



AGRÁRMINISZTÉRIUM



**JÓ GYAKORLATOK  
A KÖRNYEZETBARÁT  
SERTÉSTARTÁSBAN ÉS  
TÁPANYAG-GAZDÁLKODÁSBAN**

**2019**



**JÓ GYAKORLATOK  
A KÖRNYEZETBARÁT  
SERTÉSTARTÁSBAN ÉS  
TÁPANYAG-GAZDÁLKODÁSBAN**

**2019**



# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezető</b>	<b>7</b>
1.1. Tápanyagveszteség – miért is számít?	7
1.2. Ammóniakibocsátás szabályozása az Európai Unióban	8
1.3. Jó gyakorlatok az EU-ban	13
1.4. Hazai gyakorlatok?	15
<b>2. Takarmányozási technikák az ammóniakibocsátás csökkentésére</b>	<b>19</b>
2.1. Takarmányozási fázisok számának növelése	22
2.2. A takarmányok nyersfehérje-tartalmának csökkentése	25
2.3. A takarmánykeverékek nem keményítő jellegű poliszacharid (NSP) tartalmának növelése	28
2.4. A vizelet pH-értékét csökkentő készítmények alkalmazása	29
2.5. Nitrogénürítés-monitoring a sertéstartó gazdaságokban	31
<b>3. Istállók és trágyatárolók – Tartástechnológia, trágyakezelés, trágyatárolás</b>	<b>33</b>
3.1. Ammóniaemissziók keletkezése az istállókban és a trágyatárolás során	33
3.2. Alacsony kibocsátású sertésistállók	39
3.2.1. Hígtrágyás istállók	40
3.2.2. Almozott istállók	41
3.3. Az ammóniaemissziók csökkentésének lehetőségei a trágyatárolás során	42
<b>4. Az ammóniakibocsátás csökkentésének lehetőségei a szerves és műtrágyák felhasználása során</b>	<b>49</b>
4.1. Miért fontos az ammóniakibocsátás figyelembevétele és csökkentése a gazdálkodó számára?	49
4.2. Állattartásban keletkező trágyák	50
4.2.1. Hígtrágya	51
4.2.2. Istállótrágya	58
4.2.3. Műtrágya	59
4.3. Meteorológia	60
4.4. Talajállapot, talajtulajdonságok	61
Kis legenda	61

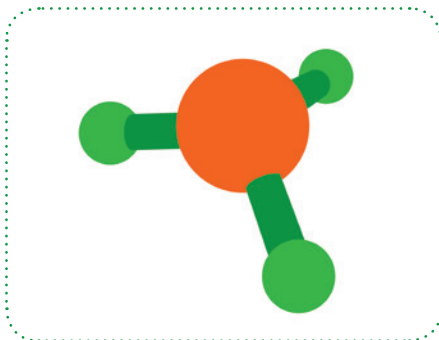


# 1. Bevezető

Az Európai Unió szintjén – de világszerte is – fontos szempont az, hogy a mezőgazdaságban használatos inputanyagok ténylegesen a gazdálkodó számára hasznosuljanak, hiszen a gazdaságos termelés alapfeltétele, hogy a költségként jelentkező tápanyagok, takarmányok a lehető leghatásosabban hasznosuljanak a termelés szintjén. Mindehhez a megfelelő alapanyagokon túl igen fontos elem a megfelelő, illetve az elérhető legjobb technológia alkalmazása.

A fentiek szerinti alkalmazások, ismeretek, gyakorlatok tehát optimálisak a gazdálkodó számára is, mindamelllett, hogy a környezeti terhelést csökkentik. Ez utóbbi sem elhanyagolható tényező, figyelemmel jelen korunk esetenként szélsőséges éghajlati viszonyaira. Szükséges a megfelelő alkalmazkodás, a terhelések csökkentése, mely mint előbb jeleztük, még a gazdaságosság felé is hat.

A mezőgazdaságból származó terhelések egy része a gyorsan lemosódó, illetve a légkörbe jutó nitrogénvegyü-



letekből származtatható, mely terhelések csökkentése minden fél számára nélkülözhetetlen. A célok elérése érdekében hazánkban is el kell készíteni az Országos Levegőterhelés-csökkentési programot. Ebben a kiadványban a nitrogénvesztesség csökkentésének pozitív hatásait bemutató jó gyakorlatokat ismertetjük, mely bízunk benne, minden érintett számára hasznos, előremutató lehetőségeket ismertet.

Reméljük, hogy a gyakorlati szempontból összeállított – kutatási eredményekkel alátámasztott és illusztrált – kézikönyv növeli a gazdálkodók és a szaktanácsadók környezettudatosságát, és így hozzájárul a hatékony víz- és levegővédelem gyakorlati megvalósításához.

## 1.1. Tápanyagvesztesség – miért is számít?

A nitrogén, foszfor, kálium mind esszenciális elemek a mezőgazdasági termeléshez, mivel táplálják a növényeket és biztosítják a talaj termékenysé-

gét. Azonban ha a növények nem tudják felvenni a kihelyezett tápanyagot, akkor megnő annak kockázata, hogy ezek a fontos anyagok kárba vesznek (különböző módokon: lemosódás, elillanás, kilúgozódás), komoly költségeket okozva a termelőknek. Ha jól megválasztjuk a zónánként, parcellánként kijuttatott dózisokat a növények fejlettségi fokának és igényeinek megfelelően, illetve ha odafigyelünk a kihelyezés jó időzítésére, akkor nem csak a pénztárcánkat kíméljük meg, de hozzájárulunk az egészséges környezet fenntartásához, az emberi egészség megőrzéséhez, illetve a megfelelő talajélet visszaállításához.

A kézikönyv, amelyet kezében tart az olvasó, azt a célt tűzte ki, hogy gyakorlati útmutatót adjon a helyes tápanyag-gazdálkodáshoz a nitrogén teljes körforgásán keresztül az állattenyésztéstől a növénytermesztésig. A nemzetközi és hazai kutatások, bevált gyakorlatok és nemzetközi útmutatók segítségével szeretnénk bemutatni a legjobb technikákat a tápanyagvesztés elkerüléséhez és a gazdálkodás hatékonyságának növeléséhez.

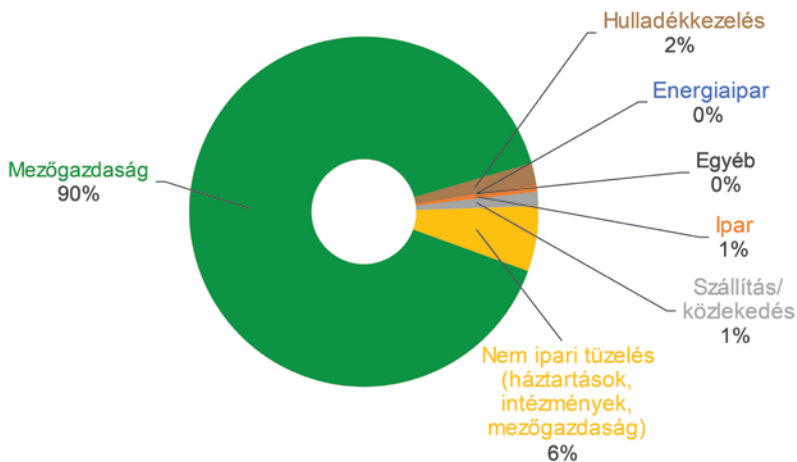
## 1.2. Ammóniakibocsátás szabályozása az Európai Unióban

A mezőgazdaság felelős az ammóniakibocsátás 90 százalékáért (1. ábra), ami azt jelenti, hogy a legtöbb ammónia a mezőgazdasági termelés során kerül a levegőbe és vívígyaga a kisméretű szálló pornak, messze eljuttatva így a levegőkárosító anyagokat. Emellett az ammónia az a káros anyag, amelynek mennyiségét a legnehezebb csökkenteni, összehasonlítva a fűtésből, közlekedésből származó anyagokkal (kén-dioxid, nitrogén-oxidok stb.), ami jól látható az európai kimutatásokban is (2000 és 2015 között EU-szinten az ammóniakibocsátás 10 százalékot csökkent, míg a főleg ipari kibocsátásból érkező kén-dioxid 70 százalékkal lett kevesebb<sup>1</sup>) (2. ábra).

Az ammóniaemisszió elsődleges forrása az állattenyésztés, pontosabban a trágyából elillanó nitrogén, amely az istállóból, a trágyatárolóból, a legelőn elejtett bélsárból vagy a trágyakiszórás helyszínéről is távozhat. Emellett a növénytermesztés során felhasznált műtrágyák is felelősek lehetnek a károsanyag-kibocsátásért, amely elsősorban a karbamid típusú műtrágyákat érinti.

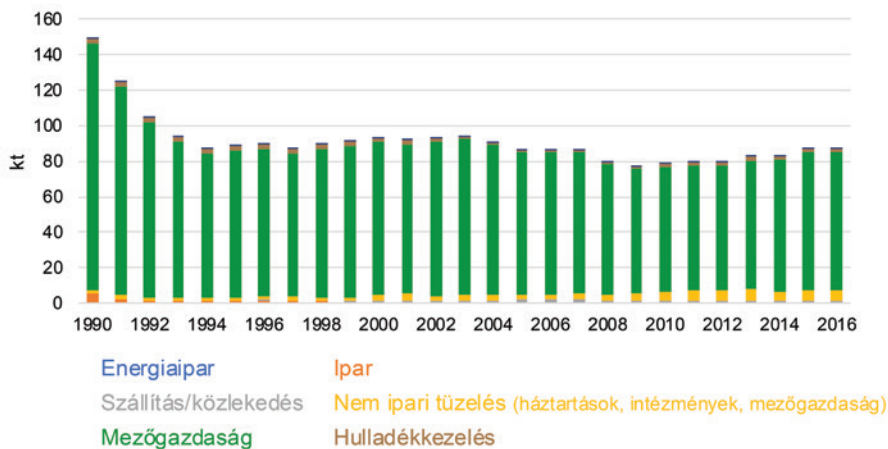
<sup>1</sup> Clean Air Outlook report.





Forrás: OMSZ

1. ábra: Az ammóniaemisszió megoszlása ágazatok szerint, 2016



Forrás: OMSZ

2. ábra: A magyarországi teljes NH<sub>3</sub>-emisszió trendje, 1990–2016

A mezőgazdaság nem csak okozója a levegőszennyezésnek, de elszenvedője is. Ennek oka, hogy az alacsony talajszíntén mozgó ózon károsítja a növényeket, csökkentve a hozamot, emellett a levegőből csapadék formájában visszakerülő nitrogén elsavanyítja a talajokat és eutrofizációt okoz a termé-

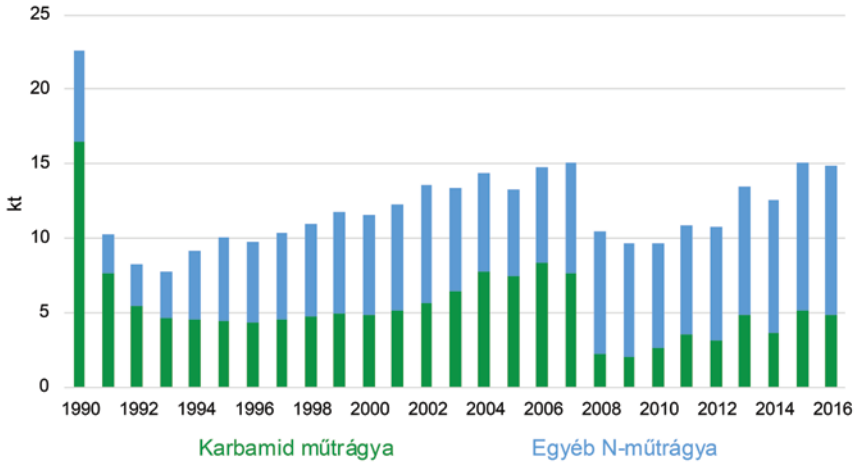
szetes vizekben. Azok a technológiák, amelyek segítik gazdaságosan csökkenteni a károsanyag-emissziót, elsősorban a nyugat-európai országokban terjedtek el, mivel ott a gazdáknak már évek óta be kell tartaniuk a szükséges előírásokat. Ugyanakkor az Európa-szintű tisztább levegő elérése érdekében az Európai Parlament 2016-ban egy új irányelvet léptetett életbe, amely NEC Direktíva<sup>2</sup> néven vált ismertté (2016/2284/EU). Az irányelv célja, hogy a már jól ismert Nitrát Direktívát kiegészítve olyan előírásokat fogalmazzon meg, amelyek elősegítik a környezettudatosabb termelést, továbbá immár a vizek védelme mellett a levegő védelmére is koncentrálnak.

