

DEBRECENI EGYETEM
Agrártudományi Centrum
Mezőgazdaságtudományi Kar
Géptani Tanszék

INTERDISZCIPLINÁRIS AGRÁR- ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA

Doktori iskola vezető:
Prof. Dr. Nagy János
MTA doktora

Témavezetők:
Dr. Csizmazia Zoltán
egyetemi tanár

Dr. Véha Antal
egyetemi docens

DOKTORI (Ph.D) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

A HATÉKONYSÁG NÖVELÉS ELMÉLETI ÉS GYAKORLATI
ÖSSZEFÜGGÉSEI A MEZŐGAZDASÁGI ÉS ÉLELMISZERIPARI
MŰANYAG REKESZEK ÉS LÁDÁK TISZTÍTÁSAKOR

Készítette:
Mészáros György
doktorjelölt

Debrecen
2006

1. BEVEZETÉS, A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

A biztonságos élelmiszer előállítás alapfeltétele az **üzemi higiénia**. Ismeretes az is, hogy a minőségromlásból adódó veszteségek nagyobbik hányada a higiénia elhanyagolásából adódik. A tisztítás költségei jelentősek, de fennáll az a tétel, hogy a „higiénia sok pénzbe kerül, viszont ha elhanyagolják a közegészségügyi problémák mellett jelentős anyagi veszteséget okoz”.

A higiénia eső üzemi költségek mértéke azonban nem lehet közömbös a gazdaságos termelés költségösszetételében.

Az üzemeken belül és kívül a nyers, vagy feldolgozott árut a legváltozatosabb típusú és méretű tároló-, szállítóeszközökben, edényekben mozgatják különböző távolságokra. Ezeken az eszközökön élelmiszerbiztonsági kockázatot jelentő fizikai-, kémiai- és mikrobiológiai szennyeződések találhatók. Forrásai az élelmiszerlánc helyszínein és az azok közötti szállítás során rákerülő szennyeződés.

Az üzemi higiénia fenntartásának egyik fontos eleme a tároló és szállítóeszközök tisztántartása, fertőtlenítése.

Felmérések szerint a mezőgazdaságban és az élelmiszeripar egyes ágazataiban a leggyakrabban és legnagyobb mennyiségben előforduló szállító-, tárolóeszközök, a rekeszek és ládák ezeken belül is azok, amelyek műanyagból készültek. Vannak olyan üzemek, ahol naponta több ezer rekesz, láda kerül felhasználásra. Országosan közel 4 millió darabot mozgatnak folyamatosan.

A nagymennyiségű szállítóeszköz tisztántartására, a fejlett termelési területeken megjelentek a folytonos működésű mosóberendezések, amelyek több műveletből álló tisztítási technológiát valósítanak meg.

A mosóberendezések használata során két alapvető hiányosság fordul elő. Az egyik, hogy az adott szennyeződés típus eltávolítására nem a legmegfelelőbb tisztítószer és technológiai paramétereket alkalmazzák, a másik, hogy még a korszerű, nagynyomású fúvókákkal üzemelő berendezések sem tudják a folyadéksugár számára árnyékolt részekből (áttörések, bordázatok) eltávolítani a szennyeződést.

Az előbb említett feladatok elvégzésére azonban lehetőség van, ha a megfelelő tisztítási technológiát más iparágakban a bonyolult felületű tárgyak tisztításánál, zsírtalanításánál sikeresen alkalmazott ún. ultrahangos tisztítással egészítjük ki.

A hatékonyság tehát igen nagy jelentőségű a kiemelt tisztítási igények és a magas darabszám esetén. A nagyteljesítményű rekeszmosó gépek üzemeltetésekor alapvető elvárás, hogy minél alacsonyabb fajlagos (egy darabra eső) költség mellett biztosítsuk a megfelelő tisztaságot.

A hatékony tisztítás feltétele az optimális technológia, mivel az közvetlen összefüggésben van a tisztítás minőségével és a ráfordításokkal.

Az optimális technológia kidolgozásához ismerni kell:

- a szennyeződés és a hordozó felület tulajdonságait
- a tisztítandó tárgy típusát, méretét
- azokat a műveleti jellemzőket, amelyek befolyásolják a tisztulás mértékét, tehát közvetlenül hatnak a szennyeződés leválasztására, úgymint
 - műveleti idő,
 - tisztítószer fajtája és koncentrációja,
 - tisztító oldat hőmérséklete,
 - nagynyomású fúvókák típusa, távolsága,
 - a fúvókákon kiáramló folyadék nyomása.

Kutatómunkám során megvizsgáltam azt, hogy a legnagyobb számban használt szállító eszközökön előforduló jellemző szennyeződések eltávolításakor a tisztítás műveleti paraméterei milyen összefüggést mutatnak a tisztulás és az ahhoz felhasznált anyag és energia mértékével. Összeállítottam annak a technológiának a műveleti sorrendjét és paramétereit, amely egy adott szennyeződés típus esetén a legkevesebb ráfordítással éri el a tisztítás szükséges és elégséges mértékét.

Ezeknek az adatoknak a segítségével meghatározható az üzemvitel minden fontos műszaki jellemzője, amely alapjául szolgál a mosóberendezés tervezésének és kivitelezésének.

A vizsgálatokhoz szükséges kísérleteket az SZTE Élelmiszeripari Főiskolai Karán az Élelmiszeripari Műveletek és Környezettechnika Tanszék laboratóriumában végeztem.

Az eredmények alapján kidolgozott tisztítási folyamatokat, üzemi viszonyok között az erre a célra megépített kísérleti mosóberendezésen ellenőriztem és értékeltem. A berendezést és a próbaüzemi vizsgálatokat a Context Műszaki és Technológiai Mérnöki Iroda, Szeged biztosította.

Az kutatás célkitűzései

- vizsgálati, mérési módszer kidolgozása a tisztítás mértékét kifejező tisztítási hatások meghatározására,
- laboratóriumi modell és üzemi vizsgálatok eredményei alapján összefüggés-vizsgálatok lefolytatása, a tisztítás minősége (a tisztítás hatásfoka) és a műveleti jellemzők között kiválasztott szennyeződéstípusoknál,

- laboratóriumi és üzemi kísérletek alapján a tisztítási technológia intenzív műveleti fázisának hatékonyság növelése, ultrahang alkalmazásával,
- műanyag rekeszek és ládák különböző szennyeződéstípusainak eltávolítására alkalmas optimális tisztítási technológia műveleti sorrendjének meghatározása, amely a higiénés követelmények teljesítése mellett, a tisztítás fajlagos költségét minimalizálja,
- vizsgálati eredmények segítségével meghatározni azokat a műveleti jellemzőket, és az üzemvitel műszaki paramétereit, amelyek kiindulási alapjai egy hatékony, többcélú mosóberendezés tervezésének és üzemeltetésének,
- kísérleti, üzemi mosóberendezés építése a vizsgálati eredmények értékeléséhez,
- ajánlások megfogalmazása az ipari gyakorlat számára, az optimális tisztítási technológia megtervezéséhez és üzemeltetéséhez.

2. VIZSGÁLATI ANYAGOK, ESZKÖZÖK ÉS MÓDSZEREK

2.1. A VIZSGÁLATOK CÉLJA

Egy kiválasztott tisztítási módszer esetén alapvetően azok a műveleti jellemzők befolyásolják a tisztítás minőségét, amelyek közvetlenül hatnak a szennyeződés leválasztására.

Ezek az alábbiak:

- műveleti idő (t),
- tisztító oldat hőmérséklete (ϑ),
- fúvókákon kiáramló oldat nyomása (p),
- az tisztítószer fajtája és koncentrációja (D , K).

Másfelől a műveleti jellemzők szoros összefüggésben vannak a tisztítási művelet során felhasznált anyag és energia mennyiségével is.

Amennyiben ezek egységnyi idő alatt felhasznált mértékét ismerjük, akkor kiszámítható a költségük is.

A tisztítás minőségét a vizsgálatok során a tisztítás hatásfokával jellemezzük. A ráfordítások nagyságát a fajlagos tisztítási költség tükrözi.

A tisztítás hatásfoka (η)

Ahhoz, hogy a tisztítás minőségét, tehát a szennyeződés leválasztásának mértékét meghatározzuk, be kell vezetni egy mérőszámot, amely egyértelműen mutatja, hogy a művelet alatt mennyi szennyeződést távolítottunk el. Ugyanakkor ezt méréssel is egyszerűen ki kell tudni mutatni.

A t -ideig tartó tisztítási művelet esetében:

ha m_0 = eredeti szennyeződés mennyisége

és m = a tisztítási művelet után megmaradt szennyeződés mennyisége

Akkor a leválasztott mennyiség t idő után: $m_0 - m$

Ha ezt az eredetihez (m_0) hasonlítjuk, megkapjuk a tisztítás hatásfokát:

$$\eta = \frac{m_0 - m}{m_0} \leq 1 \quad (1)$$

A vizsgálatoknak arra kell irányulni, hogy egy bizonyos szennyeződés típus és tisztítási módszer esetén a tisztítási művelet jellemzői hogyan hatnak a szennyeződés leválasztás mértékére, egyúttal a tisztítás hatásfokára.

Fajlagos tisztítási költségek (K_{Tfajl})

Az egy darabra eső tisztítási költség ismerete fontos jellemző, ennek érdekében értelmezni kell a fajlagos tisztítási költséget. Esetünkben ez azt jelenti, hogy:

$K_{TÖ}$ = időegység alatt felmerült tisztítási költségek összege (Ft)

P_T = időegység alatt megtisztított eszközök száma (db), tisztítási teljesítmény

Akkor:

$$K_{Tfajl} = \frac{K_{Tö}}{P_T} \quad (2)$$

A vizsgálatok célja annak megállapítása, hogy milyen közvetlen összefüggések mutathatók ki az egyes műveleti paraméterek és a hatékonyságot meghatározó két jellemző: tisztítás hatásfoka és a fajlagos költségek között.

2.2. KIVÁLASZTOTT ESZKÖZÖK ÉS SZENNYEZŐDÉSFAJTÁK

A vizsgálatokat a 395 x 595 mm alapterületű különböző magasságú műanyag rekeszek és ládák esetében végeztünk, három jellemző szennyeződésfajttal. Mindhárom szennyeződéstípus nehezen távolítható el, ugyanakkor tulajdonságaikban alapvetően eltérnek egymástól.

- **Tejipari szennyeződés (SZÉ₁)**

Gyorsan romló erősen felülethez kötött, rászáradt. Földet, port, sarat is tartalmazhat.

- **Húsipari-, baromfiipari szennyeződés (SZÉ₂)**

Gyorsan romló, hidrofob (vér, zsír), felülethez tapadó szennyeződés, amely kormot, füstöt, ill. port is tartalmazhat.

- **Mezőgazdasági alapanyagok szállításakor keletkezett szennyeződés**

Rászáradt föld, por. Növényi nedveket és olajokat is tartalmazhat. (SZMg).

2.3. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

2.3.1. Nagy pontosságú tömegmérés a tisztítás hatásfokának megállapítására

A tisztítandó eszköz (rekesz, láda) azonos méretű (200 x 100 mm) mintadarabjait az adott szennyeződés szuszpenziójába mártottuk a mérési sorozathoz szükséges darabszámban. A rekesz és láda mintadarabok tömegét szennyezetlen, valamint a tisztítási művelet előtt és után száraz állapotban 0.01 g pontosságú laboratóriumi mérlegen mértük. A vizsgálatokhoz három, a 2.2. fejezetben említett (SZÉ₁, SZÉ₂, SZMg) szennyeződés típusnak megfelelő teszt szuszpenziót, ún. tesztszennyeződést állítottunk elő.

