

SZAKDOLGOZAT

Megay-Helmecci Viktória

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Gödöllői Campus
Műszaki Intézet Épületgépészeti és Energetikai
Tanszék
Energiagazdálkodási szakmérnök

Adott szárítóberendezés hőtechnikai vizsgálata

Belső konzulens: Dr. Kurják Zoltán
egyetemi docens

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** **Műszaki Intézet**

Külső konzulens: Dropka Gábor
termelésvezető

Készítette: **Megay-Helmecci Viktória**

Gödöllő

2024

MŰSZAKI INTÉZET ÉPÜLETGÉPÉSZETI ÉS ENERGETIKAI TANSZÉK
Energiagazdálkodási specializáció

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Megay-Helmeczi Viktória (IPBT5D)

részére

A szakdolgozat címe:

Adott szárítóberendezés hőtechnikai vizsgálata

Feladatkiírás:

Agrex PRT 200 ME típusú szakaszos üzemű mobil szárító berendezés működésének elemzése, elsősorban hőtechnikai szempontok figyelembevételével. A dolgozat során a szárító berendezés üzemelés közbeni vizsgálata. A hőtechnikai elemzés kukorica szárítás során történik.

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai tanszék

Külső konzulens: *Dropka Gábor*, Dro-Complex Kft.

Belső konzulens: *Dr. Kurják Zoltán* egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2024. április hó 22 nap

Gödöllő, 2024. március hó 23 nap

 (tanszékvezető)	Jóváhagyom  (szakfelelős)	Átvettem  (hallgató)
--	---	---

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

Gödöllő, 2024. március hó 23 nap


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
2. Szakirodalmi áttekintés	6
2.1. A szárításról	6
2.2. Tárolás	7
2.3.1. Szorpciós izoterma	9
2.3.2. Szárítási anyag és hőmérleg bemutatása	11
2.4. A terményszárítók energetikai szempontjai:	18
2.4.1 Az időjárási jellemzők hatása	18
2.4.2 A szárítóközeg jellemzőinek hatása	18
2.4.3 A szárítás közben fellépő veszteségek hatása	19
2.4.4 Az anyagjellemzők hatása	20
3. Mérések	22
3.1 A vizsgált telep felépítése:	22
3.2. Agrex PRT 200 ME típusú szárító felépítése	24
3.3 Méréshez használt eszközök:	28
3.3.1. Hőmérsékletek mérése	28
3.3.2. Villamos energia mérése	28
3.3.3. Gázfogyasztás mérése:	28
3.3.4 Nedvességmérés	28
4. Eredmények kiértékelése	31
4.1. Mérési eredmények bemutatása	31
4.2. Teljesítmény meghatározása	37
5. Javaslat	39
6. Összefoglalás	40
7. Summary	41
8. Köszönetnyilvánítás	42
9. Irodalom jegyzék	43
10. Ábra és táblázatjegyzék	44
10.1. Ábrajegyzék	44
10.2. Táblázatjegyzék	45
11. Mellékletek	46

1. Bevezetés

A kukorica szárítása Magyarországon fontos mezőgazdasági tevékenység, különösen az őszi betakarítás után, amikor a nedves időjárás és a nedves termények gyakoriak lehetnek. A kukorica nedvességtartalmának csökkentése szárítással elengedhetetlen annak érdekében, hogy megőrizzük a termény minőségét, és elkerüljük a penész vagy más káros mikroorganizmusok kialakulását.

A kukorica szárítása többféle módszerrel történhet. A legelterjedtebb módszerek közé tartozik a mesterséges szárítás, amely során speciális szárítóberendezéseket használnak, például hőlégfúvós szárítókat vagy szárítókamrákat. Ezek a berendezések lehetővé teszik a nedvességtartalom szabályozását és a kukorica gyorsabb szárítását.

A szárításnak nagy jelentősége van a kukorica tárolása és felhasználása során is. A szárazabb termény hosszabb ideig tárolható anélkül, hogy romlásnak indulna, és javítja a kukorica feldolgozhatóságát, például az etetési vagy ipari felhasználásra.

A mesterséges szárítás során általában hőenergiát használnak, hogy a nedvességet eltávolítsák a terményből. A leggyakoribb módszerek közé tartozik a hőlégfúvós szárítás és a szárítóberendezéseken keresztüli áramlás. Ezek a berendezések általában nagy teljesítményű ventilátorokat és hőforrásokat használnak, hogy meleg, száraz levegőt fújjanak a kukoricára, így gyorsan elpárologtatják belőle a nedvességet.

A mesterséges szárításnak számos előnye van, például lehetővé teszi a termények gyorsabb szárítását, az időjárás és más külső tényezők hatásának minimalizálását, valamint a nedvességtartalom pontosabb szabályozását. Ezek az előnyök hozzájárulnak a kukorica minőségének megőrzéséhez és a termelési hatékonyság növeléséhez.

A kukorica betakarítási időszaka októbertől decemberig terjed. A termény az érést követően elkezd száradni. A nedvességtartalom fontos szempont, amennyiben az időjárási viszonyok nem voltak túl nedvesek abban az esetben a kukorica nedvességtartalma 30-18% között mozog. Ebben a tartományban nem alkalmas a tárolásra. A tárolásnál a legfontosabb paraméterek a hőmérséklet, a páratartalom, illetve a nedvességtartalom [Herdovics et al.,2011].

A **dolgozat** célja a Karcsán található Novadóka ZRt. telephelyén található szakaszosan működő Agrex PRT 200 típusú szárító hőtechnikai jellemzőinek vizsgálata lesz. A telep betekintést engedett a mezőgazdasági munkafolyamatokba, hiszen minden szükséges gép rendelkezésre áll a termeléshez. A cég intenzív növénytermesztést folytat 400 hektáron, melynek részeként kukoricát, napraforgót, cirkot, őszi búzát és őszi káposztarepcét termel. A kukoricát a telepen szárítják, és a jövőben tervezik a cirok helyben történő szárítását is. A vizsgált szárítóberendezés az Agrex PRT 200 típusú, mely a vastagrétegű szárítók mobil változata. A cég 2012-ben vásárolta újonnan ezt a szárítót, kizárólag a saját kukoricatermelésének szárításához. Ennek alapján a dolgozatomban az Agrex PRT 200 típusú szárító hőtechnikai jellemzőit és működését vizsgálom majd részletesen.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A szárításról

A szárítás folyamata során a szilárd vagy gáznemű anyagok nedvességtartalmának csökkenése fázisváltozás közben történik. Ennek során a szilárd anyaghoz különböző formába kötődő víz elpárolog, így változik az anyag nedvesség- és szárazanyag-tartalma.

A mezőgazdasági termelésben a szárításra azért van szükség, hogy biztosítsuk a termények tárolhatóságát, csökkentsük a minőségi veszteségeket és előkészítsük azokat a további felhasználásra. A betakarításkor a termények nedvességtartalma jellemzően 15-85% között mozog, ami jelentős mértékben meghaladja a biztonságos tároláshoz megengedhető nedvességtartalom-értékeket (6-15%). Ezért a szárítás elengedhetetlen a termények nedvességtartalmának csökkentéséhez, hogy megfelelően tárolhatóak legyenek hosszabb ideig [Beke et al., 1985].

A szárítás az, amikor kalorikus úton eltávolítjuk a vizet. A kukorica szárítása során a dehidrációs folyamatban szilárd (a száradó anyag), folyékony (a melegedő víz) és gáz-, illetve gőz (a nedves levegő) halmazállapotú közeg részt vesz. A vízelvonás folyamatában fontos szerepet játszik a levegő, mivel a konvekciós berendezésekben levegő hőforrásként (hőhordozóként) és víznyelő közegként működik. A folyamat másik fontos résztvevője a víz, amely először cseppfolyós közegként jelenik meg a szárítandó anyagban, majd a felszínre kerülve halmazállapot-változáson megy át, és a levegővel (szárítóközeggel) gázelegyet alkot [Beke et al., 1985].

A mezőgazdasági terményeknek a feldolgozásában a szárítás szinte elengedhetetlen technológiai elem. A mag víztartalmát két csoportra lehet osztani: a szabad és kötött víz. A tápanyagok felszívódásában és szállításában, a kötött vizeknek nagy szerepe van, valamint részt vesz a növényben lezajló biokémiai és élettani folyamatokban. Ezek a kötött vizek csak kémiai módszerekkel választhatók el a növénytől, így a szárítási gyakorlatban nem tudunk velük számolni, mivel eltávolításuk nem lehetséges [Beke, 2009].

A szárítással a vizet a nyers terményből párologtatással távolítjuk el. A kukoricaszem higroszkópos, ezért a termény és a környezeti levegő egymáshoz viszonyított nedvesség- és hőállapotától függően vizet vesz fel vagy ad le. A légszáraz kukorica víztartalmát az őt

körülvevő levegő páratartalmától és hőmérsékletétől függő egyensúlyi nedvességtartalomnak is nevezzük. Hazai viszonyaink között ez átlagosan 14,5% szemnedvesség-tartalomnak felel meg. A magyar szabványban ezt az értéket rögzített és a kereskedelmi elszámolások során a mért értékeket erre az elméleti nedvességtartalomra számítják át [Beke, 2009].

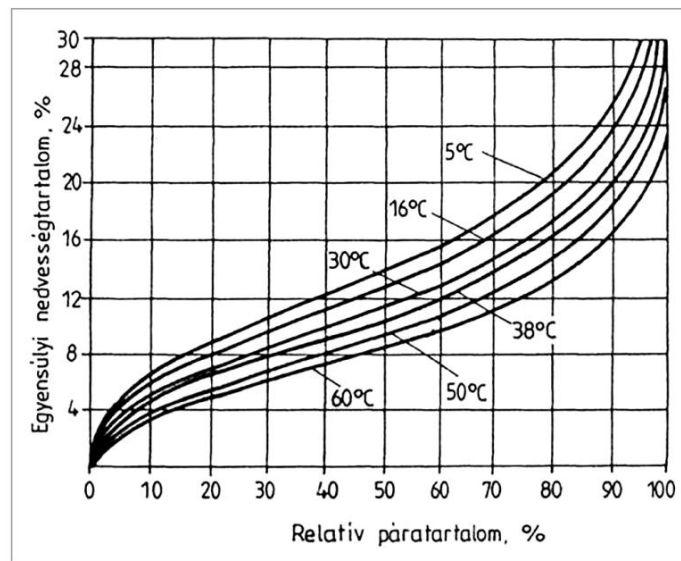
A szemes kukorica 14–14,5%-os nedvességtartalom mellett tárolható. Ezt a szárazsági állapotot természetes úton a szem még a rövid tenyészidejű hibridek termesztése esetén is ritkán éri el, azaz a kukorica betakarítása szinte minden esetben 14,5%-nál nagyobb nedvességtartalomnál történik. A tárolás előtt ezért mesterséges szárításra van szükség [Győri et al., 2011].

A kukorica higroszkópos, ami azt jelenti, hogy a termény nedvességtartalma és a környezeti levegő relatív nedvességtartalma és hőmérséklete közötti viszony függvényében képes vizet felvenni vagy leadni. A légszáraz kukorica víztartalmát az őt körülvevő levegő páratartalma és hőmérséklete határozza meg ezt nevezzük egyensúlyi nedvességtartalomnak. Magyarországon ez az érték, a magyar szabványban is rögzített érték 14,5% -os nedvességtartalomnak felel meg [Győri et al., 2011].

2.2. Tárolás

A tárolt termények nedvességtartalma változékony az idő során. Ez a változás azért következik be, mert a termény képes nedvességet felvenni vagy leadni a környezetének függvényében. Bár ez a nedvességmigráció általában korlátozott mértékű, mégis elegendő lehet a kórokozó mikroorganizmusok jelentős elszaporodásához. Az elpárologtatott víz vagy a környezetbe kerül, vagy pedig a tároló felületein rakódik le, ami újra kialakíthatja a romlás körülményeit. Ezért kritikus fontosságú, hogy a termény tárolása során folyamatosan figyelemmel kísérjük a nedvességtartalom és a környezeti feltételek változásait, és szükség esetén megfelelő intézkedéseket tegyünk a romlás megelőzése érdekében [Duduk-Dósa, 1984].

1. ábra Kukorica egyensúlyi nedvességtartalom változása [Bellus, Komka, 2016]



Az 1. ábra szemlélteti, hogy a 14% víztartalmú kukorica 5°C-on, 60% relatív páratartalom mellett van egyensúlyi állapotban. Magas víztartalmú kukoricát tárolva a hézagok közötti gáztér relatív páratartalma elérheti a 90-95%-ot. A tárolt kukorica szabad víztartalma a külső környezet hőmérsékletének és a levegő relatív páratartalmának változására reagál. Ez azt eredményezi, hogy a fémilókban tárolt kukorica a környezeti levegő hőmérsékletének emelkedésével több nedvességet vesz fel. Ezt követően, ha éjszakai lehűlés következik be, és a fal melletti réteg hőmérséklete a harmatpont alá csökken, kondenzáció lép fel.

