelületű szerelvényt, tartályt, hőcserélőt és egyéb felületeket, valamint 229 m² összfelületű csővezeték szigetelését vizsgáltam.

10. táblázat: A projekt keretében felmért szerelvények, csővezetékek és egyéb felületek méretei (Forrás: Saját szerkesztés).

DN méret	Szerelvények és egyéb felületek		Csövek és egyéb felületek	
	Darab	Összes felület [m ²]	Hossz [m]	Összes felület [m ²] (egyéb felületekkel)
15	6	0,4		
20	21	1,9	2,6	0,2
25	54	5,4	1,6	0,15
32	21	2,5	1,69	0,2
40	24	3,9	39,78	5,56
50	77	13,9	16,94	3,03
65	87	20,0	12,77	2,65
80	61	17,7	46,96	12,17
100	62	26,7	41,77	12,14
125	51	28,1	17,96	6,38
150	21	14,9	23,34	11,67
200	28	31,4	9,73	4,86
300	4	4,6	12,19	8,3
350	1	1,3	11,74	9,9
400	4	6,0	1,8	1,8
500	1	1,8	3,6	4,16
600	14	28,0	2,66	3,5
800	5	11,4	1,3	1,92
1000	6	11,4	10,47	17,29
1200	2	2,7	10,7	21,25
1400	4	5,4		
Egyéb felület		34,0		53,06
Összesen	554	273,27	285,77	229,04

A szerelvények külső felületének meghatározása során a Dynoteq Kft. által alkalmazott és a szigetelőanyag specifikációjánál bemutatott módszert vettük alapul, amelyet a következőkben mutatunk be:

Az épületgépészeti elemek szigetelésével az ASTM C1129 amerikai szabvány foglalkozik, amely meghatározza DN méret szerint a szerelvények felületét. A szabványon kívül a szerelvénygyártó vállalatok által kiadott 3D modellek alapján is meghatározhatók bizonyos szerkezeti elemek felülete. Az alábbi táblázatban a Spirax Sarco által kiadott elzáró szerelvény-modellek leolvasott felületét hasonlítjuk össze a Dynoteq Kft. ROI számításaiban alkalmazott felület értékekkel, amelyeket több gyártótól származó, illetve szabványban megtalálható felület adatok alapján dolgoztak ki. A számításaink során a CAD alapján meghatározott értékeket vesszük figyelembe a hőleadó felület meghatározásakor.

11. táblázat: A szigetetlen szerelvények felülete DN méret szerint (Forrás: Dynoteg Kft.).

DN méret	Felület CAD alapján [m ²]	Felület ROI szerint [m ²]
15	0,08	0,08
20	0,09	0,09
25	0,1	0,11
32	0,12	0,14
40	0,16	0,17
50	0,18	0,21
65	0,23	0,25
80	0,29	0,33
100	0,43	0,44
125	0,55	0,54
150	0,71	0,65
200	1,12	0,96

A csővezetékek felületét pedig a DN méretük által meghatározott átmérő és lemerített hosszúságuk alapján a henger felület számítási módszere szerint számítottam.

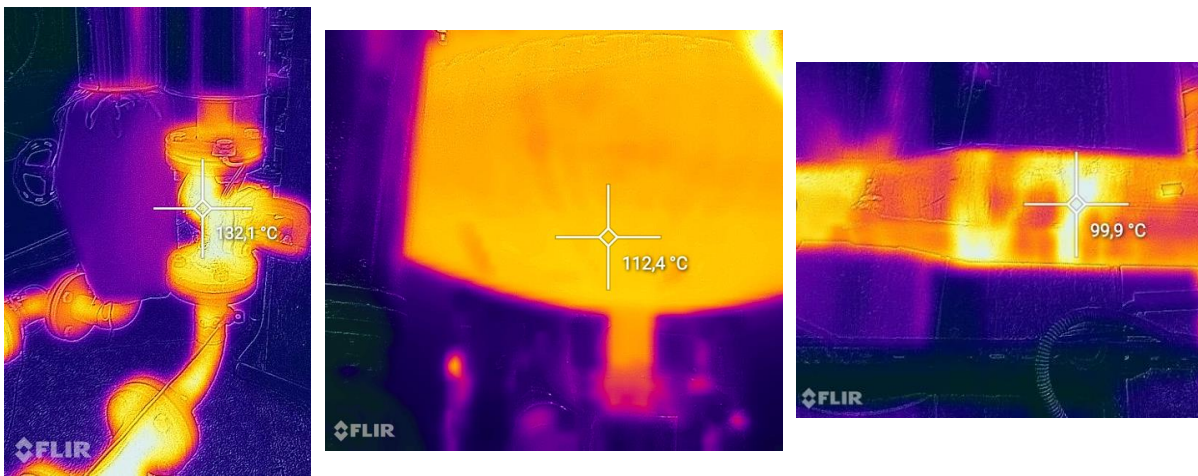
12. táblázat: A DIN szabvány szerinti csőméretek (Forrás: Euromix NK Kft. - Mérettáblázatok).

DN méret	norm falvastagság [mm]	külső átmérő [mm]
10	1,7	16,7
15	2	20
20	2,3	25
25	2,6	30
32	2,6	38
40	2,6	44,5
50	2,9	57
65	2,9	76,1
80	3,2	88,9
100	3,6	108
125	4	133
150	4,5	159
200	6,3	216
250	6,3	267
300	7,1	318
350	8	368
400	8,8	419
450	10	459
500	11	521
600	12,5	622
700	12,5	720
800	12,5	820
1000	12,5	1020

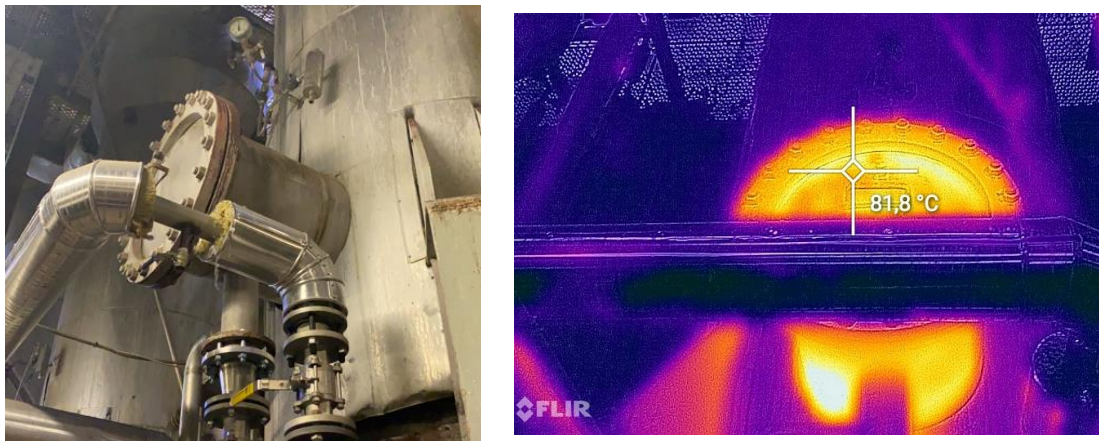
A következő ábrákon a beruházás előtti, szigetetlen elemek és hőkamerás képük látható.



10. ábra: Szigetetlen szerelvények, tartály alj és kondenzvíz csővezeték (Forrás: Saját fényképek).



11. ábra: Hőkamerás felvételek a fentebbi berendezésekről (Forrás: Saját fényképek).



12. ábra: Szigetetlen mosléktartály (Forrás: Saját fényképek).

5.2. A szigetelt rendszer felmérése

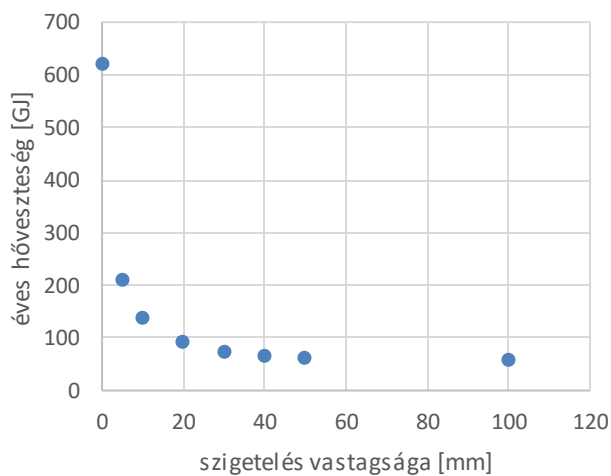
A műszaki átadás után is felmértem a rendszert. A felmérés során megállapítottam, hogy a csövek, szerelvények és egyéb felületek (tartályok, hőcserélők) szigetelése megtörtént és hőkamerás mérését végeztem el a hőveszteség számítások ellenőrzéséhez.

A csövek esetében DN 400-as méretig 50 mm, a fölött pedig 100 mm vastagságú horganyzott huzalfonalra tűzött kőzetgyapot szigetelést használtak, amelyeket alumíniummal bevont acéllemezekkel fedtek a szigetelőanyag védelme érdekében. A szerelvényekre DN 100-as méretig 25 mm, a fölött pedig 50 mm vastagságú bontható, külső és belső oldalán szilikonnal impregnált üvegszál szövet borítású kőzetgyapot szigetelést helyeztek fel.

A szigetelőanyagok specifikációs adatlapját a *Mellékletek fejezetben* mutatom be.

Az energetikai számítások során nem vizsgáltam a szigetelések optimális vastagságát a csőméretek, illetve a közeghőmérsékletének függvényében, mivel nem állt rendelkezésemre a különböző vastagságú szigetelőanyagok egységára, illetve jelen munka a megvalósult rendszer energiahatékonysági növekedését vizsgálja.

Ugyanakkor megvizsgáltam 100 méter hosszúságú DN 100-as méretű, 100°C-os belső hőmérsékletű csővezeték éves hőveszteségét különböző szigetelésvastagságokkal. Ez alapján elmondható, hogy a szigetelésvastagság lineáris növekedésével a hőveszteség exponenciálisan csökken.