A 1. egyenletnek megfelelően a tisztítás hatásfoka:

$$\eta = \frac{m_0 - m}{m_0}$$

A leválasztott szennyeződés tömegét ($m_0 - m$) és az eredeti (kiindulási) szennyeződés tömegét (m_0) az alábbiak szerint tudjuk megmérni:

$$m_0 - m = M_0 - M \text{ és}$$

$$m_0 = M_0 - M_t, \text{ ahol}$$

M_0 a szennyezett mintadarab össztömege

M a tisztítási művelet utáni össztömeg

M_t a tiszta, szennyezetlen mintadarab tömege

A kísérleti berendezés üzemi vizsgálatánál valóságos szennyezettségű eszközöket tisztítottunk. Ebben az esetben a vizsgált rekeszeket és ládákat megjelöltük és tisztítás előtt (M_0) és után (M) megmértük. Így a leválasztott szennyeződés ($m_0 - m$) mennyiségét határoztuk meg. A kiindulási szennyeződés tömegének meghatározásához (m_0) - ami az $M_0 - M_t$ tömeg különbsége - a megjelölt eszközről a tisztítás művelete után eltávolítottunk minden maradék szennyeződést, így megkaptuk az M_t tömeget.

2.3.2. A vizsgálatok során változó és nem változó jellemzők

- D a tisztítószer fajtája
- K a tisztító oldat koncentrációja (tf %)
- t a tisztítás műveleti ideje (s)
- ϑ a tisztító folyadék hőmérséklete ($^{\circ}\text{C}$)
- p a tisztító folyadék nyomása a fűvókákon (MPa; N/cm^2)
- q a tisztító folyadék térfogatárama (dm^3/min)
- φ a fűvókán kiáramló folyadék szórásszöge ($^{\circ}$)

Nem változó jellemzők:

- A tisztítandó tárgyak távolsága a fűvókáktól,
- A tisztítandó tárgyak távolsága az ultrahangos besugárzó elemektől.

2.3.3. A mérési eredmények megjelenítésének matematikai módszere

A vizsgálatok során kapott különböző mérési sorozatok értékeire a legkisebb négyzetek módszerével illesztettem függvényeket. Az átlag-szórás hibáját (ε) 5%-ra vettük, így a vizsgálatok eredményeit megjelenítő függvények korrelációs (r) és determinációs (r^2) együtthatójának értékei 95%-os szignifikancia szinten ($1 - \varepsilon$) értendők.

Az ehhez szükséges számításokat a Statsoft (USA) vállalat Statistica[®] 6.0 Nonlinear estimation programcsomagjával végeztem, amely a nemlineáris regresszió elvén működik. A programot általános személyi számítógép konfigurációval működtettem.

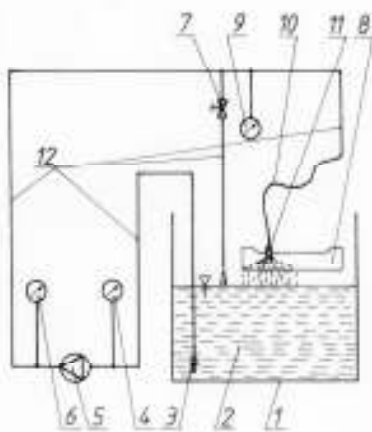
2.4. A LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOKHOZ ALKALMAZOTT BERENDEZÉSEK

2.4.1. Kísérleti berendezés a nagynyomású fúvókák vizsgálatához

A fúvókák típusának, geometriai méretének meghatározása, valamint a műveleti paraméterek kimérésére laboratóriumi berendezést állítottam össze. A berendezést a **1. ábra** folyamatvázlata és a **2. ábra** szemlélteti.

A folyamatábra jelmagyarázata:

1. víztartály ($V = 0,15 \text{ m}^3$),
2. tisztító oldat,
3. szívó-kosár,
4. vákuummérő (tip.: TGL, mérési tartomány: $0-1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$),
5. szivattyú BMS 12/36 $n = 2880 \text{ f/min}$, $H = 110 \text{ m}$),
6. nyomásmérő (OHM tip. 1/1-80, MSZ 584, mérési tartomány: $0-12 \cdot 10^5 \text{ Pa}$),
7. by-pass szabályozás (golyós szelep $1 \frac{1}{4}''$),
8. műanyag rekesz,
9. nyomásmérő (OHM tip. 1/1-80, MSZ 584, mérési tartomány: $0-12 \cdot 10^5 \text{ Pa}$),
10. flexibilis csatlakozás,
11. fúvóka,
12. műanyag cső ($\varnothing 1''$).



1. ábra. Laboratóriumi kísérleti berendezés folyamatábrája



2. ábra. Laboratóriumi kísérleti berendezés

2.4.2. Az ultrahangos vizsgálatokhoz használt berendezés

Az ultrahangos kezelés műveleti paramétereinek kimérésére egy cseh gyártmányú TESLA UG 160/320 TA jelű laboratóriumi berendezést használtam. Az egység 12 dm³ hasznos térfogatú tisztítókádból, valamint egy nagyfrekvenciás ultrahang-generátorból áll, amely 160 vagy 320 Watt teljesítménnyel működtet piezoelektromos sugárzókat, 25 kHz-en. Az átalakítás hatásfokát figyelembe véve 1,3 és 2,8 Watt/dm³ hasznos teljesítménysűrűség érhető el a tisztítandó tárgy közvetlen közelében. (3. ábra)



3. ábra. TESLA UG 160/320 TA jelű ultrahangos laboratóriumi tisztító berendezés

2.5. AZ ÜZEMI VIZSGÁLATOKHOZ ALKALMAZOTT BERENDEZÉS

A kutatási eredmények alapján kidolgozott hatásos tisztítási technológiákat üzemi körülmények között egy nagyteljesítményű kísérleti mosóberendezésen ellenőriztem és állítottam be optimális értékre. Az üzemeltetés során mért és számolt anyag és energiafelhasználás alapján határoztuk meg a fajlagos tisztítási költséget.

A berendezést a Contex Mérnöki Iroda tervezte és gyártotta le a speciális igényeknek megfelelően, amelyek a következők:

- feleljen meg a többcélúság igényének. Különböző méretű és szennyezettségű rekesz és láda tisztítására legyen alkalmas,
- a technológia előmosó, -áztató, intenzív és öblítő fázisokból álljon,
- az intenzív fázis ultrahangos tisztítási művelet legyen,
- a műveleti paraméterek bizonyos határok között változtathatók legyenek,
- könnyen kezelhető, magas fokon automatizált legyen,
- kerülje el az eddig ismert mosóberendezések hiányosságait.

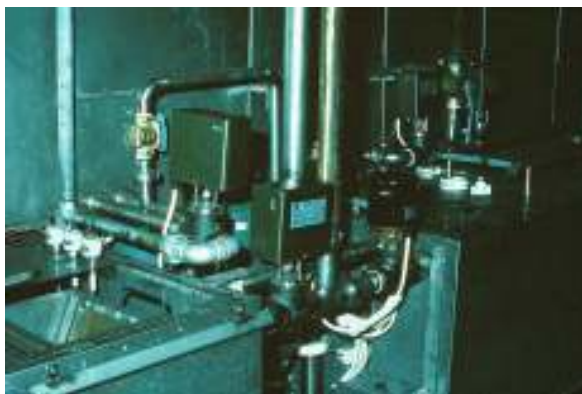
2.5.1. Folyadékkezelő és mozgató rendszer műszerezett folyamatainak kidolgozása

A mosó-tisztító rendszer önálló műveleti egységeinek elvi felépítése során a hatásos tisztítás követelménye mellett a takarékos üzemmód biztosítása és a tisztítási paraméterek változtathatósága volt az elsőrendű tervezési cél.

Ezért az előmosó-áztató, az intenzív tisztítás és az öblítés műveletét önálló vízkezelő és mozgató rendszerrel láttuk el. Mindhárom rendszer önmagában visszaforgatott. Működtetésükhöz szükség van vízre, gőzre, villamos energiára, csatornára.

A működés tervezési szempontjai:

- a műveleti egységekben a folyadékot gőzzel fűtjük a kívánt hőmérsékletre. Az előmosó és az öblítő szakaszban direkt gőzbefűvést alkalmazunk, az ultrahangos mosókádban (továbbiakban UH) a kavitációs tér védelme miatt a keringtető vezetékben keverjük a gőzt a folyadékkal,
- a folyadék hőmérsékletét és szintjét érzékelők és mágnes szelepek útján szabályozzuk (**4. ábra**),
- a működtetésben kézi és automatikus üzemmódot egyaránt alkalmazunk,
- a fűvókák védelmében hatásos szűrőkkel látjuk el a műveleti egységeket,
- a fűvókákra jutó folyadék nyomását a szivattyúk ún. by-pass szabályozásával változtatjuk. Miután az öblítő szakaszban a frissvizes öblítés folyadékmennyisége folyamatosan többletet okoz, ezért az öblítő rendszerben a szivattyú nyomóág megcsapolását az előmosó rendszerbe vezetjük,
- a magas folyadék hőmérséklet és a nagyszámú fűvóka miatt páraelszívást alkalmazunk,
- a vegyszert közös tartályból külön adagolószivattyúval, üzemeltetés közben automatikusan adagoljuk az előmosó és az UH tartályba. (**5. ábra**)



4. ábra. Szintérzékelők és mágnesszelepek



5. ábra. Vegyszeradagoló membrán szivattyúk az oldattartályon

3. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI, EREDMÉNYEK

3.1. ELMÉLETI ÖSSZEFÜGGÉSEK A TISZTÍTÁSI MŰVELET JELLEMZŐI ÉS A TISZTÍTÁS HATÁSFOKA KÖZÖTT

A tisztítás eredménye egyértelműen azzal mérhető, hogy az eredetileg meglévő szennyeződés mennyiségének hányad része oldódik le, illetve adott esetben távolítható el a tisztítandó tárgyról.

A hatásfok és a műveleti idő összefüggése:

Legyen $m(t)$ a t időpontban meglévő szennyezés tömege.

A Δt idő alatt eltávolított szennyeződés mennyisége:

$$m(t + \Delta t) - m(t).$$

Ez a mennyiség arányos a Δt -vel, az a arányossági tényezővel és $m(t) - m_v$ -vel.

Ahol a pozitív arányossági tényező, amely a tisztítási módszer és az alkalmazott tisztítószer hatásosságát fejezi ki. A negatív előjel a tömeg csökkenését veszi figyelembe.

Az m_v az a visszamaradó szennyeződés mennyisége, amely az adott tisztítási eljárással nem távolítható el a felületről.