Ez a jelenség kettős veszélyt hordoz magában. Egyrészt a nagyobb víztartalmú rétegekben gombák és baktériumok aktivizálódnak, másrészt az erősebben hidrofil takarmánykomponensek összetapadnak. A tárolók kialakításánál fontos szempont a jó hőszigetelés, valamint a falak vízfelvevő és -leadó tulajdonságai. Ha ezek nem megfelelőek, akkor a kondenzált vizet szilikagéllal vagy más agyagásvánnal kell eltávolítani.

Magyarországon az egyensúlyi nedvességtartalomig leszárított vagy ilyen nedvességtartalommal betakarított szemestermények esetén, a tartós tárolás során az állagmegőrző szellőztetési tárolás technológiája javasolt. Ez a módszer lehetővé teszi a tárolt termények hőmérsékletének és páratartalmának szabályozását, megakadályozva ezzel a nedvességtartalom változásait és a mikroorganizmusok elszaporodását. A szellőztetés segít fenntartani a megfelelő környezeti feltételeket a tárolóban, és így hozzájárul a termény minőségének és tárolhatóságának megőrzéséhez hosszabb távon [Herdovics et al., 2011], [Mujumdar-Beke, 2002].

2.3. A szárítás elmélete:

A szárítást diffúziós folyamatnak lehet nevezni, amely során a szilárd anyag belsejéből a nedvesség diffúzióval a felületére jut, majd onnan elpárolog. A szárítás folyamata során a szilárd anyagból párolgó nedvesség gőznyomást hoz létre, ami a szárítandó anyag tulajdonságaitól és hőmérsékletétől függ. A szilárd anyag nedvességtartalmának csökkenése, azaz a szárítás akkor következik be, amikor ez a gőznyomás olyan közegbe kerül, ahol a vízgőz résznyomása kisebb, mint a szárítandó anyag nedvességtartalmának gőznyomása. Ez a különbség lehetővé teszi a nedvesség elpárologását a szilárd anyagból, és ezáltal a szárítás folytatódik. A szárítási eljárás és a paraméterek kiválasztása rendkívül összetett feladat. Az eljárás minőségi és energetikai tulajdonságait jelentősen befolyásolják az anyag előkészítési folyamatok [Francsics-Parti, 1987] [Beke, 1997].

Magyarország nemzeti energiafelhasználásának körülbelül 10-15%-át kiteheti a szárítás során felhasznált energia mennyisége. Ezért kiemelten fontos, hogy a szárítási folyamatot a legmagasabb hatékonysággal és energiatakarékosan valósítsuk meg.

2.3.1. Szorpciós izoterma

A termények vízfelvevő és vízleadó képessége kulcsfontosságú tényező a szárítási folyamat során. A legtöbb termény kolloid-kapilláris pórusos szerkezettel rendelkezik, ami higroszkópikus tulajdonságokkal bír. Ez azt jelenti, hogy az anyag és környezete között egyensúly alakul ki a nedvességtartalom tekintetében. Az egyensúlyi nedvességtartalom (ENT) az a nedvességtartalom, amelyenél - adott hőmérsékleten - a szilárd anyag és a környező levegő nedvességtartalma egyensúlyba kerül. Az ENT-t ábrázolhatjuk szorpciós izotermákkal, amelyek az adott hőmérsékleten a relatív nedvességtartalom függvényében jönnek létre. A terményekkel érintkező gáztérben az anyagréteg feletti parciális gőznyomás arányos a termény nedvességtartalmával [Beke, 1997].

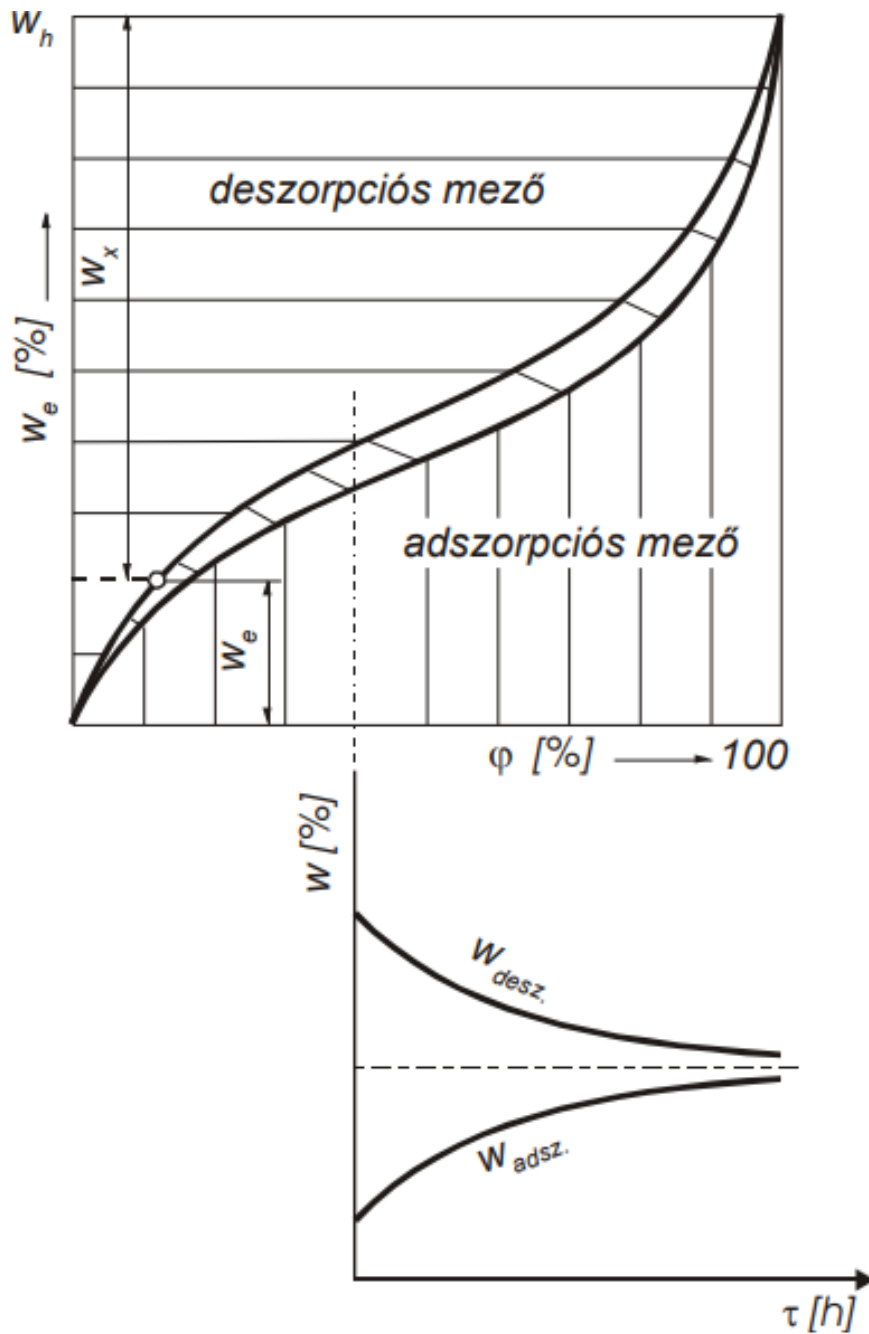
$$\varphi = \frac{p_g}{p_a} = 1 \quad (1)$$

Ahol a φ a levegő relatív nedvességtartalma $\left[\frac{kg}{kg}\right]$

p_g a vízgőz nyomása [Pa]

p_a a a termény feletti gőznyomás [Pa]

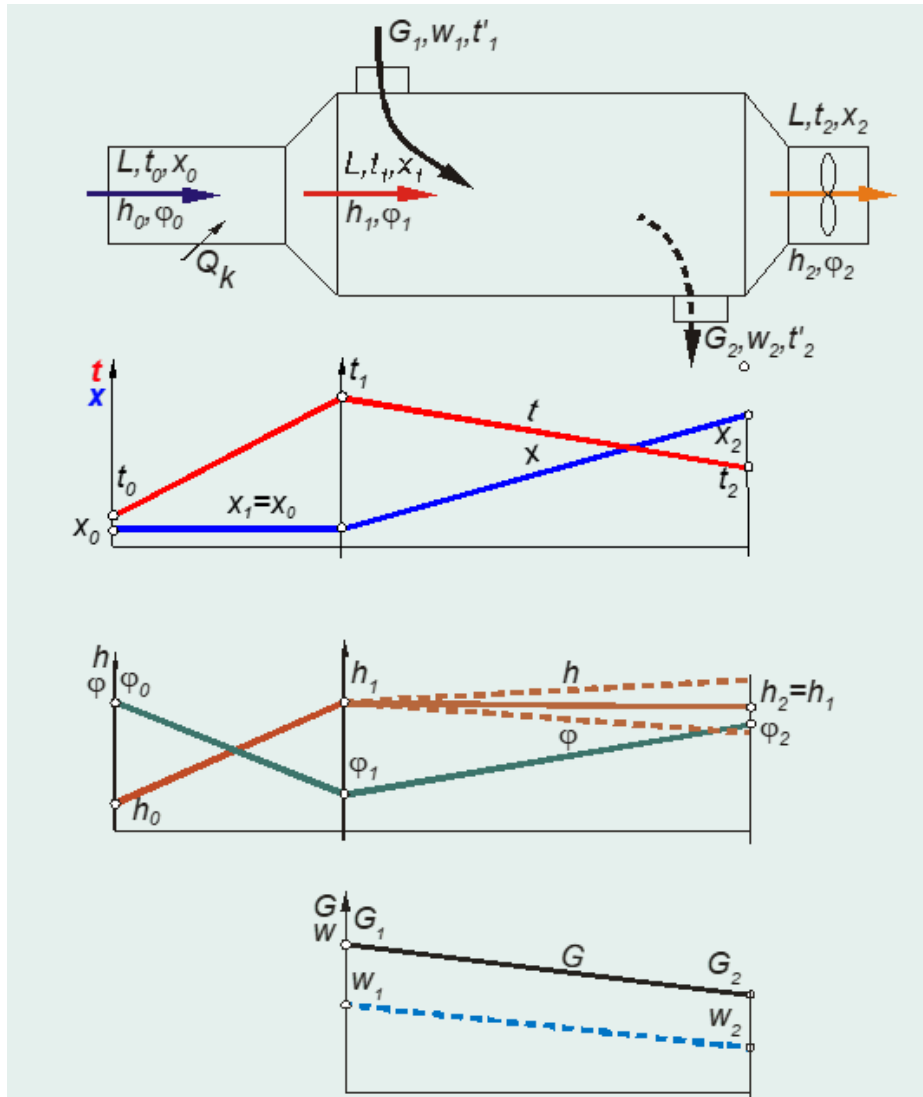
2. ábra Szorpciós izotermák [MATE, 2022]



Az adszorpciós és deszorpciós izotermák csak a szélső pontokban, azaz a teljesen száraz ($\varphi=0$) és telített ($\varphi=100\%$) állapotokban egyeznek meg, de minden más ponton eltérnek egymástól. A szárítással elvonható víz (Δw) maximális értéke az egyensúlyi nedvességtartalom (w_e) értékétől függ. Ezt a termények tulajdonságát főként a fajtajellemzők, a környezet relatív nedvességtartalma és hőmérséklete alakítja [Beke, 1997].

2.3.2. Szárítási anyag és hőméreleg bemutatása

3. ábra Hő és tömegtranszport a szárítókamrában [MATE, 2022]



Az ábrán egy szárító sematikus ábrája látható, amelyen ábrázolva van a szárítóközeg és a szárítandó anyag jellemzőinek változása. A szárító térbe egységnyi idő alatt G_1 (kg/h) nedves anyag lép be, melynek nedvességtartalmát a w_1 , míg a hőmérsékletét a t_1' jelöli. A szárítóból kilépő anyag jellemzőit jelöli a G_2 (kg/h) a szárított anyag mennyisége, w_2 a szárított anyag nedvességtartalma és a t_2' a szárított anyag hőmérséklete [Beke et al., 1985].