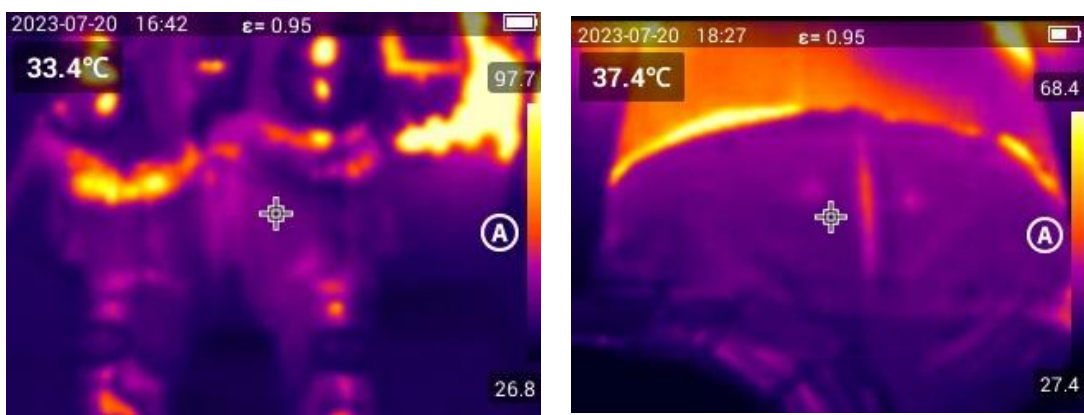
szigetelés vastagsága [mm]	hőveszteség [GJ/év]	hőveszteség csökkenés [%]
0	619	0%
5	210	66%
10	137	78%
20	91	85%
30	75	88%
40	67	89%
50	62	90%
100	56	91%

13. ábra: A szigetelés vastagságának hatása a hőveszteségre. (Forrás: Saját szerkesztés).

A következőkben a szigetelt rendszer felméréséről készült képeket mutatom be.

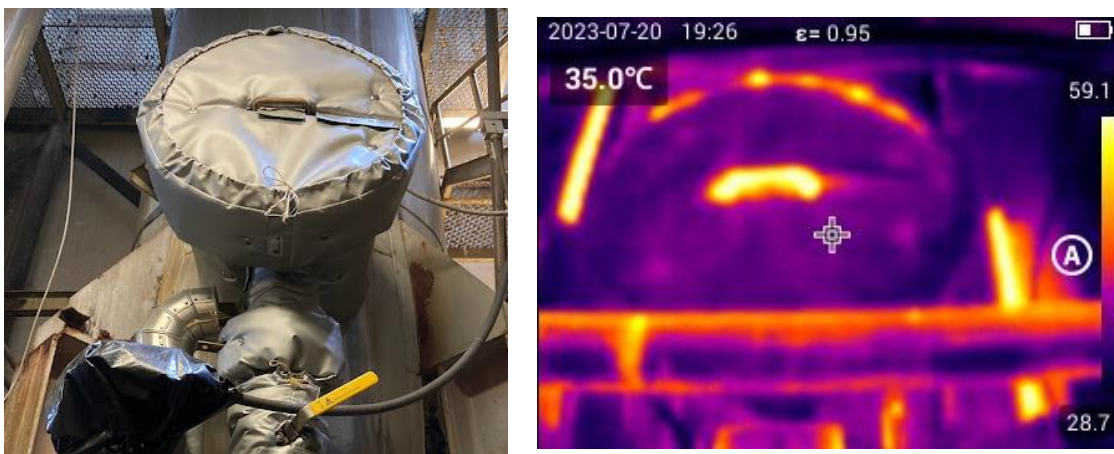


14. ábra: A szigetelt szerelvények, tartály alj és kondenzvíz csővezeték (Forrás: Saját fényképek).

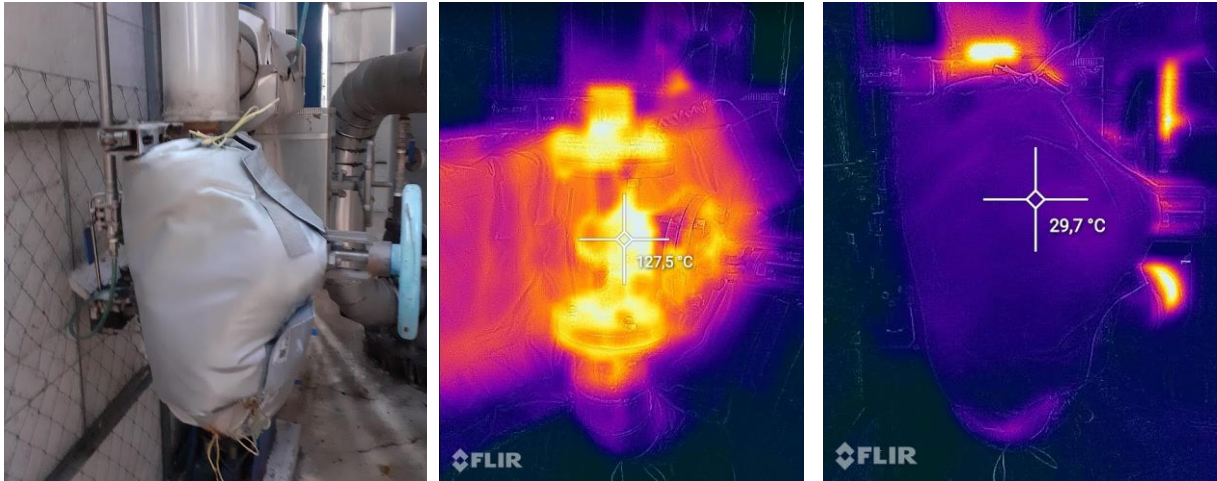


15. ábra: A fentebbi szerelvények és tartály alj hőkamerás képe (Forrás: Saját fényképek).

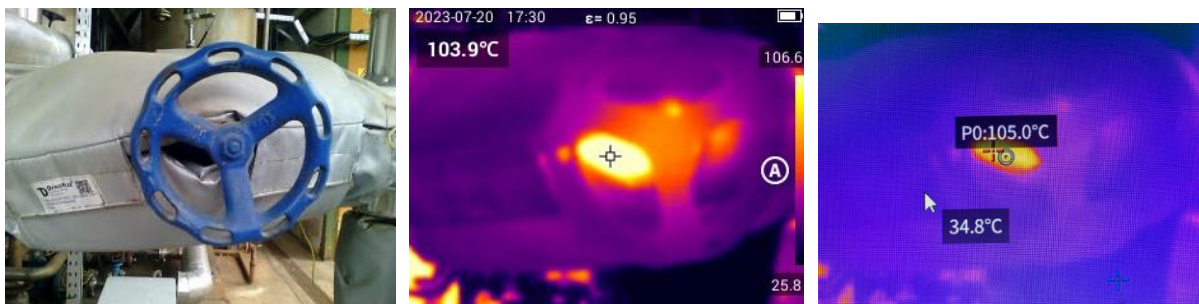
A beruházás előtti és utáni felmérésből látható, hogy a felületi hőmérsékletek 132°C-ról és 112°C-ról 33°C-ra és 37°C-ra csökkentek. A mosléktartály esetében pedig 82°C-ról 35°C-ra csökkent a felületi hőmérséklet.



16. ábra: Szigetelt mosléktartály (Forrás: Saját fényképek).



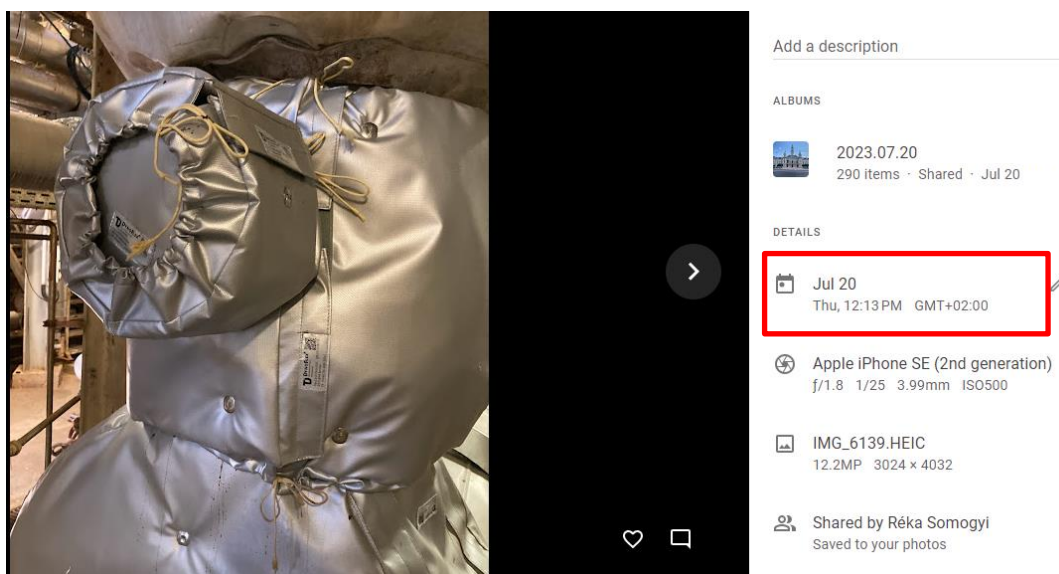
17. ábra: Az újrafelhasználható paplan szigetelés könnyű leszerelhetőségének és hatásosságának bemutatása (Forrás: Saját fényképek).



18. ábra: 105°C-os elzáró szerelvény szigeteléssel elért 34,8°C-os hőmérséklete (Forrás: Saját fényképek).

A hőkamerás felvételeken látható, hogy a mért felületi hőmérsékletek 30°C körül mozogtak. A felmérést 2023. június 20-án 11:00 és 15:00 között végeztem.