Így felírható:

$$m(t + \Delta t) - m(t) = -a(m(t) - m_v) \Delta t \quad (3)$$

Amiből $m(t)$ -re az

$$m'(t) = -a(m(t) - m_v)$$

differentiálegyenlet adódik, amelynek megoldása:

$$\frac{m'(t)}{m(t) - m_v} = -a$$

$$\ln(m(t) - m_v) = -a \cdot t + C$$

$$m(t) - m_v = e^C \cdot e^{-a \cdot t}$$

e^C -re újabb C -konstanst bevezetve

$$m(t) - m_v = C \cdot e^{-a \cdot t}$$

$$m(t) = m_v + C \cdot e^{-a \cdot t}$$

ha $t = 0$ kezdeti állapotot vesszük, akkor

$$m(t) = m(0)$$

ahol $m(0)$ a szennyező anyag eredeti mennyisége

tehát $m(0) = m_v + C$

ahol $C = m(0) - m_v$

Így felírható: $m(t) = m_v + (m(0) - m_v) \cdot e^{-a \cdot t}$

Mivel a hatásfokfüggvény a 3. egyenletnek megfelelően

$$\eta(t) = \frac{m(0) - m(t)}{m(0)} = 1 - \frac{m(t)}{m(0)}$$

behelyettesítve és rendezve, majd

bevezetve a

$$\frac{m_v}{m(0)} = B \text{ jelölést}$$

kapjuk $\eta(t) = (1 - B) (1 - e^{-a \cdot t})$ hatásfokfüggvényt (4)

$B = \frac{m_v}{m(0)}$ arány mutatja, hogy hányad része maradt meg az eredeti szennyeződésnek, az $(1 - B)$

pedig azt, hogy mennyit sikerült eltávolítani.

A hatásfokfüggvény aszimptotikus, sosem éri el az 1-et. Tehát mindig marad valamennyi szennyeződés a felületen az ismert tisztítási eljárások alkalmazásával.

Feltételezve azt az ideális esetet, amikor $m_v = 0$, tehát nem marad vissza szennyeződés

$$\eta(t) = 1 - e^{-a \cdot t} \text{ függvényt kapjuk.} \quad (5)$$

Az idő-hatásfok összefüggését exponenciális ún. telítési függvények ábrázolják.

Az „ a ” konstans megadja az exponenciális közelítés dinamikáját, amiben kifejezésre jut a tisztítószer minőségéből, töménységéből adódó vegyi hatás. A szennyezés leválasztásának gyorsaságát fejezi ki, amely a telítési görbe meredekségében jelenik meg.

A tisztítóhatás a kezelés elején erősen növekszik, azután csökken és az $\eta_t = 1$ határértékhez közelít.

Ebből megállapítható, hogy **a kezelési idő növelése egy bizonyos határon felül csak igen csekély tisztítóhatás növekedést eredményez.**

A tisztítási hatások és az tisztítószer hőmérsékletének összefüggése

Az összefüggésre a kinetikus hőelmélet segítségével adhatunk magyarázatot.

A molekulák megnőtt kinetikai energiája erősen növeli a molekulák kölcsönhatását, aminek eredményeképpen a fizikai-kémiai folyamatok gyorsulnak és a tisztítási hatások növekszik.

Az m_M tömegnek, amely N számú molekulát tartalmaz T hőmérsékleten:

$$E_{\text{kin}} = C(N; m_M)T \quad (6)$$

kinetikai energiája van. Ahol C konstans és T az anyag abszolút hőmérséklete az első hatványon szerepel.

Mivel az energia és a hőmérséklet között lineáris kapcsolat van a hatások változásra az alábbi összefüggés írható fel:

$$d\eta_g = A \cdot d\vartheta \quad (7)$$

ahol az A tényező a fenti C konstanson kívül a tisztítószer minőségét és koncentrációját is figyelembe veszi. A hőmérséklet pedig a tisztítószerre jellemző hőmérséklettartományban változik, célszerűen °C-ban megadva.

A 7. egyenletet integrálva és a peremfeltételeket leírva kapjuk:

$$\begin{aligned} \vartheta &= \vartheta_0 \quad ; \quad \eta = \eta_a \\ \eta_g &= \eta_a + A(\vartheta - \vartheta_0) \end{aligned} \quad (8)$$

Az η_a kezdeti értéken az tisztítószer normál hőmérsékleten (ϑ_0) pl. szobahőmérsékleten adódó hatásfokát értjük.

3.2. A FÚVÓKÁK KIVÁLASZTÁSA ÉS ÁRAMLÁSI TULAJDONSÁGAIK ELLENŐRZÉSE

3.2.1. A kiválasztás szempontjai

A szórófejeknek a mosási felülettől való távolsága egy adott rekesznél (ládánál) is különböző. A külső felületek közelről (100 mm), a belső felületek távolabbról (150–400 mm) kapják a mosófolyadékot. Az első esetben nagy szórásszögű fúvókák elhelyezése indokolt (**6. ábra**), míg a második esetben a kisebb szórásszögűek is megfelelőek (**7. ábra**).

A Szegedi Élelmiszeripari Főiskola Gépészeti és Automatizálási Intézetében az 1980-as évek elején különböző mosási-, tisztítási feladatokhoz egy olyan fúvóka családot fejlesztettek ki, amely egyenes és szögben eltérített sugarat előállító sorozatokból áll.

A 6. ábrán olyan fúvóka típus látható, mely a kiáramló folyadékot 75 °C-os szögben eltéríti és így széles folyadéksugarat hoz létre. A 7. ábrán pedig olyan típus, amely keskeny folyadéksu-

garat állít elő és 300–400 mm távolságra is megfelelő impulzus erővel rendelkezik. A bemutatott típusokat a kísérleti berendezés számára a főiskolánkon fejlesztettük ki.

Az ábrákon lapos sugarú szórófejek láthatók, melynek előnye, hogy a folyadék igen kis felületre koncentrálódik. Az ilyen lapos sugarú szórófejek kialakítását az tette lehetővé, hogy a tisztítandó felület, a szállítóeszköz mozgást végez az álló fúvókához képest a tisztítás során. A fúvóka készítésénél nagy figyelmet kellett fordítani a felületi simaságra. Az érdes felület eltorzítja a vízsugár formáját.

A mosógépben lévő összes fúvókán egyidejűleg kiáramló folyadékmennyiségnek megfelelően kell kialakítani a folyadékköröket (tartály, szivattyú, csővezeték, szűrő). Ezért ismerni kell a kiválasztott fúvókák térfogatáramát, szórás képét és szórásszögét a nyomás függvényében.

A folyadékáram előzetes méretezése alapján olyan fúvókákat kellett választani, amelyek az alábbi áramlási tulajdonságokat megközelítették.

Folyadékáramok $2 \cdot 10^5$ Pa -on

Előmosó I. részszakasz és a frissvizes utóöblítőben $q_1 = 3,2 \text{ dm}^3/\text{min}$

Előmosó II. részszakasz és a frissvizes utóöblítőben $q_2 = 6,4 \text{ dm}^3/\text{min}$

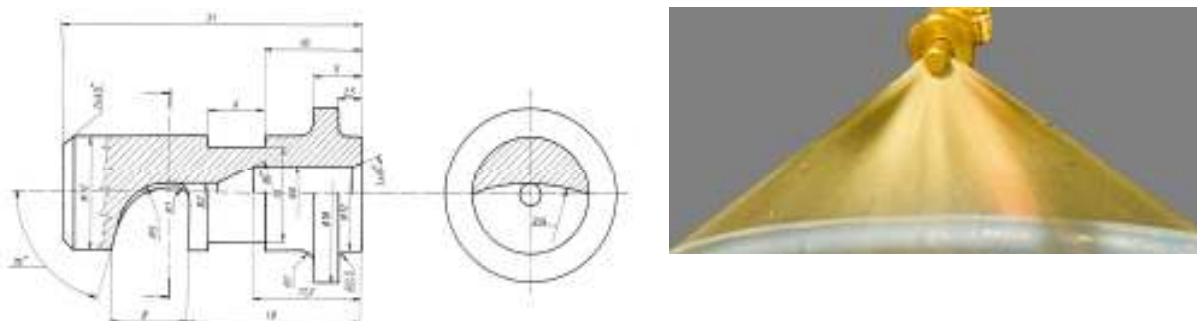
Előmosó III. részszakasz és a frissvizes utóöblítőben $q_3 = 9,6 \text{ dm}^3/\text{min}$

Szórásszögek $2 \cdot 10^5$ Pa -on

$\varphi_1 = 120^\circ$ (felületütközéses, lapos sugarú szórófej)

$\varphi_2 = 50^\circ$ (folyadékütközéses, lapos sugarú szórófej)

Így a berendezés kétféle fúvókát igényel, három belső mérettel.



6. ábra. Nagy szórásszögű, K-2/75 jelű felületütközéses szórófej fúvóka műhelyrajza és a hozzá tartozó szórás kép

3.3. MODELLKÍSÉRLETEK AZ ULTRAHANGOS TISZTÍTÁS MŰVELETI JELLEMZŐINEK VIZSGÁLATÁHOZ

A modellkísérletekkel meghatároztam, hogy a műveleti idő és tisztítószer hőmérséklet mely tartományában a legmagasabb a tisztítás hatásfoka. A kísérletek során tesztiszennyeződést és tisztítószerrel használtam. A vizsgálatokat ultrahangos kezeléssel és anélkül végeztem, így lehetőség van a két művelet összehasonlítására. Vizsgáltam továbbá a kettő kombinációját.

3.3.1. A tisztítás hatásfoka az idő függvényében

A kísérleteket az alábbi feltételekkel végeztem az ultrahangos laboratóriumi berendezéssel:

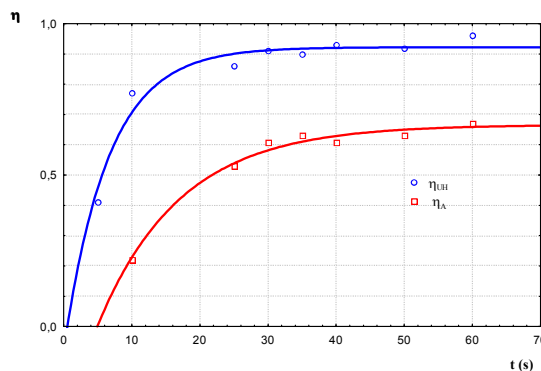
- a kezelési idő tartománya: 5-60 sec.
- tisztító oldat: 1% NaOH
- az oldat hőmérséklete: 65 °C
- teszt szennyeződés: rászáradt tejipari
- vizsgált felület: műanyag láda
- UH generátor teljesítmény: 320 Watt
- ultrahang frekvencia: 25 kHz

A kezelési időkhöz tartozó hatásfokértékeket a **11. ábra** mutatja ultrahang besugárzása (η_{UH}) mellett, illetve anélkül.

Az utóbbi tulajdonképpen tisztítószeres áztatásnak felel meg (η_A). A mérési eredményekre a 4. egyenletnek megfelelő úgynevezett telítési függvény illeszthető.

Ahol:

$$\eta_{UH} = 0,93 \times (1 - e^{-0,14 t})$$
$$r^2 = 0,95$$
$$\eta_A = 0,72 \times (1 - e^{-0,05 t})$$
$$r^2 = 0,93.$$



11. ábra. A tisztítási hatásfok változása a kezelési idő függvényében

3.3.2. A tisztítás hatásfoka a hőmérséklet függvényében

A kísérleteket az 3.3.1. pontban leírt feltételekkel végeztem az alábbi eltéréssel:

- tisztító oldat hőmérséklet tartománya: $\Delta \vartheta = 20 - 65^\circ\text{C}$
- kezelési idő: $t = 60 \text{ sec}$, állandó.