A kilépő szárított anyag adataival meghatározhatjuk a szárazanyag-mennyiséget is:

$$G_s = G_1 - G_1 \cdot w_1 = G \cdot (1 - w_1) \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \quad (2)$$

ahol, a G_s a szárazanyag tömegárama (kg/h)

G_1 a bemenő nedvesanyag (kg/h)

w_1 a benne lévő nedvességtartalom (%)

Szárazanyag tömegárama (G_s) a kilépő szárazanyag adataival is meghatározható (vesztésmentes rendszert feltételezünk):

$$G_s = G_2 - G_2 \cdot w_2 = G \cdot (1 - w_2) \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (3)$$

ahol, a G_2 a távozó anyag tömegárama (kg/h)

a w_2 a távozó anyag nedvességtartalma (%)

Az előző két egyenlet felhasználva a G_2 szárított anyag tömegárama az alábbi egyenlettel számítható ki:

$$G_2 = G_1 \cdot \frac{1 - w_1}{1 - w_2} \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (4)$$

A G_1 és G_2 ismerve az elvont víz tömegárama kiszámítható:

$$G_v = (G_1 - G_2) = G_1 \cdot w_1 - G_2 \cdot w_1 \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (5)$$

ahol a G_v az elvont víz tömegárama (kg/h)

illetve,

$$G_2 = G_1 \cdot \frac{1 - w_1}{1 - w_2} \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (6)$$

Az használt w_1 és w_2 jelölések az anyag nedves bázison mért nedvességtartalmát jelzik. Ez a nedvességtartalom a 8. pontban leírt képletek segítségével határozható meg, amely az elvont víz tömegének és a nedves anyag vagy szárított anyag tömegének hányadosának százalékos értéke.

$$w_1 = \frac{m_v}{m_1} \cdot 100 \quad [\%] \quad (7)$$

ahol, m_v az elvont víz tömege (kg)

m_1 a nedves anyag tömege (kg)

$$w_2 = \frac{m_v}{m_2} \cdot 100 \quad [\%] \quad (8)$$

ahol, m_2 a száraz anyag tömege (kg)

A száraz bázison mért nedvességtartalom (X) a használtabb, amely az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$X = \frac{m_v}{m_s} \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (9)$$

ahol az X a száraz bázison mért nedvességtartalom (kg/kg)

m_s a száraz anyag tömege (kg)

A kettő nedvességtartalom közötti átszámítás:

$$w = \frac{X}{1 - X} \cdot 100 \quad [\%] \quad (10)$$

$$X = \frac{w}{100 - w} \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (11)$$

A szárításhoz szükséges levegő tömegáramának meghatározásához össze kell vetnünk a kamrába bejutó és onnan elvezetett vízmennyiségeket. Ez lehetővé teszi számunkra a szárításhoz szükséges levegő mennyiségének meghatározását.

$$G_1 \cdot w_1 + L \cdot x_1 = G_2 \cdot w_2 + L \cdot x_2 \quad (12)$$

ahol, L a ventilátor által időegység alatt szállított szárítóközeg tömegárama (kg/h)

x a szárítóközeg nedvességtartalma (kg/kg)

Az összehasonlítás alapján meghatározható a szárításhoz szükséges levegő tömegárama. Ez a mennyiség jelzi, hogy mennyi levegőre van szükség a nedvesség eltávolításához a szárítási folyamat során:

$$L = \frac{G_v}{x_2 - x_1} = \frac{G_v}{\Delta x} \quad (13)$$

Az 1 kg-nyi levegővel közölt hőmennyiség a h - x diagramból olvasható ki, amennyiben ismerjük a 0. pontban lévő állapotjelzőit és az 1 ponthoz tartozó hőmérsékletét:

$$q_k = h_1 - h_0 \left[\frac{kJ}{kg} \right] \quad (14)$$

ahol a q_k a levegővel közölt hőmennyiség (kJ/kg)

h_0, h_1 az entalpia értékek (kJ/kg)

A szárítókamra óránkénti hőigénye a szárítóközeg tömegárama (L) ismeretében:

$$Q_k = \frac{L \cdot (h_1 - h_o)}{3600} = \frac{L \cdot q_k}{3600} \quad (15)$$

ahol a Q_k az óránkénti hőigény (kJ)

A szárítóban lejátszódó folyamatoknak a megismeréséhez ismerni kell az oda beérkező és kilépő hőáramokat. Veszteségmentes vízelvonási folyamat hőmérlege a 17. egyenletben látható:

$$L \cdot (h_1 - h_2) + G_v \cdot c_{pv} \cdot (t'_1 - t'_2) - G_s \cdot c_s \cdot (t'_1 - t'_2) - m_b \cdot c_b \cdot (t_{be} - t_{ki}) \quad (16)$$

Szárítóban fellépő összes veszteség (Q_v) az következő összefüggéssel számítható ki:

$$Q_v = G_v \cdot c_{pv} \cdot (t'_1 - t'_2) - G_s \cdot c_s \cdot (t'_1 - t'_2) - m_b \cdot c_b \cdot (t_{be} - t_{ki}) + Q_h \quad (17)$$

Hőmérleg egyenlete a Q_v bevezetésével:

$$L \cdot (h_1 - h_2) - Q_v = 0 \quad (18)$$

A szárítókamrában lehetséges hőközlés is, tehát a hőmérleg egyenlete:

$$L \cdot (h_1 - h_2) + Q_{sz} - Q_v = 0 \quad (19)$$

ahol Q_{sz} a közölt hő (kJ)

A (19) összefüggést 1 kg levegőre felírva, akkor a konvekciós kalorikus vízelvonási alapegyenletét kapjuk:

$$(h_1 - h_2) + \xi = 0 \quad (20)$$

ahol a ξ a szárítási tényező, ami:

$$\xi \cdot \frac{(Q_{sz} - Q_v)}{L} \quad (21)$$

Három szárítási esetet különböztetünk meg az ξ értékétől függően:

- $\xi = 0$ esetén a szárítóban sem hőközlés sem hőelvonás nincs ($Q_{sz} = Q_v$)
- $\xi > 0$ a valóságos szárításnak, azaz esete, amikor közölt hő több mint a veszteség, ($Q_{sz} > Q_v$)
- $\xi < 0$ a közölt hő kisebb, mint a veszteség, vagy egyáltalán nincs hőközlés a szárítóba, ($Q_{sz} < Q_v$) [4]

2.3. Terményszárítók bemutatása

Mivel a szárítók piacán számos kialakítás létezik, ezért hazánkban is többféle szárítótípus található. A Magyarországon működő szárítóberendezések többsége konvekciós elven működik, amelyben a szárítandó termék víztartalmát egy felmelegített gáz halmazállapotú közeg entalpiáját használjuk.

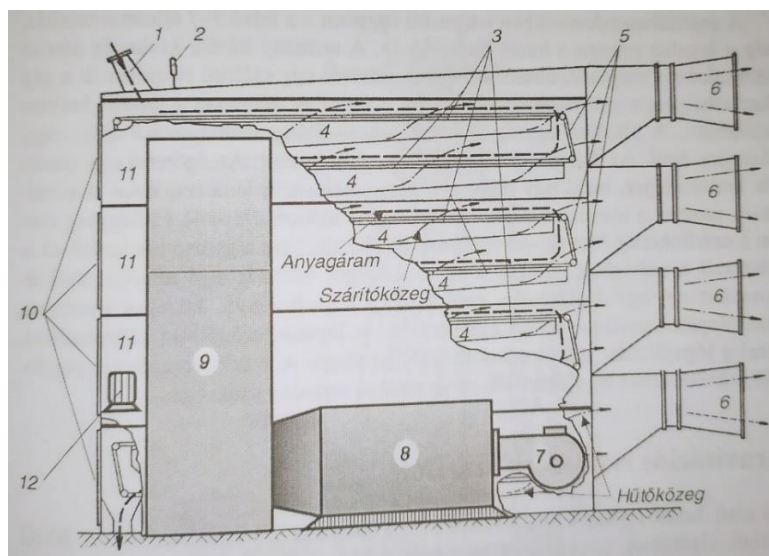
Három nagy csoportba sorolhatóak:

- kényszer anyagmozgatású berendezések
- gravitációs anyagtovábbítású toronyszárító
- vastagrétű szárító

A **kényszer anyagmozgatású szárítók** olyan berendezések, amelyekben a szárítandó anyagot, például a terményt, vízszintes elrendezésű perforált szárító- és hűtőfelületeken (például szalagon vagy tálcákon) mozgatják át. Ehhez villanymotorral hajtott anyagmozgató szerkezetet használnak, amely végigviszi a terményt a berendezésen. A szárítási sebesség számos tényezőtől függ, például az átáramoltatott levegő hőmérsékletétől, sebességétől, a termék rétegvastagságától és a haladási sebességtől. Hazánkban népszerűek a Farmer típusú szárítók, az ÉLgép-Colman szárítók és a Sirokkó típusú szárítók, amelyek elsősorban kalászos gabonafélék szárítására alkalmasak [Beke et al., 1985], [Mujumdar-Beke, 2002], [Beke et al., 1997].

4. ábra Tálcás rendszerű kényszertovábbítású szemesterményszárító felépítése

1 – a száradó anyag, 2 – a szárítóközeg, 3 – a rétegvastagság, 4 – a rostalemezt ábrázolja [Mujumdar-Beke, 2002]

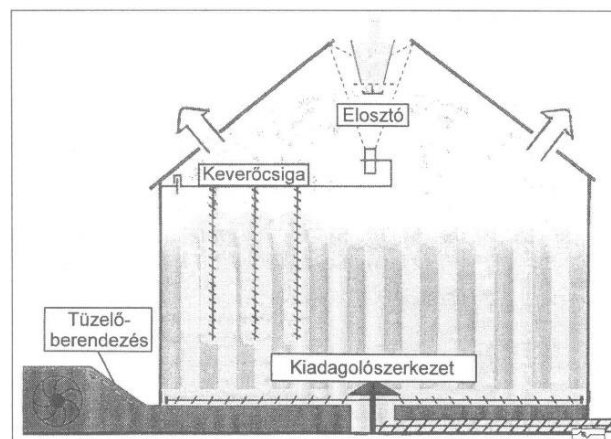


A **vastagrétegű szárítók**ban a termék jellemzően több méter vastag réteget alkot a szárítótartályban, és ennek következtében a szárítási idő hosszabb lehet, mint a gravitációs és a kényszer anyagmozgatású szárítóknál. Ezek a szárítófajták nemcsak a szárításra, hanem tárolásra is alkalmasak. Miután a szárítótartály teljesen megtelik, a betároló szerkezetet folyamatos anyagcirkulációra kell állítani, majd ezt követően lehet elindítani az energiaellátó egységet. A szárítóközeg bekerül a tartályba, ahol a konvekciós szárítás során a terményből a víz elpárolog, és a pára a tartály perforált palástlemezén keresztül távozik. A lokális kondenzáció elkerülése érdekében a tartályban folyamatosan keverni kell az anyagot, biztosítva ezzel a folyamatos mozgást. A szárítási folyamatot követően hűtési folyamat zajlik le, majd tárolásra, illetve kitárolásra kerül sor [Beke et al., 1985], [Mujumdar-Beke, 2002], [Beke et al., 1997].

A szárítóberendezés főbb részei:

- szárító-tároló torony,
- terményelosztó,
- csigás keverőrendszer,
- szellőztetőpadozat,
- kitárolócsiga.

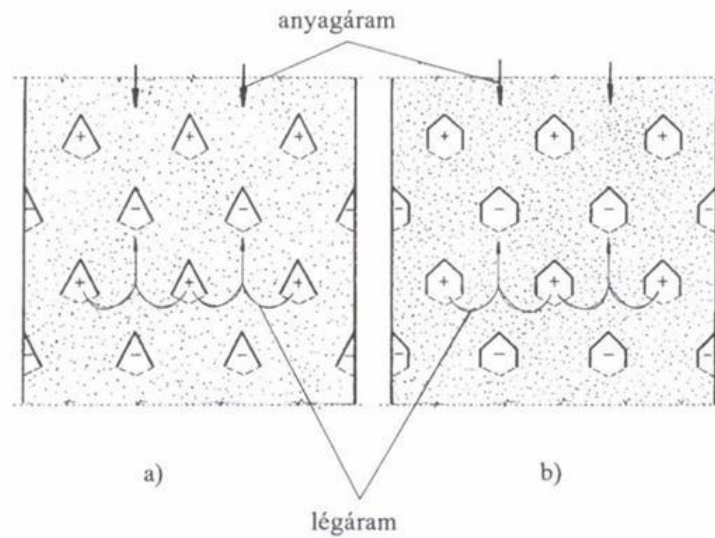
5. ábra Szellőztetéses szárító-tároló [Herdovics et al., 2011]



A **gravitációs anyagmozgású terményszárítók**ban a szárítótorony felső részébe betáplálják a terményt, ami saját súlyánál fogva szakaszos vagy folyamatos mozgással halad lefelé a hűtőzóna alján található kitároló szerkezetig. A száradási időt a termék nedvességtartalma, hőmérséklete, tömege és a szárítóközeg hőmérséklete, nedvességtartalma határozza meg. A szárítótoronyban olyan keresztirányú légcatornák találhatók, melyek alulról nyitottak és három- vagy ötszög keresztmetszetűek, így a szárítólevegő közvetlenül érintkezik a

terménnyel. A termés fentről lefelé halad a szárítótornyban, és a kiadagoló szerkezettel lehet szabályozni a termés sebességét. A szárítózónák alatt hűtözónák találhatók, amelyek kialakítása hasonló a szárítózónához, de itt hűtőlevegőt alkalmaznak a szárítólevegő helyett. A hűtözónák kialakítása lehet aknás, csörgedező vagy terményoszlopos berendezésű [Beke et al., 1985], [Mujumdar-Beke, 2002], [Beke et al., 1997].