Ennek érdekében az Európai Bizottság, valamint az ENSZ Reaktív Nitrogén Munkacsoportja számos kézikönyvet dolgozott ki, amelyek különböző típusú termelési módokra, méretekre, talajtípusokra nézve mutatnak be jó gyakorlatokat. Az Agrárminisztérium, a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, az Agrárgazdasági Kutató Intézet, a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, továbbá a Pannon Egyetem immáron 5 éve dolgozik azon, hogy Magyarországon a termelői szerkezetet és a klimatikus viszonyokat figyelembe vevő gyakorlat alakuljon ki, olyan technológiák alkalmazásával, melyek nem csak a levegőt és a talajt védik, de gazdasági hasznot hoznak a termelőknek is.

## **Az ammóniakibocsátás változása a rendszerváltás óta Magyarországon**

A kérdés megítélése során szükséges figyelembe venni, hogy Magyarországon a rendszerváltás óta milyen gazdasági folyamatok zajlottak le a mezőgazdaságban, amelyek nagy hatással voltak az ammónia csökkentésére is. A rendszerváltást követő emissziócsökkenés oka a mezőgazdasági termelés jelentős csökkenése volt, ebben az időszakban az állatállomány létszáma 30-40 százalékkal esett vissza. A megszűnő állami támogatások miatt a műtrágya-felhasználás is jelentősen csökkent. A sertéságazatban az állatállomány folyamatos csökkenése volt jellemző. Ezzel szemben a szarvasmarha, azon belül elsősorban a húsmarhaágazatban, az utóbbi évek állománynövekedése járult hozzá a kibocsátás növekedéséhez. A tejelő ágazatban az állatállomány az utóbbi években nem nőtt, azonban a tejtermelés folyamatos, intenzív

<sup>2</sup> Az egyes léghőri szennyezőanyagok nemzeti kibocsátásainak csökkentéséről szóló irányelv 2016/2284/EU.



**3. ábra:** A műtrágyázásból származó  $\text{NH}_3$ -kibocsátás trendje, 1990–2016

növekedése miatt az egy tehénre eső ammóniakibocsátás nőtt, nagyrészt ellensúlyozva az állatállomány csökkenéséből eredő emissziócsökkenést.

Az 1990 és 2016 között a mezőgazdasági termelés szerkezetében bekövetkezett változások hatással voltak a mezőgazdasági eredetű ammóniakibocsátás szerkezetére is. Amíg 1990-ben a sertéstartás volt a legjelentősebb ammóniaforrás (26 százalék), 2016-ban a szerves trágya-kijuttatás felelt a legjelentősebb kibocsátásért 26 százalékkal, ezt követte a műtrágya-kijuttatás és a szarvasmarhatartás 19 százalékkal, majd a baromfitartás 15 százalékkal, és csak ezután következett a sertéstartás 14 százalékkal.

Az ammóniaemisszió 2009 óta tapasztalható növekedésének másik oka a műtrágya-felhasználás növekedése. A műtrágya nitrogéntartalmának növekedésén túl a felhasznált műtrágyák típusában bekövetkezett változások szintén hozzájárulnak az emisszió növekedéséhez. A gazdasági válság idején jelentősen visszaesett a karbamid műtrágya felhasználása és az abból származó  $\text{NH}_3$ -emisszió, azt követően azonban jelentősen emelkedett, illetve napjainkban is folyamatosan növekszik a karbamid műtrágyák felhasználása. Mindennek azért van jelentősége, mert a karbamid típusú műtrágyáknak a legjelentősebb az emissziója a műtrágyák között. A műtrágyázásból származó  $\text{NH}_3$ -kibocsátás trendjét 1990-2016 között a **3. ábra** mutatja be.

## Új szemlélet szükséges a nitrogéngazdálkodás tekintetében a teljes ciklus figyelemmel kísérésére

A nitrogén (N) esszenciális elem a növények számára a megfelelő tápanyagbevitellel elvárt hozamok eléréséhez. Azonban a nitrogén helytelen felhasználása annak elvesztésével jár: vagy a talajon keresztül elszivárog nitrát formájában a felszín alatti vizekbe vagy elillan a levegőbe. Az utóbbi módon vagy levegőkárosító anyagként ammónia formájában, vagy üvegházhatású gázként dinitrogén-oxidként távozik. A környezetvédelmi szemponton túl figyelembe kell venni azt is, hogy minden mikrogramm nitrogénvesztés költségét jelent a termelő számára, ezért nagyon fontos, hogy a teljes nitrogénciklust körbejárjuk annak érdekében, hogy áttekintsük, hogyan tudunk leghatékonyabban beavatkozni ebbe a folyamatba azért, hogy

- a) a lehető legkisebbre csökkentsük a víz- és levegőszennyezést;
- b) optimalizáljuk a nitrogénfelhasználást, ezáltal a költségeket és a hozamot is a növénytermesztésben<sup>3</sup>,
- c) figyelembe vegyük az ammónia-, az üvegházhatású gázok és a nitrát-szennyezés csökkentését.

Az ammóniakibocsátás elsődleges forrása az állati trágya, amely az istállóban keletkezik, majd ezt követik a kihelyezett, de nem beforgatott műtrágyák. Az állati trágyákból elillanhat gáz az istállóból, a tárolókból, avagy a kihelyezés során, ezért nemcsak a trágya korai kezelési fázisát kell figyelembe venni, hanem egészen a talajba jutásáig figyelemmel kell kísérni. A nyugat-európai országokban ma már nemcsak az istálló- és trágyakezelés technikájára fókuszálnak, hanem bevezették azokat a korcsoport és genotípus szerinti optimalizáló fehérjeetelési technológiákat, amelyek az állatok nagyobb teljesítményére is pozitív hatással vannak. Emellett elsősorban a ciklus másik végére is figyelemmel vannak és uniós támogatások segítségével hatékonyabb trágyakijuttatási és beforgatási eszközökbe ruháztak be a hatékonyság növelése érdekében. Ezek fényében tekintsük át, hogy melyek a jó nitrogénmenedzsment elemei:

- a) ha minden, a gazdálkodás során felmerülő nitrogénforrást figyelembe veszünk és tudatosan kezelünk;

<sup>3</sup> Az Agroaim Kft. számításai szerint 1 hektáron 13 000 Ft költség takarítható meg a tápanyag-optimalizálással.

- b) ha a felhasznált nitrogénmennyiséget a valós növényi és állati igényeknek megfelelően állítjuk be, figyelembe véve a helyi fajták igényeit, a klimatikus és zonális talajviszonyokat;
- c) ha a legjobb termelékenység elérése érdekében más externális tényezőkkel is számolunk (pl.: egyéb tápanyagok mennyisége, kártevők kezelése, stresszkezelés stb.);
- d) ha a nitrogénforrásokat megfelelően tároljuk, majd a megfelelő időben, megfelelő technológiával, csak a szükséges mennyiséget, a megadott helyre helyezzük ki vagy adagoljuk;
- e) ha minden lehetséges nitrogénveszteségi folyamatot felismerünk és a saját igényeinknek megfelelően, az odaillő eszközzel kezelünk.

### 1.3. Jó gyakorlatok az EU-ban

A helyes nitrogéngazdálkodás kihívásokat rejt magában és tudást, megfelelő technológiát, tapasztalatot, komolyabb tervezést és folyamatos felülvizsgálatot igényel. Hollandiában, Dániában és Írországban például olyan szaktanácsadók segítik a termelőket, akik gazdaság szintjén számolnak nitrogénmérleget és segítik a termelőt, hogy együtt felismerjék a technológiai hiányosságokat, amelyek a hozamok maximalizálását gátolják. Többek között a szerves trágya-kihelyezés vagy a karbamidkihelyezés pontos meghatározásában, megtervezésében (pl.: megfelelő talajnedvesség és hőmérséklet, megfelelő páratartalom), a szükséges gépek beszerzésében is támogatást kapnak a termelők, hogy a kihelyezett tápanyag a növény növekedését segítse. Emellett a tanácsadó abban is segíti a termelőt, hogy felismerje: a megfelelő technológiával pontosan mennyi nitrogént mentett meg a növény számára és mennyi költséget takarított meg.

Írországban a TEAGACS nevű kutatóintézet „A legjobb gazdaság” elnevezésű versenyt hirdetett meg, ahol az intézet kutatói, valamint gyakorlott szaktanácsadók segítik a kiválasztott gazdákat a legjobb húshozam kihozatalában a legújabb technológia és tenyésztési eredmények tükrében úgy, hogy mellette mérik a gazdaság ökológiai lábnyomát





1. kép: A legjobb gazda 2016-ban és szaktanácsadói

is (1. kép). A 2012-ben indult „BETTER Farm Challenge” mintaprogram céljával tűzte ki, hogy bemutassa a termelőknek, hogyan érhetnek el magasabb profitot három kiemelkedő fontosságú faktor figyelembevételével: ezek a termelői ár, a termelési költségek és a teljesítmény. A projekt során 12 olyan önkéntesen jelentkező tenyésztőt kerestek, akik nyitottak a technológiai újdonságokra, szeretnének fejlődni és érdeklődnek az innovációk iránt. A mintaprogram kutatók és szaktanácsadók segítségével szakmai támogatást nyújt a résztvevőknek a tenyésztés, a legelőgazdálkodás, a monitoring, a tápanyag-gazdálkodás, a trágyakezelés, a piaci érvényesülés, a takarmányozási és a talajerő-utánpótlási szakterületeken.

A program átfogó céljai:

- a tejkvóta megszűnését követően a tejtermelő gazdaságok versenyképességének megőrzése a szükséges képességek, tudás megszerzésével – költségek kontrollálása a képességek fejlesztésével;
- hatékonyabb takarmányozás- és legelőgazdálkodás;
- szaporodásbiológiai teljesítmény növekedése;
- termékek minőségének javítása;
- a környezetvédelmi előírásoknak való megfelelés javítása.

A folyamatos mérés lehetővé teszi, hogy a termelők maguk is megértsék, illetve gyakorlatban tapasztalják az egyes technológiai elemek költségvetésre, jövedelmezőségükre való hatását, mindemellett átadhatóvá, adaptálhatóbbá válnak a kutatási eredmények.

## 1.4. Hazai gyakorlatok?

Az előzőekben is olvashattuk, hogy a tápanyag-gazdálkodás, az istállókezelés és műtrágya-kijuttatás, tárolás, az állattartási technológiák – takarmányozástól a trágyakezelésig – mind-mind alapvető és lényegi elemei a mezőgazdasági tevékenységnek, a termelésnek. A nitrát feldúsulás/csökkenés a mezőgazdálkodással összefüggésbe hozható egyik legáltalánosabb problémák közé tartozik, mely szabályozásairól már a gazdálkodók is számos ismerettel rendelkeznek az ún. Nitrát Rendelet (59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet) és a kapcsolódó támogatási kötelemények okán. A nitrogénfelhasználás befolyásolja a legközvetlenebb módon a termésátlagokat, ugyanakkor a növény által fel nem vett nitrogén – nagy mobilitása révén – nagy valószínűséggel okoz környezetterhelést, mint azt az előzőekben már említettük.