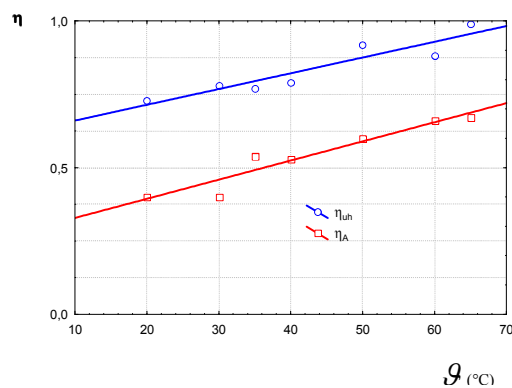
A vizsgálatok eredményét a **12. ábra** mutatja:

$$\eta_{\text{UH}} = 0,607 + 0,005 \vartheta$$

$$r^2 = 0,9265$$

$$\eta_{\text{A}} = 0,263 + 0,007 \vartheta$$

$$r^2 = 0,9563.$$



12. ábra. A tisztítási hatásfok alakulása a hőmérséklet függvényében

3.3.3. A tisztítás hatásfoka az idő függvényében, kombinált kezelés esetén

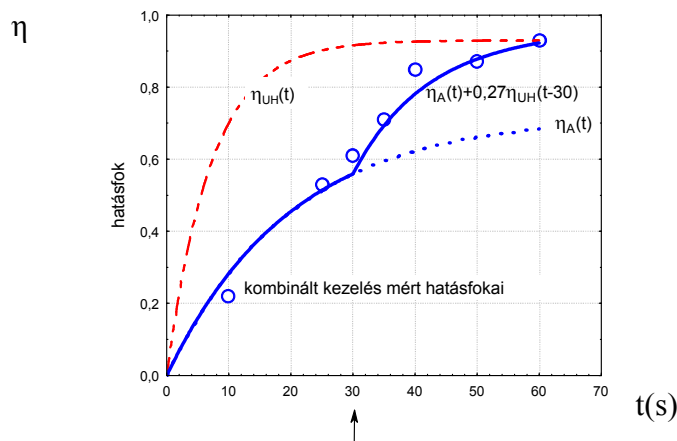
A kísérleteket az 3.3.1. pontban leírt feltételekkel végeztem az alábbi eltéréssel:

- - tisztító oldat hőmérséklete: $\vartheta 60^\circ\text{C}$, állandó
- - a kezelési idő: 0-30 sec-ig ultrahang besugárzás nélkül (áztatás)
30-60 sec között ultrahang besugárzással.

$$\eta_{\text{komb}} = 0,72 \times (1 - e^{-0,05 t}) + k 0,93 (1 - e^{-0,14 (t-30)})$$

$$r^2 = 0,9637$$

ahol $k = 0,2686$



13. ábra. Tisztítási hatásfok változása az idő függvényében kombinált kezelés esetén

A vizsgálatok eredményeit összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az tisztítószer tulajdonságát és koncentrációját állandónak véve az idő és bizonyos határok között a hőmérséklet, valamint a tisztítás hatásfoka olyan függvénykapcsolatot mutat, amely növekvő és a maximális értékhez tart.

A kezelési idő és a tisztítás hatásfokának összefüggésében a vizsgálatok eredményei igazolták az elméleti összefüggéseket. A mérési eredmények értékeire telítési függvény illeszthető. A hőmérséklet és a hatásfok összefüggésében az elméleti következtetéseknek megfelelően lineáris kapcsolat mutatható ki.

Az erősen tapadó szennyeződés, mint pl. a rászáradj tej, alacsony koncentrációjú tisztítószer (1% NaOH) használata mellett 50-60 sec alatt az ultrahangos kezeléssel eltávolítható.

A hatásos tisztítószer hőmérséklet 55-65 °C, amely egybeesik a kavitáció optimális hőmérsékleti zónájával.

A két lépésben elvégzett tisztítási művelet pedig hasznos útmutatás az eljárás gyakorlati alkalmazásánál. Egy jól megválasztott áztatási ciklus lényegesen lerövidíti az energiaigényesebb intenzív tisztítási művelet idejét.

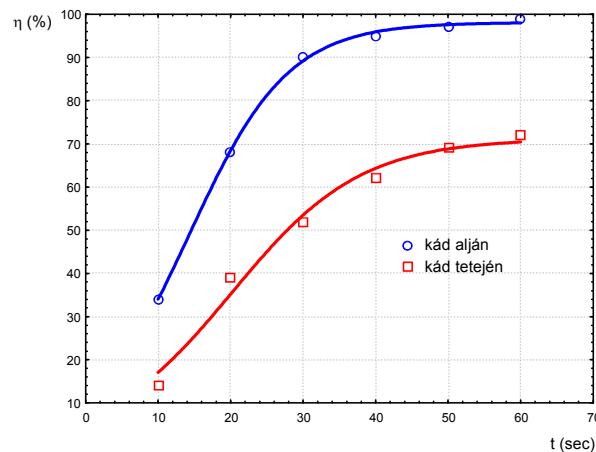
3.3.4. A tisztítás hatásfokának alakulása az idő függvényében a sugárforrástól különböző távolságban

A kísérleti mosóberendezésben a besugárzó fejektől a tisztítandó tárgy legközelebbi és legtávolabbi pontját véve megvizsgáltam, hogyan alakul a tisztítás hatásfoka a sugárforrástól 20, illetve 300 mm távolságban.

A kísérleteket az alábbi feltételekkel végeztem ultrahangos laboratóriumi berendezéssel:

- teszt szennyeződés: rászáradt föld, sár,
- vizsgált felület: műanyag rekesz,
- tisztító folyadék: hálózati víz,
- a folyadék hőmérséklete: 40°C, állandó,
- kezelési időtartomány: 10-60 sec,
- UH generátor teljesítmény: 320 W,
- ultrahang frekvencia: 25 kHz,
- átlagos teljesítmény sűrűség: 2 W/cm³.

A hatásfok-idő függvénykapcsolatot a **14. ábra** mutatja.



14. ábra. A tisztítás hatásfokának alakulása az idő függvényében a sugárforrástól különböző távolságban

A vizsgálatból kitűnik, hogy 30 sec kezelési esetén a 20 mm-re eső felületek jó hatásfokkal tisztulnak, a 300 mm-re eső felületek csak 50%-os hatásfokkal. A távol eső felület az mindig a láda, vagy a rekesz belső alja. Ezért, az azon található szennyeződés fellazítása az előmosó-áztató szakaszban egy igen fontos előkészítő műveleti elem, az intenzív tisztítás előtt.

3.4. ÉLELMISZERIPARI SZENNYEZETTSÉGŰ LÁDÁK, REKESZEK ULTRAHANGOS TISZTÍTÁSÁNAK VIZSGÁLATAI

3.4.1. Tejipari szennyeződés hatásos tisztítószerének kiválasztása ultrahangos kezelés mellett

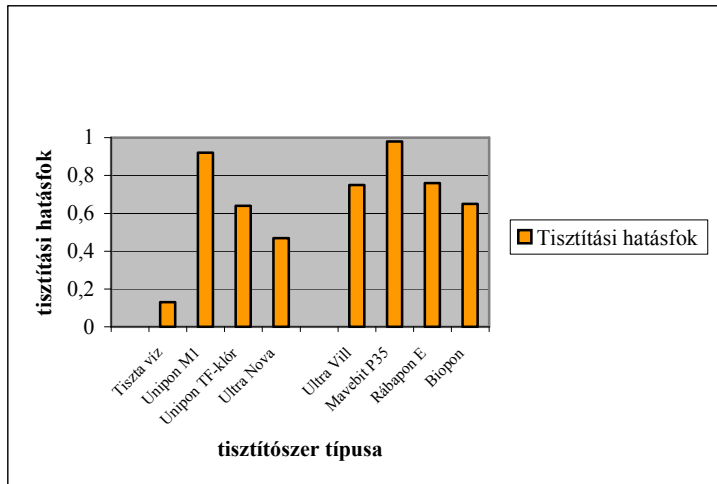
A vizsgálatához 7 különböző tisztítószeret használtam az ajánlott koncentrációban.

A kísérleteket az alábbi feltételekkel végeztem ultrahangos laboratóriumi berendezéssel:

- szennyeződés típusa: rászáradt tejipari,
- vizsgált felület: műanyag láda,

- tisztító oldat: hálózati víz + 7 előzetesen kiválasztott tisztítószer típus,
- oldat koncentráció: a gyártó által megadott tf %,
- oldat hőmérséklete: 60°C, állandó,
- kezelési idő: 60 sec, állandó.

A vizsgálat során kapott eredményeket a **15. ábra** tartalmazza.



15. ábra. Különböző tisztítószerek tisztító hatása műanyag ládákon ultrahangos kezeléssel

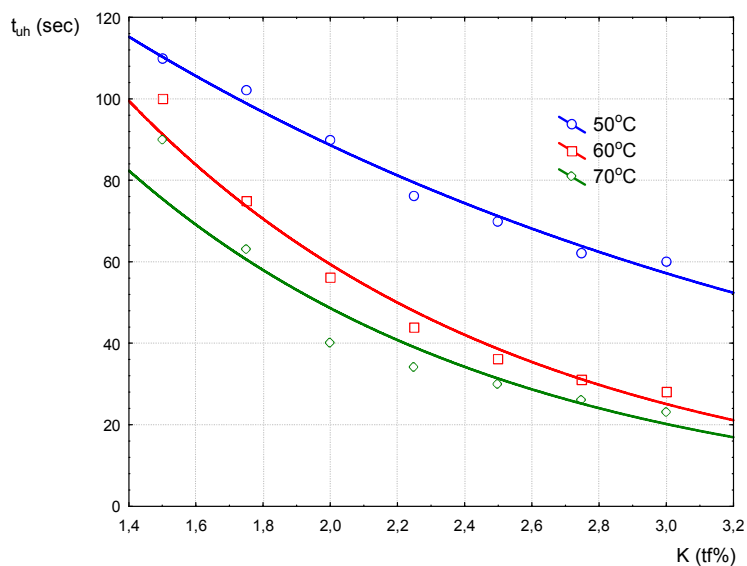
3.4.2. A legnagyobb hatásfokhoz tartozó kezelési idők összefüggése az oldat koncentrációjával három különböző hőmérsékleten

Az előző vizsgálat (3.4.1.) szerint a MAVEBIT P35 bizonyult a legjobbnak ($\eta \geq 98$) a kiválasztott tisztítószerek szerek közül, azonos műveleti paraméterek mellett. Ezért megvizsgáltuk, hogy a három legfontosabb műveleti paraméter (t , K , ϑ) milyen összefüggő értékeinél érhető ez el. A műveleti paraméterek összefüggése iránymutató adatokkal szolgál az optimális tisztítási technológia meghatározásához és a berendezés tervezéséhez.

A kísérleteket az alábbi feltételekkel végeztem ultrahangos laboratóriumi berendezéssel:

- - szennyeződés típusa: tejpári
- - vizsgált felület: műanyag láda
- - tisztítószer: MAVEBIT P35
- - oldat koncentráció tartománya: 1,5-3 tf %
- - oldat hőmérséklete: 50, 60, 70 °C
- - kezelési időtartomány: 0-110 sec

A mérési eredményeket és az annak megfelelő függvényeket a **16. ábra** mutatja.