6. ábra Gravitációs anyagáramú aknás vagy csörgedezettő szárítótér kiképzés, három- (a), és ötszög (b) alakú légszatórákkal [Bessenyei, 2013]

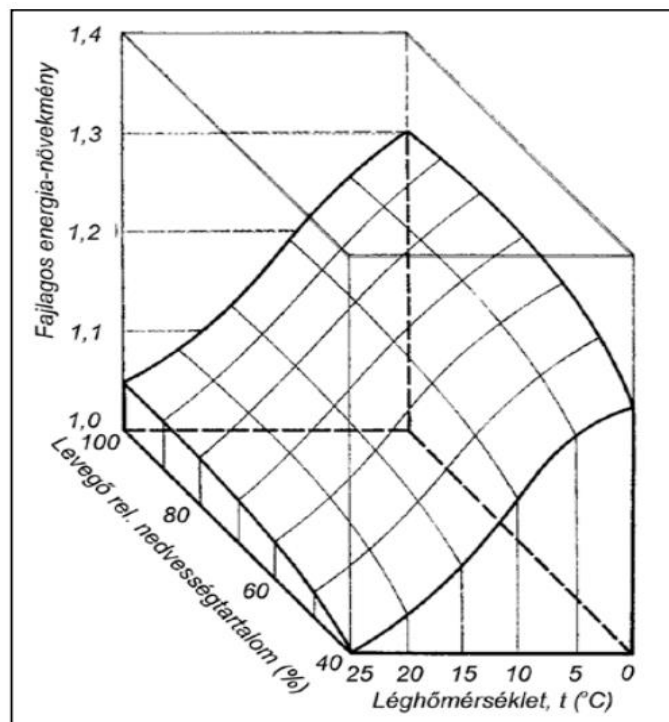


2.4. A terményszárítók energetikai szempontjai:

2.4.1 Az időjárási jellemzők hatása

A szárítási folyamat hatékonysága jelentősen függ a szárítókamra belső környezetétől és az időjárási viszonyoktól is. A szárítókamra környezeti paraméterei, például a hőmérséklet és a páratartalom, befolyásolják a nedvesség eltávolításának sebességét és hatékonyságát. Ennek következtében a befűjt levegő tulajdonságai, mint például a hőmérséklet és a relatív páratartalom, nagyban befolyásolják a szárítási folyamat energiaigényét [Beke, 1997].

7. ábra Klimatikus jellemzők hatása a szárítás fajlagos energiaigényére [Beke, 1997]

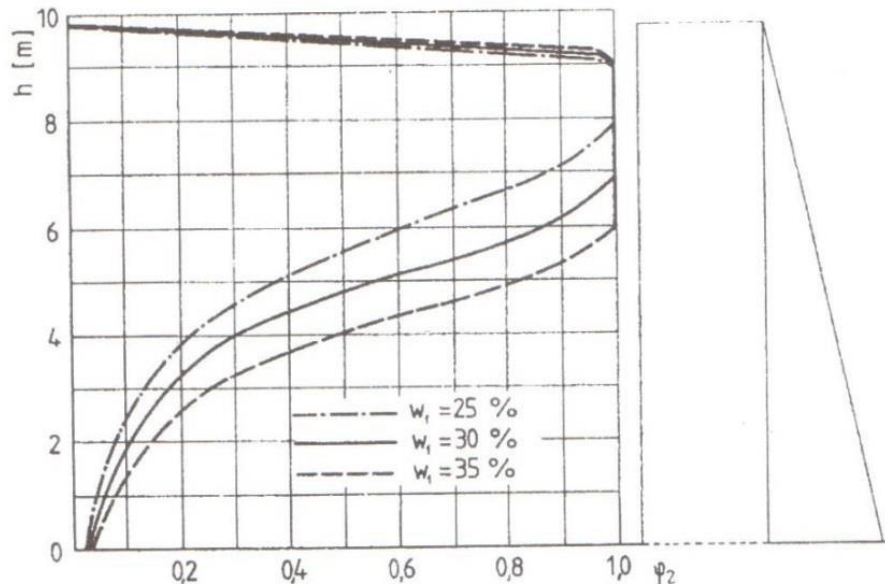


2.4.2 A szárítóközeg jellemzőinek hatása

A szárítóközeg jellemzőinek, mint például a hőmérséklet és a relatív nedvességtartalom, jelentős hatása van a szárítási folyamatra. A szárítóközeg tulajdonságai közvetlenül befolyásolják a nedvesség eltávolításának sebességét és hatékonyságát. Ezért fontos figyelembe venni ezeket a tényezőket a szárítófolyamat megtervezése és optimalizálása során. A szárítóközeg jellemzőinek további hatásai közé tartozik az anyag nedvességtartalmának csökkenésének sebessége és az energiával kapcsolatos költségek. A szárítóközeg hőmérséklete és páratartalma közvetlenül befolyásolja a nedvesség eltávolításának tempóját, ami meghatározza a szárítási folyamat hatékonyságát és sebességét. Emellett a megfelelő szárítóközeg paraméterek kiválasztása kulcsfontosságú a szárítási folyamat

energiatakarékosságának és gazdaságosságának biztosításához. Ezért a szárítóközeg jellemzőinek gondos figyelembevétele elengedhetetlen a hatékony és költséghatékony szárítási folyamat megvalósításához [Beke, 1997].

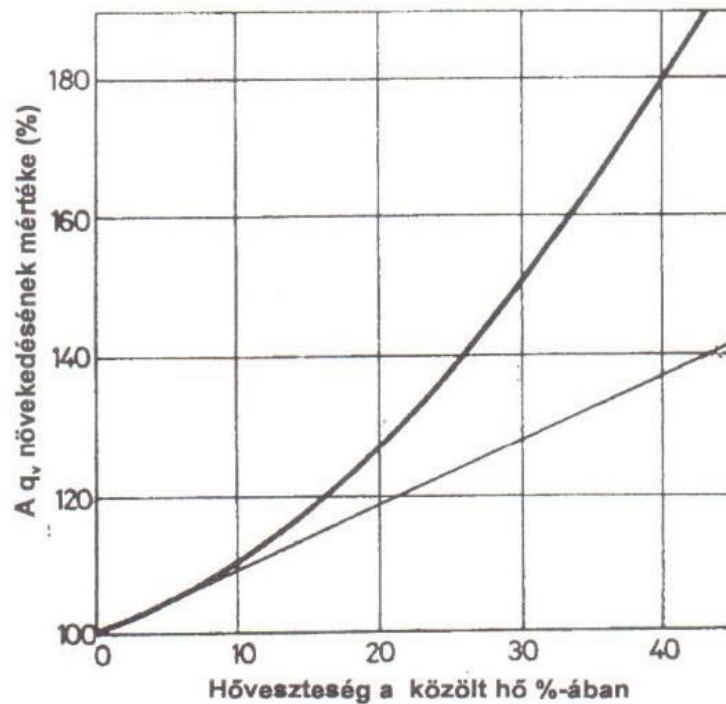
8. ábra A kilépő szárítóközeg telítettségének változása különböző nedvességtartalmú kukorica szárításának során [Beke, 1997]



2.4.3 A szárítás közben fellépő veszteségek hatása

A szárítási folyamat során fellépő veszteségek jelentős hatással vannak a teljesítményre és az eredményességre. Ezek a veszteségek lehetnek például az anyag elvesztett mennyisége, amely a nedvesség eltávolításával távozik, vagy az energiaveszteség, amely azáltal jelentkezik, hogy a szárítás során felhasznált energia nem teljes mértékben hasznosul. Két alapvető veszteséget is számításba kell venni, amelyek a termény felmelegítésére fordított hőmennyiség és a felületi hőveszteség. A szárítandó termény általában a környezeti levegő hőmérsékletén kerül a szárítóba, de a szárítási folyamat során felmelegszik, és jelentős mennyiségű hőt vesz fel. A hidegebb őszi hónapokban ez a hőveszteség, és ennek következtében az energiaveszteség akár 25-30%-kal magasabb is lehet, mint a melegebb nyári hónapokban. Ez a különbség részben az alacsonyabb környezeti hőmérsékletből adódik, ami miatt több energia szükséges a termény szárításához és melegítéséhez. Ennek eredményeként az őszi időszakban nagyobb lehet az energiaigény és a hőveszteség a szárítási folyamat során. Ezért fontos szempont figyelembe venni az évszakváltozásokat és az ezekkel járó környezeti különbségeket a szárítási folyamat tervezése és optimalizálása során [Beke, 1997].

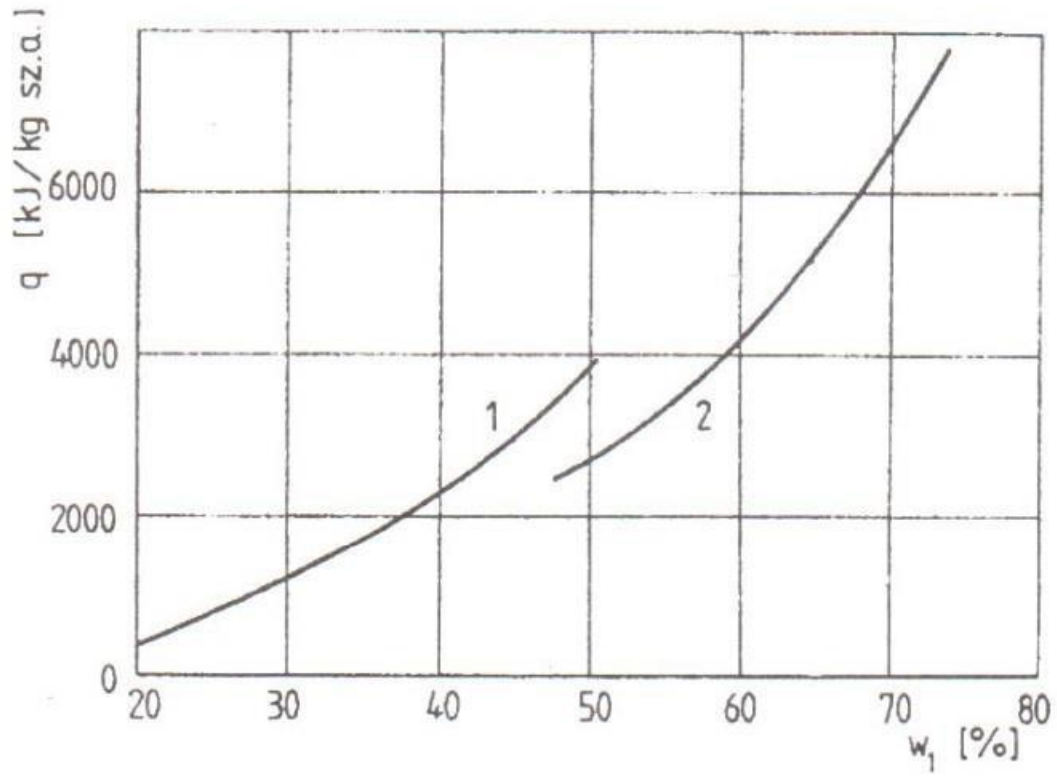
9. ábra Hővesztés és a fajlagos hőfelhasználás [Beke, 1997]



2.4.4 Az anyagjellemzők hatása

Az anyagjellemzők, például a szárítandó termény összetétele, mérete és nedvességtartalma, jelentős hatással vannak a szárítási folyamatra. Az anyag összetétele befolyásolhatja a nedvesség eltávolításának sebességét és hatékonyságát, valamint meghatározza, hogy milyen típusú szárítási technikák lehetnek hatékonyak. Az anyag mérete szintén fontos tényező, mivel az nagymértékben befolyásolhatja a szárítási folyamat sebességét és egyenletességét. Emellett az anyag nedvességtartalma is meghatározza a szárítási folyamat energiaigényét és hatékonyságát, mivel a nedves anyag több energiát igényel a szárításhoz, mint a szárazabb anyag. A vízleadási tulajdonságok figyelembevételével megkülönböztethetünk olyan terményeket, melyek jól és rosszul száradnak. Ezek között akár 30-60%-os különbség is előfordulhat a szárítási időtartamban, amely a rétegvastagságtól és a környezeti hőmérséklettől függ. A termények kezdeti nedvességtartalma is meghatározza a szárítási folyamatot, hiszen nagymértékben befolyásolja a szárításhoz szükséges összes hőmennyiséget [Beke, 1997].