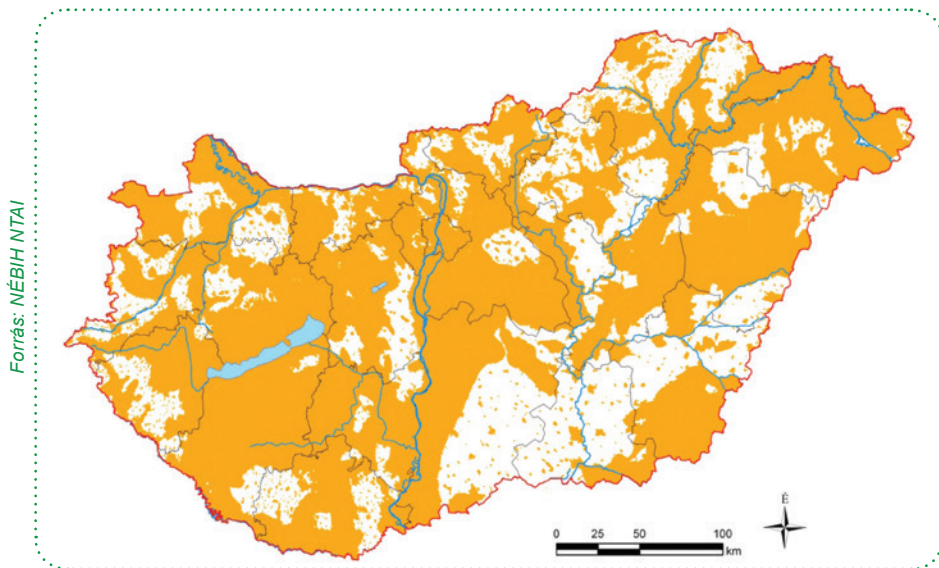
Ez nem jó a gazdálkodónak sem, hiszen az általa kijuttatott mű- vagy szerves trágya nem a növény táplálására fordítódik, nem a növény mennyiségi vagy minőségi jellemzőit befolyásolja, hanem elvész a gazdálkodó számára is, s a környezet terhelését jelenti.

Mint megfogalmazzuk, a gazdálkodó a nitrát talaj vagy felszíni vizekbe történő jutásának csökkentése érdekében már ismeri a szabályzókat, azonban lassan meg kell szoknia a levegő védelmére vonatkozó előírásokat is.

Látni fogjuk a kézikönyvben is, hogy az állattartásnál sem mindegy a takarmányok megválasztása, azok veszteségének mértéke, nem mindegy továbbá az állatok megfelelő fejlődéséhez az istállón belüli komfortérzet.

Melyek is azok a szabályok, melyek már ismertek és kihatással bírnak a levegőterhelés csökkentésére? Miért is hasznos a gazdálkodónak? Miért is a környezetnek?

Az ország területének több mint 69 százaléka nitrátérzékeny besorolásba került, ahol a nitrátkimosódásra vonatkozó szabályokat már alkalmazni kell (2. kép).



2. kép: Magyarország nitrátérzékeny területe sárga színnel jelölve

**Megjegyzés: A blokkok szintjén kijelölt területeken túlmenően nitrátérzékenynek minősül az országban bárhol elhelyezkedő nagylétszámú állattartó telep, trágyatároló és a trágyafeldolgozás területe**

## Trágya kijuttatásának módjára vonatkozó eddigi hazai előírások a Nitrát Rendelet tükrében

A trágyát a termesztett növénynek és a termőhely adottságainak megfelelő adagokban, egyenletesen kell kijuttatni, mely szabályozás a nitrátvesztesség csökkentésén túl az ammóniavesztesség csökkentésére is kihat.



Olyan trágyaszóró gépeket kell alkalmazni, amelyek egyenletes keresztirányú szórásképet mutatnak. A hígrágya kijuttatását olyan gépekkel kell elvégezni, melyek közvetlenül a talajra vagy a talajba juttatják ki a hígrágyát és egy menetben talajtakarást is végeznek.

A trágyatárolás felszín alatti vízvédelmi szabályozását ismerjük a 6 havi tárolás előírása által, azonban kötelező jelleggel a trágyatárolók fedése nem szerepelt ez idáig, azonban előírása várható.

Hígrágya talajvédelmi terv alapján juttatható ki termőföldre. A kijuttatás ugyancsak a növény igényének megfelelő mértékben lehetséges, figyelemmel a területi érzékenységre. Az injektálás a 6-12 százalék közötti lejtésű területeken kötelezően alkalmazandó a csúszócsöves- csőfüggyönyös technológia mellett. Ezen utóbbi módszerek a nitráttelhelés csökkentése mellett jelentős mértékben csökkentik az ammóniaveszteséget is, tehát a levegővédelmi intézkedésekre is kihatnak.

Mútrágya-kijuttatás esetén rögzített a nitrátérzékeny területeken, hogy 12-17 százalék közötti kijuttatásnál a termésmenőt azonnal a talajba kell dolgozni, mely szabályozás a nitrogén-hatóanyag levegőbe történő elillanását is mérsékli, nem csak a lemosódást az erózió által. Ismert a szabályozásból, hogy a kijuttatott istállótrágyát haladéktalanul, egyenletesen a talajba kell dolgozni, mely a levegőterhelés szempontjából sem elhanyagolható.

A hazai szabályzók szerint a fenti rendelkezésen túl meghatározott, hogy a szennyvíziszapot a talaj felszíne alá kell

juttatni vagy felszíni kijuttatás esetén – a szennyvíziszapkomposzttal meg egyezően – azonnal talajba kell dolgozni, ezen műveletekkel is csökkentve a nitrogénvegyületek légkörbe jutásának lehetőségét.

A 2020 utáni időszakra tervezett Közös Agrárpolitika (KAP) keretében várható, hogy a termelők továbbra is igényelhetnek területalapú támogatást, az igénybevétel előfeltételeként ugyanakkor fokozott környezet- és éghajlatvédelmi követelmények teljesítése várható.



**Fentiekén túl egyes mezőgazdasági tevékenységekre már környezeti hatásvizsgálat, egységes környezethasználati engedély megléte szükséges. Ezen engedélyek esetében a levegő védelmére vonatkozó egyes előírásokat is ismertetni kell (314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet).**

A terhelés csökkentése érdekében az elérhető legjobb technika alkalmazását elő kell irányozni, mely szerint intézkedéseket kell foganatosítani:

- a) a környezetterhelést okozó anyag felhasználásának fajlagos csökkentéséről;
- b) a tevékenységhez szükséges anyag és energia hatékony felhasználásáról;
- c) a kibocsátás megelőzéséről, illetve az elérhető legkisebb mértékűre történő csökkentéséről;
- d) a hulladékképződés megelőzéséről, a hulladék újrahasználatra való előkészítéséről, újrafeldolgozásáról, egyéb hasznosításáról, ártalmatlanításáról.

A kiadvány magában foglalja azon ajánlásokat, melyek a Nitrát Rendelet mellett a levegő védelméről szóló 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendeletben általános keretszabályozással megfogalmazásra kerülő, a gazdálkodás során levegőbe távozó ráfordításaink csökkentését, az ammóniaveszteség mérséklését segíthetik elő.

Ahogy már szó volt róla, az Európai Unió új, Az egyes léghő szennyezőanyagok nemzeti kibocsátásainak csökkentéséről szóló irányelve szerint elvárt az „Országos Levegőterhelés-csökkentési Program” kidolgozása, az ammóniakibocsátás csökkentésével kapcsolatos helyes mezőgazdasági gyakorlatra (HMGY) vonatkozó Országos Útmutató készítése. Az új HMGY a teljes nitrogénciklus mentén fogalmaz meg elvárásokat, amelyeket lépésről lépésre bemutatunk a következő fejezetekben:

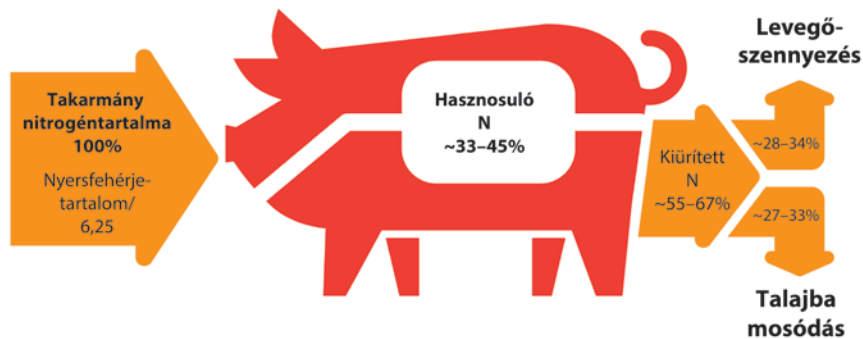
- a) nitrogéngazdálkodás a teljes nitrogénciklus figyelembevételével;
- b) takarmányozási stratégiák;
- c) alacsony kibocsátású trágyakijuttatási eljárások;
- d) alacsony kibocsátású trágyatárolási rendszerek;
- e) alacsony kibocsátású állattartási technológiák;
- f) ásványi műtrágya használatokor keletkező ammóniakibocsátás csökkentésének lehetőségei.

## 2. Takarmányozási technikák az ammóniakibocsátás csökkentésére

A genetikai szelekció és a takarmányozási kutatások jelentős része ma arra irányul, hogy javítsa az állati termelés biológiai hatékonyságát, azaz a sertések gyorsabb növekedését, a takarmányértékesítés javulását és nem utolsósorban az izom arányának növekedését eredményezze. A hústermelés hatékonyságának javításához elengedhetetlen, hogy az állatok energia- és táplálóanyag-igénye a szükségletekhez igazítva, pontosan legyen kielégítve. Továbbá fontos az állat számára optimális környezeti feltételek biztosítása az egészségük és jóllétük érdekében, ami megfelelő tartástechnológiát, telepi menedzsmentet és megbízható, gyakorlattal rendelkező állatgondozókat feltételez.

Az állati szervezetben a legtöbb táplálóanyag hasznosulása meglehetősen gyenge. Az emésztés sajátosságai és az anyagcsere-folyamatok jellegzetességei miatt elkerülhetetlen, hogy az állati termékek előállításánál káros anyagok jussanak a környezetbe. A környezetbe juttatható nitrogén és foszfor mértéke környezetvédelmi szempontból meglehetősen nagy körültekintést igényel, mivel helytelen trágyakezelés esetén a talaj és a vizek nitrogén- és foszfor-, valamint a levegő ammóniaterhelése megnőhet, ami az ökológiai egyensúly felbomlását okozza.

A takarmánnyal felvett fehérjének (nitrogéntartalmú anyagoknak) és foszfor-nak intenzív termelés esetén is csupán egyharmada (33 százalék) értékesül, kétharmad része bélsárral és vizelettel ürül. A genetikai fejlődés azonban lehetőséget adott az állattermék-előállítás környezeti lábnyomának csökkentésére. Az utóbbi 20-30 évben a gazdasági állatok közül az egyik legintenzívebb genetikai előrehaladást a sertésnél érték el, így megfelelő takarmányozás mellett akár a 40-45 százalékot is elérheti a – fehérje beépülésének hatékonyságát mutató – nitrogén-visszatartás vagy -retenció mértéke (4. ábra). A genetikailag meghatározott maximális fehérjebepőtés és ezzel együtt a maximális gyarapodás viszont csak akkor realizálható, ha a takarmánnyal felvett fehérje mennyisége és minősége is kielégíti a sertés igényét. A fehérje minőségét az aminosav-összetétel, az emészthetőség, a biológiai érték (értékesülés) és az esetleges antinutritív anyagok egyidejű jelenléte határozza meg.



**4. ábra:** A sertések nitrogénürítése és az ürített nitrogén megoszlása

Az emésztés során a fehérje lebontásakor keletkező és a vékonybélből felszívódó aminosavaknak minél inkább igazodnia kell a szöveti szintézis igényéhez. A fehérjeszintézis hatásfoka mindig a szükséglethez képest legkisebb mennyiségben jelenlévő, azaz a limitáló aminosavtól függ. Ezt veszi figyelembe az ún. ideális fehérjeellátás elve. Az ideális fehérje egy olyan aminosav-összetételű takarmányfehérjét jelent, amiben a nélkülözhetetlen aminosavak aránya pontosan megfelel az állat igényének, azaz nincs olyan aminosav, amely feleslegben lenne vagy ami a többi aminosav értékesülését korlátozná. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a nyersfehérje-szükségleten túlmenően megadjuk az adott korcsoport lizinigényét (g/kg takarmány vagy g/MJ DE értékben), a többi esszenciális aminosavat pedig ennek százalékában fejezzük ki. Az ideális fehérje aminosav-összetétele az állat ivara, kora, genotípusa és fiziológiai állapota szerint különböző. A sertés aminosavigényének még pontosabb értékelése a takarmányfehérjék lizin-, metionin-, cisztin-, treonin- és triptofántartalmának (látszólagos vagy standardizált) ileális emészthetőségének ismeretén alapul. Amennyiben ismerjük a takarmány standardizált ileálisan emészthető aminosav- (SID AS) tartalmát és a sertések SID AS-szükségletét, akkor a receptúrákészítés során az ideális fehérjeelvetnek megfelelően és a SID AS alapon összeállított abrakkeverékkel lehet a legnagyobb napi súlygyarapodást és legkisebb N-ürítést elérni.