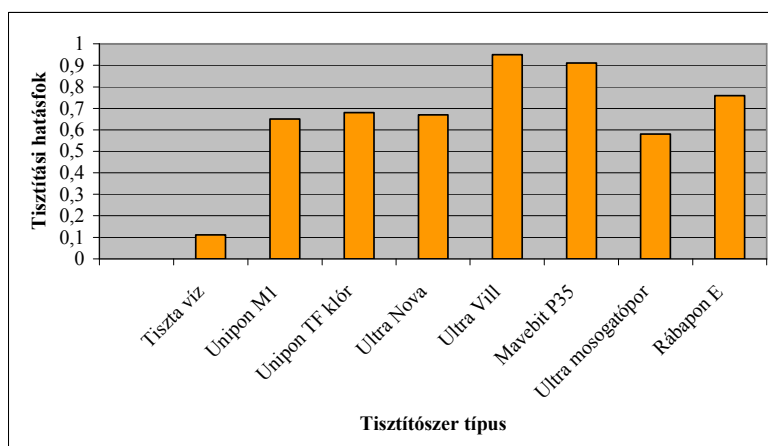
16. ábra. A legnagyobb hatásfokhoz tartozó kezelési idők összefüggése az oldat koncentrációjával három különböző hőmérsékleten

A 16. ábra segítségével megállapítható, hogy az ultrahangos tisztítási művelet során az előzőekben ismertett kísérleti feltételek mellett egy adott hőmérsékleten milyen összetartozó tisztítószer-koncentráció és műveleti idő biztosítja a legjobb tisztítási hatásfokot.

3.4.3. Húsipari szennyeződés hatásos tisztítószerének kiválasztása ultrahangos kezelés mellett

A vizsgálatok feltételei mindenben megegyeznek az 3.4.1. pontban leírt vizsgálatok feltételeivel. A BIOPON helyett ULTRA típusú tisztítószeret használtam, a tesztszennyeződés húsipari volt.

A tisztítószerek hatását a 17. ábra mutatja.



17. ábra. Különböző tisztítószerek tisztító hatásának vizsgálata ultrahangos kezelés mellett

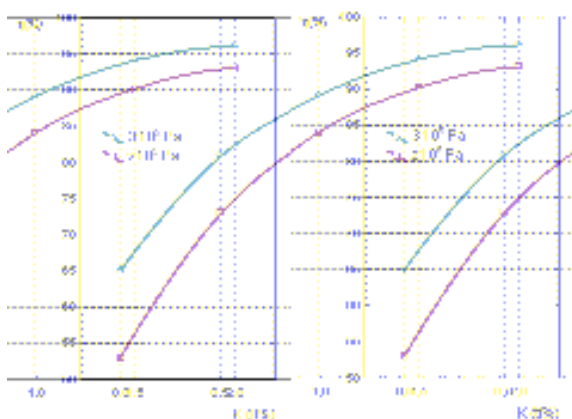
3.5. ÉLELMISZERIPARI SZENNYEZETTSÉGŰ LÁDÁK, REKESZEK FOLYADÉKSUGARAS TISZTÍTÁSÁNAK VIZSGÁLATAI

A tisztítási technológia műveletei közül az előmosó, -áztató és az öblítő, utóöblítő szakaszokban terveztünk folyadéksugaras, un. fúvókás tisztítási módszert. Miután az öblítő, utóöblítő fázis már nem tisztít, ezért a kísérletek az előmosó-, áztató szakasz műveleti paramétereinek meghatározására irányultak. Ebben a műveleti fázisban a legnagyobb a víz, az tisztítószer és a fűtési energia felhasználás. A gazdaságos üzemeltetés miatt itt a legfontosabb a tisztítási paraméterek optimális értéken tartása. Külön vizsgáltam a rekeszeket és a ládákat eltérő felületkialakításuk miatt. A kombinált kezelés útmutatásai szerint (3.3.3. fejezet) a vizsgálatokat állandó 55 °C-os tisztító oldat hőmérséklet és a műveleti időt megfelelően állandó 30 s kezelési idő mellett végeztük.

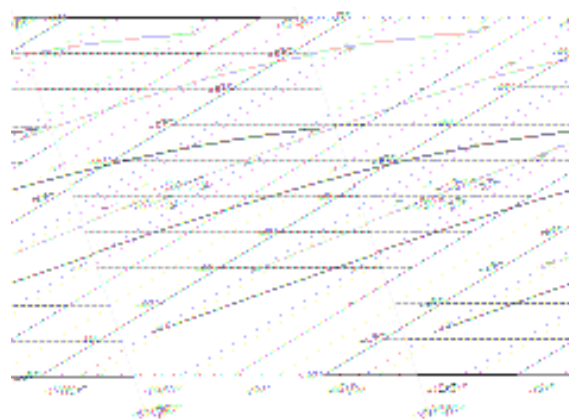
3.5.1. Tejipari szennyeződés esetén a tisztítás hatásfokának alakulása a tisztítóoldat nyomása és koncentrációjának függvényében

A vizsgálatokat az alábbi feltételekkel végeztem a folyadéksugaras laboratóriumi berendezéssel:

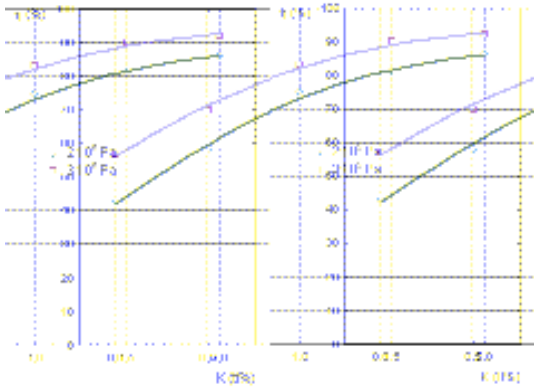
- szennyeződés típusa: tejipari,
- vizsgált felület: műanyag láda, rekesz külső, belső oldala,
- tisztítószer típusa: MAVEBIT P35,
- oldat koncentrációja: változó, 0; 0,5; 1; 1,5; 2 tf %,
- oldat hőmérséklete: állandó: 55 °C,
- kezelés időtartama: állandó: 30 sec,
- fúvóka távolsága: 200 mm,
- folyadék nyomása: változó 2 ; 3 x 10⁵ Pa,
- fúvóka típusa: E-2,8/1,5.



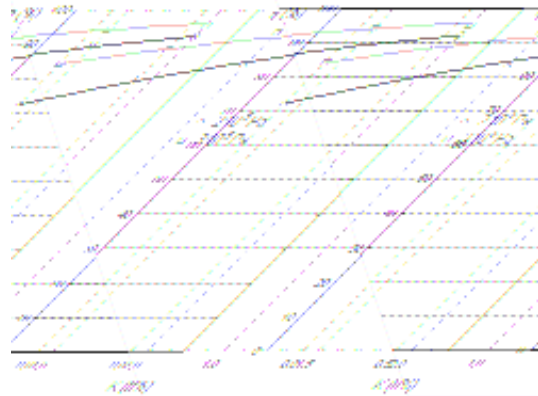
18. ábra. A tisztítás hatásfokának változása a tisztító oldat nyomásának és koncentrációjának függvényében a láda belső oldalán



19. ábra. A tisztítás hatásfokának változása a tisztító oldat nyomásának és koncentrációjának függvényében a láda külső oldalán



20. ábra. A tisztítás hatásfokának változása a tisztító oldat nyomásának és koncentrációjának függvényében a rekesz belső oldalán



21. ábra. A tisztítás hatásfokának változása a tisztító oldat nyomásának és koncentrációjának függvényében a rekesz külső oldalán

A 2,8 mm átmérőjű fűvókával, 200 mm-ről végzett kísérletek eredményei alapján az előmosó művelet jellemző paraméterei az alábbi határok között adhatók meg MAVEBIT P35 tisztító-szer esetén:

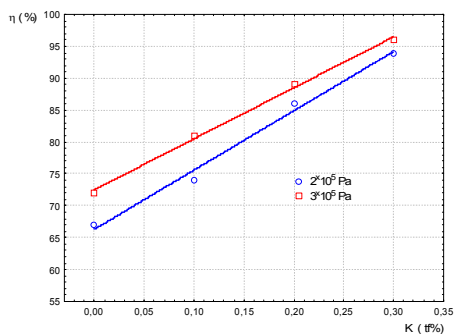
- az oldat hőmérséklete 50-60°C
- az oldat koncentrációja 1-2 tf %
- kiáramló folyadék nyomás $2 - 3 \cdot 10^5$ Pa
- műveleti idő 30-40 sec

3.5.2. Húsipari szennyeződés esetén a tisztítás hatásfokának alakulása a tisztító oldat nyomása és koncentrációjának függvényében

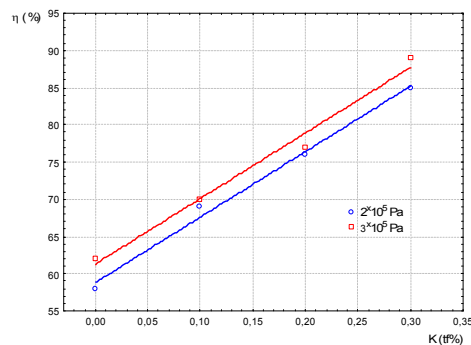
A vizsgálatokat az alábbi feltételekkel végeztem a folyadéksugaras laboratóriumi berendezéssel:

- - szennyeződés típusa: húsipari,
- - vizsgált felület: műanyag láda, rekesz külső, belső oldala,
- - tisztítószer típusa: ULTRA VILL,
- - oldat koncentrációja: változó, 0; 0,1; 0,2; 0,3 tf %,
- - oldat hőmérséklete: állandó: 55 °C,
- - kezelés időtartama: állandó: 30 sec,
- - fűvóka távolsága: 200 mm,
- - folyadék nyomása: változó $2 ; 3 \times 10^5$ Pa,
- - fűvóka típusa: E-2,8/1,5.

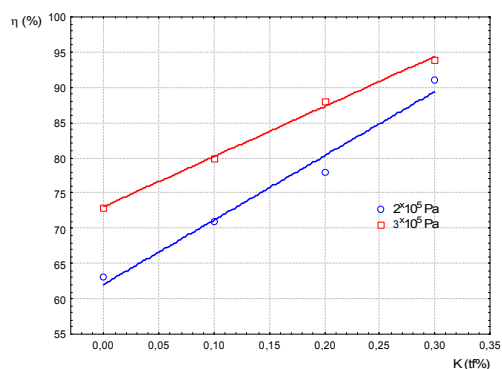
A vizsgálat eredményeit a **22., 23., 24., 25.** ábrák mutatják.