10. ábra Kezdeti nedvességtartalom hatása az energiafelhasználásra (1-kukorica, 2-lucerna) [Beke, 1997]



3. Mérések

3.1 A vizsgált telep felépítése:

A vizsgált mobil szárító egy Agrex PRT 200 ME típusú eszköz. Jellemzőjét tekintve a vastagrétegű szárítók kategóriájába tartozik. A telep Karcsán található, amely egy régi termelősövetkezet területén helyezkedik el. Itt együttesen megtalálhatóak a magtár, a tisztító berendezések és a szárítóegység. A Karcsán található telep kialakítása és logisztikai folyamatai jól kiegészítik egymást, hogy hatékonyan működhessenek a mezőgazdasági termelési tevékenységek. Az épületek elkülönített elhelyezése és a termény mozgatásának megfelelő megoldása pótkocsikkal és rakodógépekkel lehetővé teszi a hatékony működést és a termelés folytonosságát.

11. ábra Novadóra Zrt. telephelyének felépítése [saját szerkesztés]



12. ábra bal oldal: Pektus Fortschritt K545 terménytisztító, jobb oldal: fedett szín alatt lévő tároló [saját készítés]



A kukorica szemtermény útja a hídmérlegen kezdődik, majd átkerül a tisztítóba, ahol a 12. ábrán szereplő magtisztító berendezés végzi a műveletet. Ennek során a rendszer eltávolítja a levél- és szármadarványokat, valamint a tört vagy idegen szemeket. A tisztító berendezés működési elve a légáramos tisztítás, amelynek következtében egy rosta munkálja fel a terményt, majd újabb légáramos tisztítás zajlik. A leválasztott szemetet végül egy porleválasztó ciklonba irányítják. Ezt követően a tisztított terményt átszállítják a szárító fedett színjébe, ahol a betároló garat helyezkedik el. A garat előtti fedett részen körülbelül egy teljes szárítási adag elfér, ami mintegy 20 tonna kukoricát jelent, így nincs holtidő a ki- és betárolás között. Ez biztosítja a rendszer folyamatos működését. A mozgatás és szárítás során az összetört magokat és a pelyvát a szárító folyamatos keverése közben kiválogatja, leválasztva azokat a szárítandó anyagról. Emellett a ledörzsöltött léhát egy külön elszívó rendszer távolítja el a szárító berendezésből. A leszártott terményt kitarolás után pótkocsikkal szállítják át a hídmérlegen keresztül a magtárba. Ez a folyamat szintén zavartalan és hatékony, biztosítva a termény biztonságos és hatékony tárolását.

3.2. Agrex PRT 200 ME típusú szárító felépítése

1. táblázat Agrex PRT 200 ME szárító berendezés paraméterei [saját készítés]

összes üzemidő	248,53	óra
bejövő termény tömege	1320000	kg
bejövő termény nedvessége (átlag)	17,8	%
szárított termény nedvesség (átlag)	14,5	%
száraz tömeg	1269911	kg
felhasznált gáz tömege	4000	kg
elvont víz tömege	50088	kg
elvont víz	3,3	%
nedves anyagra vonatkoztatott szárítóteljesítmény	5311	kg/óra
vízelpárolgató teljesítmény	201,5	kg/óra
fajlagos energiaigény	4,08	MJ/kgvíz

Az Agrex PRT 200 ME típusú szárító egy olasz gyártmányú berendezés, melyet a vastagrétegű szárítók kategóriájába sorolnak, és azon belül a mozgatható, vagyis mobil szárítókhoz tartozik. Annak ellenére, hogy mozgatható lenne, ezt a konkrét berendezést telepítették a cégnél. Ennek oka, hogy a gép működéséhez szükséges tüzelőanyagot, pb gázt, telepített gáztartályokból biztosítják. Az, hogy a szárítóberendezést telepített gáztartályokból szállított pb gázzal működtetik, lehetővé teszi az állandó telepítést, anélkül, hogy folyamatosan mozgatni kellene a gáztartályokat. Ez előny lehet a hatékonyság és a kényelem szempontjából, különösen egy olyan üzemben, ahol folyamatosan nagy mennyiségű kukoricát vagy más szárítandó anyagot dolgoznak fel. Az üzemeltetéshez 2 db 5 m³-es gáztartály szolgál gázellátásként. Ezáltal a szárító berendezés állandó helyszínen üzemel, és hatékonyan működik a cég folyamatos igényeinek kielégítésére.

13. ábra Gáztartályok [saját készítés]



A szárító egy szakaszosan működő mobil egység, melynek működési folyamata részletesen látható a 15. ábrán. A szárítóberendezésbe bekerülő nyers anyagot először az adagolórészbe öntik, melyet egy enyhe dőlésszögű csigas felhordó segítségével juttatunk a függőleges felhordócsigába. Ezzel a szárítási folyamat elindításra kerül. Ez a felhordócsiga egy 4 kW teljesítményű villanymotorral van hajtva. A termény mozgatását a fő hajtóműről, egy 37 kW-os motorról kapja a fő függőleges csiga. A "D" jelű forgatható csúszdán keresztül kerül feltöltésre a "B" jelzésű szárítóterem nedves terménnyel. Ez a szárító tér alkalmas 25 m³ termény befogadására. Amikor a tér megtelik, le kell állítani a bétárol csigát, és innentől csak a belső keringetés miatt a függőleges csiga fog működni, mely létrehozza az anyag cirkulációját a szárító egység belsejében. A betöltött anyag a szárítókamrában helyezkedik el. Itt az anyag a megfelelő hőmérsékletű és páratartalmú levegővel érintkeztetik, hogy elpárologtassák a nedvességet. A szárítókamrába bevezetett levegőt egy hőlégfúvó rendszer felmelegíti, hogy megfelelő szárítási körülményeket biztosítson a nyers anyag számára. Ez a folyamat általában egy vagy több hőcserélőn keresztül történik, amelyek felmelegítik a levegőt a szükséges hőmérsékletre. A felmelegített levegő áramlik át a szárítókamrában elhelyezett anyag, elpárologtatva a benne lévő nedvességet. A nedvesség elpárologtatása után a levegő a szárítóberendezésből kifelé távozik. A kifelé áramló levegőt általában egy hűtőrendszeren keresztül hűtik le, hogy csökkentsék a benne lévő nedvességtartalmat. Ez a lépés biztosítja, hogy a környezetbe kibocsátott levegő már alacsonyabb nedvességtartalommal rendelkezzen. A szemtermény kívánt nedvességtartalomra való leszártása után következik a kitérítés. Ehhez egyszerűen csak elfordítjuk a csúszdát, és a

függőleges csiga által felhordott termény nem vissza a tárolóba, hanem a szárító mellé, a beállított pótkocsira hullik. Ezzel befejeződik egy adag termény hatékony és precíz leszárítása.

124. ábra Agrex PRT 200 ME szárító működési vázlat [http://agrex.it]



15. ábra PT 71 típusú gázégő (bal oldal) Fő hajtó motor (jobb oldal) [saját készítés]



A szárítóberendezést a gázégő és a ventilátor hajtja meg. A gázégő feladata a közvetítő közeg felmelegítése, amely aztán átveszi a hőt a szárítandó terménytől. A 15. ábrán 2-es számmal van jelölve, típusa PT 71, amely 1046,7 kW maximális bemenő hőteljesítményű. A ventilátor biztosítja a szükséges levegőáramot a szárítóberendezés számára. A meleg levegő a szárító közepén lévő süvegbe kerül, ahol kapcsolatba kerül a cirkuláló magokkal. A siló kívülről perforált lemezzel van körülvéve, ami lehetővé teszi, hogy a visszahűtés idején a magok átadhassák a hőt a környezetüknek. Ez a perforált lemez lehetővé teszi a hő átvitelét a szárítandó anyag és a környezet között, ami fontos a szárítási és visszahűtési folyamatok hatékonysága szempontjából. Az égő teljesítményét egy nyomásszabályzó automatika tartja a kívánt értéken, ami lehetővé teszi a folyamatos és stabil működést, valamint a szárító teljesítményének optimalizálását az adott körülmények között. A felfűtött termény, amint eléri a beállított maghőmérsékletet, a szárító rendszer hűtési folyamatba lép, hogy megakadályozza a szárított anyag további túlmelegedését vagy túlszárítását. Ebben a visszahűtő üzemmódban a cirkuláció továbbra is fennmarad, ami azt jelenti, hogy a ventilátor továbbra is levegőt keringet a rendszerben. Ennek a cirkulációnak a célja, hogy egyenletesen eloszlassa a hőt a szárítandó anyagban és annak környezetében, hogy megakadályozza a túlzott hőfelhalmozódást vagy hővesztést a szárítóberendezésben. A cirkuláció fenntartása addig folytatódik, amíg a szárítandó anyag hőmérséklete el nem éri a kívánt értéket, amikor megkezdődhet a kitárolás vagy a további feldolgozási folyamatok. A szárító katalógusban a megadott értékek szerint 3,58 tonna/óra szárító teljesítménye, amely azt jelenti, hogy a szárítóberendezés képes annyi kukoricát szárítani egy óra alatt, amennyi a nedvességtartalmának csökkentésére vonatkozóan megadott százalékok közötti különbségben áll (30%-ról 14%-ra). Ez az érték az adott szárítási folyamat hatékonyságát és a szárító teljesítményét tükrözi.

3.3 Méréshez használt eszközök:

3.3.1. Hőmérsékletek mérése

A szárító belső hőmérsékleteit az Eliwell IC912 típusú termosztátos hőmérőegységeken keresztül mértük, melyek IP65-ös védettséggel rendelkeznek. Ezek a hőmérőegységek -5-55 °C közötti hőmérsékleti tartományban használhatóak.

Ezeket az egységeket a szárító felfűtési hőmérsékletének, a maghőmérsékletnek és a visszahűtési hőmérsékletnek megfelelően állítottuk be, mindig azonos értékekre. A külső környezeti hőmérsékletet pedig higanyos hőmérő segítségével határoztam meg. Ezzel a rendszerrel pontosan figyelemmel kísérhettük és szabályozhattuk a szárító belső hőmérsékletét, biztosítva ezzel a hatékony és megbízható szárítási folyamatot.

16. ábra Eliwell IC912 szabályzó hőmérő egység [IC 912 LX 10-05 GB 5L (gev-online.com)]



3.3.2. Villamos energia mérése

A villamos energiát a szárítóban működő villanymotorok teljesítményadatai és a szárítási időtartam alapján számoltam ki, mivel a szárítónak nincs külön villanyóraja. A működési órák számát a villanymotorok összes energiafelvételével szoroztam.

3.3.3. Gázfogyasztás mérése:

A méréseket a gáztartály teljes feltöltése után kezdődtek, amelyek a teljes kifogyasztásig működtek, így a pontatlanságok kiküszöbölésre kerültek. Ezek alapján a folyamat során felhasznált gázmennyisége pontos adatokat mutat. A gázfogyasztást a gáztartályokon lévő mérőórákról olvastam le, melyek a gázfelhasználás %-os értékét mutatták. Ezek alapján, valamint a töltési mennyiség függvényében határoztam meg a szárítási gázfogyasztást.

3.3.4 Nedvességmérés

A szárítóberendezés energetikai vizsgálatának egyik kulcsfontosságú része a szárítással elpárologtatott víz mennyiségének meghatározása. Ehhez egy hordozható kézi, Wile 65 típusú terménynedvességmérőt használtam. A berendezés kialakítása és működése miatt nem volt szükség több mintavételi pont létesítésére, mivel állandó keringés zajlik a rendszerben. Ennek köszönhetően a gyárilag kialakított mintavételező hely kielégítő volt ahhoz, hogy valós képet kapjak a szárítóban lévő termény nedvességtartalmáról. Minden mérési adatot 3 alkalommal rögzítettem, majd ezekből készítettem átlagot, mindössze 1 perc elteltével.

Fontos megjegyezni, hogy a mérési eredmények pontosságát befolyásolta a mért termény kis mennyisége, valamint a gép működéséből adódó korlátok, például a műszer kalibrálhatatlansága. Ezek a tényezők együttesen hatottak a mérési pontatlanságra. Ennek ellenére a gyűjtött adatok segítettek értékelni a szárító teljesítményét és hatékonyságát.

17. ábra Wile 65 nedvességmérő [Wile 65 | Basic-level grain moisture meter for rapid measurement | Wile]



A Wile 65 típusú nedvességmérő működési elve a magas frekvenciás váltakozó áram mérésén alapul. Ez a műszer az általa mért értéket átkonvertálja nedvességtartalom értékre egy konverziós skála segítségével. Emellett a műszer képes hőmérséklet kompenzációt végezni a benne elhelyezett két hőmérséklet érzékelő segítségével. Ennek eredményeként a Wile 65 precízen és megbízhatóan méri a termény nedvességtartalmát, kiküszöbölve a hőmérséklet változásának befolyását az eredmények pontosságára.