Az akkori léghőmérséklet alapján fontos megjegyezni, hogy a mérések nem 17:30-kor történtek, amint azt a hőkamerásképek mutatják rossz időbeállítás miatt, hanem 11:00 és 15:00 között, amelyet az alábbi ábra is jól mutat.



19. ábra: A beruházás utáni felmérés pontos ideje (Forrás: Saját fénykép).

Az aznapi minimum hőmérséklet 16°C, a maximum pedig 33°C volt. A felmérés idején az épületben 25°C körül volt a hőmérséklet, amelyet az alábbi hőkamerával készített kép leghidegebb pontja is alátámaszt.



20. ábra: Az üzemben tapasztalható, hőkamerával mért felületi hőmérséklet (25°C) (Forrás: Saját fénykép).

A csővezetékek és szerelvények elvi felületi hőmérsékletét a 3.2. fejezetben bemutatott összetett hőátvitel számítási módszerét a felületi hőmérsékletre átalakítva az alábbiak szerint számítottam ki:

A berendezések felületi hőmérsékletét pedig az alábbi képlet alapján számítottuk:

$$t_{felületi} = t_{belső} - q \left(\frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_{acél}}{\lambda_{acél}} + \frac{\delta_{szig}}{\lambda_{szig}} \right) \quad (9)$$

- q – hőveszteség $\frac{W}{m^2}$
- $\delta_{acél}$ – az acél szerkezet vastagsága [m]
- δ_{szig} – a szigetelés vastagsága [m]
- α_b – belső hőátadási tényező $\frac{W}{m^2 \cdot K}$
- $\lambda_{acél}$ – az acél szerkezet hővezetési tényezője $\frac{W}{m \cdot K}$
- λ_{szig} – a szigetelés hővezetési tényezője $\frac{W}{m \cdot K}$
- $t_{felületi}$ – a berendezés felületi hőmérséklete [°C]
- $t_{belső}$ – a berendezés belső hőmérséklete [°C]

Hőveszteségi számításaimban az épület éves átlagos hőmérsékletét 15°C-nak állapítottam meg, mivel a Magyarországon az éves középhőmérséklet 11°C és bár az épület nem fűtött, a csőrendszer hőleadása növeli az épület hőmérsékletét. 15°C-os hőmérséklettel számolva 16,52 – 37,74°C között mozog a szigetelt csövek, illetve szerelvények hőmérséklete.

Ez a 105°C-os hőkamerás felvétel külső körülményei szerint átalakítva, tehát 25°C-os környezeti hőmérséklettel számolva, a fenti számítási módszertan alapján, illetve 25 mm-es hőszigeteléssel 34,04°C-ra növekszik. Ezen kívül a felületi hőmérsékletet a napsugárzás, illetve a környező hőkibocsátók is növelik. Elmondható, hogy a hőkamerás képek igazolják számításaim helyességét.

6. AZ ENERGIAMEGTAKARÍTÁS SZÁMÍTÁSA

6.1. Hővesztés-csökkenés alapú vizsgálat

A beruházással érintett rendszer hővesztése a fentiekben bemutatott paraméterekkel rendelkező csővezetékek és a szerelvények és egyéb felületek hővesztéséből tevődik össze. A csövek esetében a felületet a DN átmérő szerinti hengerfelületből, a szerelvények esetében pedig az 5.1. fejezetben bemutatott CAD szerint meghatározott felület nagyságok szerint számítottam. A hővesztés számításokat pedig a 3.2. fejezetben bemutatott számítási módszerrel határoztam meg.

13. táblázat: Hővesztések a Beruházás előtt (Forrás: Saját számítás).

	Csővezeték		Szerelvény	Összesen
	„Félig szigetelt” beruházás előtt	„Szigeteletlen” beruházás előtt	Beruházás előtt	
Beruházással érintett felület [m²]	15,49	213,56	273,27	502,32
Hővezetési és hőszállítási hővesztés [GJ/év]	21	4 552	5 420	9 993
Hősugárzási hővesztés [GJ/év]	2	600	606	1 208
Összes hővesztés [GJ/év]	23	5 152	6 027	11 201

A táblázat alapján látható, hogy az összesen 502,3 m² felületű, különböző DN méretű és hőmérsékletű technológiai elemek éves hővesztése, 8300 óra éves üzemidővel számolva 11 201 GJ.

A beruházás megvalósulása utáni hővesztésért az egyes DN méretű elemekre szerelt hőszigetelés pontos vastagsága, a hőátbocsátási tényező adott belső hőmérsékletre számított értéke alapján, illetve a hőkamerás mérésekkel elvégzett felületi hőmérséklet visszaellenőrzéssel állapítottam meg.

Az alábbi táblázatban a beruházás megvalósítása utáni, elméleti számítás eredményeként megállapított hővesztéseket mutatom be. Fontos kiemelni, hogy a szigeteléssel megnövekszik az adott gépészeti berendezés felülete. számításaimnál ezt figyelembe vettem.

A következő táblázatban a beruházás megvalósítása utáni, számított hővesztés értékeket mutatom be.

14. táblázat: Hővesztések a Beruházás után (Forrás: Saját számítás).

	Csővezeték		Szerelvény	Összesen
	„Félig szigetelt” beruházás előtt	„Szigeteletlen” beruházás előtt	Beruházás előtt	
Beruházással érintett felület [m²]	18,03	316,38	404,85	739,26
Hővezetési és hőszállítási hővesztés [GJ/év]	11	271	524	806,22
Hősugárzási hővesztés [GJ/év]	0	10	605	614,95
Összes hővesztés [GJ/év]	12	280	1 129	1 421

A fentebbi két táblázat alapján látható, hogy a szigetelt rendszer hővesztései 9780 GJ-lal, összesen 87%-kal csökkentek a beruházás előtti rendszerhez képest.

A beruházással elérhető energiamegtakarítás a hővesztés csökkenése és gőzt előállító kazánok hatásfokának hányadosa, amelyet az előaudit során 91%-nak határoztunk meg gőztermelő kazán műszaki adatlapja alapján. Ezek alapján a becsült éves energiamegtakarítás 10 747 GJ.

EZ az energiamegtakarítás a 2023. szeptember havi CEEGEX (magyar gáztőzsdei) átlagárral számolva 47 millió forint éves energiamegtakarítást is jelent a Vállalat számára a rendszerhasználati díjlemek nélkül számítva.

15. táblázat: A Beruházással elérhető energiamegtakarítás (Forrás: Saját számítás).

Becsült energiamegtakarítás (hőenergia) [GJ/év]	9 780
Beruházás előtti földgázra átszámított energiavesztés [GJ/év]	12 309
Beruházás utáni földgázra átszámított energiavesztés [GJ/év]	1 562
Becsült energiamegtakarítás (földgáz) [GJ/év]	10 747
Kazán hatásfok %	0,91

6.2. Energiagazdálkodási-teljesítmény mutató (EgTM) alapú vizsgálat

Munkám során fontosnak találtam, hogy ne csak az elméleti számítási módszer, illetve a hőkamerás mérések alapján vizsgáljam beruházással elért energiamegtakarítást.

A vállalat órás földgáz fogyasztási adatai, illetve napi termelési adatai alapján fajlagos energiafogyasztási értékeket képeztem.

Az előállított termékre vonatkozó energiagazdálkodási-teljesítmény mutató vizsgálatokor fontos figyelembe venni, hogy a számított energiavesztés-csökkenés a teljes, Vállalat által felhasznált éves

földgáz mennyiség megközelítőleg 3%-át teszi ki, így nem lehet az EgTM-vizsgálat az energiahatékonyság-javulás fő mutatószáma, csak közelítő értéke.

A szeszgyártás során melaszcefréből (cefre), mint fő nyersanyagból, és bioetanolból, mint másodlagos nyersanyagból állítanak elő finomszeszt. A finomszesz (96% alkohol) egy részéből víztelen szeszt (99,95% alkohol) állítanak elő. Ezekon kívül melléktermékként kozmaolaj keletkezik és további bepárlással vinaszt állítanak elő. A kozmaolaj tüzelőanyagként hasznosítható, a vinasz mezőgazdasági felhasználásra, szerves trágyaként, illetve kérődző állatok takarmánykiegészítőjeként hasznosítható. A vinasz a cefre lepárlása után visszamaradó, 8-11% szárazanyagtartalmú melaszmoslék, amely a cukor kivételével tartalmazza a melaszban eredetileg jelen lévő tápanyagokat. A melaszmoslék bepárlásával állítják elő a vinaszt (Schmidt *et al.*, 2003).

A szeszgyártási folyamatban nagyban befolyásolja az energiagazdálkodási-teljesítmény mutatót, hogy az alapanyagokat (cefre és bioetanol) milyen arányban használják fel, valamint mennyi mellékterméket (bepárlással előállított vinasz) állítanak elő, illetve a finomszeszt milyen arányban víztelenítik, amely további jelentős energiabefektetéssel jár. Ezért, hogy a beruházás előtti és utáni állapot összehasonlítható legyen, a fenti, jelen vizsgálat szempontjából externális hatásokra korrigáltam és szűrtem az adathalmazt. Ugyanígy jártam el a külső hőmérséklet változásával.

6.2.1. Vizsgált időszak

Az EgTM-ek vizsgálatánál fontos a vizsgált időszak meghatározása. 2022. május 1-ig több energiahatékonysági beruházást hajtott végre a vállalat, amelyek csökkentették mind a villamos energia, mind a földgáz felhasználást. Ezek miatt jelen projekt esetében kizárólag azt ezt követő időszakot vettük figyelembe.

A beruházás előtti időszak így 2022.05.01. és a beruházás megkezdésének dátuma, 2023.02. 14. közötti időszak. A beruházást követő időszak kezdete 2021.03.31, a műszaki átadás napja.

21. ábra: Időszakok (Forrás: Vállalat adatszolgáltatása alapján).