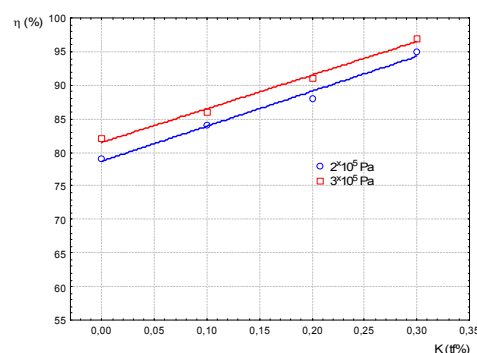
22. ábra. A tisztítás hatásfokának változása a tisztító oldat nyomásának és koncentrációjának függvényében a láda belső oldalán



23. ábra. A tisztítás hatásfokának változása a tisztító oldat nyomásának és koncentrációjának függvényében a láda külső oldalán



24. ábra. A tisztítás hatásfokának változása a tisztító oldat nyomásának és koncentrációjának függvényében a rekesz belső oldalán



25. ábra. A tisztítás hatásfokának változása a tisztító oldat nyomásának és koncentrációjának függvényében a rekesz külső oldalán

3.5.3. Folyadéksugaras vizsgálatok értékelése

A kísérletek azt mutatják, hogy $2 - 3 \cdot 10^5$ Pa nyomáson a szennyeződés jelentős része még tisztítószert nélkül is eltávolítható. A fűvókás tisztítás $2 \cdot 10^5$ Pa nyomáson és a javasolt tisztítószer-koncentráció alsó határértékén is jól előkészíti az intenzív mosás műveletét. Szennyeződés csak a ládák felkarcolt külső felületébe tapadva, valamint a rekeszek bordázataiba, a folyadéksugártól árnyékolott részekben maradt. Ezeknek eltávolítása a kavitációs folyadéktér feladata.

A fűvóka 200 mm-ről működött. A magasabb tisztítási hatásfok érték arra enged következtetni, hogy a szennyeződés nagy részének eltávolítása és a felületen maradt fellazulása mindenképpen megtörténik, bármilyen méretű rekesz vagy láda kerül a mosókeretbe.

Az ultrahangos tisztítás és a fűvókás előmosás kísérletei önmagukban is jó tisztítási hatásfokot érnek el az alkalmazott paraméterek határain belül. Így kettő kombinációja várhatóan igen hatékony tisztítást jelent valóságos üzemi körülmények között is.

3.6. MEZŐGAZDASÁGI SZENNYEZETTSÉGŰ MŰANYAG REKESZEK FOLYADÉKSUGARAS TISZTÍTÁSÁNAK VIZSGÁLATA

A folyadéksugaras tisztítási vizsgálatok esetén a három legfontosabb műveleti paramétert (t , p , ϑ) változtattuk az optimális technológia meghatározása céljából. Vizsgáltuk továbbá, hogy ennél a szennyeződés típusnál elhagyható-e az ultrahangos tisztítás, mint intenzív műveleti szakasz és a tisztítószer használata.

A vizsgálatokat hálózati vízzel végeztük. A mezőgazdaságból a feldolgozóüzemekbe érkező ládák, rekeszek szennyeződése elsősorban friss, vagy rászáradt föld, sár, esetleg darabos szennyeződés, zöldség-, gyümölcsmaradék. Ez alapvetően nem hidrofób, víztaszító. Ezért a tisztítószer nélküli folyadék hatását megvizsgáltam magasabb nyomástartományokban is, ami alkalmas a fellazítás utáni nagy impulzus erővel történő szennyeződés eltávolításra.

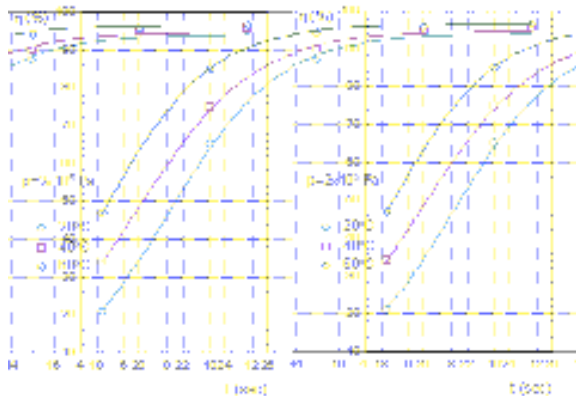
3.6.1. Folyadéksugaras tisztítás hatásfokának alakulása a műveleti idő függvényében különböző hőmérséklet és nyomás értékeken tisztítószer nélkül

A vizsgálatokat az alábbi feltételekkel végeztem a folyadéksugaras laboratóriumi berendezéssel:

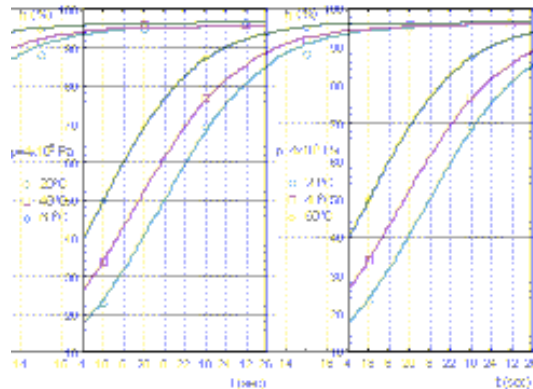
- - tesztszennyeződés típusa: rászáradt föld, sár
- - vizsgált felület: műanyag rekesz
- - tisztítófolyadék: hálózati víz
- - folyadék hőmérséklete: 20; 40; 60°C
- - folyadék nyomása: 2, 4, 8, 10 x 10⁵ Pa
- - kezelés időtartama: változó: 0-25 sec
- - fúvóka távolsága: 200 mm
- - fúvóka típusa: E-2,8/1,5

A vizsgálati eredményeket a **26., 27., 28., 29. ábrák** mutatják.

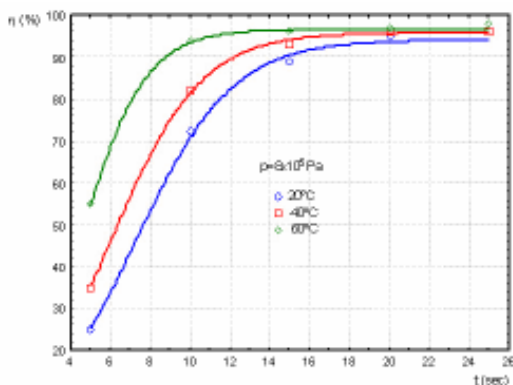
A vizsgálati eredményekre $y = C(B + e^{-at})$ típusú exponenciális függvényeket illesztettünk.



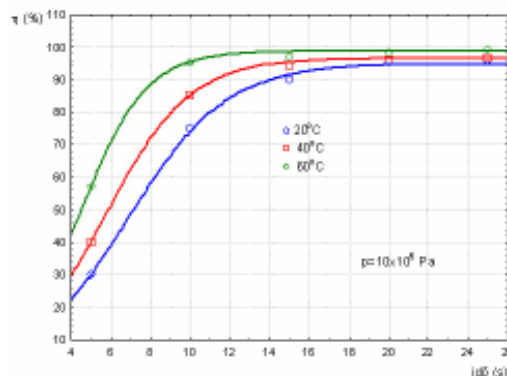
26. ábra. A tisztítás hatásfokának változása a műveleti idő függvényében különböző hőmérsékleteken 2×10^5 Pa nyomás mellett



27. ábra. A tisztítás hatásfokának változása a műveleti idő függvényében különböző hőmérsékleteken 4×10^5 Pa nyomás mellett



28. ábra. A tisztítás hatásfokának változása a műveleti idő függvényében különböző hőmérsékleteken 8×10^5 Pa nyomás mellett



29. ábra. A tisztítás hatásfokának változása a műveleti idő függvényében különböző hőmérsékleteken 10×10^5 Pa nyomás mellett

3.6.2. A folyadéksugaras vizsgálatok értékelése

Az eredmények azt mutatják, hogy mezőgazdasági szennyezetségű rekeszek tisztításakor a nyomás és a hőmérséklet hatása egyértelműen csak 15 másodperc kezelési időig érvényesül, azután igen csekély a tisztítás hatásfokának javulása. A technológiai műveletek tervezéshez fontos információ, hogy a tisztító folyadék 10×10^5 Pa nyomáson és 20°C -on vett hatása közel azonos a 2×10^5 Pa és 60°C -on vett értékkel 15 másodperc után.

Ezért számításal ellenőriztem, hogy melyik műveleti jellemző-párnál gazdaságosabb a tisztítás.

A számítás során a melegítéshez szükséges teljesítmény igényt viszonyítottam a kiáramló folyadék nyomásemeléséhez szükséges teljesítmény igényhez, azonos térfogatáram mellett.

A teljesítmény arányt (A) az alábbi módon fejeztük ki:

$$A = \frac{\text{hevítési teljesítmény}}{\text{nyomásnövelési teljesítmény}} = \frac{P_{hő}}{P_{ny}} \quad (13)$$

Az összehasonlításnál a hőmérséklet növelését 20°C-ról 60°C-ra, a nyomás emelését 2 bar-ról 10 bar-ra vettük.

A számítások szerint az arány (A) közel 120, tehát kb. két nagyságrenddel több teljesítményre, ennek megfelelően energiára van szükség a felvett kiindulási adatok mellett a tisztító oldat hőmérséklet emeléséhez.

3.7. Az optimális tisztítási technológia műveleti sorrendje és jellemzőinek meghatározása a többcélúság igényének figyelembe vételével

A vizsgálatok eredményei és a hagyományos tisztítási technológiák tapasztalatai azt mutatják, hogy a legerősebben felülethez kötött szennyeződések esetében igen fontos, hogy az intenzív mosási műveletet áztatás előzze meg. Így az intenzív művelet ideje lényegesen lerövidül, mivel ott már csak az áztatás során fellazult, peptizált, illetve visszamaradt szennyeződést kell eltávolítani.

A **30. ábrán** láthatók annak a technológiának a műveleti lépései, amelyek a kísérleti és tapasztalati eredmények alapján alkalmas az élelmiszeriparban előforduló felületen kötött szennyeződések eltávolítására még bonyolultabb felületű anyag szállítóedények (rekeszek, ládák) esetén is.

A műveleti lépések és jellemzők a **30. ábra** alapján:

Áztatás, előmosás: ez nagymértékben javítja az intenzív tisztítási szakasz hatékonyságát.

Fúvókák juttatják el a tisztító oldatot a tárgyakra maximálisan 60°C-on. A viszonylag alacsony hőmérsékletnél elkerülhetjük a fehérjekicsapódást és a szennyeződés rásülését a tisztítandó felületre. Ebben a műveleti szakaszban eltávolítható a lazán kötött és darabos szennyeződés, valamint fellazul az erősebben kötött. Minél hosszabb az áztatás-előmosás ideje, annál kevesebb szennyeződés jut a következő műveleti szakaszba.

Intenzív tisztítás: az ultrahangos tisztítás művelete. A tisztító oldat kémiai hatását kombináljuk az ultrahang keltette kavitációs folyadéktér mechanikai hatásával. Ebben a műveleti szakaszban távolítjuk el a még visszamaradt szennyeződést, mely elsősorban a sarkokban, bordázatokon, áttöréseknél maradt meg, főként a folyadéksugaraktól árnyékolt helyen. Az oldat hőmérsékletét 55-65°C-on tartjuk, amely a kavitáció kialakulásának optimális hőköze is.

Öblítés: a higiéniai előírásoknak megfelelően az tisztítószeres tisztítást egy attól helyileg elkülönített hatásos öblítés követi. Az öblítő folyadék tiszta, detergenst nem tartalmazó víz, melyet fúvókákkal juttatunk el a tárgyra. Hőmérséklete 80-90°C, így fertőtlenítő hatása is van.