2. táblázat Wiele 65 paramétere [saját készítés]

Mérési tartomány %	Gabona	8-35
	Olajos magvak	5-25
Hőmérséklet tartomány °C	Használatkor	0-40
	Tároláskor	-20-60
Pontosság %	+/-	0,5

4. Eredmények kiértékelése

4.1. Mérési eredmények bemutatása

A kukorica szárításának során a mérési adatok segítségével az alábbi összefüggések láthatóak. A 18. ábra szemlélteti, hogy a környezeti levegő hőmérséklete milyen hatással van a szárítási időtartam hosszára. Az ábráról leolvasható, hogy a környezeti hőmérséklet jelentősen befolyásolja a szárítási időt. A hőmérséklet növekedésével a szárítási idő csökken. Magas hőmérséklet esetén a párolgás sebessége nő, ami gyorsabb szárítást eredményez. Ez azt jelenti, hogy melegebb időjárás esetén a kukorica gyorsabban szárad, vagyis az energiatakarékosság érdekében érdemesebb korábban érő fajtákat vetni, így magasabb környezeti hőmérséklet mellett szárítani. Ez csökkentheti az energiaköltségeket, mivel kevesebb mesterséges hőforrásra van szükség a szárítási folyamathoz. Emellett a magasabb hőmérséklet általában gyorsabb szárítást eredményez, ami lerövidítheti a szárítási időt és így csökkentheti a munkaidőt is. Gyorsabb szárítás esetén kevesebb időre van szükség a termények előkészítésére és feldolgozására, ami további költségmegtakarítást jelenthet a mezőgazdasági termelők számára.

18. ábra Környezeti hőmérséklet hatása a szárítási időre [saját készítés]

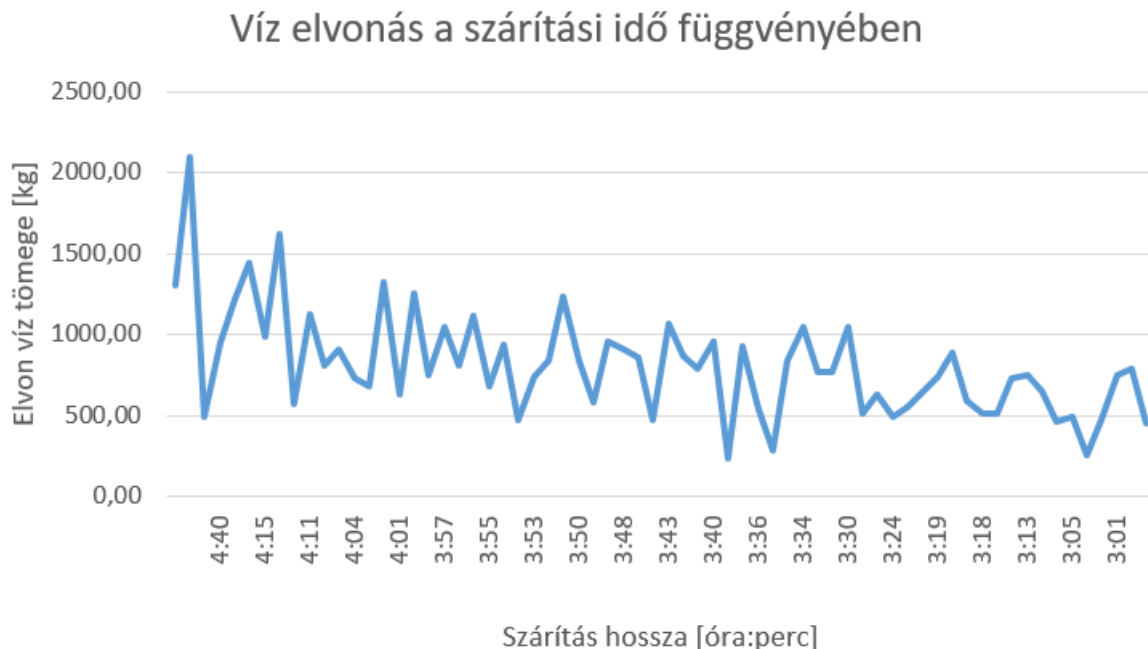


A külső környezeti hőmérséklet, a betárolt termény nedvességtartalma és a kitarolási nedvességtartalom mind nagy hatással vannak a szárítási teljesítményre és így a szárítási időre. Ha a környezeti hőmérséklet alacsony, akkor a szárítórendszernek több energiát kell

felhasználnia a megfelelő hőmérséklet eléréséhez és fenntartásához, ami növeli az üzemeltetési költségeket. Emellett a hidegebb időjárás lassabb szárítási sebességet eredményezhet, ami hosszabb szárítási időt eredményez. A betárolt termény nedvességtartalma is kulcsfontosságú. Minél magasabb a nedvességtartalom, annál több vizet kell eltávolítani a szárítási folyamat során, ami további időt és energiát igényel.

Mindezek összességében azt eredményezhetik, hogy amikor a szárító teljesítménye romlik, hosszabb időtartamra lesz szükség a szárításra, ami növelheti a vállalat veszteségét. Ezért a hatékony szárítási folyamatok kiemelkedő fontosságúak a mezőgazdasági termelők és vállalatok számára.

19. ábra Víz elvonás a szárítási idő függvényében [saját készítés]



Az átlagosan elvont vízmennyiség óránkénti növekedése a környezeti hőmérséklet emelkedésével összhangban van. Magasabb hőmérsékleten a párolgás sebessége nő, ami lehetővé teszi a gyorsabb vízelvonást a szárítandó anyagból. A 19. ábrán jól látható, hogy minél kevesebb az elvont víz tömege, annál rövidebb a szárítási idő. A kiugró értékeket, valószínűsítem az inhomogén kitérésű nedvességtartalom okozhat. A terményekben természetesen eltérő nedvességtartalom lehet, és ez befolyásolhatja az átlagos vízelvonást és a szárítási teljesítményt. Fontos lehet figyelembe venni és monitorozni az ilyen jelenségeket, hogy optimalizálni lehessen a szárítási folyamatot és minimalizálni lehessen az esetleges veszteségeket. Ezek az adatok segíthetnek a szárítási folyamatoknak a javításában és az energiaköltségeknek az optimalizálásában.

20. ábra Hőlégfűvő által szívott levegő hőmérséklete [saját készítés]



A 20. ábrán látható, hogy miképpen befolyásolja a hőlégfűvő által beszívott levegő hőmérséklete a szárítási idő hosszát. Minél magasabb a beszívott levegő hőmérséklete, annál rövidebb a szárítási idő. Mivel a szárító a szabadban helyezkedik el, nem egy zárt térben ezért erősen összefügg a hőlégfűvő által szívott levegő hőmérséklete a környezeti hőmérséklettel. Ha a környezeti hőmérséklet jelentősen magasabb a szokásosnál, a hőlégfűvő berendezések hatékonyabban működhetnek, mivel kevesebb energiát kell felhasználniuk a levegő felmelegítésére a szárítófolyamat során. Ennek eredményeként a szárítórendszer teljesítménye növekszik, és hatékonyabbá válik. Amikor a környezeti hőmérséklet alacsonyabb, a szárítóberendezéseknek nagyobb erőfeszítést kell tenniük a levegő felmelegítésére, ami nagyobb energiaveszteséget és hosszabb szárítási időket eredményezhet.

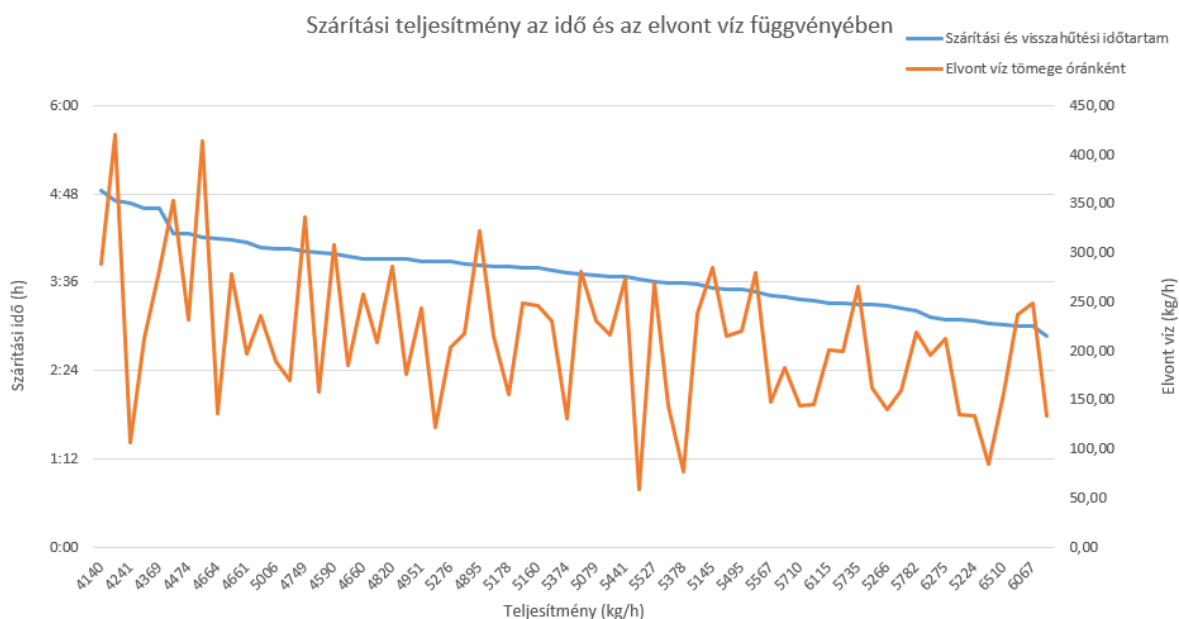
Az egyéb tényezők, mint például a páratartalom és a szárítórendszer hatékonysága, további változásokat idézhetnek elő a szárítási teljesítményben. Összességében azonban elmondható, hogy magasabb környezeti hőmérséklet esetén általában javulhat a szárítási teljesítmény. Amennyiben a szárító nem a szabadban lenne elhelyezve, úgy a zárt térben könnyebben lehetne fenntartani a stabil hőmérsékletet a szárítási folyamat során. Ezenkívül a zárt rendszer lehetőséget nyújtana arra, hogy a szárítási folyamat során keletkező hőt visszanyerjük és újrahasznosítsuk, a nedvességtartalom elvonása mellett, ami növelheti az energiahatékonyságot és csökkentheti a költségeket.

21. ábra Szárítási teljesítmény a környezeti hőmérséklet függvényében [saját készítés]

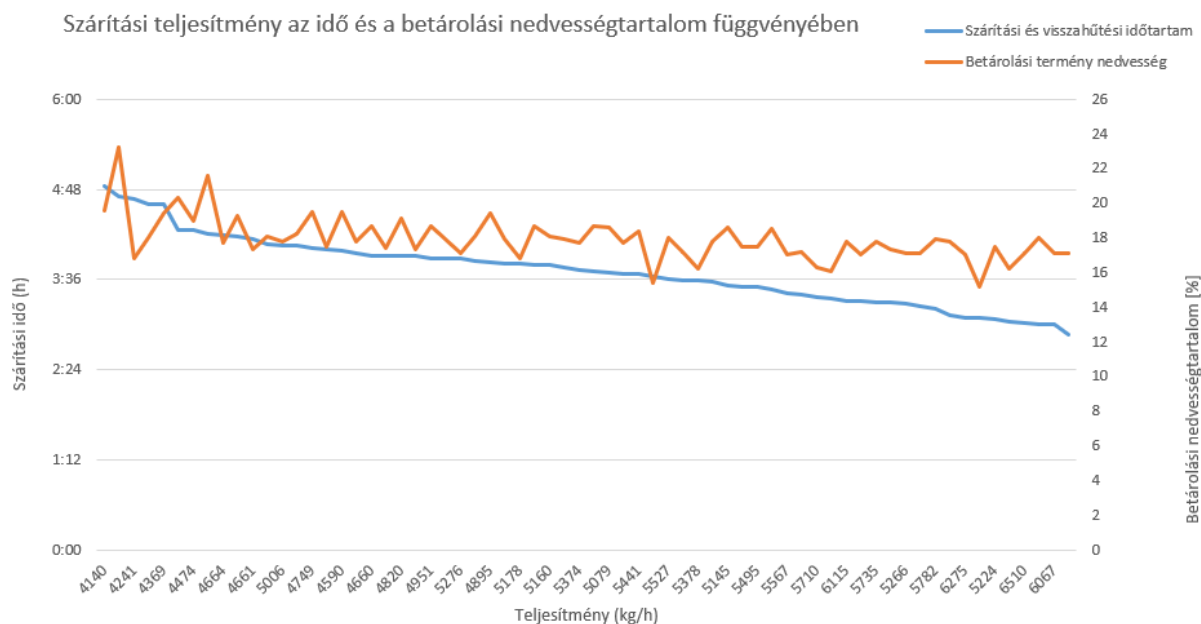


A 21. diagrammon látható, hogy a legalacsonyabb szárítási teljesítmény, amely 4140 kg/h abban az esetben adódik, amikor a hőmérséklet 5 °C alatti. A legmagasabb szárítási teljesítményhez tartozó hőmérsékleti érték pedig 20°C feletti. Ebben az esetben is látszik, hogy a környezeti hőmérséklet milyen hatással van a szárítási folyamatokra. Magasabb hőmérsékleten a levegő nagyobb kapacitással tudja felvenni a nedvességet, és hatékonyabban párologtatja el azt a szárítandó anyagból. Ez gyorsabb szárítást és nagyobb teljesítményt eredményez. Az alacsonyabb környezeti hőmérséklet azonban lassíthatja a szárítási folyamatot, mivel a levegő kevésbé hatékonyan tudja felvenni és elpárologtatni a nedvességet.