Beruházást megelőző állapot kezdete	2022.05.01
Beruházás kezdete	2023.02.14
Műszaki átadás	2023.03.31
Vizsgált időszak vége	2023.10.02

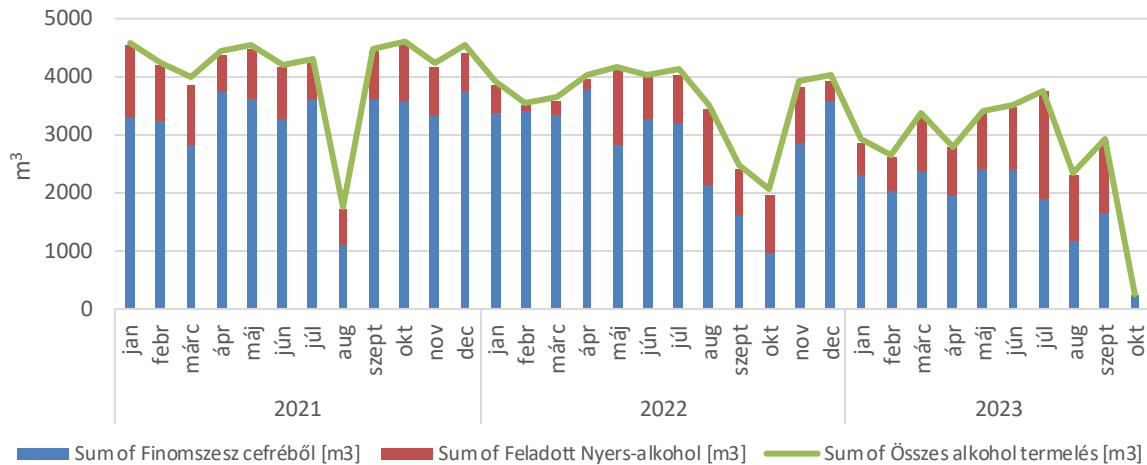
6.2.2. Alapmennyiségek és korrekciók bemutatása

A Vállalattól kapott termelési adatok napi bontásban tartalmazzák a termelt mennyiségeket, amik között az alábbi termékeket különböztetjük meg:

- Finomszesz cefréből (melaszból)
- Összes alkohol termelés, ami a finomszesz cefréből és a feladott nyersalkohol (bioetanol) mennyiségek összege
- Vinasz termelés
- Víztelen-szesz gyártás

A termelési adatok dokumentálják, hogy mennyi finomszesz készül cefréből („Finomszesz cefréből” vagy „Finomszesz melaszból”). Termelési adatok napi bontásban tartalmazzák a mennyiségeket. Az összes alkoholtermelés pedig a cefréből (melaszból) és bioetanolból (feladott nyersalkohol) készült szesz összege.

$$\text{összes alkoholtermelés} = \text{finomszesz cefréből} + \text{feladott nyersalkohol}$$



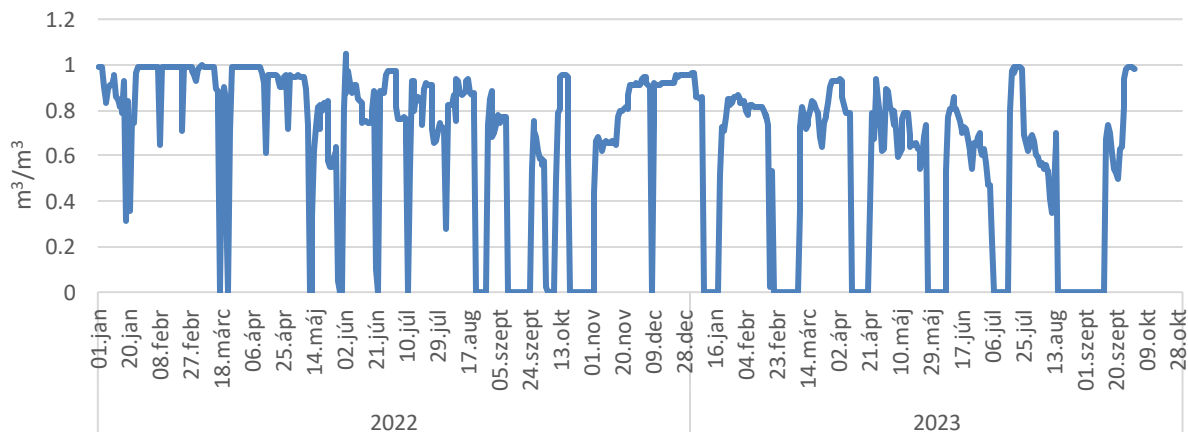
22. ábra: Összes alkoholtermelés összetevői (Forrás: Vállalat adatszolgáltatása alapján saját szerkesztés).

Cefre arány

A nyersalkoholból, tehát bioetanolból készülő alkohol termelése kisebb energiaigényű folyamat. Bioetanol bekeverés esetében az alapanyag a cefreoszlopot kihagyva kerül a desztillációs folyamatba. A cefreoszlopba táplált cefréből a nyersszeszt kinyerik és elválasztják az oszlop alján távozó alkoholmentes cefremosléktől. A kifőzés energiaigényét a vinasz üzemből származó, alacsonyabb hőfokszintű bepárlói pára biztosítja.

Az EgTM képzés lépései során megnéztük a cefre arányát, ami azt mutatja, hogy a termelt alkohol mekkora része származik a nagyobb befektetett energiaigényű cefréből. Ezzel a módszerrel azokat a napokat ki tudjuk szűrni, ahol a nagy mennyiségű bioetanol miatt kisebb az energiafogyasztás.

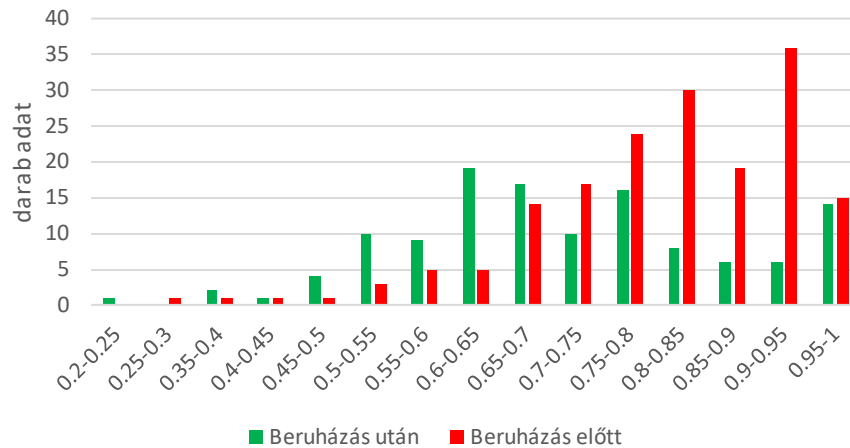
$$\text{cefre arány} = \frac{\text{finomszesz cefréből}}{\text{összes alkoholtermelés}}$$



23. ábra: A cefre aránya (Forrás: Vállalat adatszolgáltatása alapján saját szerkesztés).

A fenti ábrán a 0 és a 0-hoz közeli értékek az üzem leállítását mutatják. Látható, hogy 2022 májusától az addigiaknál több bioetanolt használt fel a vállalat az alkohol termeléshez.

Az adatok elemzése során megvizsgáltam, hogy milyen cefre arányú tartományban érdemes vizsgálni a beruházás előtti, illetve utáni állapotot, hogy az adatok jobban összehasonlíthatók legyenek egymással. Ennek érdekében 0,05-ös léptékű cefre arányú csoportokra bontottam az adathalmazt. Az alábbi diagram szerint azt állapítottam meg, hogy 0,65 és 0,8-as, illetve 0,95 és 1-es cefre arány között van elegendő és közel azonos mennyiségű adat az összehasonlításhoz.



24. ábra: Cefre arányok megoszlása a beruházás előtt és után (Forrás: Vállalat adatszolgáltatása alapján saját szerkesztés).

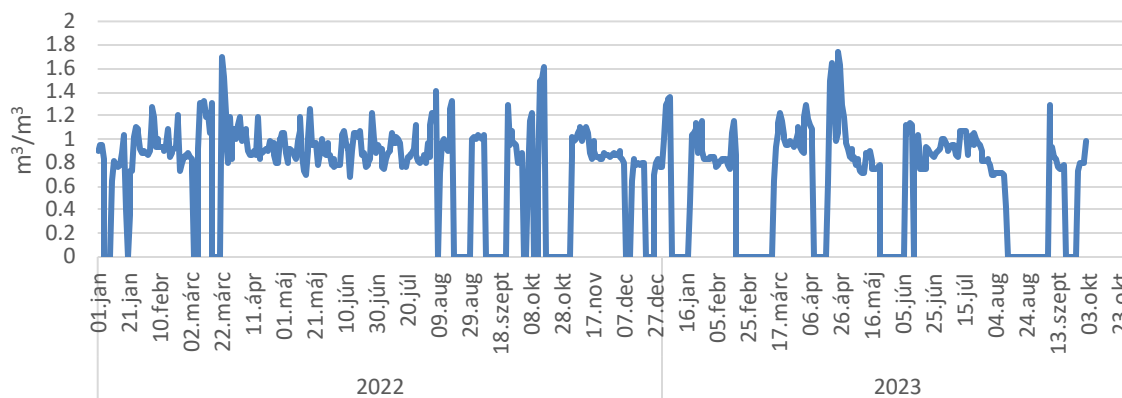
Desztilláció

A desztilláció több lépésben, gőz felhasználásával zajlik, eredményeképp finom párlat és utópárlat keletkezik. Alapanyagtól függően a desztilláció azonosan zajlik, tehát ez a fázis az EgTM-et nem befolyásolja.

Víztelenszesz-arány

A finomszesz víztelenítése (96%-os alkoholtartalomról 99,95%-ra) szintén extra gőzfelhasználással jár. Azt, hogy az összes finomszeszből (összes alkohol) mennyi víztelen szesz készül, a víztelen szesz aránnyal vizsgáljuk.