A megfelelő takarmányreceptúra, a különböző előkészítési eljárások, a gyártástechnológia, valamint a takarmányozási rendszer kialakítása rendkívül fontos, hiszen a táplálóanyagok emészthetőségének és biológiai értékesülésének ja-

vításával érhető el, hogy a termelés során kevesebb táplálóanyag távozzon a trágyával. Például a darálás során a megfelelő szemcseméret beállításával a táplálóanyagok emészthetősége jelentős mértékben javítható és akár 30 százalékkal is csökkenthető a bélsárral ürülő nitrogén mennyisége. A granulálás pedig akár 22 százalékkal is csökkentheti a bélsár nitrogéntartalmát. A különböző takarmánykiegészítők, mint az enzimek, probiotikumok, szerves savak ugyancsak csökkenthetik a nitrogénürítést, mivel javítják a takarmányértékesítést. Ezen anyagok hatékonysága a nitrogénkibocsátás csökkentésében általában kismértékű (5 százalék alatti), azonban az irodalmak esetenként 25 százalékos értéket is említenek. Az állat szükségleteit szem előtt tartva tehát a minimumra csökkenthető a vizelettel ürülő nitrogénmennyiség.

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/2284 Irányelve<sup>4</sup> értelmében az ammóniakibocsátás csökkentését szolgáló takarmányozási technikák alkalmazására vonatkozóan az Egyesült Nemzetek Európai Gazdasági Bizottságának (ENSZ-EGB) szakmailag megalapozott referenciadokumentuma (*Options for Ammonia Mitigation*, 2014) ajánlásait szükséges figyelembe venni. Az ammóniakibocsátás csökkentésére a takarmányozási stratégia keretében négy fő területen határozta meg beavatkozási lehetőséget (technikákat) a sertéstartó gazdaságok/takarmánygyártók számára:

- a takarmányozási fázisok számának növelése;
- a takarmányok nyersfehérje-tartalmának csökkentése aminosav-kiegészítéssel;
- a takarmányok nem keményítő poliszacharid (NSP) tartalmának növelése;
- a vizelet pH-értékét csökkentő készítmények alkalmazása.

Az NH<sub>3</sub>-kibocsátás csökkentése érdekében javasolt technikák három különböző kategóriába sorolhatók, amelyek különböző megbízhatósággal csökkentik a légkörbe jutó nitrogén mennyiségét:

- 1. kategóriás technikák: hatásuk tudományosan igazolt, számszerűsíthető és a gyakorlatban is bevált;
- 2. kategóriás technikák: emissziócsökkentő hatásuk ígéretes, de nincsen még elegendő megbízható kutatási eredmény, a gyakorlatban nehezen kontrollálhatók;

<sup>4</sup> Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/2284 irányelve (2016. december 14.) egyes légköri szennyező anyagok nemzeti kibocsátásainak csökkentéséről, a 2003/35/EK irányelv módosításáról, valamint a 2001/81/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről (EGT-vonatkozású szöveg).

- 3. kategóriás technikák: akkor használhatók  $\text{NH}_3$ -kibocsátás csökkentése céljából, ha emissziócsökkentő hatékonyságukat a felhasználó független tudományos kísérlettel igazolja. Az egyes ammóniakibocsátást csökkentő eljárások kombinációjával jobb eredmények érhetők el az emisszió mérésével szemponyjából, mintha a módszereket külön-külön alkalmazzák. Nézzük meg részletesebben egy-egy technikai eszköz gyakorlati alkalmazhatóságát, hatásmechanizmusát, környezeti hatását!

## 2.1. Takarmányozási fázisok számának növelése

*A takarmányozási fázisok számának növelése a sertések szükségletének pontosabb kielégítésére szolgáló módszer, amely lehetővé teszi az életkor és a hasznosítási irány szerinti legmegfelelőbb táplálóanyag-ellátást. Ehhez járulhat még, ha az ártányokat és emsüket elkülönítve helyezik el és ivar szerinti takarmányozást alkalmaznak.*

Az állatok táplálóanyag-szükségletéhez igazított fehérjeellátás ún. fázisos takarmányozási rendszerrel régóta alkalmazott technológia. A sertések táplálóanyag-szükséglete eltérő attól függően, hogy a növekedés vagy a reprodukció (vemhesség, szoptatás) mely szakaszában vannak. A hagyományos takarmányozási technológiáknál a kocák kétfázisú takarmányozása terjedt el (vemhes és szoptató), a választást követő malacnevelés kétfázisú, a hizlalás jellemzően háromfázisú takarmányozás mellett történik. A jelenlegi gyakorlathoz képest ajánlott több fázis alkalmazásának csak akkor van értelme, ha a lehető legkisebbre lehet szorítani a takarmányok táplálóanyag-tartalmának bizonytalanságát, vagyis ha nincs vagy minimális a biztonsági rátartás.

### Technikai eszköz besorolása és alkalmazhatósága

A fázisos takarmányozási rendszer az ENSZ-EGB szakmailag megalapozott referenciadokumentuma alapján a malacnevelés, a hizlalás és a kocatartás során alkalmazva egyaránt 1. kategóriás eszköznek tekinthető. Hatásos és gazdaságos intézkedésnek tartják akkor is, ha olykor megvalósítása technológiai beruházást igényel. E technikai eszköz alkalmazásáról ezért a beruházási költségek és a várható haszon figyelembevételével ajánlatos dönteni.

A takarmányváltás általában megviseli az állatokat, ezért nem tűnik mindig észszerűnek a fázisok számának növelése. Könnyen belátható azonban, hogy minél több szakaszra bontjuk a hizlalási időszakot, annál kisebbek lesznek a különbségek az egyes fázisok között etetett takarmányok táplálóanyag-tartalmában. Érdeemes a hizlalás során azonos alapanyagokból keverni a takarmányokat, ezzel tulajdonképpen olyan kis különbségeket hozva létre az egyes fázisokban használt receptúrák között, ami miatt a váltás nem okozhat problémát.



## **Környezeti hatása**

A takarmányozási fázisok számának növelése lehetővé teszi, hogy minél precízebben, az állatok táplálóanyag-szükségletéhez lehessen igazítani a takarmányadagokat, különös tekintettel a fehérjeellátásra. Ezáltal a táplálóanyagok hatékonyabban tudnak hasznosulni, vagyis kevesebb nitrogén ürül a szervezetből és alacsonyabb lesz a trágya nitrogéntartalma. Hízósertéseknél az egyfázisú takarmányozásról a kétfázisúra való áttérés például 10 százalékos csökkenést eredményezett a nitrogénürítésben, további fázist alkalmazva a hízósertések nitrogénürítése még további 6 százalékkal csökkenthető.

## **Jó gyakorlat megvalósítása**

### **1. lépés: Takarmányozási fázisszám tervezése**

A takarmányozási szakértő a takarmányformulázó program segítségével igény szerint modellezni tudja a szükségleteknek megfelelő ideális takarmányozási fázisszámot. A takarmányozási fázisszám tervezésekor természetesen törekednie kell az adott genetikai képességű korcsoport ideális fehérjeszükségletének kielégítésére, a standardizált ileálisan emészthető lizin/

aminosav arányok pontos beállítására, az aminosav- és energiaellátás összehangolására. Ehhez független és tenyésztőszervezeti ajánlások egyaránt rendelkezésre állnak.

## **2. lépés: Tartástechnológiai adottságok racionalizálása a takarmányozási fázisokhoz**

A takarmányozási fázisok számának növelésekor figyelembe kell venni a gyakorlati kivitelezés komplexitását. Értékelni kell, hogy a fázisszám változtatása esetén a tartás- vagy a takarmányozási technológiát illetően szükség lesz-e szerkezeti átalakításokra: például az ideális csoportnagyság kialakításához a férőhely, az etetőterek és a pihenőterek bővítésére, az adott korcsoportnak megfelelő padozat kialakítására, kucricák vagy rekeszek, modernizált etető- és itatórendszerek beruházására vagy akár a trágyacsatorna bővítésére.

## **3. lépés: Korszerű gyártástechnológia a takarmánykeverék minőségének biztosítására**

Megfelelő műszaki és technológiai színvonalú takarmánykeverő üzem képes csak a jó minőségű, biztonságos és hatékony keveréktakarmány előállítására. Az alapanyagok kémiai összetételének pontos ismeretében kell a komponenseket a receptúrának megfelelően mérni és keverni. A takarmánykeverőnek a keverés során olyan homogenitást kell biztosítania, hogy a takarmány napi adagja biztosan kielégítse az adott állatállomány táplálóanyag-szükségletét. Az előkeverékek (panel, premix, koncentrátum) megfelelő bedolgozása érdekében a keverők túltöltését el kell kerülni, ugyanúgy a nem megfelelő keverési időt és a túlkeverésből adódó osztályozódást. Tudni kell az állatok igényét kielégítő fizikai formában legyártani a keveréktakarmányokat. Szükség esetén energiadúsítást (jellemzően olajok bekeverése és felhordása a granulátumra) is kell végezni és különböző hidrotermikus eljárásokkal kezelni a takarmányokat (granulálás, expandálás).

Saját keverőüzem-egységgel rendelkező állattartó gazdaságoknak tehát értékelniük kell, hogy az üzemük műszaki és technológiai színvonala lehetővé tesz-e magas minőségű keveréktakarmány-előállítást. Ellenkező esetben átgondolandó a takarmánykeverékek vásárlása.



## 2.2. A takarmányok nyersfehérje-tartalmának csökkentése

*A takarmányok nyersfehérje-tartalma jelentős mértékben csökkenthető, amennyiben a fehérjeellátás az adott korú és genetikai képességű állatoknak javasolt ideális fehérje-összetétel figyelembevételével valósul meg. Ha van olyan aminosav, amely az ideális arányhoz képest kisebb mennyiségben van jelen, akkor azt ipari úton előállított aminosavakkal feltétlenül pótolni kell.*

A takarmányozási szakemberek már régóta tudják, hogy az állatoknak nem magára a nyersfehérjére van szüksége, hanem az abban lévő aminosavakra. A tételek kiszóródása, az analitika bizonytalansága vagy a minőségi kifogások miatt azonban még ma is sok esetben a keverékek fehérjetartalmát az állat szükségleténél valamivel nagyobb értékre, úgynevezett biztonsági rátartással állítják be. A gyarapodási teljesítmény és a nitrogénretenció maximalizálásához az állatoknak kiegyensúlyozott vagy ideális aminosav-összetételre van szüksége. Ahhoz, hogy a takarmány nyersfehérje tartalma a termelési eredmények romlása nélkül csökkenthető, az etetett fehérje hasznosulásának foka pedig növelhető legyen, feltétlenül indokolt az ipari úton előállított, a gyakorlatban legtöbbször limitáló aminosavak, a lizin, a metionin, a treonin, a triptofán és a valin alkalmazása.

### Technikai eszköz besorolása és alkalmazhatósága

A takarmányok nyersfehérje-tartalmának csökkentése és az ipari úton előállított aminosavak használata a hízósertések esetében 1. kategóriás eszköznek, a kocák és választott malacok esetében 2. kategóriás eszköznek feleltethető meg. A technika alkalmazása jellemzően nem igényel technológiai beruházást, alkalmazásának költségét azonban az egyes takarmány-összetevők elérhetősége és a szintetikus aminosavak piaci ára mindenkoron befolyásolja. A gyakorlatban a nyersfehérje-tartalom 170 g/kg-ról 140 g/kg-ra csökkentése gazdaságosan megvalósítható és az  $\text{NH}_3$ -kibocsátás 30 százalékos mérséklését eredményezheti, ha a többfázisú takarmányozás során a limitáló aminosavak szintjét és arányát az állatok igényeihez mérten biztosítják.