22. ábra Szárítási teljesítmény az idő és az elvont víz függvényében [saját készítés]



23. ábra Szárítási teljesítmény az idő és a betárolási nedvességtartalom függvényében [saját készítés]



A 22. és 23. ábrán látható, hogy a szárítási teljesítmény növekedése és a szárítási időtartam csökkenése közötti összefüggés háttérében az áll, hogy a külső befolyásoló tényezők, mint a külső hőmérséklet, páratartalom, nedvességtartalom a szárító hatékonyságára is befolyással van. Amikor melegebb időjárási körülmények voltak a szárítási idő lecsökkent és ezzel a szárító óránkénti teljesítménye is megnövekedett. Ez azért lehetséges, mert a melegebb hőmérséklet és alacsonyabb páratartalom általában kedvezőbb körülményeket teremtnek a szárítás szempontjából. A melegebb levegő képes hatékonyabban elpárologtatni a nedvességet

a szárítandó anyagból. A 23. ábrán látható, hogy a belépési nedvességtartalom görbéje követi a szárítási idő görbáját. Alacsonyabb belépési nedvességtartalom esetén kevesebb vizet kell eltávolítani a szárítandó kukoricából, ami gyorsabb szárítási időt és magasabb szárítási teljesítményt eredményez. Ezzel szemben a magasabb belépési nedvességtartalom esetén több vizet kell eltávolítani, ami hosszabb szárítási időt és alacsonyabb szárítási teljesítményt eredményez. A belépési nedvességtartalom meghatározza, hogy mennyi időre van szükség a szárítóberendezés számára ahhoz, hogy elérje a kívánt szárítási szintet.

4.2. Teljesítmény meghatározása

A szárított termék tömegét a 2.3.2-es fejezet jelölései segítségével a bejövő termék tömegéből, valamint a két termék nedvességtartékából számolhatjuk a következő képpen:

$$m_2 = m_1 \cdot \frac{100 - w_1}{100 - w_2} \quad (22)$$

ahol, az m_1 belépő termék tömege (kg)

m_2 kilépő termék tömege (kg)

w_1 belépő nedvességtartalom (%)

w_2 kilépő nedvességtartalom (%)

Az elvont víz tömegét m_v (kg) az előző képletben már használt tömegértékek segítségével, a bejövő és a kilépő termék tömegéből határozhatjuk meg:

$$m_v = m_1 - m_2 \quad (23)$$

A szárító teljesítményéhez ismernünk kell a belépő tömeget, illetve a szárító összes üzemi idejét,

$$P_{sz} = \frac{m_1}{\tau_{\bar{o}}} \quad (24)$$

ahol a P_{sz} a szárító teljesítménye (kg/h)

$\tau_{\bar{o}}$ a szárító üzemelési ideje (h)

A szárító teljesítményét nem csak a szárítási teljesítménnyel, hanem a vízpárolgató teljesítménnyel P_v (kg/h) is meg tudjuk adni, ehhez az elvont víz tömegére, - amint már a (31) képletben meghatároztunk - és az üzemidőre van szükségünk:

$$P_v = \frac{m_v}{\tau_{\bar{o}}} \quad (25)$$

A fajlagos energiaigény számítása esetén szükséges a felhasznált gáz tömege, és annak minőségi jellemzője, a fűtőérték, amit az elvont víz függvényében adunk meg:

$$E_f = \frac{m_g \cdot H_{gáz}}{m_v} \quad (26)$$

ahol az E_f a fajlagos energiaigény (MJ/kgvíz)

$H_{gáz}$ a tüzelőanyag fűtőértéke (MJ/kg)

Mivel a dolgozat nem egy konkrét szárításról, hanem több szárítás esetéről szól, ezért a továbbiakban átlag értékekkel számoltam.

A 22. egyenlet alapján a szárított termény tömege:

$$m_2 = 20\,000 \cdot \frac{100 - 17,93}{100 - 14,46} = 19\,190,26 \text{ kg}$$

A 23. egyenlet alapján az elvont víz tömege:

$$m_v = 20\,000 - 19\,190,26 = 809,74 \text{ kg}$$

A 24. egyenlet alapján a szárító teljesítménye:

$$P_{sz} = \frac{20\,000}{3,7} = 5405,41 \text{ kg/h}$$

A 25. egyenlet alapján a vízpárologtató teljesítmény:

$$P_v = \frac{809,74}{3,7} = 218,85 \text{ kg/h}$$

A 26. egyenlet alapján a fajlagos energia:

$$E_f = \frac{4000 \cdot 51,2}{53\,443,07} = 3,83 \text{ MJ/kg}$$

Amelyhez 11,34°C átlag környezeti hőmérséklet párosult. A szárítási hőmérséklet minden esetben 90°C és a maghőmérséklet 53°C volt maximum a szárítások folyamán, ahonnan megkezdődött a visszahűtés.

5. Javaslat

A szárítási folyamat hatékonysága és az energiafelhasználás optimalizálása kulcsfontosságú tényezők az ipari szárítási berendezések tervezésében és üzemeltetésében. Az Agrex PRT 200 mobil szárító esetében a zárt térben történő elhelyezés számos előnyt kínálhat, amelyek hozzájárulhatnak a hatékonyabb és gazdaságosabb működéshez.

A zárt térben történő szárítás lehetővé teszi a szárítási körülmények magasabb fokú ellenőrzését és szabályozását. Amennyiben a szárítórendszer külső környezetétől elzárt térben működik könnyebb fenntartani a stabil hőmérsékletet a szárítási folyamat során. Ezáltal minimalizálhatók az időjárási változások, amelyek gyakran nehezítik a szárítóberendezések hatékony működését.

Másodsorban lehetőséget ad arra, hogy a szárítási folyamat során keletkező hőt visszanyerjük és újrahasznosítsuk. A szárítási folyamat során a felfűtött levegő jelentős mennyiségű hőt termel, amely általában elvész a környezetben. Azonban egy épületben való elhelyezés esetén ez a hő könnyebben visszanyerhető és újrahasznosítható, például a levegő újra felmelegítésére vagy más folyamatokhoz való felhasználásra. Ennek eredményeként növelhető az energiahatékonyság és csökkenthetők a működési költségek.

Összességében a zárt térben történő szárítás számos előnyt kínálhat a szárító hatékonysága és gazdaságossága szempontjából. A stabilizált hőmérséklet, a hővisszanyerés lehetősége és a külső tényezők minimalizálása mind hozzájárulhatnak a hatékonyabb és fenntarthatóbb működéshez, ami hosszú távon megtakarítást és versenyelőnyt eredményezhet az iparágban.

6. Összefoglalás

A kukorica szárítása Magyarországon és más olyan területeken, ahol az őszi időjárás esős, nedves kritikus fontosságú mezőgazdasági tevékenység. Az őszi betakarítás után a nedves időjárás gyakran vezethet ahhoz, hogy a kukorica nedvességtartalma meghaladja az elfogadható szintet a tárolás szempontjából. A nedves kukorica tárolása a penész és más kórokozók kialakulásának kockázatával járhat, ami jelentősen ronthatja a termény minőségét és csökkentheti a hozamot. Emellett a nedves kukorica tárolása hajlamosabb a rothadásra és a termény megsérülésére is, ami további veszteségeket okozhat a gazdálkodóknak.

A szárítás elengedhetetlen annak érdekében, hogy a kukorica nedvességtartalmát a megfelelő szintre csökkentsék, és így megőrizzék a termény minőségét és tárolhatóságát. A megfelelő szárítási folyamat biztosítása kulcsfontosságú a termények megfelelő tárolása és a gazdaságos termelés szempontjából.

A dolgozatomban célul tűztem ki, hogy megvizsgálom a Karcán található Novadóka Zrt. telephelyén található Agrex PRT 200 típusú mobil szárítóberendezést üzemi körülmények között hőtechnikai szempontból. A cég életében a kukorica szárítása kiemelt fontosságú a termelésben, és ennek a folyamatnak a hatékonyságát kívánják növelni vagy optimalizálni a szárítóberendezés segítségével.

A cég telephelyén méréseket végeztem üzem közben, amellyel meghatározhattam a szárítási folyamat legfontosabb paramétereit, mint például a be- és kilépő tömegáramok, a nedvességtartalom változása a szárítás során, valamint a környezeti hőmérsékletek alakulása a szárítás folyamán. A szárítás közbeni mintavételezéssel meghatároztam a kukoricára vonatkozó nedvesség értékeket, valamint a szárítási időtartamokat is. Ezek az adatok alapvető fontosságúak a szárítási folyamat hatékonyságának és minőségének felméréséhez.

A mérési adatok kiértékelésével arra a javaslatra jutottam, hogy a szárító elhelyezése egy zárt térben lehetőséget ad arra, hogy a keletkező hőt és nedvességet hatékonyabban hasznosítsák. Ezzel a megoldással a hulladék hő ismétlődően felhasználható lenne, ami nemcsak energiatakarékosabbá tenné a folyamatot, hanem környezetbarátabbá is. Azáltal, hogy a szárítót egy zárt térbe helyezik, a keletkező hőt és nedvességet vissza lehetne vezetni a szárítóhoz vagy más folyamatokhoz, például az üvegházakba, műtrágyagyártáshoz vagy más mezőgazdasági tevékenységekhez. Ez a megoldás lehetővé teheti az energiahatékonyság növelését és a hulladék hő hasznosítását a szárítási folyamatban, ami hosszú távon jelentős költségmegtakarítást és környezeti előnyöket eredményezhet.

7. Summary

Drying corn in Hungary and other areas where the autumn weather is rainy and wet is a critically important agricultural activity. After its harvest, the wet weather influences that the moisture content of the corn strongly maintains the appropriate level from its point of view. Storing wet corn can lead to the risk of mold and other pathogens developing, which can seriously degrade the quality of the crop and reduce yield. Storing wet corn is also more prone to rotting and crop damage, which can cause additional losses to farmers.

Drying is essential in order to reduce the moisture content of the corn to the appropriate level and thus preserve the quality and storage of the crop. A proper drying process is crucial for proper storage of crops and economical production.

In my thesis, I aimed to examine the Agrex PRT 200 type mobile drying equipment located at Novadóka Zrt.'s premises in Karcsán under operating conditions from a thermotechnical point of view. In the life of the company, the drying of corn is of prime importance in production, and they want to increase or optimize the efficiency of this process with the help of the drying equipment.

I carried out measurements at the company's premises during operation, which allowed me to determine the most important parameters of the drying process, such as the incoming and outgoing mass flows, changes in moisture content during drying, and changes in ambient temperatures during drying. By sampling during drying, I determined the moisture values for the corn, as well as the drying times. These data are essential to assess the efficiency and quality of the drying process.

By evaluating the measurement data, I came to the suggestion that the placement of the dryer in a closed space gives the opportunity to use the generated heat and moisture more efficiently. With this solution, the waste heat could be used repeatedly, which would not only make the process more energy-efficient, but also more environmentally friendly. By placing the dryer in an enclosed space, the heat and moisture generated could be returned to the dryer or to other processes such as greenhouses, fertilizer production, or other agricultural activities. This solution can make it possible to increase energy efficiency and utilize waste heat in the drying process, which can result in significant cost savings and environmental benefits in the long term.

8. Köszönetnyilvánítás

Az alábbiak szerint kívánom kifejezni köszönetemet Dr. Kurják Zoltán belső konzulensemnek, aki észrevételeivel, szakmai tapasztalataival és konzultációi során nyújtott hasznos tanácsaival hozzájárult szakdolgozatom elkészítéséhez.

Köszönettel tartozom külső konzulensemnek, Dropka Gábornak, aki szakértelmével előre segítette a munkámat.

Végül szeretném megköszönni a családomnak és a barátaimnak, akik mindvégig támogattak egyetemi tanulmányaim alatt és tanácsaikkal segítették munkámat.