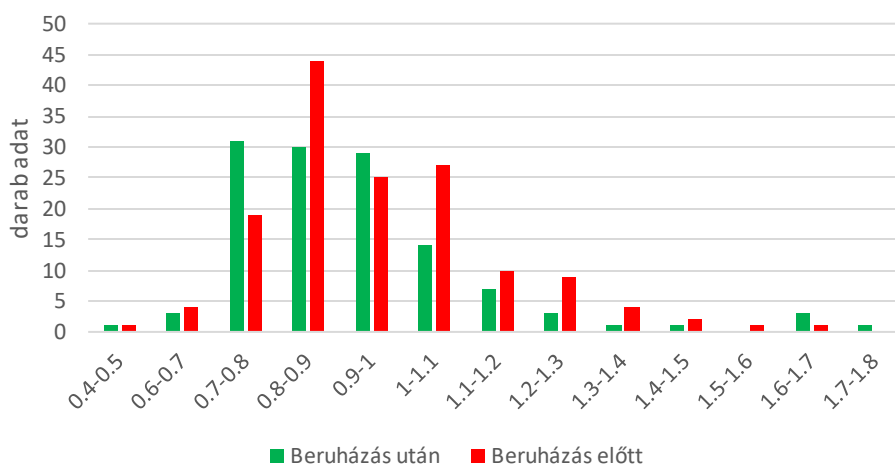
$$\text{víztelen szesz arány} = \frac{\text{víztelen szesz}}{\text{összes alkohol termelés}}$$



25. ábra: Víztelen szesz arány (Forrás: Vállalat adatszolgáltatása alapján saját szerkesztés).

Az ábrán látható, hogy a víztelen szesz arány értéke általában 0,7 és 1,1 között mozgott. Az 1-en felüli arány valószínűleg úgy jön ki, hogy régebben legyártott finomszeszt víztelenítettek.

Az adatok elemzése során a víztelen szesz arányra is megvizsgáltam, hogy melyik tartományban érdemes vizsgálni a beruházás előtti, illetve utáni állapotot, hogy az adatok jobban összehasonlíthatók legyenek egymással. Ennek érdekében 0,1-es léptékű csoportokra bontottam az adathalmazt. Az alábbi diagram szerint azt állapítottam meg, hogy 0,7 és 1-es víztelen szesz között van elegendő és közel azonos mennyiségű adat az összehasonlításhoz.



26. ábra: Víztelen szesz arányok megoszlása a beruházás előtt és után (Forrás: Vállalat adatszolgáltatása alapján saját szerkesztés).

Külső hőmérséklet

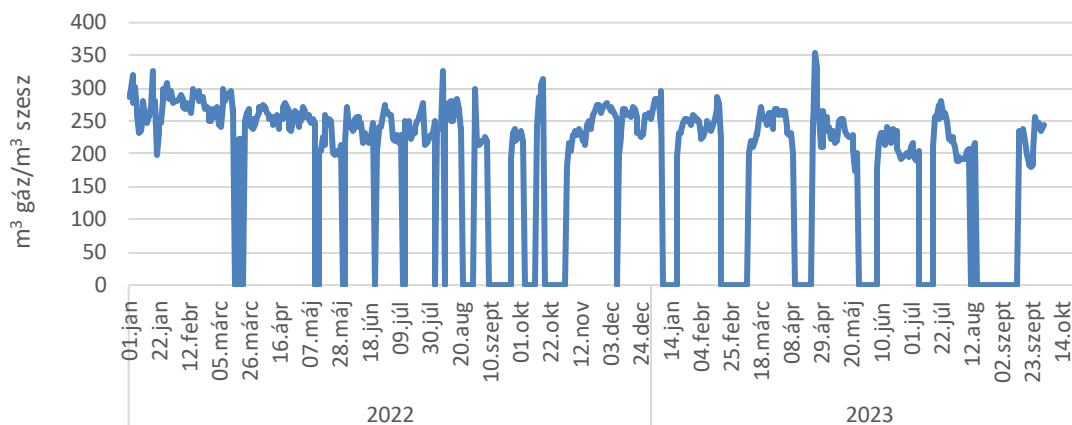
A téli hónapokban a külső hideg hőmérséklet miatt a hőenergia-veszteség is potenciálisan megnő, és a szigetelt állapotból még nincsen az audit készítésének időpontjában adatunk, ezért a téli hónapokat (december, január, február) a Beruházás előtti időszakban is kiszűrtem az adathalmazból.

6.2.3. EgTM alapú energiamegtakarítás

Korrekciónélkül

Az energiateljesítmény-mutató alap szintű képzésénél vizsgáltam a termelt mennyiségek és az idősoros földgáz fogyasztási adatok függvényében keletkező mutatószámot.

Így egy $\frac{m^3 \text{gáz}}{m^3 \text{összes szesz termelés}}$ alapú EgTM-et kaptam. Ha pusztán ezeket az adatokat vizsgáljuk, a következő eredményt kapjuk:



27. ábra: Egyszerű EgTM (Forrás: Vállalat adatszolgáltatása alapján saját szerkesztés).

A diagram a napi EgTM-értékeket jeleníti meg, amelyek az összes alkohol termelésre fajlagosított gázfogyasztási értékek, azonban ez nem tartalmaz olyan korrekciós tényezőket, amelyeket az eltérő üzemelés figyelembevétele mellett vizsgálja a teljesítményértékeket. Látható, hogy a szeszgyártás energiaigénye folyamatosan csökken. Azonban fentiek miatt a bemutatott egyszerű EgTM nem alkalmazható, mivel eltérő üzem és növekvő termelés mellett vizsgálja az energiafogyasztást.

Végleges EgTM – Korrekcióval, tényleges energiamegtakarítás

Miután elvégeztük a megfelelő szűréseket a 6.6.2 fejezetben bemutatottak szerint, a beruházás előtti és utáni energiafogyasztás jobban összehasonlítható.

Ezen szűrések mellett az adatok $\frac{m^3 \text{gáz}}{m^3 \text{összes szesz termelés}}$ értékeinek átlagát vizsgáltuk és határoztuk meg belőle az EgTM értékeket. Végül a MJ/m³ váltáshoz a földgáz 34,85-es fűtőértékét vettük.

16. táblázat: Az EgTM javulása a szigetelés hatására a vizsgált napokon (70 nap) (Forrás: Saját számítás).

Beruházás előtt		Beruházás után	
„Összes alkohol” termelés a vizsgált napokon [m ³]	3 599	„Összes alkohol” termelés a vizsgált napokon [m ³]	5 745
Összes gázfogyasztás [m ³]	870 308	Összes gázfogyasztás [m ³]	1 338 766
Vizsgált napok száma	26	Vizsgált napok száma	44
EgTM [m ³ gáz/m ³ szesz]	241,79	EgTM [m ³ gáz/m ³ szesz]	233,04

17. táblázat: Gázfogyasztás csökkenés az egységnyi termékre jutó gázfogyasztás csökkenés alapján (Forrás: Saját számítás).

Egységnyi termékre jutó gázfogyasztás-csökkenés [m ³ gáz/m ³ szesz]	8,76
Éves „összes alkohol” termelés 2017-2022 [m ³]	45 355
Éves gázfelhasználás 2020-2022 átlag [m ³]	11 505 140
Gázfogyasztás csökkenés éves szinten [m ³]	397 120
Gázfogyasztás csökkenés éves szinten [GJ]	11 395
Gázfogyasztás csökkenés éves szinten %	3,5 %

A táblázatból is látható, hogy a szigetelés hatására csökkent a fajlagos gázfogyasztás, közel azonos az elméleti számítással kapott értékhez képest.

6.3. Támogatási rendszerekben elszámolható energiamegtakarítás - EKR, TAO lehetőségek összevetése

A Vállalat az ipari szigetelési energiahatékonysági beruházását, amennyiben részt szeretne venni valamilyen, a 2.3. fejezetben bemutatott energiahatékonysági támogatási rendszerben, akkor jelenleg TAO vagy EKR elszámolásra lehet jogosult. A TAO visszaigénylés, illetve az EKR elszámolás feltétele egy, a beruházási döntést megelőző előzetes energetikai számítás, illetve tájékoztató (előaudit), illetve a beruházás megvalósítása után készített, mért adatokkal alátámasztott energetikai audit jelentés az energiamegtakarításról.

Az EKR-ben elszámolható energiamegtakarításhoz továbbá meg kell felelni az Energiahatékonysági törvényben részletezett lényegesség és adicionalitás kritériumának, illetve figyelembe kell venni (Ehat tv., 2015):

- Az elszámolni kívánt energiamegtakarítás várható teljes élettartamát,
- A beruházás vagy intézkedés kötelezettségi időszakra vetített éves avulását,
- Korai csere esetén a lecserélt berendezés hátralévő élettartamát,
- Az energiahatékonysági minimumkövetelményhez, ennek hiányában a kiinduló állapothoz képest megállapított energiamegtakarítás mértékét,
- Igénybe vett vissza nem térítendő alternatív szakpolitikai intézkedés részarányát és
- A szakpolitikai tanácsadást nyújtó szervet.

Az intézkedés élettartama az energiahatékonysági irányelv értelmében előírt energiamegtakarítási kötelezettségek átültetéséről szóló, 2019. szeptember 25-i (EU) 2019/1658 bizottsági ajánlás VIII. függeléke szerint húsz év az épületek meleg vizes csöveinek szigetelése esetén, így jelen ipari csőszigetelés esetén is 20 évvel számolhatunk.

Szakszerű kivitelezést feltételezve, a figyelembe vehető élettartam alatt számottevő avulás nem következik be, ezért az elért energiamegtakarítás csökkenésével nem kell számolni 2030-ig. A 0%-os avulást az 1. melléklet a 11/2021. (IX. 20.) MEKH rendelethez „EKR katalógus” épületszigetelésre vonatkozó intézkedése is alátámasztotta.