## Környezeti hatása

A takarmány nyersfehérje-tartalmának 10 g/kg-os csökkentése 10 százalékkal alacsonyabb teljes ammónianitrogén-tartalmat eredményez a sertés-hígrágyában és 10 százalékkal alacsonyabb NH<sub>3</sub>-kibocsátást tesz lehetővé a hizlalás során. A hízósertések takarmányában jelenleg a 170 g/kg nyersfehérje-tartalom általánosnak mondható. A gyakorlatban a 140 g/kg nyersfehérje-tartalom aminosav-kiegészítéssel gazdaságosan megvalósítható, és egy 170 g/kg nyersfehérje-tartalmú takarmányozáshoz képest 30 százalékkal kevesebb NH<sub>3</sub>-kibocsátást eredményez.

Forrás: ENSZ-EGB, 2015

Kategória	Termelési fázis/ élősúly	Ammóniakibocsátás-csökkentési szándék mértéke		
		alacsony	közepes	magas
Koca	Vemhes	15-16	14-15	13-14
	Szojtató	17-18	16-17	15-16
Malac	<10 kg	21-22	20-21	19-20
	10–25 kg	19-20	18-19	17-18
Hízósertés	25–50 kg	17-18	16-17	15-16
	50–110 kg	15-16	14-15	13-14
	>110 kg	13-14	12-13	11-12

**1. táblázat:** Javasolt nyersfehérje-célértékek a sertéstakarmányokban (88% sza.)<sup>5</sup>

A kísérletek során bizonyított, hogy lehetséges ezt az értéket 120 g/kg nyersfehérjeértékre csökkenteni anélkül, hogy csökkenne a növekedési ütem vagy romlana a takarmányértékesítő képesség, ha az abrakkeveréket megfelelő mennyiségben szintetikus aminosavakkal egészítik ki. Ezáltal az NH<sub>3</sub>-kibocsátás csaknem 50 százalékos csökkenése érhető el. A sertéstakarmányok formulázásakor tehát a nitrogénfelesleg elkerülése és/vagy a sertéstakarmányok emészthető nitrogéntartalmának növelése lehetővé teszi a nitrogénkoncentráció csökkenését anélkül, hogy az állat termelési hatékonyságát hátrányosan befolyásolná. Az ENSZ-EGB szakmailag megalapozott referenciadokumentuma az 1. táblázatban szereplő nyersfehérje-célértékeket határozta meg az NH<sub>3</sub>-kibocsátás csökkentési szándékának mértéke alapján.

<sup>5</sup> Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions ([https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/Irtap/Publications/Ammonia\\_SR136\\_28-4\\_HR.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/Irtap/Publications/Ammonia_SR136_28-4_HR.pdf))

## Jó gyakorlat megvalósítása

### **1. lépés: Alapanyag-adatbázis folyamatos frissítése**

A takarmány-alapanyagok kémiai összetételének meghatározása az azonnali és viszonylag megbízható eredményt adó közeli infravörös spektroszkópiát (NIRS) alkalmazó készülékekkel gyorsan elvégezhető. A megfelelő adatállománnyal kalibrált NIRS-berendezések alkalmazása lehetővé teszi az alapanyagok folyamatos, tételenkénti vizsgálatát, ezáltal a takarmányreceptúrák pontosítását, a biztonsági rátartás és a takarmány költségének minimalizálását.

### **2. lépés: Korszerű takarmányreceptúrák kialakítása**

A takarmányozási szakembernek a keveréktakarmány összeállítása során a különböző hizlalási vagy reprodukciós fázisban lévő állatok aminosavszükségleti értékének figyelembevételével a genetikai potenciálhoz és a várható teljesítményhez igazított lizinszükségletet kell viszonyítási alapnak vennie a többi esszenciális aminosav iránti szükséglet kiszámításánál („ideális fehérjeelv” alapján). Hiány esetén az ipari úton előállított aminosavak használatát kell előnyben részesíteni.

A receptúrákésztés során lehetőleg a standardizált ileálisan emészthető aminosavak (SID AS) arányával kell megadni a takarmánykeverék ideális fehérje-összetételét.

Az aminosav- és az energiaellátás összehangolása érdekében a megfelelő korcsoporthoz és teljesítményhez igazított standardizált ileálisan emészthető lizin/emészthető energia (DE) arány és/vagy az alapanyagok nettó energiaértékének (NE) ismerete alapján kell összeállítani a takarmányadagokat.



A nyereség maximalizálása és a környezetterhelés csökkentése érdekében ügyelni kell arra, hogy az abrakkeverékek lehetőség szerint ne tartalmazzanak egyetlen aminosavat sem feleslegben, ugyanis a nem hasznosuló aminosavak a vizelettel ürülnek és növelik az ammóniaemisszió mértékét.

### **3. lépés: Aminosav-kiegészítés átgondolása**

A takarmányüzem műszaki és technológiai fejlettsége jelentősen korlátozhatja az ipari úton előállított aminosavak használatát. A takarmányok jobban hasznosulnak (mikro)komponenseik pontos adagolása és homogén összekeverése esetén. Ennek előfeltétele, hogy már az őrlemény megfelelő struktúrájú legyen, de meghatározó lehet az összetevők adagolásának sorrendje vagy a keverés időtartama. Ettől függően dönteni kell arról, hogy az aminosavakat külön adagolva vagy premix formájában keverik be, esetleg érdemes vásárolt késztakarmány felhasználásán gondolkodni .

## **2.3. A takarmánykeverékek nem keményítő jellegű poliszacharid (NSP) tartalmának növelése**

*A takarmányban lévő nem keményítő jellegű poliszacharidok (NSP) tápanyagot biztosítanak a vastagbélben zajló bakteriális fermentációhoz, ami csökkentheti a bélsár és így a sertéstrágya pH-értékét. A pH csökkenése nem kedvez az ammonifikáló baktériumok tevékenységének, így a trágyából felszabaduló ammónia mennyisége valamelyest csökken.*

Szem előtt kell azonban tartani, hogy a sertések esetében a takarmányok NSP-tartalmának növelése rontja a táplálóanyagok, különösen az aminosavak emészthetőségét, ezzel növekszik a bélsárral ürített nitrogén mennyisége. Amennyiben azonban az NSP a vastagbélben fermentálódik, akkor ez az illózsírsav-termelés miatt csökkenti a bélsár pH-ját, ami a trágyában mindenképpen az ammonifikáció ellen hat. Az adott takarmány NSP-összetevőinek ismeretében ma már lehetséges az ún. szubsztrátspecifikus enzimek (pl. xilanáz, glükánáz) használata az emésztési depresszió mérséklése érdekében. Enzimeket használva viszont csökken a vastagbélbe jutó szénhidrátok mennyisége, így kérdés, hogy az illózsírsav-termelés megfelelő mértékű-e az ammonifikáló baktériumok korlátozásához.

## Technikai eszköz besorolása és alkalmazhatósága

A takarmánykeverékek NSP-tartalmának túlzott növelésekor a nagy állatsűrűségű telepeken különösen erőteljes bűzhatás jelenhet meg és a metántermelés is fokozódhat. A technikai eszköz alkalmazását ezért a kedvezőtlen hatások miatt alaposan át kell gondolni (3. kategóriás eszköz). A nem nagy állatsűrűségű telepeken emissziócsökkentő technikaként a kocák és a hízók esetében egyaránt ígéretesnek vélik, viszont nehezen kontrollálható. Ezért 2. kategóriás eszköznek tekintik.

### Környezeti hatása

Az ENSZ-EGB szakmai referenciadokumentuma szerint a hízók és a kocák sertéstakarmányaiban az NSP-tartalom 200 g/kg-ról 300 g/kg-ra való növelésével 16 százalékkal, míg 300 g/kg-ról 400 g/kg-ra való növelésével 25 százalékkal csökkenthető az  $\text{NH}_3$ -emisszió mértéke. Az  $\text{NH}_3$ -kibocsátásra gyakorolt hatás azonban bizonyos mértékben függ a takarmányban lévő NSP típusától. Az ajánlásban szereplő NSP-tartalom alkalmazását a magyarországi gyakorlat nem igazolta vissza.

## 2.4. A vizelet pH-értékét csökkentő készítmények alkalmazása

*A vizelet pH-értékének befolyásolására és így az  $\text{NH}_3$ -kibocsátás mértékének redukálásához ajánlott eszköz a takarmányokban lévő bázikus hatású takarmánymész ( $\text{CaCO}_3$ ) helyettesítése savas hatású kalcium-szulfáttal ( $\text{CaSO}_4$ ), kalcium-kloriddal ( $\text{CaCl}_2$ ) vagy kalcium-benzoáttal, illetve benzooesav használatával.*

A vizelet kémhatását a szervezetből kiürülő savas (anionok) és bázikus anyagok (kationok) aránya alakítja ki. A szervezet bázistöbblete esetén a vizelet pH-ja magasabb, ami növeli az ammonifikáció mértékét. Ha a takarmány kation-anion különbségét lecsökkentik, illetve ha a keveréktakarmányokban a hagyományos bázikus hatású takarmánymész (kalcium-karbonát,  $\text{CaCO}_3$ ) helyett a savanyító hatású kalcium-szulfátot ( $\text{CaSO}_4$ ), kalcium-kloridot ( $\text{CaCl}_2$ ) vagy kalcium-benzoátot<sup>6</sup> használnak, a vizelet pH-értéke csökkenthető, az

<sup>6</sup> A takarmánymész helyettesítése kalcium-benzoáttal 2018 óta egyelőre nem engedélyezett.

$\text{NH}_3$ -kibocsátás mértéke mérsékelhető. A szerves savak közül hasonlóan erőteljes hatást a benzooesavnak tulajdonítanak.

### Technikai eszköz besorolása és alkalmazhatósága

A vizelet pH-értékének befolyásolására alkalmas 1. kategóriás eszköznek kizárólag a benzooesav tekinthető, és csakis hízósertéseknél alkalmazva. Azaz tudományos eredményekkel itt bizonyított az ammóniakibocsátást csökkentő hatás. A kocák és a malacok esetében ugyanez 2. kategóriás eszköz.<sup>7</sup> A savanyító hatású kalcium-szulfátot ( $\text{CaSO}_4$ ), illetve kalcium-kloridot ( $\text{CaCl}_2$ ) kortól és ivartól függetlenül szintén 2. kategóriás eszköznek tekintik. E technikai eszközök alkalmazásáról ezért a költségek és a várható haszon figyelembevételével ajánlatos dönteni!

### Környezeti hatása

Tudományos kísérlettel igazolt, hogy 1 százalékos benzooesav hízósertések takarmányába keverésével 20 százalékkal csökkenthető az  $\text{NH}_3$ -emisszió. A  $\text{CaCO}_3$  kalciumtartalmának kiváltása  $\text{CaSO}_4$ -tal vagy  $\text{CaCl}_2$ -dal a hígtrágya pH-értékét 1,2 egységgel csökkenti, ezáltal 35 százalékkal csökkenthető az ammóniafelszabadulás mértéke. Kalcium-benzoáttal helyettesítve a hígtrágya pH-ja akár 2 egységgel csökkenthető, és a kísérletek szerint akár 60 százalékkal kisebb  $\text{NH}_3$ -kibocsátás érhető el.



<sup>7</sup> A malacok esetében a vizelet pH-értékének csökkentésére nem, csak súlygyarapodásra vagy a takarmánybevitel-súlygyarapodás arányra vonatkozó tenyésztéstechnikai paraméterek javítására használható, 0,5 százalékos dózisban. A kocák számára legfeljebb 1 százalékos dózisban keverhető be.

## 2.5. Nitrogénürítés-monitoring a sertéstartó gazdaságokban

*A felhasznált inputok (pl.: takarmány, energia és víz) és a keletkezett szerves vagy hígtrágya mennyiségének nyomon követése révén meghatározható, hogy hol kell beavatkozni adott gazdaságban a jövedelmezőség vagy a környezeti fenntarthatóság javítása érdekében. A komplexen egymásra épülő termelési szakaszok monitoringját a gyakorlatban a nitrogénáramlás követésén keresztül végzik: a takarmányozással és a táplálékanyag-menedzsmenttel kezdődően az istállózáson és tartástechnológián keresztül egészen a trágyatárolással és -kijuttatással bezárólag.*

A monitoring elvégzéséhez az állatok egy évre vetített nitrogénürítésének mennyiségét (kg N/állat férőhely/év) kell meghatározni. Ezt a takarmányozási szakértő anyagmérleg alkalmazásával számolja ki, amely a takarmányfelvételen, a takarmány nyersfehérje-tartalmán és az állatok nitrogénretencióján alapul. A kibocsátás monitoringja segíti a gazdaságban alkalmazott takarmányozási eszközök hatékonyságának megismerését, valamint a tartástechnológiának (pl.: hőmérséklet, ventiláció, padozattípus) az állat teljesítményére gyakorolt hatásának gyelemmel kísérését.