9. Irodalom jegyzék

1. Dr. Herdovics Mihály, Komka Gyula, Dr Tóth László: A sertéstartás, és –takarmányozás gépesítése, Szaktudás Kiadó Ház, Gödöllő, 2011.
2. Beke János, Vas Attila, Várkonyi János: Mezőgazdasági termények szárítása, Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 1985
3. Dr. Beke János: Műszaki hőtan, Gödöllő 2009
4. Dr Győri Zoltán-Dr. Győriné dr. Mile Irma: A búza és kukorica minősége és feldolgozása, Szaktudás Kiadó Ház Zrt. 1142 Budapest, Erzsébet királyné útja 36/B 2011
5. Dr. Duduk Vendel-Dr. Dósa Jenő: Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1984
6. Arun S. Mujumdar, Beke János: Gyakorlati szárítás, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2002.
7. Beke János, Vass Attila, Örvös Mária, Kerekes Benedek, Lengyel Antal: Terményszárítás, Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, 1997.
8. Francsics Péter, Parti Mihály: Energiatakarékos szemestermény szárítás, Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 1987
9. Beke János: Hőtechnika a mezőgazdasági és élelmiszeripari gépészetben, Agroinform, Budapest, 1994
10. Dr. Beke János: Terményszárítás, Agroinform, Budapest, 1997

10. Ábra és táblázatjegyzék

10.1. Ábrajegyzék

1. Bellus Zoltán, Komka Gyula: Szemes termények tárolása a mezőgazdaságban 4. rész, Mezőgazdasági Technika, 2016. október
2. MATE: Hő- és áramlástan Többkomponensű rendszerek, Szárítás, klimatizálás Bsc kurzusok, 2022. november
3. Beke János, Vas Attila, Várkonyi János: Mezőgazdasági termények szárítása, Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 1985
4. Arun S: Mujumdar, Beke János: Gyakorlati szárítás, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest 2002
5. Dr. Herdovics Mihály, Komka Gyula, Dr Tóth László: A sertéstartás, és –takarmányozás gépesítése, Szaktudás Kiadó Ház, Gödöllő, 2011.
6. Bessenyei Kornél: Adalékok a terményszárítás energetikai elemzéséhez SZIE Gépészmérnöki Kar, Gödöllő Mezőgazdasági Technika, 2013. május
7. Beke János: Terményszárítás, Agroinform, Budapest, 1997
8. Beke János: Terményszárítás, Agroinform, Budapest, 1997
9. Beke János: Terményszárítás, Agroinform, Budapest, 1997
10. Beke János: Terményszárítás, Agroinform, Budapest, 1997
11. Novadóra Zrt. telephelyének felépítése [saját szerkesztés]
12. bal oldal: Pektus Fortschritt K545 terménytisztító, jobb oldal: fedett szín alatt lévő tároló [saját készítés]
13. Gáztartályok [saját készítés]
14. <http://agrex.it>
15. PT 71 típusú gázégő (bal oldal) Fő hajtó motor (jobb oldal) [saját készítés]
16. IC 912 LX 10-05 GB 5L (gev-online.com)
17. Wile 65 | Basic-level grain moisture meter for rapid measurement | Wile
18. Környezeti hőmérséklet hatása a szárítási időre [saját készítés]
19. Víz elvonás a szárítási idő függvényében [saját készítés]
20. Hőlégfúvó által szívott levegő hőmérséklete [saját készítés]
21. Szárítási teljesítmény a környezeti hőmérséklet függvényében [saját készítés]
22. Szárítási teljesítmény az idő és az elvont víz függvényében [saját készítés]
23. Szárítási teljesítmény az idő és a betárolási nedvességtartalom függvényében [saját készítés]

10.2. Táblázatjegyzék

1. Agrex PRT 200 ME szárító berendezés paraméterei [saját készítés]
2. Wiele 65 paraméterei [saját készítés]

11. Mellékletek

Mérés helyszíne: Karcsa Novadóka ZRT.

Mérés időpontja: 2023.október

1.sz. melléklet

Üzemi mérések						
Betárolási Időpont	Betárolási hőkölső hőmérséklet	Betárolási termény nedvesség	Kitárolási hőmérséklet	Kitárolási nedvesség tartalom	Kitárolás Időpontja	Szárítási és visszahűtési időtartam
óra.perc	°C	%	°C	%	óra.perc	óra.perc
13:23	5,5	23,2	4	14,2	18:05	4:42
12:21	8	16,8	6	14,7	17:01	4:40
7:29	3,5	18	4,3	13,9	12:05	4:36
8:22	4	19,6	5	14	13:13	4:51
7:34	4	19	4	14,8	11:49	4:15
14:52	3,2	19,4	4,1	14,2	19:28	4:36
12:15	9,7	17,3	8,6	13,8	16:23	4:08
14:09	13,6	19,5	12,1	14,1	18:08	3:59
13:35	3,2	17,7	1,6	15,3	17:46	4:11
15:00	14,8	20,3	11,7	14,1	19:15	4:15
7:18	5,5	18,7	8,6	14,2	11:13	3:55
7:28	12,4	19,3	12,8	14,5	11:38	4:10
16:03	7	18,2	6	15,3	20:06	4:03
12:35	10,6	17,8	8,2	14,6	16:32	3:57
12:30	4,2	19,1	4,1	14,3	16:25	3:55
12:30	11,7	17,5	7,4	14,8	16:30	4:00
11:55	14,6	19,5	14,1	13,8	15:56	4:01
12:31	7,3	15,4	5,6	14,4	16:09	3:38
11:56	12,4	17,9	15,8	14,3	15:45	3:49
7:18	12,5	21,6	13,4	14,7	11:30	4:12
7:16	11,4	17,4	15,3	13,9	11:11	3:55
10:00	14,9	19,4	14,8	14,1	13:50	3:50
11:32	11,6	18,7	13,9	14,6	15:20	3:48
8:50	3,2	18,1	4,8	14,2	12:54	4:04
13:55	15,7	17,8	12	14,6	17:02	3:07
7:36	4,9	17,9	6,9	15,9	11:29	3:53
11:55	6,8	18,7	7,3	14,7	15:48	3:53
7:36	10,4	18,7	12,3	14,1	11:18	3:42
12:38	7,3	18,1	7,8	14,5	16:29	3:51
16:15	14,7	17,3	12,5	14,4	20:10	3:55

7:29	7,1	17,8	10,6	14,7	11:32	4:03
12:19	6,6	16,1	8,1	13,7	15:40	3:21
7:48	9,6	18,6	11,1	14,9	11:29	3:41
15:35	10,7	18,5	11,7	14	19:03	3:28
11:24	13,2	17,9	11,6	14,2	15:10	3:46
8:50	5,3	17,2	10,6	14,9	12:25	3:35
17:06	5,7	16,8	5,4	14,3	20:55	3:49
7:28	12	17,5	14,6	15,4	10:32	3:04
7:08	11,8	18,1	12,4	14,2	10:56	3:48
12:16	13,7	17	13,4	13,8	15:35	3:19
16:13	12,4	18,6	12,4	14,1	19:44	3:31
12:23	13,9	17,1	12,9	14,9	15:40	3:17
12:55	10	17,7	10	14,3	16:35	3:40
7:46	5,5	17,1	6,3	13,9	11:39	3:53
8:17	8,2	17,3	11,6	14,8	11:35	3:18
10:55	14,4	17,7	19,3	15,7	14:38	3:43
15:37	14,3	16,2	12,1	15	19:12	3:35
7:30	10,6	17,5	15,6	14,2	11:00	3:30
7:29	11,5	17,8	13,3	14,2	11:03	3:34
7:30	12,9	18,4	14,6	14,3	11:10	3:40
18:00	16,6	17	14,2	14,8	21:25	3:25
8:30	15,3	17,5	14	14,2	12:00	3:30
18:11	18,6	18	14,2	14	21:47	3:36
7:48	13,5	17,2	12,3	14,5	11:12	3:24
7:08	14,8	16,3	14,5	14,2	10:30	3:22
12:10	14	15,2	15,1	13,2	15:15	3:05
12:10	16	17,8	14,7	14	15:28	3:18
16:40	20,4	17,9	14,5	14,8	19:53	3:13
14:44	20,5	17,1	18,6	15,2	17:36	2:52
11:06	15,8	17,1	22,3	14,9	14:21	3:15
13:00	20,4	18	20,4	14,8	16:00	3:00
16:00	15,2	17,1	14,5	13,7	19:00	3:00
14:30	16,6	17,8	16,4	15,1	17:49	3:19
14:20	23	17	19,7	14,2	17:25	3:05
11:00	15,8	16,2	16,4	15,1	14:02	3:02
11:45	14,1	17,1	14,1	15,1	14:46	3:01

2. sz. melléklet

Üzemi mérések alapján számított értékek						
Betárolási Időpont	Szárított termény tömege	Elvont víz tömege	Elvont víz tömege óránként	Szárító teljesítmény	Gáz felhasználás	Átlagos hőmérséklet
óra.perc	kg		kg/h	kg/h	MJ/kg víz	°C
13:23	17902,10	2097,90	419,58	3580		4,75
12:21	19507,62	492,38	107,04	4241		7
7:29	19047,62	952,38	212,43	4249		3,9
8:22	18697,67	1302,33	288,34	4140		4,5
7:34	19014,08	985,92	231,98	4474		4
14:52	18787,88	1212,12	281,89	4369		3,65
12:15	19187,94	812,06	197,26	4661		9,15
14:09	18742,72	1257,28	307,90	4590		12,85
13:35	19433,29	566,71	136,01	4664		2,4
15:00	18556,46	1443,54	353,52	4544		13,25
7:18	18951,05	1048,95	257,94	4660		7,05
7:28	18877,19	1122,81	278,38	4680		12,6
16:03	19315,23	684,77	169,08	4769		6,5
12:35	19250,59	749,41	185,81	4773		9,4
12:30	18879,81	1120,19	286,01	4820		4,15
12:30	19366,20	633,80	158,45	4842		9,55
11:55	18677,49	1322,51	336,23	4749		14,35
12:31	19766,36	233,64	58,66	4962		6,45
11:56	19159,86	840,14	214,50	4892		14,1
7:18	18382,18	1617,82	413,06	4693		12,95
7:16	19186,99	813,01	208,46	4920		13,35
10:00	18766,01	1233,99	321,91	4895		14,85
11:32	19039,81	960,19	248,32	4924		12,75
8:50	19090,91	909,09	236,13	4959		4
13:55	19250,59	749,41	195,50	5022		13,85
7:36	19524,38	475,62	121,95	5006		5,9
11:55	19062,13	937,87	243,60	4951		7,05
7:36	18928,99	1071,01	280,61	4960		11,35
12:38	19157,89	842,11	216,85	4933		7,55
16:15	19322,43	677,57	176,76	5041		13,6
7:29	19273,15	726,85	188,79	5006		8,85
12:19	19443,80	556,20	145,10	5072		7,35
7:48	19130,43	869,57	230,86	5079		10,35
15:35	18953,49	1046,51	279,07	5054		11,2
11:24	19137,53	862,47	229,99	5103		12,4
8:50	19459,46	540,54	144,14	5189		7,95

17:06	19416,57	583,43	155,58	5178		5,55
7:28	19503,55	496,45	132,98	5224		13,3
7:08	19090,91	909,09	245,70	5160		12,1
12:16	19257,54	742,46	199,76	5181		13,55
16:13	18952,27	1047,73	284,45	5145		12,4
12:23	19482,96	517,04	139,74	5266		13,4
12:55	19206,53	793,47	216,40	5238		10
7:46	19256,68	743,32	203,65	5276		5,9
8:17	19413,15	586,85	161,52	5343		9,9
10:55	19525,50	474,50	130,60	5374		16,85
15:37	19717,65	282,35	77,01	5378		13,2
7:30	19230,77	769,23	214,67	5367		13,1
7:29	19160,84	839,16	238,62	5449		12,4
7:30	19043,17	956,83	273,38	5441		13,75
18:00	19483,57	516,43	147,55	5567		15,4
8:30	19230,77	769,23	219,78	5495		14,65
18:11	19069,77	930,23	269,63	5527		16,4
7:48	19368,42	631,58	183,07	5614		12,9
7:08	19510,49	489,51	143,27	5710		14,65
12:10	19539,17	460,83	134,88	5719		14,55
12:10	19116,28	883,72	265,12	5735		15,35
16:40	19272,30	727,70	218,31	5782		17,45
14:44	19551,89	448,11	133,10	5807		19,55
11:06	19482,96	517,04	159,09	5995		19,05
13:00	19248,83	751,17	237,21	6079		20,4
16:00	19212,05	787,95	248,83	6067		14,85
14:30	19363,96	636,04	200,86	6115		16,5
14:20	19347,32	652,68	211,68	6275		21,35
11:00	19740,87	259,13	84,04	6402		16,1
11:45	19528,86	471,14	157,05	6510		14,1

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: MEGAY-HELMECZI VIKTÓRIA
A Hallgató Neptun kódja: IPBT5D
A dolgozat címe: ADOTT SZÁDJÍTÓBÉRENDVEZÉS HŐTECHNIKAI VIZSGÁLATA
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: MŰSZAKI INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: JÁRMŰTECHNIKAI 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 mindenkorai 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: 2024 év 04 hó 17 nap

Megay-Helmeczi Viktória
Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

HÉRAY-NELMECZI UNKÓRIA (név) (hallgató Neptun azonosítója: IPBT5D)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2024 év 04 hó 19 nap


belső konzulens