Az ipari szigetelőpaplanok tervezési, hőátbocsátási és egyéb minimum értékeire jelenleg nincs hatályban Európai Uniós és magyar jogszabály, így az energiamegtakarítás számításánál a Beruházás előtti rendszer hőveszteségi értékéhez képest megtakarított energiamentységet veszem figyelembe. Nem budapesti székhelyű közép vállalkozásként az elszámolható beruházási költség (jelen esetben a teljes beruházási költség) 55%-át igényelheti vissza a Vállalat a társasági adójából, az EKR-ben történő elszámolás pedig minimum energiahatékonysági követelmények hiányában a teljes energiamegtakarításra, tehát 10 747 GJ-ra lehetséges.

Az alábbi táblázatban összevetem az EKR és TAO lehetőségeket, megjelenítve a hitelesített energiamegtakarítás (HEM) egységárát, illetve a potenciális beruházási költséget.

A 2.3. *fejezetben* bemutatott HUPX piacmonitoring riport szerint a HEM értéke 5-20 ezer Ft/GJ között mozog (zölddel jelölve).

A táblázatban 1 000-20 000 Ft/GJ HEM egységár között mutatom be az energiahatékonysági beruházás, 10 747 GJ elszámolt energiamegtakarítás energiahatékonysági kötelezettségi rendszerben való értékesítési nyereségét. A társasági adóból visszaigényelhető összeget (55%) különböző beruházási költségek esetén szemléltetem.

Az Energiahatékonysági törvény szerint TAO visszaigénylés és EKR elszámolás együtt is lehetséges, ebben az esetben azonban csökkenteni kell az EKR-ben elszámolt energiamegtakarítást a vissza nem térítendő támogatás (jelen esetben a társasági adó visszaigénylés) részarányával. Tehát a beruházási költség 55%-a visszaigényelhető a társasági adóból és az energiamegtakarítás 45%-a hitelesíthető. A táblázatban 5000 Ft/GJ HEM egységárral mutatom be a TAO és EKR együttes elszámolását.

18. táblázat: Támogatási lehetőségek összevetése (Forrás: Saját számítás).

EKR lehetőségek		TAO lehetőségek		TAO + EKR együttes igénylése 5000 Ft/GJ HEM árral
HEM egységár [Ft/GJ]	HEM eladás nyereség [ezer Ft]	Beruházási költség [ezer Ft]	Visszaigényelhető költség [ezer Ft]	Visszaigényelhető költség + EKR nyereség [ezer Ft]
1 000	10 747	10 000	5 500	29 682
2 000	21 495	15 000	8 250	32 432
3 000	32 242	20 000	11 000	35 182
4 000	42 989	25 000	13 750	37 932
5 000	53 737	30 000	16 500	40 682
6 000	64 484	35 000	19 250	43 432
7 000	75 231	40 000	22 000	46 182
8 000	85 979	45 000	24 750	48 932
9 000	96 726	50 000	27 500	51 682
10 000	107 473	55 000	30 250	54 432
11 000	118 221	60 000	33 000	57 182
12 000	128 968	65 000	35 750	59 932
13 000	139 715	70 000	38 500	62 682
14 000	150 463	75 000	41 250	65 432
15 000	161 210	80 000	44 000	68 182
16 000	171 957	85 000	46 750	70 932
17 000	182 705	90 000	49 500	73 682
18 000	193 452	95 000	52 250	76 432
19 000	204 199	100 000	55 000	79 182
20 000	214 947	105 000	57 750	81 932

A táblázat alapján látható, hogy kizárólag TAO támogatást nem éri meg felvenni a beruházásra. Amennyiben a Vállalat nem számít 5000 Ft/GJ-nál nagyobb HEM eladási árra, akkor 55 millió forintos beruházási költség felett érdemes TAO+EKR elszámolást választania, de amennyiben 10 000 Ft/GJ HEM eladási árra számít, akkor még 105 millió forintos beruházási költségnél is inkább érdemes kizárólag a HEM eladást választania, mivel ebben az esetben a TAO visszaigényelhető összeg és HEM eladás összege 106 millió forint, míg csak HEM értékesítés esetén a nyereség 107 millió forint. Mindezeket összevetve, amennyiben az energiamegtakarítás elszámolására kerülne a sor, a pontos beruházási összeg ismeretében érdemes mérlegelni az EKR vagy a TAO+EKR elszámolási lehetőségek között.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Az energiafelhasználás csökkenés jelenleg már nem csak a globális klímaváltozás elleni célkitűzések szempontjából, szakpolitikai szinten lényeges fontosságú. Az elmúlt időszakban tapasztalt energiahordozó áremelkedés hatására vállalati szinten is érdekeltté váltak a szereplők az energiahatékonysági beruházásokban a gazdasági versenyképességük fenntartása érdekében.

A szakirodalmi áttekintés keretében összefoglaltam klímaváltozás hatásainak csökkentése érdekében hozott hazai és Európai Unió energiához tartozó mérföldköveket, amelyek 2030-as célkitűzéseit összefoglalva az *1. táblázatban* szemléltettem.

Magyarország számos szakpolitikai intézkedést, szabályozást, illetve támogatási rendszert vezetett be az energiafelhasználás-csökkentési céljainak elérése érdekében, amelyeket a hazai vállalatok alkalmazási szempontjából vizsgáltam. Megállapítottam, hogy amennyiben a vállalkozás folyamatosan, tehát nem egyes pályázati szakaszokban elérhető energiahatékonysági támogatást szeretne igénybe venni, akkor az Energetikai beruházások TAO kedvezményére, illetve az Energetikai Kötelezettségi Rendszerre számíthat. Ezen támogatási formák előnye még, hogy nem sablon beruházásokat támogat, hanem az egyedi technológiai folyamat korszerűsítését is el lehet velük számolni energetikai audit elvégzése után.

Szaktervezésemben én is egy ilyen egyedi, a technológiai folyamatra szabott energiahatékonysági beruházást, egy szeszipari vállalat ipari szigetelési projektjét vizsgáltam. A beruházás keretében változatos méretű (DN 15-től DN 1400-ig) csővezetékcsatlakozásokat, illetve szerelvényeket és egyéb felületeket hőszigeteltek le kétféle konstrukciójú kőzetgyapot szigetelőanyaggal. Az összesen 273 m² felületű szerelvényeket a könnyebb hozzáférhetőség, karbantartás érdekében bontható, a 229 m² összfelületű csővezetékcsatlakozásokat alumíniumlemezzel bevont szigeteléssel fedték le. A szigeteléssel elért hőveszteség csökkenés vizsgálatához a 3. fejezetben bemutatott számítási módszert alkalmaztam.

Az energetikai számítások során nem vizsgáltam a szigetelések optimális vastagságát a csőméretek, illetve a közeghőmérsékletének függvényében, mivel nem állt rendelkezésemre a különböző vastagságú szigetelőanyagok egységára, illetve a dolgozatomban a megvalósult rendszer energiahatékonysági növekedését vizsgálja.

Ugyanakkor megvizsgáltam egységnyi paraméterekkel rendelkező cső éves hőveszteségét különböző szigetelésvastagságokkal. Ez alapján elmondható, hogy a szigetelésvastagság lineáris növekedésével a hőveszteség exponenciálisan csökken.

A hőveszteség-csökkenés alapú számítási módszert hőkamerás mérésekkel, illetve energiagazdálkodási teljesítmény mutató képzésével ellenőriztem. Az elemzés során számos, a folyamat energiafelhasználását befolyásoló tényezőt vettem figyelembe, többek között az alapanyagok (cefrebioetanol), illetve a végtermék minőségét (víztelen szeszarány) és a külső hőmérséklet szerepét. A valós termelési, illetve földgáz fogyasztási adatokon alapuló visszamérés eredménye közel azonos lett a hőveszteség alapú, elméleti számításokéval.

Az összesített eredmények alapján a vizsgált rendszer hőveszteségei 87%-kal csökkentek, Vállalat földgáz fogyasztása pedig megközelítőleg 3%-kal, éves szinten 10 747 GJ-lal csökkent az ipari szigetelési beruházásnak köszönhetően, ami a versenyképesség növelésén túl jelentős mértékben hozzájárul a Nemzeti Energia- és Klímatervben előírt károsanyag kibocsátás csökkentési, energiahatékonyság javulási, illetve energiafelhasználás csökkentési célok eléréséhez.

Megállapítottam, hogy jelen projekt által kimutatott energiamegtakarítást, amennyiben energiahatékonysági auditra kerül sor, inkább az Energhatékony Kötteleztségi Rendszerben, hitelesített energiamegtakarításként éri meg értékesíteni. Amennyiben nagyon alacsony (5000 Ft/GJ alatti) HEM eladási árra számít a Vállalat, akkor is társasági adó visszaigénylés plusz HEM értékesítést érdemes választani a kizárólagos TAO támogatás helyett.

A vizsgálataim eredményei világossá teszik, hogy az energiahatékonysági beruházások nemcsak környezetvédelmi előnyökkel járnak, hanem jelentős megtakarítást is eredményeznek a vállalatok számára. A fenntartható energiagazdálkodás és a kibocsátáscsökkentés olyan stratégiai lépések, amelyek nemcsak a jövő generációk számára hoznak hasznot, hanem belátható időn belüli pénzügyi előnyökkel is járnak. Ebben a kontextusban az energiahatékonyság fejlesztése mind a vállalatok, mind pedig a környezet számára előnyös helyzetet teremt.

8. SUMMARY

Reducing energy use is now essential not just at policy level and for global climate change objectives. Recent increases in energy prices have also led to a growing interest at company level in investing in energy efficiency to maintain economic competitiveness.

In the literature review, I summarised the national and EU energy efficiency milestones for climate change mitigation, whose 2030 targets are summarised in *Table 1*.