Az anyagmérleg a következő egyenleten alapul (IPCC, 2006):

$$N_{\text{éves ürítés}} = N_{\text{napi ürítés}} \cdot 365 \div 1000$$

ahol:

$$N_{\text{éves ürítés}} = \text{kg N} / \text{egyed} / \text{év}$$

A napi nitrogénürítés ( $N_{\text{napi ürítés}}$ ) mennyiségét pedig a nitrogénfelvétel és a nitrogénretenció különbözeteként kapjuk meg, amely az alábbi módon számítható:

$$N_{\text{napi ürítés}} = \left( \frac{[\text{takarmányfelvétel} \cdot \text{NyF}\% \div 100]}{6,25} \right) - (\text{takarmányfelvétel} \cdot N_{\text{retenció}\%})$$

ahol:

$$N_{\text{éves ürítés}} = \text{g/nap/egyed}$$

$$\text{takarmányfelvétel} = \text{g/nap/egyed}$$

$$\text{NyF}\% = \text{a takarmány nyersfehérje-tartalma (\%)}$$

6,25

$N_{retenció\%}$

- = szorzófaktor, 100/16-nak felel meg, abból kiindulva, hogy a fehérjék átlagosan 16 százalék nitrogént tartalmaznak
- = nitrogén-retenció (%), amely meghatározható:
  - tenyésztőszervezeti ajánlás alapján vagy
  - a hasított félttest reprezentatív mintájának N-tartalom vizsgálata alapján vagy
  - statisztikai egyenletek vagy modellek segítségével vagy
  - standard retenció faktor alkalmazásával a hasított félttest N-tartalmára.





### 3. Istállók és trágyatárolók – Tartástechnológia, trágyakezelés, trágyatárolás

A sertéstartásban az istállókban és a trágyatárolás során jelentős mennyiségű, a környezetet terhelő gáz halmazállapotú kibocsátás keletkezik. Ezek közül a legfontosabbak az ammónia ( $\text{NH}_3$ ), a dinitrogén-oxid vagy kéjgáz ( $\text{N}_2\text{O}$ ) és a metán ( $\text{CH}_4$ ). Az ammónia a természetes ökoszisztémák eutrofizációjában (túltrágyázásban), az új típusú erdőpusztulásban, a környezet általános savasodásában, a dinitrogén-oxid és a metán pedig üvegházhatású gázként az általános felmelegedésben játszik szerepet. A dinitrogén-oxid ezen kívül – az ammóniához hasonlóan – a nitrogéneutrofizáció egyik komponense.

#### 3.1. Ammóniaemissziók keletkezése az istállókban és a trágyatárolás során

*A sertésisztállókban az alkalmazott technológiától függően keletkezhet hígtrágya vagy több-kevesebb alomanyagot tartalmazó szilárd trágya. A keletkezett trágyát az istállóból rendszeresen eltávolítják vagy bizonyos ideig az istállókban (hígtrágyánál különböző rácspadozatos, trágyaaknás rendszerek, szilárd trágyánál mélyalom vagy növekvő alom) tárolják, és azután kerül a felhasználásig külső tárolókba. Az összes ammóniaemisszió 30-60 százaléka az istállóból, 10-30 százaléka külső tárolókból, 30-55 százaléka a kijuttatás során kerül a levegőbe.*

A trágyában a vizelettel ürített karbamidból (madaraknál húgysavból) bakteriális lebontás eredményeképpen gáz halmazállapotú ( $\text{NH}_3$ ) és oldott ( $\text{NH}_4^+$ ) ammónia képződik. Ezt a folyamatot nevezik bakteriális ammonifikációnak. A lebomlási folyamat azonnal megindul, amint a vizelet a bélsárral szennyezett padozaton a baktériumokkal kontaktusba kerül, sebességét a hőmérséklet és a kémhatás (pH) befolyásolja. Az ammonifikáció igen gyorsan végbe megy, a kiválasztott karbamid lebontása két-három órán belül lényegében lezajlik. A folyamatot a baktériumok által szintetizált ureáz enzim katalizálja. A keletkezett  $\text{NH}_4^+$ -N és  $\text{NH}_3$ -N összességét oldható nitrogénnek, a nemzetközi szakirodalomban TAN-nak (*Total Ammonia Nitrogen*) nevezik. A folyamat előrehaladtával a trágya egyre több gáz halmazállapotú ammóniát tartalmaz,

amely egy idő után elkezd felszabadulni a trágya felszínén, mindaddig, amíg a trágyafelszín és az azt határoló levegőréteg ammóniatartalma egyensúlyba kerül. Az istállóban és trágyatárolókban a trágyafelszín és a levegő közötti gázcserre elsősorban a trágyában és a levegőben található ammónia parciális nyomásának különbségétől függ. Ha az ammónia parciális nyomása az oldatban nagyobb, mint a levegőben, ammónia szabadul fel.

Szerves trágyák esetében a trágya ammónia- (egészen pontosan TAN, azaz  $\text{NH}_3\text{-N}$  és  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) tartalma, pH-értéke és hőmérséklete, a trágyafelszín nagysága és a trágyafelszín feletti légsebesség gyakorolják a legnagyobb hatást az ammónia felszabadulására. A trágya TAN-tartalma lineárisan, a trágya pH-értéke és a trágya hőmérséklete exponenciálisan befolyásolja az ammóniakibocsátást. A trágyafelszín feletti levegő mozgása a kibocsátott ammónia elszállítása révén befolyásolja az emittáló anyag felszíni rétege és az azt határoló levegőréteg közötti koncentrációkülönbséget. A trágyafelszín nagysága döntő hatással van a kibocsátott ammónia mennyiségére.

Szántóföldi körülmények között általában azzal lehet számolni, hogy az emittáló felület megduplázódása az emissziók megkétszereződését okozza.



**3. kép:** Ideiglenes trágyakazal

Istállóban azonban – ellentétben a szabadtéri feltételekkel – a háttérkoncentráció nem állandó, mert a szellőztetést általában nem az istállólevégő ammóniakoncentrációja, hanem hőmérséklete alapján szabályozzák. A ki-

bocsátott ammóniamennyiség megnövekedése az ammónia parciális nyomásának növekedését eredményezi az istállólevegőben, ami az ammónia kibocsátási rátáját csökkenti. Sertésistállóknál végzett mérések azt mutatják, hogy az emittáló felület megduplázódása az emissziók 85 százalékos növekedését eredményezte. Ennek alapján feltehető, hogy istállóknál az emittáló felület, azaz a közvetlen trágyafelszín, valamint a trágyával szennyezett egyéb felületek nagyságának ammóniaemisszióra gyakorolt hatását egy – a körülményektől függően – 0,8 és 1,0 között mozgó faktor írja le. A nagyság mellett az emittáló felület egyéb tulajdonságai is számítanak.

A trágya felszíne és az azt határoló levegőréteg közötti transzferkoefficiens a felszín tulajdonságai is befolyásolják. A transzferkoefficiens lényegében az ammónia áthatolási sebességét jellemzi a trágya belsejéből a trágya és a felette levő levegő közötti határretegen. Számos vizsgálat kimutatta, hogy a felszín ellenállása nagy hatással van az ammóniaemissziókra. Sertéshígtrágyában például a trágya szilárd halmazállapotú alkotórészei leülepednek, a felső rétegek emiatt hígabbak, mint például a szarvasmarha-hígtrágyában, ami az ammóniumionok mozgását megkönnyíti, ezáltal magasabb emisszióhoz vezet.

### **Dinitrogén-oxid és metánemisszió keletkezése az istállóknál és a trágyatárolás során**

Az emberi tevékenységgel összefüggően keletkező dinitrogén-oxid-emissziók közel kétharmada származik a mezőgazdaságból, ennek hozzávetőleg egyharmada az állattartásból. A mezőgazdasági eredetű dinitrogén-oxid-emissziók a mezőgazdaságilag hasznosított talajokba nitrogéntartalmának átalakulása (nitrifikáció és denitrifikáció), és kisebb részben a szerves trágyák tárolása során keletkeznek. Az állati ürületekből származó dinitrogén-emissziók a szerves trágyák tárolása és a legeltetés során, valamint a trágya kijuttatását követően a talajokból jutnak a levegőbe. Az almozott rendszerekben lényegesen magasabb dinitrogén-emissziókkal kell számolni, mint a hígtrágyás technológiákban. Az állattartásból származó metánemissziók nagy része a kérődző haszonállatok emésztőrendszeréből kerül a levegőbe, kisebb része keletkezik a szerves trágyák tárolása és kijuttatása során. A metánképződés anaerob körülményeket igényel, ezért a hígtrágyás technológiákban általában lényegesen több metán keletkezik, mint az almozott rendszerekben.

## Az ammóniaemissziók csökkentésének lehetőségei sertésistállóban

A hagyományos sertéstartásra elfogadott, átlagos ammóniaemissziós faktorokat és kapcsolódó paramétereket a 2. táblázatban foglaltuk össze. Ezek a paraméterek az emissziócsökkentő intézkedések nélküli technológiák jellemző értékei.

Forrás: EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2013 update 2015

Állatkategória	Istálló- periódus nap év <sup>-1</sup>	N <sub>ex</sub> kg év <sup>-1</sup>	TAN N <sub>ex</sub> %	Trágya típusa	Emissziós faktor (EF) TAN %			
					istálló	kifutó	tárolás	kijut- tatás
Hízó >110 kg	365	12,1	70	híg	0,28	0,53	0,14	0,40
				almos	0,27	0,53	0,45	0,81
Koca (és malacok <8 kg)	365	34,5	70	híg	0,22	NA	0,14	0,29
				almos	0,25	NA	0,45	0,81

**2. táblázat:** Ammónia- (NH<sub>3</sub>-N) emissziós faktorok és kapcsolódó paraméterek a sertéstartásban

A tudomány jelenlegi álláspontja<sup>8</sup> szerint a lehetséges emissziócsökkentő technikákat három kategóriába sorolhatjuk

1. kategóriás technikák: A technikák emissziócsökkentő hatása bizonyított. Az intézkedések bevezethetők a gyakorlatban és jól kontrollálhatók.
2. kategóriás technikák: A technikák emissziócsökkentő hatása a gyakorlat körülményei között bizonyított, de az intézkedés nehezen kontrollálható.
3. kategóriás technikák: A technikák emissziócsökkentő potenciállal rendelkeznek, de az számszerűen nem határozható meg, és/vagy az alábbi körülmények fennállnak: az emissziócsökkentő hatás nem mindig következik be vagy nem bizonyítható kielégítően, a gyakorlati bevezetés nem realiztikus, az intézkedés költségei túl magasak, illetve váratlan mellékhatások léphetnek fel.

Az istállóban lehetséges 1. és 2. kategóriás technikákat a 3. táblázatban foglaltuk össze.

<sup>8</sup> (EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2013 update 2015.