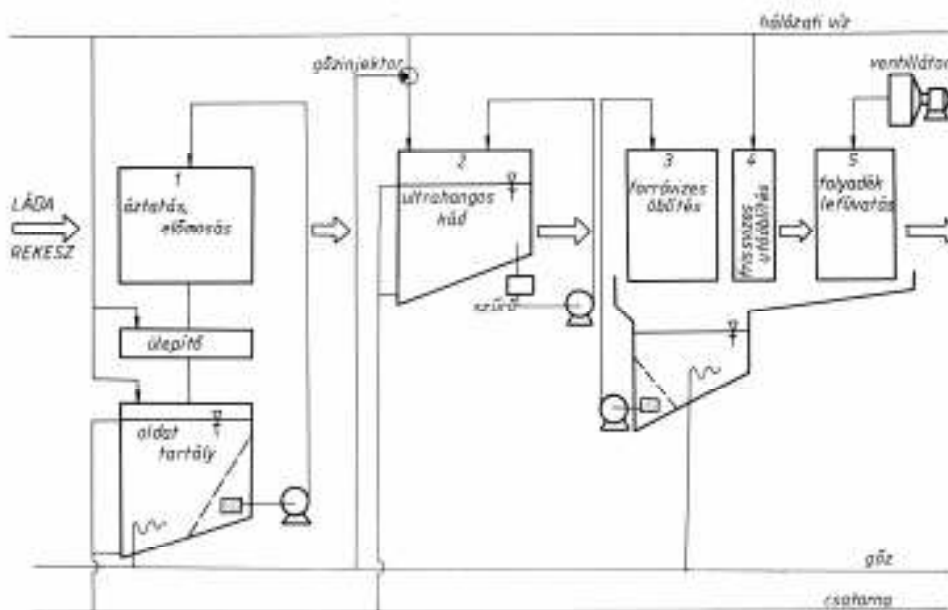
Utóöblítés: amennyiben az öblítés műveletét visszaforgatott rendszerben végzik, kötelezően előírt az ivóvíz minőségű utóöblítés.

Lefúvató víztelenítés: a tisztítási technológia utolsó szakaszában a tárgyak felületéről el kell távolítani a folyadékot. A lefúvatást nagynyomású légborotvával végezzük. Normál hőmérsékletű levegőt alkalmazva előnyösen hűlnek is a forróvízes öblítés után a berendezésből kikerült tárgyak. Ahol előírászerűen száraz felületet kell biztosítani, ott külön szárító alagutat kell kapcsolni a mosógép után a tökéletes leszárítás érdekében.

Az első két műveleti lépésben tisztítószerek használata szükséges. Ezek koncentrációja automatikus adagolással a kívánt értéken tartható. Ahol a fertőtlenítésre szükség van, az élelmiszerrel közvetlenül érintkező edények esetében, ott az tisztítószert megfelelő fertőtlenítőszerrel együtt alkalmazzuk.

Előfordulhat olyan szennyezettségű tárolóeszköz, amely az előáztató szakaszban nem igényel tisztítószert. Ennek elhagyása csökkenti az üzemeltetési költségeket.

A mezőgazdaságból érkező eszközöknél a szennyeződés nem hidrofób, víztaszító, ezért a kémiai hatás helyett az előmosó szakaszban elsősorban a folyadéksugarak impulzuserejéből adódó kibillentő hatásnak kell érvényesülnie.



30. ábra. Az élelmiszeri, bonyolult felületű szállítóedények (rekeszek, ládák) felületén előforduló kötött szennyeződések eltávolítására alkalmas tisztítási technológia műveleti lépései

A tisztítóoldatok és az öblítő folyadék hőmérsékletét, valamint a mozgatás sebességéből adódó műveleti időt a szennyeződés típusának és mértékének megfelelően kell szabályozni.

Az intenzív tisztítás 30 sec. műveleti idejét alapul véve az előmosás is minimális 30 sec. A további három művelet együttesen 30 sec-ot igényel. Így a tisztítás hatásos műveleti ideje nem lehet kevesebb mint 90 sec.

A tisztítási technológia előzőekben leírt műveleti és funkcionális jellemzői kiindulási alapot szolgáltatnak a berendezés tervezési szempontjaihoz.

3.8. A KÍSÉRLETI BERENDEZÉS ÜZEMI PRÓBÁINAK EREDMÉNYEI

A kísérleti berendezést a Contex Mérnöki Iroda szegedi telephelyén állítottuk fel a tisztítási vizsgálatok elvégzésére. Ennek során a három előzetesen kiválasztott kritikus szennyeződés típus esetében optimalizáltuk a tisztítási technológiát (tejipari, húsipari, mezőgazdasági). A berendezéssel különböző méretű ládákat és rekeszeket tisztítottunk.

1. táblázat. Az élelmiszeripari szennyezettségű szállítóeszközökhöz javasolt tisztítási technológia optimalizált műveleti értékei

Műveletek megnevezése	A folyadék hőmérséklete (°C)	MAVEBIT P35 az oldat koncentrációja (tf %)	ULTRA VILL oldat koncentrációja (tf %)	Műveleti idő (sec)	Folyadék nyomás a fűvőkán (p x 10 ⁵ Pa)
előmosó-áztató szakasz	$\vartheta_{I \max} = 45$	$K_{I \max} = 1$	$K_{I \max} = 0,1$	$t_I = 40$	$p_{I \max} = 2$
intenzív mosószakasz (UH 2 kW, 25 kHz)	$\vartheta_{II \max} = 55$	$K_{II \max} = 1$	$K_{II \max} = 0,1$	$t_{II} = 30$	-
öblítés	$\vartheta_{III \max} = 80$	-		$t_{III} = 10$	$p_{III \max} = 1,5$
utóöblítés	$\vartheta_{IV \text{ víz}} = \text{ivó-}$ víz hőm.	-		$t_{IV} = 2$	$p_{IV} = \text{hálózati}$ nyom.

2. táblázat. Mezőgazdasági szennyezettségű szállítóeszközök tisztításához javasolt optimalizált technológia műveleti paraméterei ultrahangos kezelés nélkül

Műveletek megnevezése	A folyadék hőmérséklete (°C)	ULTRAVILL oldat koncentrációja (tf %)	műveleti idő (sec)	Folyadék nyomás a fűvőkán (p x 10 ⁵ Pa)
előmosó-áztató szakasz	$\vartheta_{I \min} = 20$	-	$t_I = 15$	$p_{I \min} = 2$
intenzív mosószakasz	$\vartheta_{II \min} = 60$	0,1	$t_{II} = 15$	$p_{II \min} = 8 - 10$
öblítés	$\vartheta_{III \min} = 20$	-	$t_{III} = 10$	$p_{III \min} = 2$
utóöblítés	$\vartheta_{IV \text{ víz}} = 20$	-	$t_{IV} = 2$	$p_{IV} = 2.$

3.8.1. A fajlagos tisztítási költségek számítása

Az egy eszközre eső tisztítás költsége, a fajlagos tisztítási költség a 2. egyenlet szerint:

$$K_{\text{fajl}} = \frac{K_{T\bar{o}}}{P_T} \left(Ft/db \right)$$

Ahol az időegység alatt a tisztításhoz szükséges ráfordítások összege:

$$K_{T\bar{o}} = E + A \left(Ft/min \right)$$

E – energia

A – anyag

Az időegység alatt tisztított eszközök száma – az ún. mosási teljesítmény

$$P_T \left(db/min \right)$$

A számítások eredményeit a **3. táblázatban** foglaltam össze, amely egy műszak tisztítási költségeit és azok százalékos arányát mutatja.

3. táblázat. Egy műszak tisztítási költségeinek összetétele %-ban

Anyag, segédenergia felhasználások megnevezése	Költség Ft/műszak	Százalékos arány az összköltséghez képest %
víz	5 845	9,27
villamos energia	8 400	13,32
gőz	12 075	19,15
tisztítószer	36 750	58,26
Összesen:	63 070	100,00

A költség összetétele azt mutatja, hogy az üzemeltetési költség közel 80 %-át a tisztítóoldat felfűtése és az tisztítószer költségei adják. Az tisztítószer költségek pedig az összköltség közel 60%-át adják. Látható, hogy igen fontos az oldat hőmérsékletének és főként a koncentrációjának optimális értéken tartása.

A **4. táblázatban** összehasonlítottam a két szennyeződéstípusnál alkalmazott technológiák fajlagos tisztítási költségeit.

4. táblázat. A fajlagos tisztítási költségek összehasonlítása különböző tisztítási technológiák esetében

Szennyeződés típusa	Tisztítási technológia	Fajlagos tisztítási költség $K_{T\text{fajl}}$ (Ft/db)
Élelmiszeripari szennyezettség	Nem optimalizált technológia	38,50
	Optimalizált technológia	27,30
Mezőgazdasági szennyezettség	Ultrahangos technológia	23,64
	Egyszerűsített technológia ultrahangos művelet nélkül	9,37

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Exponenciális, maximális értékhez tartó elméleti összefüggést találtam a tisztítási hatások és a tisztítási művelet ideje között:

$$\eta(t) = (1 - B) (1 - e^{-at}).$$

Ultrahangos modellkísérletekkel bizonyítottam, hogy az NaOH tisztító oldat állandó hőmérséklete ($\vartheta = 65 \text{ }^\circ\text{C}$) és koncentrációja ($K = 1\%$) mellett, a műveleti idő ($t = 0\text{--}60 \text{ s}$) növelésével a tisztítás határfoka (η) ún. telítési görbe [$y = C (1 - e^{-ax})$] mentén változik.

A műveleti idő (t) egy bizonyos határon túli növelése számottevő hatások javulást nem eredményez.

2. Lineáris elméleti összefüggést találtam a tisztítási hatások (η) és a tisztítóoldat hőmérséklete (t) között:

$$\eta(\vartheta) = C + A (\vartheta - \vartheta_0).$$

Ultrahangos modellkísérletekkel bizonyítottam, hogy azonos műveleti idő ($t = 60 \text{ s}$) és NaOH tisztítóoldat koncentráció ($K = 1\%$) mellett, a tisztítás határfoka (η) a tisztítószer hőmérsékletének ($\vartheta = 30\text{--}65 \text{ }^\circ\text{C}$) változtatásával lineárisan növekszik ($y = C + Ax$).

A magas tisztítási hatásokhoz tartozó tisztítóoldat hőmérséklet a kavitáció kialakulásának optimális hőmérséklet tartományába ($\vartheta = 55\text{--}65 \text{ }^\circ\text{C}$) esik.