Hungary has introduced a number of policy measures, regulations and support schemes to achieve its energy reduction targets, which I have analysed in terms of their application by domestic companies. I have found that if a company wants to benefit from energy efficiency support on an ongoing basis, i.e. not in individual application phases, it can rely on the TAO rebate for energy efficiency investments or on the Energy Efficiency Obligation Scheme. Another advantage of these forms of support is that they do not support template investments, but can be used to finance the modernisation of an individual technological process after an energy audit has been carried out.

In my thesis, I studied such a unique energy efficiency investment tailored to the technological process, an industrial insulation project of a distillery. The project involved the insulation of pipelines of various sizes (DN 15 to DN 1400), fittings and other surfaces with two different types of rock wool insulation materials. Fittings with a total surface area of 273 m² were covered with demountable insulation for easier access and maintenance, while 229 m² of pipelines were covered with aluminium sheet insulation. The heat loss reduction achieved by the insulation was assessed using the calculation method described in *Chapter 3*.

In the energy calculations, I did not investigate the optimal thickness of the insulation as a function of pipe size and medium temperature, as I did not have a unit price for different thicknesses of insulation materials. My thesis investigates the energy efficiency increase of the implemented system.

However, I have investigated the annual heat loss of a pipe with unit parameters for different insulation thicknesses. This shows that with a linear increase in insulation thickness, the heat loss decreases exponentially.

I verified the heat loss loss-based calculation method with thermal camera measurements and by building an energy management performance indicator. The analysis took into account a number of factors affecting the energy consumption of the process, including the role of the raw materials (mash and bioethanol) and the quality of the final product (anhydrous spirit ratio) and the external temperature. The results of the back-testing based on real production and natural gas consumption data were almost identical to the theoretical calculations based on heat loss.

Based on the aggregated results, the heat losses of the system under study have been reduced by 87% and the Company's natural gas consumption will be reduced by approximately 3%, or 10 747 GJ per year, thanks to the industrial insulation investment, which, in addition to increasing competitiveness,

will contribute significantly to the achievement of the emission reduction, energy efficiency improvement and energy use reduction targets set in the National Energy and Climate Plan.

I have concluded that the energy savings demonstrated by this project, if subject to an energy efficiency audit, are more appropriately sold as certified energy savings in the Energy Efficiency Commitment Scheme. If the Company expects a very low (below HUF 5000/GJ) certified energy savings (CER) sale price, it is still worthwhile to opt for a corporate tax rebate plus CER sale instead of the exclusive TAO subsidy.

The results of my studies make it clear that investments in energy efficiency not only bring environmental benefits, but also significant savings for companies. Sustainable energy management and emission reductions are strategic steps that not only benefit future generations, but also bring financial benefits in the foreseeable future. In this context, improving energy efficiency is a win-win situation for companies and the environment.

NYILATKOZAT

szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Somogyi Réka
A Hallgató Neptun kódja: F1VZ66
A dolgozat címe: Ipari szigetelés alkalmazása gőszállító rendszerben
A megjelenés éve: 2023.
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.


A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. év október hó 30. nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

____Somogyi Réka____ (név) (hallgató Neptun azonosítója: ____F1VZ66____) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót⁴ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom⁵.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem⁶

Kelt: 2023. év november hó 3 nap


belső konzulens

⁴ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

⁵ A megfelelő aláhúzendó.

⁶ A megfelelő aláhúzendó.

9. IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról.
- [2.] 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról.
- [3.] 1996. évi LXXXI. törvény a társasági adóról és az osztalékadóról.
- [4.] 2009/125/EK. AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2009/125/EK IRÁNYELVE (2009. október 21.) az energiával kapcsolatos termékek környezetbarát tervezésére vonatkozó követelmények megállapítási kereteinek létrehozásáról.
- [5.] 2018/2002 EU. AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS (EU) 2018/2002 IRÁNYELVE (2018. december 11.) az energiahatékonyságról szóló 2012/27/EU irányelv módosításáról.
- [6.] Abu-Jdayil, B., Mourad, A. H., Hittini, W., Hassan, M., Hameedi, S. (2019). Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview. *Construction and Building Materials*. Vol.: 214. pp 709-735.
- [7.] Aditya, L., Mahlia, T. M. I., Rismanchi, B., Ng, H. M., Hasan, M. H., Metselaar, H. S. C., Aditya, H. B. (2017). A review on insulation materials for energy conservation in buildings. *Renewable and sustainable energy reviews*, 73, 1352-1365.
- [8.] Al-Homoud, M. S. (2005). Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. *Building and environment*, Vol.: 40(3). pp. 353-366.
- [9.] Arató, K., Koller, B. (2015). Európa utazása: integrációtörténet. Gondolat Kiadó. pp. 119-168.
- [10.] Bahadori, A., Vuthaluru, H. B. (2010). A simple correlation for estimation of economic thickness of thermal insulation for process piping and equipment. *Applied Thermal Engineering*, Vol.: 30(2-3). pp. 254-259.
- [11.] Başoğlu, Y., Keleş, A. (2011). Economic and environmental impacts of insulation in district heating pipelines. *Energy*, Vol.:36(10) pp. 6156-6164.
- [12.] Bihari, P. (2011). Energetika I. Budapest, EDUTUS Főiskola. pp. 95-121.
- [13.] Bihari, P. (2012). Műszaki hőtan. Budapest, EDUTUS Főiskola. p.104.
- [14.] British Petroleum (2022). bp Statistical Review of World Energy 2022. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf> Utolsó elérés dátuma: 2023.03.15.
- [15.] CERTUSS (2011). Tervezési segédlet, Gőz. BEPATEK Külkereskedelmi Kft. Törökbálint. <https://docplayer.hu/38982405-Tervezesi-segedlet-goz.html> Utolsó elérés dátuma: 2023.03.15.
- [16.] Dr. Beke, J. (2009). A műszaki termodinamika alapjai. Egyetemi jegyzet. Gödöllő. pp. 112-115. https://elearning.uni-mate.hu/pluginfile.php/966222/mod_resource/content/1/A%20m%C5%B1szaki%20termodinamika%20alapjai.pdf Utolsó elérés dátuma: 2023.07.06.

- [17.] Dr. Zsebik, A. (2004). Vezetékes energiaellátás. BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék. Oktatási segédanyag. Budapest. p. 37.
- [18.] Dodog, Z. (2023). Épületfizika és komfortelmélet Épületfizika I. előadás. Egyetemi jegyzet. MATE Gépészmérnöki Kar. Gödöllő.
- [19.] Dövényi, Z. (2016). A Kárpát-medence földrajza. Akadémiai Kiadó.
- [20.] ECSC Treaty (1951). Treaty establishing the European Coal and Steel Community. Paris, 18 April 1951.
- [21.] Ehat tv. (2015). 2015. évi LVII. törvény az energiahatékonyságról.
- [22.] Einstein, D., Worrell, E., Khrushch, M. (2001). Steam systems in industry: Energy use and energy efficiency improvement potentials.
- [23.] EN (1974). Council Resolution of 17 September 1974 concerning a new energy policy strategy for the Community HL C 153 , 09/07/1975 P. 0001 – 0002. EUR-Lex 31975Y0709(01).
- [24.] EN (1980). Council resolution of 9 June 1980 concerning Community energy policy objectives for 1990 and convergence of the policies of the Member States HL C 149 , 18/06/1980 P. 0001. EUR-Lex 31975Y0709(01).
- [25.] EN (2006). Zöld Könyv - Európai stratégia az energiaellátás fenntarthatóságáért, versenyképességéért és biztonságáért {SEC(2006) 317}. EUR-Lex 52006DC010.
- [26.] EN (2018)a. Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/844 irányelve (2018. május 30.) az épületek energiahatékonyságáról szóló 2010/31/EU irányelv és az energiahatékonyságról szóló 2012/27/EU irányelv módosításáról. EUR-Lex 32018L0844.
- [27.] EN (2018)b. Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/2002 irányelve (2018. december 11.) az energiahatékonyságról szóló 2012/27/EU irányelv módosításáról. EUR-Lex - 32018L2002.
- [28.] EURATOM Treaty (1957). Treaty establishing the European Atomic Energy Community. Rome, 25 March 1957.
- [29.] European Commission (2021.07.14.). Utolsó elérés dátuma: 2023.10.20. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541
- [30.] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2021.10.26.). EU achieves 20-20-20 climate targets, 55% emissions cut by 2030 reachable with more efforts and policies. <https://www.eea.europa.eu/highlights/eu-achieves-20-20-20> Utolsó elérés dátuma: 2023.10.20.
- [31.] Eurostat (2023). Final energy consumption by sector. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00124/default/table?lang=en> Utolsó elérés dátuma: 2023.10.17.
- [32.] Girip, A., Calotă, R., Ilie, A. (2021). Aspects regarding the optimal insulation thickness, the cost and energy savings for cold storage in romania. *Applied Sciences*, Vol.:11(23). p. 11455.
- [33.] Gróf, Gy. (1999). Hőközlés. BME, egyetemi jegyzet. p. 85.