1. kategóriás technikák	NH <sub>3</sub> -emisszió, kg férőhely <sup>-1</sup> év <sup>-1</sup>	Emisszió- csökkenés %
<b>Vemhes kocák</b>	<b>4,20</b>	
Gyakori eltávolítás vákuumrendszerrel (Kat. 1)		25
Öblítéssel trágyaeltávolítás öblítőcsatornával (Kat. 1)		40
Trágyafelszín hűtése (Kat. 1)		45
Csoportos tartás etetőállásokkal, ferde falú trágyaaknával (Kat. 1)		45
Úszó gömbök a trágya felszínén (Kat. 2)		25
Légtisztítós technikák (Kat. 1)		70-90
<b>Szoptató kocák</b>	<b>8,30</b>	
Rácspadozat osztott víz- és trágyacsatornával (Kat. 1)		50
Rácspadozat lejtős alpadozattal (Kat. 1)		65
Trágyafelszín hűtése (Kat. 1)		45
Úszó gömbök a trágya felszínén (Kat. 2)		25
Légtisztítós technikák (Kat. 1)		70-90
<b>Választott malacok</b>	<b>0,65</b>	
Részleges rácspadozat kisebb trágyaaknával (Kat. 1)		25-35
Gyakori eltávolítás vákuumrendszerrel (Kat. 1)		25
Részleges rácspadozat öblítőcsatornával (Kat. 1)		65
Részleges rácspadozat, a hígtrágya savazása (Kat. 1)		60
Részleges rácspadozat, a trágyafelszín hűtése (Kat. 1)		75
Részleges rácspadozat ferde falú trágyacsatornával (Kat. 1)		65
Úszó gömbök a trágya felszínén (Kat. 2)		25
Légtisztítós technikák (Kat. 1)		70-90
<b>Hízósertések</b>	<b>3,0</b>	
Részleges rácspadozat kisebb trágyaaknával (Kat. 1)		15-20
Gyakori eltávolítás vákuumrendszerrel (Kat. 1)		25
Részleges rácspadozat trágyacsatornával és hígítással (Kat. 1)		40
Részleges rácspadozat, osztott víz- és ferde falú trágyacsatornával (Kat. 1)		60-65
Öblítéssel trágyaeltávolítás öblítőcsatornával (Kat. 1)		40
Úszó gömbök a trágya felszínén (Kat. 2)		25
Részleges rácspadozat, a vizelet és szilárd ürülék szeparált gyűjtése V-alakú gyűjtőszalaggal (Kat. 2)		70
Légtisztítós technikák (Kat. 1)		70-90

Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen (2014)

**3. táblázat:** Emissziócsökkentő intézkedések a sertésistállóban (referencia rendszer: teljes rácspadozatos sertésistálló, trágyaaknával)

Megjegyzés: Kat. 1: 1. kategóriás technika; Kat. 2: 2. kategóriás technika (a kategóriák definícióját lásd a szöveges részben).

Az intézkedések legfontosabb jellemzői a következők:

- Gyakori eltávolítás vákuumrendszerrel: a trágyaakna/csatorna alján található lefolyókon keresztül enyhe vákuumos elszívással hetente 2-2 alkalommal a kültéri tárolóba ürítik a trágyát.
- Öblítéssel trágyaeltávolítás öblítőcsatornával: a hígtrágyát V-alakú (max. 60 cm széles, 20 cm mély) csatornákon keresztül, tisztított trágyalével vagy vízzel való öblítéssel naponta 1-2 alkalommal eltávolítják.
- Trágyafelszín hűtése: a hígtrágya fölé vagy a padozatba telepített hűtőfolyadék csőrendszerrel a hígtrágya hőmérsékletét 12 °C alá csökkentik.
- Csoportos tartás etetőállásokkal, ferde falú trágyaaknával: a trágyacsatorna V alakú, lejtős és sima. A trágyacsatornát hetente legalább kétszer ürítik.
- Úszó gömbök a trágya felszínén: a trágyacsatorna felszínén sima felületű, műanyag, vízzel félig töltött gömbök úsznak.
- Légtisztítási technikák: az istállóból távozó levegőt légtisztító rendszeren vezetik át (pl. biofilter, száraz szűrő vagy kémiai mosó)
- Rácspadozat, osztott víz- és trágyacsatornával: külön ürítésre szolgáló résszel rendelkező kutrica kettéosztott trágyaaknával, melynek az elülső része széles, részben feltöltött vízcsatorna, a hátsó része csökkentett felületű trágyacsatorna.
- Rácspadozat lejtős alpadozattal: a részleges vagy teljes rácspadló alatt min. 3°-os lejtési szögű, sima felületű padozat található, mely a trágyát a főtrágyacsatornába vezeti.
- Részleges rácspadozat ferde falú trágyacsatornával: a rácspadozat alatt a V-alakú trágyacsatorna a szélen min. 45°-os, a közepén legalább 60°-os szögben lejt.
- Részleges rácspadozat kisebb trágyaaknával: a kisebb méretű, kisebb felületű akna a részleges rácspadozat alatt.
- Részleges rácspadozat trágyacsatornával és hígítással: a trágya ammóniumkoncentrációját ülepített trágyalé vagy üzemi víz hozzáadásával csökkentik.
- Részleges rácspadozat, a folyékony és szilárd frakció elkülönített elszállítása V-alakú trágyaszállító szalagokkal: napi legalább kétszeri trágyaeltávolítás a trágyaaknából V-alakú, sima felületű, jól tisztítható szállítószalagokkal.
- Részleges rácspadozat és a hígtrágya savazása: a trágya pH-értékét 6 alá csökkentik salétromsav vagy kénsav hozzáadásával.

## 3.2. Alacsony kibocsátású sertésistállók

*Az alacsony kibocsátású istállórendszerek kialakításánál a hatékony emissziócsökkentés szempontjai mellett az állatjóléti követelményeket mindig figyelembe kell venni. Ez általában kompromisszumot igényel, mivel az állatbarát tartástechnológiák, főként az állatoknak biztosított nagyobb mozgáster miatt legtöbbször magasabb kibocsátásokkal járnak. Elsősorban az istállók rekonstrukciójánál, valamint új istállók építésénél kínálkozik lehetőség arra, hogy az állatjóléti intézkedéseket alacsony kibocsátású technológiákkal kombinálva költséghatékonyan érjünk el eredményeket mind a tartási körülmények javítása, mind a környezeti terhelés csökkentése területén.*

Ma már szinte minden istállótípusra rendelkezésre állnak különböző költség-vonzatú és hatékonyságú emissziócsökkentő technikák. Néhány általános alapelvet mindig figyelembe kell venni.

- Amennyire lehetséges, tartsuk tisztán és szárazon a mozgás-, a pihenő-, az etető- és az egyéb tereket istállóban és az istállón kívül.
- Amennyire lehet, csökkentsük a trágyafelszín, illetve a trágyával szennyezett, emittáló felületeket (pl. részleges ráncpadozat, lejtős falú trágyakna).
- A lehető leggyorsabban távolítsuk el és különítsük el a szilárd ürüléket és a vizeletet az istállóból.
- Tartsuk a lehető legalacsonyabban a hőmérsékletet és a trágyafelszín feletti légmozgást (anélkül, hogy a szellőztetési rátát csökkentenénk). Ez történhet például a belépő levegő hűtésével vagy a légáram célzott vezetésével az istállón belül, természetes szellőztetés esetén az uralkodó szélirány figyelembevételével.
- Biztosítsunk a sertéseknek funkcionális területeket, pihenő/fekvő, etető, ürítő, aktivitási areát.
- Mesterséges szellőztetésű istállókban tisztítsuk meg az istállóból kilépő levegőt.

### 3.2.1. Hígtrágyás istállók

A hígtrágyás rendszerű sertéstartásban a trágyafelszín csökkentésének egyik módja a teljes rácspadozat helyett részleges rácspadozat alkalmazása (4. kép).



4. kép: Rácspadozatos sertésisztálló

A rácspadozat tegye lehetővé a trágya akadálytalan gyors lejutását a trágyaknába. Szilárd padozat esetén gondoskodjunk a vizelet minél gyorsabb elvezetéséről és a szilárd ürüléktől való elválasztásáról, valamint az istállóból való minél gyorsabb eltávolításáról például enyhe lejtő és vizeletelvezető csatornák segítségével. A trágya gyors eltávolítása történhet mechanikus, vákuumos és öblítéses (víz, 5 százalék alatti szóranyag-tartalmú hígtrágya vagy szeparált hígtrágya) trágyaeltávolító rendszerrel. A sima felületek szintén hozzájárulnak az emissziók csökkentéséhez, ugyanakkor a padozat ne legyen az állatok számára csúszós. Az emittáló felületek V-alakú, sima falú, legfeljebb 60 cm széles, 20 cm mély trágyacsatornák alkalmazásával is csökkenthetők. A csatornákat naponta kétszer, öblítéssel célszerű üríteni, öblítőfolyadéknak lehetőleg szeparált hígtrágyát, ne vizet használva.



A trágya hőmérséklete a hígtrágya fölé vagy a padozatba telepített hűtőrendszerrel csökkenthető. Az elvezetett hő hőcserélőkön keresztül a rendszer más pontjain felhasználható.

A trágya pH-értékének 6 alá csökkentése savazás útján hatékonyan csökkenti az ammóniaemissiót, mivel a trágyában  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  egyensúlyt az oldható  $\text{NH}_4^+$  irányába tolja el. Ugyanakkor a savazás számos új problémát vehet fel (korrózió, egészségügyi és biztonsági előírások szigorú betartása).

Az emissziócsökkentéshez hozzájárulhat az is, ha az istállók tervezésénél a sertések viselkedését az eddigieknél jobban figyelembe veszik, és az állatoknak természetes viselkedésük kiéléséhez megfelelő funkcionális felületeket biztosítanak. Például rácspadozatos kutyicákat úgy célszerű megtervezni, hogy rendelkezésre álljon pihenésre, evésre, ürítésre és játékra, aktivitásra szolgáló terület. A cél az, hogy a szilárd padozat, amennyire csak lehetséges, maradjon ürüléktől mentes, az állatok ne a trágyával szennyezett felületeken pihenjenek. A viselkedés irányítása meleg időszakokban általában nehezebb, ilyenkor további intézkedésekre (zuhany, párástítás, hűtés) van szükség a szennyezett felületek pihenési és hőszabályozási célú használatának elkerülése érdekében.

Az emissziócsökkentés szempontjából fontos tényező a szellőtetőlevegő vezetése az istállóban. Általában célszerű elkerülni, hogy a szellőzőlevegő a trágyafelszín közelében mozogjon.

Az istállólevegő biológiai vagy kémiai úton történő tisztítása nagyon hatékonyan csökkentheti az istálló ammóniakibocsátását, a módszer költségei azonban igen magasak.

### 3.2.2. Almozott istállók

Almozott rendszerekben friss, száraz, tiszta és higiénikus alomanyagot kell használni. Az alommennyiség legyen elegendő a keletkező vizelet felszívásához. Az alom gyakori cseréje javítja a vizeletfelszívást. Amennyiben a vizelet teljes mennyiségének adszorpciója nem lehetséges, lejtős padozattal és vizeletelvezető csatornákkal biztosítható a vizelet eltávolítása. Almozott rendszerekben különösen fontos az itatók szivárgásának elkerülése.

Állatjóléti szempontból az almozott rendszerek kedvezőbbek a hígtrágyás rendszereknél. Amennyiben az egy állatra eső felület hasonló, a jól menedzselte almozott istállók kibocsátásai nem is feltétlenül magasabbak,

mint a hígtrágyás istállóké. Almozott istállókban is biztosítani kell a megfelelő funkcionális területeket (pihenő- és trágyázótér). Az almozott rendszerek üzemeltetése általában munkaigényesebb, mint a hígtrágyás rendszereké.

### 3.3. Az ammóniaemissziók csökkentésének lehetőségei a trágyatárolás során

*A trágya tárolására hígtrágyás rendszerekben nyitott vagy zárt trágyatankokat, trágyasilókat, továbbá nyitott trágyalagúnákat, valamint zárt, fóliás trágyatömlőket alkalmaznak. A szilárd trágyát általában trágyakazalban, oldalfalakkal ellátott tárolókban, szabad trágyafelszínnel vagy lefedve tárolják.*

A trágyatárolóknál lehetséges emissziócsökkentő intézkedéseket és azok lehetséges hatását a 4. táblázat tartalmazza. A táblázat csak a hígtrágyára vonatkozó értékeket mutatja be. Az istállóból eltávolított almos trágya tárolása során realisztikus emissziócsökkentő technikák alig állnak rendelkezésre.