3. Megállapítottam, hogy mezőgazdasági szennyeződés esetén a sugárforrástól mért távolság erősen befolyásolja ultrahangos, tisztítószer nélküli kezelés során a tisztítás határfokát (η): 250–300 mm távolságban ($t = 30 \text{ s}$, $\vartheta = 40 \text{ }^\circ\text{C}$) a tisztítás határfoka 45%-al kevesebb, mint 20 mm távolságban.
4. Az ultrahangos kezelés kísérleti eredménye alapján meghatároztam a műveleti paraméterek olyan összefüggését, ahol a tejipari szennyezettségű műanyag láda MAVEPIT P35 tisztítószerezrel történő ultrahangos tisztítása esetén a tisztítóoldat adott hőmérsékletén ($\vartheta = 50, 60, 70 \text{ }^\circ\text{C}$) kiválasztható a kezelési idő (t), és a koncentráció (K) azon összetartozó értékpárja, amelynél a tisztítás határfoka maximális.
A tisztítási művelet így egyszerűen optimalizálható, mivel a választható értékpárok (t, K), a maximális határfokot biztosító izotermákon helyezkednek el.
Kimutattam továbbá, hogy a nem megfelelő tisztítószer választása esetén, azonos műveleti feltételek mellett, a tisztítás határfoka akár felére is csökkenhet a helyesen megválasztott tisztítószeréhez képest.
5. Kísérletekkel bizonyítottam, hogy folyadéksugaras tisztításkor, rászáradt tejipari szennyeződés esetén, azonos műveleti jellemzők (ϑ, t, p) mellett a MAVEPIT P35 típusú tisztítóoldat koncentrációjának ($K = 0\text{--}2,0\%$) növelésével a tisztítás határfoka exponenciálisan [$y = C (e^{-ax} + B)$], míg húsipari szennyeződés kapcsán Ultra Vill típusú tisztítóoldat koncentrációjának növelésével ($K = 0\text{--}0,3\%$) lineárisan változik ($y = C + Ax$).
6. Kísérletekkel bizonyítottam, hogy folyadéksugaras tisztításkor, földes, mezőgazdasági szennyeződés esetén, azonos műveleti jellemzők (p, K, ϑ) mellett a tisztítási műveleti idejének ($t = 0\text{--}25 \text{ s}$) növelésével a tisztítás határfoka exponenciálisan nő [$y = C (B + e^{-ax})$].
Megállapítottam, hogy a műveleti idő (t) hatása csak 15 másodpercig érvényesül, és ezen túlmenően a tisztítóoldat nyomásának (p) és hőmérsékletének (ϑ) emelése sem eredményez érdemi hatások javulást.
7. Bizonyítottam, hogy mezőgazdasági szennyeződés folyadéksugaras tisztításkor közel azonos tisztítóhatást lehet elérni különböző összetartozó hőmérséklet-nyomás értékpárokkal.
Igazoltam, hogy alacsonyabb hőmérsékletre tartozó magasabb nyomásérték választása energiafelhasználás szempontjából lényegesen kedvezőbb, mint a magasabb hőmérséklet és alacsonyabb nyomás értékpár alkalmazása.
Azonos térfogatáram mellett a tisztítóoldat hőmérsékletének (ϑ) egy $^\circ\text{C}$ -kal történő emelése, 24-szer több energiát igényel, mint a kiáramló folyadék nyomásának (p) emelése $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ -al.

5. A GYAKORLATBAN FELHASZNÁLHATÓ EREDMÉNYEK

1. A vizsgálati eredményeim alapján javaslom, hogy az erősen felülethez kötött víztaszító élelmiszeripari szennyeződés esetén az intenzív tisztítási műveletet előzze meg egy lazító, áztató műveleti fázis. A szennyeződés ún. peptizálása diffúziós fizikai-kémiai folyamat, ezért az áztatás műveleti szakaszában elsősorban időre van szükség magasabb hőmérsékletű tisztítóoldat mellett.
2. A vizsgálatokból megállapítható, hogy az ultrahangos tisztítási műveletnek elsősorban olyan, bonyolult felületű szállítóeszközök esetében van jelentősége, amelyeken rászáradt, víztaszító biológiai szennyeződés található.
3. Javaslom, hogy az előmosó szakaszban a fűvókák mérete és azon keresztül a folyadéksugár ereje fokozatosan növekedjék. A rászáradt szennyeződés esetén annak fellazításához elsősorban időre, nem pedig az erőteljes folyadéksugár impulzuserejéből adódó kibillentő hatásra van szükség.
4. A mezőgazdasági szennyezettségű eszközök vizsgálata esetén egyértelműen bizonyítottam, hogy a folyadéksugaras tisztításkor 15 s műveleti idő után egyik műveleti jellemzőnek sincs jelentős hatása a tisztítás határfokára. Így rövidebb pályaszakaszok, ezzel együtt rövidebb berendezéshossz is elengedő. A berendezés ára így lényegesen alacsonyabb. Vagy növelhető a pályasebesség, és ezáltal csökken a fajlagos tisztítási költség.
5. Bizonyítottam, hogy az azonos tisztítási hatást elérő műveleti paraméterek, különböző hőmérséklet és nyomás összetartozó értékei esetén az alacsonyabb hőmérséklethez tartozó magasabb nyomásérték energetikailag lényegesen kedvezőbb, mint a magasabb hőmérséklet és az alacsonyabb nyomás összetartozó értéke.
6. Az optimális tisztítási technológiai műveleti paraméterei közül elsősorban a műveleti idő és az tisztítószer-koncentráció helyes értékeinek beállítására kell ügyelni. Vizsgálataim alapján javaslom, hogy a fenti két jellemző összetartozó, a maximális hatásfokot elérő érték-párjai közül, az alacsonyabb műveleti idő érvényesüljön, magasabb tisztítószer-koncentráció mellett. A műveleti idő hatása háromszor akkora a fajlagos költségekre, mint a tisztítószer koncentrációé.
7. A szennyeződéstípust legmagasabb hatásfokkal eltávolító tisztítószer kiválasztása elsőrendű feladat, mert a ráfordítások összköltségének közel 60%-át adja. A tisztítás költségelemzése szerint amennyiben a pályasebességet, tehát a műveleti időt állandónak tekintjük, a műveleti paraméterek az alábbi csökkenő sorrendben gyakorolnak hatást a tisztítás költségére:
 - a tisztítószer típusa, koncentrációja,
 - a tisztítóoldat hőmérséklete,
 - a tisztítóoldat nyomása a mosókereteken.
8. A vizsgálataim alapján javasolt technológia és berendezés megfelel a többcélúságnak. Szabályozható paramétereivel beállítható a szennyeződéstípusnak és mértékének megfelelő hatékony tisztítási technológia. A tárolóeszközök oldalukon történő megvezetése és az állítható pályaszerkezet biztosítja, a különböző méretű ládák, rekeszek tisztítását az ultrahangos műveleti fázissal kombinált technológia esetén.
9. Az általam kidolgozott, a tisztítás mértékét meghatározó módszer alkalmas a tisztítás hatásfoka elvárt szintjének meghatározására, illetve különböző tisztítószer minősítésére, összehasonlítására.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

1. *Horváth L.–Baneth P.–Mészáros Gy.* (1979): Üzemi tisztító rendszerek (CIP) műszaki megvalósítása. II. Élelmiszeripari és Vendéglátóipari Gépészeti Kollokvium, Szombathely.
2. *Mészáros Gy.* (1981): Műanyagládák tisztítására alkalmas ultrahangos mosóberendezés. Országos Tejipari Konferencia, Szeged.
3. *Gillay E.-né–Mészáros Gy.* (1982): Zárt élelmiszeripari technológiáknál alkalmazott mosórendszer. VI. Konzervipari Higiéniai Napok, Nagykőrös.
4. *Mészáros Gy.–Gillay E.-né* (1982/10): Ultrahangtechnika alkalmazása műanyagládák és rekeszek gépi mosásában. Szegedi Élelmiszeripari Főiskola. Tudományos Közlemények. p. 49–51.
5. *Mészáros Gy.* (1982): Az ultrahangos technika lehetőségei az élelmiszeripari technológiákban. Új élelmiszeripari technológiák és adaptálásuk lehetőségei. OMFB 8-8103 jelű tanulmány. p. 91–97.
6. *Szabó G.–Mészáros Gy.* (1984): Elektromágneses szelepek használata zártrendszerű technológiák tisztítórendszereinek automatizálásánál. R & D Seminar and Conference, Alfa-Laval Ltd, Lund.
7. *Mészáros Gy.–Gillay E.-né* (1984): Élelmiszeripari műanyagládák és rekeszek ultrahangos tisztításának vizsgálatai. XVI. Konzervipari Higiéniai Napok, Nagykőrös.
8. *Gillay E.-né–Mészáros Gy.* (1985): Élelmiszeripari műanyagládák és rekeszek ultrahangos tisztítási technológiája és berendezése. Konzervipar. p. 30–33.
9. *Mészáros Gy.* (1985): Akusztikus energia alkalmazása az élelmiszeripari műveleteknél. Új műveleti megoldások az élelmiszeriparban. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest. p. 143–154.
10. *Gillay E.-né–Mészáros Gy.* (1985): „G-4” élelmiszeripari műveletek és gépek korszerűsítése és modernizálása. K-11 jelű kormányzati kutatói program.
11. *Mészáros Gy.* (1986): Az ultrahangtechnika alkalmazása az élelmiszeripari tárolóedények, különösen műanyagládák és rekeszek tisztítási technológiájában. MTA–MÉTE Tudományos Kollokvium, MTA Budapest.
12. *Mészáros Gy.* (1988): Élelmiszeripari tárolóedények tisztítási technológiájának kidolgozása és az alkalmazott berendezés vizsgálata. Doktori értekezés, Gödöllő ATE.
13. *Mészáros Gy.–Gillay E.-né–Almási F.–Széll J.* (1990): Eljárás és berendezés biológiailag szennyezett élelmiszeripari tárolóedények tisztítására. 193636 számú szolgálati szabadalom. Élelmiszeripari Főiskola, Szeged.
14. *Mészáros Gy.–Szabó G.–Szilágyi J.–Dörnyei J.–Gyöngyösi J.–Korány M.* (1991): Eljárás és berendezés porok és granulátumok mikrohullámú szárítására. 201887 számú szolgálati szabadalom. Élelmiszeripari Főiskola, Szeged.
15. *Mészáros Gy.–Huhn Edit* (2005): Hatékonyságnövelés vizsgálata élelmiszeripari és mezőgazdasági tárolóeszközök gépi tisztításánál. Európai Kihívások III. Tudományos konferencia. SZTE SZÉFK, Szeged. p. 588–592.
16. *Gy. Mészáros* (2005): Application of an ultrasound technique in the mechanical washing of plastic boxes and crates in the food industry. Review of Faculty of Food Engineering, p. 55–61.
17. *Mészáros Gy.* (2005): Ultrahangtechnika alkalmazása az élelmiszeripari műanyagládák és rekeszek gépi tisztításánál. SZTE SZÉFK, Tudományos Közlemények. p. 60–66.
18. *Gy. Mészáros–Z. Csizmazia* (2005/18): Application of ultrasound technique in washing plastic boxes and crates. Hungarian Agricultural Engineering, Gödöllő. p. 75–77.
19. *Mészáros Gy.–Véha A.–Csizmazia Z.* (2006): Hatékonyságnövelés vizsgálata az élelmiszeripari műanyag ládák és rekeszek gépi tisztításakor. XXX. MTA–AMB K+F Tanácskozás. Gödöllő.
20. *Mészáros Gy.–Huhn E.–Véha A.* (2006): Élelmiszeripari műanyag tárolóeszközök tisztítási technológiájának optimalizálása. VII. Nemzetközi Élelmiszertudományi Konferencia. Szeged. Abstract in CD-ROM.
21. *Mészáros Gy.–Véha A.* (2007): A mezőgazdaságban használatos műanyagrekeszek folyadéksugaras gépi tisztításának vizsgálata. Tápanyag-gazdálkodás műszaki feltételei. Ünnepi tudományos ülés. Debrecen (megjelenés alatt).
22. *Mészáros Gy.–Huhn E.–Véha A.* (2007): Mezőgazdasági és élelmiszeripari műanyag rekeszek gépi tisztításának energetikai vizsgálata. Mezőgazdasági Technika, Tudomány – Műszaki fejlesztés rovat. Gödöllő (megjelenés alatt).