- [34.] Györke, G. (2020). Energiaátalakító körfolyamatok és részfolyamataik termodinamikai vizsgálata nem szokványos körülmények között. Doctoral dissertation, Budapest University of Technology and Economics. Hungary. pp. 6-23.
- [35.] HIPA (2022). HIPA honlap Gyármentő GYIK. https://hipa.hu/files/Hipa_Gyarment%C5%91_GYIK.pdf Utolsó elérés dátuma: 2023.10.22.
- HUPX (2022). EKR hitelesített energiamegtakarítások piacmonitoring riportja 2022 Q3. Készítette a MEKH megbízásából a HUPX Zrt. 2022.11.15. https://hupx.hu/uploads/EKR/EKR_HEM_2022%20Q3_presentation.pdf Utolsó elérés dátuma: 2023.10.28.
- [36.] ITM (2020). Magyarország Nemzeti Energia- és Klímaterve. <https://www.enhat.mekh.hu/strategiak> Utolsó elérés dátuma: 2023.10.20.
- [37.] István, Á. (2013). Energetikai berendezések hőszigetelésének optimalizálása. Doctoral dissertation, Doktori értekezés, Pannon Egyetem Veszprém. pp. 20-25.
- [38.] Kayfeci, M. (2014). Determination of energy saving and optimum insulation thicknesses of the heating piping systems for different insulation materials. *Energy and buildings*, Vol.:69. pp. 278-284.
- [39.] Kaynakli, O. (2014). Economic thermal insulation thickness for pipes and ducts: A review study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 184-194.
- [40.] Kecebas, A., Kayveci, M. (2010). Effect on optimum insulation thickness, cost and saving of storage design temperature in cold storage in Turkey. *Energy Educ Sci Technol Part A*, Vol.:25(1-2). pp. 117-127.
- [41.] Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., Mathiesen, B. V. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*. Vol.: 68. pp. 1-11.
- [42.] MEKH (2023). Hitelesített energiamegtakarítás mennyisége. <https://ekr.mekh.hu/> Utolsó elérés dátuma: 2023.10.27.
- [43.] MSZ EN 13163:2012+A2:2017 Hőszigetelő termékek épületekhez. Gyári készítésű expandált polisztirol (EPS-) termékek. Műszaki előírások.
- [44.] NEKT (2023). Nemzeti Energia- és Klímaterv 2023. évi felülvizsgált változat. https://commission.europa.eu/system/files/2023-09/HUNGARY%20-%20DRAFT%20UPDATED%20NECP%202021-2030%20_HU.pdf Utolsó elérés dátuma: 2023.10.17.
- [45.] Olajos, I., Szilágyi, Sz. (2013). A megújuló energiaforrások Európai Uniósi jogi szabályozása, különös tekintettel a megújuló energiaforrásokra vonatkozó irányelvekre. *Publicationes Universitatis Miskolcensis Sectio Juridica et Politica. Tomus XXXI.* p. 441–450.

- [46.] Padrah, I., Pásztor, J., Farnos, R. (2019). *Hővezetés jelenségét tanulmányozó berendezés tervezése és kivitelezése*. Műszaki Tudományos Közlemények Vol.:11. pp. 153-156. ISSN 2393-1280.
- [47.] PM (2018). 7/2018. (X. 17.) PM utasítás a Nagyvállalati Beruházási Támogatási program keretében nyújtott támogatásokkal összefüggő döntés-előkészítési feladatokat ellátó munkacsoport létrehozataláról.
- [48.] Regenhart, P. (2009). Hőszigetelés az építő-és szerelőiparban. *Építőanyag. Szigetelő Szakosztály*. Vol.: (3). pp 85-90.
- [49.] Ringhoffer, Ö. (2020). Energiahatékonyság területén elért eredmények. MEKH adatpublikáció. https://static1.squarespace.com/static/5d63affc1ac7d1000158fdb0/t/5e6233d6df2a0214e8270235/1583494108099/ringhoffer_ors_az_energiahatekonysag_teruleten_elert_eredmenyek.pdf
Utolsó elérés dátuma: 2023.10.22.
- [50.] Sarbu, I., Valea, E., Ostafe, G. (2014). Optimization of Insulation Design for Refrigerating Systems. *Applied Mechanics and Materials*, Vol.:510. pp. 202-207.
- [51.] Schmidt, J., Bokori, J., Gundel, J., Herold, I., Kakuk, T., Kovács, G., Mézes, M., Szigeti, G., Vincze, L. (2003). A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó. p. 222.
<https://docplayer.hu/8030174-A-takarmanyozas-alapjai.html>
- [52.] Wellons, M. (2007). The Stefan-Boltzmann Law. *Physics Department, The College of Wooster*, Wooster, Ohio, 44691. 25.
- [53.] Zöld, A., Csoknyai, T., Horváth, M., Szalay, Z. (2019). Az épületenergetika alapjai. Akadémiai Kiadó.

10. A DOLGOZATBAN HASZNÁLT RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

CAD	Computer-Aided Design számítógépes tervezés
DN	Diameter Nominal névleges átmérő
EED	Az Európai Parlament és az Európai Tanács 2012/27/EU irányelve az energiahatékonyságról
EgTM	Energia gazdálkodási teljesítménymutató
EKR	Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer
EGK	Európai Gazdasági Közösség
Ehat. tv.	2015. évi LVII. törvény az energiahatékonyságról
EPS	expandált polisztirol
EU ETS	EU Emissions Trading System EU kibocsátáskereskedelmi rendszer
ÉKM rendelet	9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
GINOP	Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program
HEM	Hitelesített energiamegtakarítás
IPCC	Éghajlatváltozási Kormányközi Testület
ITM	Innovációs és Technológiai Minisztérium (jelenleg Technológiai és Ipari Minisztérium)
KEHOP	Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program
KGST	Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa
MEKH	Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal
NEKT	Magyarország Nemzeti Energia- és Klíma terve
OECD	Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet
OPEC	Kőolaj-exportáló Országok Szervezete
ROI	Return on Investment Befektetésarányos megtérülés
TAO kedvezmény	Energiahatékonysági célokat szolgáló beruházás, felújítás adókedvezménye
TNM rendelet	7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
VEKOP	Versenyképes Közép-Magyarország Operatív Program
VP	Vidékfejlesztési Program
WEM	With existing measures Meglévő intézkedésekkel

11. MELLÉKLETEK

11.1. Az alkalmazott hőszigetelő anyagok specifikációs adatlapja



SPECIFIKÁCIÓS ADATLAP

DLT250-S-EG25 bevarrt paplanos újrafelhasználható szigetelés

Érvényes: 2022/08

Felhasználási területek

Szerelvények, karimák, szivattyúk, hőcserélők és komplex geometriájú berendezések. A leggyakrabban használt DynoFlex szigetelőpaplan.



Maximális üzemi hőmérséklet

250°C

Szigetelés felépítése

Műszaki szövet (hideg/melegoldall): szilikonnal impregnált E-üvegszál szövet

Súly: 510g/m²; bevonat: 80g/m² szürke szilikon egy oldalon

Max. hőmérséklet: 250°C

Tűzállóság: (DIN 13501-1): B-s1, d0

Szigetelőanyag: mechanikailag tűzött E-üvegszál paplan

Vastagság: 25mm

Sűrűség: 130kg/m³

Max. hőmérséklet: 550°C

Tűzállóság (DIN 4102-1): A1 (nem éghető)

Hőálló zsinór: 100% para-aramid (égésgátolt)

Max. hőmérséklet: 300°C

Hőálló varrócéma: 100% meta-aramid (égésgátolt)

Max. hőmérséklet: 300°C

Hővezetési tényezők és felületi hőmérsékletek

Közeg hőmérséklet	50°C	100°C	150°C	200°C	250°C
Hővezetési tényező (W/mK)	0,039	0,043	0,049	0,055	0,064
Felületi hőmérséklet*	31,8°C	36,6°C	41,7°C	47,3°C	53,5°C

*30°C környezeti hőmérséklettel, 0,5 m/s szélesebséggel és DN100 mérettel számolva.



PÉNZÜGYILEG STABIL
VÁLLALKOZÁS A
DUN & BRADSTREET
MINŐSÍTÉSE ALAPJÁN



Az Európai Szigeteléstechikai
Szövetség rendes tagja
Reg. #: 02-202201-86

ProRox® WM 960

A ProRox WM 960 horganyzott huzalfonatra tuzótt kőzetgyapot paplan. A paplan különösen alkalmas olyan ipari berendezések szigetelésére, mint nagy nyomású gozvezetékek, pároló berendezések, bojlerok, kemencék, ahol nehézségbe ütközik nem hajlékony, merev anyagokat felszerelni, viszont nagy hoellenállású szigetelésre van szükség.



Muszaki paraméterek

	Termékkarakterizációk											Szabvány	
Hővezetési tényezői	T (°C)	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	660	EN 12667
	λ (W/mK)	0,039	0,045	0,052	0,059	0,068	0,078	0,089	0,102	0,131	0,167	0,191	
Legmagasabb működési hőmérséklet	660 °C											EN 14706	
Tűzvédelmi osztály	EuroClass A1											EN 13501-1	
Névfleges testsűrűség	100 kg/m ³											EN 1602	
Vízfelvétel	WS1 (< 1 kg/m ²)											EN 1609	
Klorid tartalom	CL10 (< 10 ppm)											EN 13468	
Páradiffúziós ellenállási tényező	$\mu = 1$											EN 14303	
EN 14303 Termékkód*	MW EN 14303-T2-ST(+)-J660-WS1-CL10											EN 14303	

* A vastagsági osztályozás 1000 Pa terhelés mellett került meghatározásra.

Megfelelőség

A ProRox WM 960 dróthálós paplanok teljes mértékben megfelelnek az EN14303-hoz hasonló nemzetközileg elismert szabványok támasztotta követelményeknek.

Mivel a ROCKWOOL nem gyakorol ellenőrzést a szigetelés tervezése és kivitelezése, a hozzávaló anyagok vagy a felhasználás körülményei felett, a ROCKWOOL nem vállal felelősséget a ROCKWOOL termékeket tartalmazó installációk teljesítményére vagy eredményére vonatkozóan. A ROCKWOOL általános felelősségére és a jogorvoslati lehetőségekre az értékesítés általános feltételei vonatkoznak. Jelen garancia valamennyi kifejezett vagy hallgatóságos garancia és feltétel helyébe lép, beleértve a forgalomképesség garanciáját és egy adott célra vonatkozó alkalmasságot.

A ROCKWOOL Technical Insulation fenntartja magának a jogot, hogy szükség esetén bármikor változtasson a terméken. Ezért előfordulhat, hogy a műszaki specifikációk változnak.

A ROCKWOOL® Technical Insulation, a ROCKWOOL®, a SeaRox® és a ProRox® márkanévek a ROCKWOOL International A/S bejegyzett védjegyei és nem használhatók a cég előzetes írásbeli hozzájárulása nélkül.