Technika	NH <sub>3</sub> -N emisszió kg m <sup>-2</sup> év <sup>-1</sup>	Emisszió- csökkenés %	Alkalmazhatóság
Nyitott tároló, kéreg és egyéb fedés nélküli trágyafelszínnel (referencia)	1,7-2,4	0	
Szorosan zárt fedél, tető vagy sátor struktúra (Kat. 1)		80	Beton vagy acél trágyatank vagy -siló (meglevő tartályokra sokszor nem applikálható)
Fedés úszó műanyag fóliával (Kat. 1)		60	Kisebb, földbe süllyesztett tározók
Természetes kéregképződés a keverés csökkentése és a trágya felszín alatti bevezetése útján		40	Csak viszonylag sok rostos anyagot tartalmazó trágyáknál számottevő Nem alkalmazható, ha a trágyát a kijuttatáshoz keverik és ezáltal megbontják a kérget Sertéstrágyán a mérsékelt égövben nem képződik számottevő kéreg
Trágyalagúna felváltása fedett tárolóval vagy csökkentett felszínű (keskeny) nyitott tárolóval (mélység > 3 m) (Kat. 1)		30-60	Csak új építésű tározókon
Tárolás trágyatömlőben (Kat. 1)		100	A tömlőméret korlátai miatt nagyobb telepeken nem alkalmazható
Úszó elemek (LECA agyaggranulátum, Hexa-Covers, egyéb) felszíni, vagy részben süllyesztett beton, vagy fém szerkezetű tárolókon (Kat. 1)		60	Nem alkalmazható kéregképződésre hajlamos trágyán
Fedés úszó műanyag fóliával (Kat. 2)		60	Nagy, földbe süllyesztett tározókon és beton- vagy acéltartályokon
Szalmatörek, zeolit, tőzeg a trágyafelszínen (Kat. 2)		40	Beton- és acéltartályokon, valamint trágyasilókon

**4. táblázat:** Emissziócsökkentő intézkedések hítrágya-trágyatárolóknál (a referenciarendszer: azonos típusú trágyatároló, nyitott és kéreg nélküli trágyafelszínnel)

Megjegyzés: Kat. 1: 1. kategóriás technika; Kat. 2: 2. kategóriás technika (a kategóriák definícióját lásd a szöveges részben)

## A hígtrágya tárolása során keletkező ammóniaemissziók csökkentésére szolgáló technikák legfontosabb jellemzői

### Hígtrágyatárolók (tank, trágyasiló)

- A tároló (tank) kialakítása
  - *Méret:* A tároló nagysága tegye lehetővé, hogy a növényállomány igényei szerinti optimális időpontokban juttassák ki a trágyát és elkerüljék a trágya kijuttatását olyan időszakokban, amikor a vízszennyezés (nitrátelfolyás) kockázata magas.
  - *Felszín:* Fontos a tároló szabad, emittáló felszínének csökkentése. Egy 1000 m<sup>3</sup> térfogatú, 5 m mély trágyatároló szabad felszíne több mint egyharmaddal kisebb, mint egy azonos térfogatú 3 m mély tárolóé. Általában elmondható, hogy a trágyatároló mélysége (keverés, a



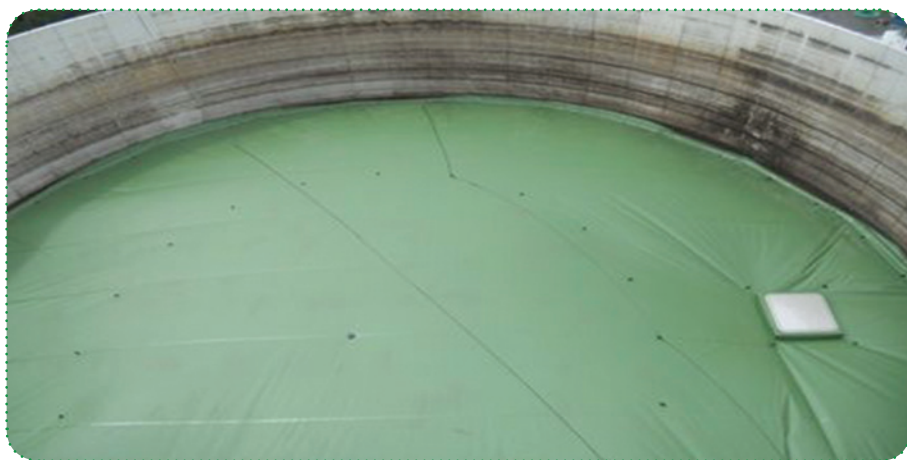
5. kép: Fedés nélküli, szivárgásmentes acél hígtrágyatároló

csapadékvíz befogadásához szükséges többlettérfogat csökkentése) és emissziócsökkentési okok miatt 3 m-nél lehetőleg ne legyen kevesebb.

- A trágyatárolók befedése (nagyon hatékony emissziócsökkentési intézkedés).
  - *Szilárd tetők:* A szilárd tetők csökkentik a leghatékonyabban az ammóniaemissziót a tárolás során, mindazonáltal ezek egyben a ledrágáb-

bak is. A légcserre minimalizálása a zárt tárolóknál fontos, de bizonyos szellőztetésre, főleg sátorszerkezet esetén szükség van a metánfelhalmozódás (robbanásveszély) elkerülése céljából. A zárt tárolók további előnye, hogy megakadályozzák, hogy egy esetleges nagy mennyiségű csapadék megnövelje a trágya térfogatát.

- *Úszó fóliák (6. kép):* A trágya felszínén úszó, általában műanyag fedőelemek kevésbé hatékonyak, mint a szilárd tetők, viszont lényegesen olcsóbbak. Gyakran használnak zsugorfóliázott, kettős polisztirol lapokat az elemek elsüllyedésének elkerülésére. Az úszó elemeket általában célszerű valamilyen módon rögzíteni, hogy a trágya keverése, valamint erős szél esetén is a helyükön maradjanak. Ma már gyártanak olyan úszó elemeket is, amelyek a lehulló csapadék nagy részét is elvezetik a tárolóból.



Forrás: alternconsult.hu

6. kép: Úszófólia általi fedés

- *Úszó műanyag geometriai alakzatok:* Az úszó műanyag geometriai alakzatok zárt úszó felületet képeznek a hígtrágya felületén. Az elemek felületének kiképzése megakadályozza, hogy az elemek egymásra csússzanak. Ezek az elemek csak olyan hígtrágyákon használhatók, amelyeken nem képződik természetes kéreg, a sertéshígtrágya azonban általában tipikusan ilyen.
- *Természetes kéregképződés:* általában a szarvasmarha-hígtrágyára jellemző, sertéshígtrágyánál csak ritkán, bizonyos körülmények fennál-

lása esetén fordul elő. Akkor fordul elő kéregképződés, ha a hígtrágya szárazanyag-tartalma magas (>7 százalék) és nem keverik a trágyát. A kéreg akkor hatékony, ha a trágya teljes felületére kiterjed, megfelelően vastag és időben stabil. Kialakulása rendszerint időbe telik. Az istállóból kikerülő trágyát a trágyafelszín alatt kell a tárolóba vezetni.

- *Mesterséges úszó kéreg (szalma, granulátumok vagy egyéb úszó fedőanyag terítése a hígtrágya felszínén):*
  - *Agyaggranulátumok:* Alkalmazásuk egyszerű. Drágább, mint a szalma, de ez a sátortető költségeinek csak egyharmadát teszi ki. A tároló ürtetésénél évente az anyag egyharmada veszik el.
  - *Szalmaborítás:* Az 1 m<sup>2</sup> trágyafelületre szükséges szalmamennyiség körülbelül 4 kg. A mesterséges szalmakéreg a megnövekedett széntartalom miatt növelheti a tárolás során keletkező metán- és dinitrogén-oxid-emissziókat. A szalma hozzáadása a hígtrágya szárazanyag-tartalmát is megnöveli, ez emelheti a kijuttatás során keletkező ammóniaemissziót.
  - *Olaj és tőzeg* használata úszó borításként nem ajánlott a használatukkal kapcsolatos gyakorlati nehézségek, a mezőgazdasági körülmények között meglévő tapasztalat hiánya és a valószínűsíthetően jelentősen megemelkedő metánemissziók miatt.

## **Trágyalagúna**

Az ammóniaemissziók csökkentése trágyalagúnak esetén nehezebb, mint a tárolótankoknál. A trágyalagúnak felváltása tárolótankokkal megfelelő csökkentési intézkedésnek tekinthető. Új trágyalagúnak építését lehetőleg el kell kerülni és a keletkező hígtrágya tárolását más technológiával kell megoldani.

## **Zárt trágyatömlő**

A zárt trágyatömlők alkalmasak a tárolás alatt keletkező ammóniaemissziók csökkentésére. A zárt trágyatömlők jelentősen alacsonyabb költséggel valószínűsíthetők meg, mint egy szilárd tetővel rendelkező tároló építése. Nem megfelelő karbantartás esetén azonban megnő a szivárgás, így a vízszennyezés kockázata. A tömlőméret korlátai miatt nagy telepeken nem alkalmazható és nem alkalmas magas szárazanyag-tartalmú hígtrágya tárolására sem (7. kép).



**7. kép:** Zárt trágyatömlő

### ***Néhány további szempont a hígrágya tárolásához***

A tárolt hígrágya keverését és a tároló gyakori ürtését lehetőleg kerülni kell. A trágyafelszín feletti légmozgás szélfogókkal és faültetéssel csökkenthető. tárolók árnyékolásával alacsonyabb trágyahőmérséklet érhető el, ami jelentősen csökkenti mind az ammónia-, mind a metánemissziókat.

### ***A szilárd trágya jó gyakorlat szerinti tárolása***

Jelenleg kevés lehetőség van a sertéstartásban keletkező szilárd trágyák tárolása során keletkező ammóniakibocsátás csökkentésére. Mindazonáltal vannak egyértelmű iránymutatások a jó gyakorlat szerinti tároláshoz. Az istállókból eltávolított szilárd trágyát betonfelületen, lehetőleg falakkal, vízelvezetővel és a szivárgó trágyalé felfogására alkalmas megfelelő méretű trágyaaknával ellátott tárolóba helyezük el. A trágyakazalban való tárolás magas ammónia-, dinitrogén-oxid- és szivárgási veszteségekkel jár együtt. Emissziócsökkentő technikai lehetőségek elsősorban a baromfitrágya esetében állnak rendelkezésre. A szilárd trágya jó gyakorlat szerinti tárolásának alapelvei a következők:

- Fedjük le a tárolt szilárd trágyát. Zárt tetős trágyatárolók mellett műanyag-fólia alkalmazása is csökkentheti az ammóniaemissziókat anélkül, hogy jelentősen megnövelné a metán- és dinitrogén-oxid-emissziókat.

- Nagyobb mennyiségű szalmát is adhatunk a tárolt szilárd trágyához. Ez a megoldás a trágya típusától és a körülményektől függő mértékben, de minden tekintetben kevésbé hatékony, mint a szilárd trágya lefedése.
- A trágyakazal szabad felülete a lehető legkisebb legyen, például magas oldalfalak alkalmazásával (8. kép). Ez a lehetőség szintén kevésbé hatékony, mint a szilárd trágya lefedése.

A trágyakazlak elhelyezése közvetlenül a szántóföldek mellett a szivárgás és az elfolyás magas kockázata miatt nem jó megoldás. Amennyiben ideiglenesen mégis erre a megoldásra kerül sor, fontos, hogy a vízszennyezés elkerülésére vonatkozó nemzeti vagy regionális szabályozásokat szigorúan vegyék figyelembe.



**8. kép:** Oldalfallal lezárt istállótrágya-tároló

Fontos megjegyezni, hogy az istálló/trágyatárolás fázisban alkalmazott alacsony kibocsátású trágyakezelési és tárolási eljárásokat mindig alacsony emissziójú kijuttatási technikákkal együtt alkalmazzák! Ellenkező esetben nem csökkentik, csak áthelyezik a kijuttatási fázisra az ammóniaemissziókat.



## 4. Az ammóniakibocsátás csökkentésének lehetőségei a szerves és műtrágyák felhasználása során

### 4.1. Miért fontos az ammóniakibocsátás figyelembevétele és csökkentése a gazdálkodó számára?

*Az elmúlt években jelentős változások történtek az agráriumot szabályozó uniós szabályokban, melyek a hazai jogi szabályozásban is egyre nagyobb jelentőséget kapnak. A vizek védelmének változatlan fontossága mellett egyre hangsúlyosabban jelennek meg a levegőtisztaság-védelmi követelmények, ami újabb feladatokat ró a gazdákra. Kijelenthető azonban, hogy a követelmények teljesítésével a gazdaságok tápanyag-hatékonysága is javul, ami a gazdálkodók érdeke is.*

Az ammóniakibocsátás csökkentése legalább két szempontból fontos. Egyrészt az ammónia légszennyező anyag, légköri jelenléte elősegíti a mikroméretű részecskék keletkezését más vegyületekből, melyek a légzőrendszerbe jutva egészségkárosító hatást fejtenek ki. E hatása miatt az EU levegőtisztaság-védelmi irányelve szigorú kibocsátáscsökkentést írt elő, mely Magyarország esetén 32 százalékos érték 2030-ra a 2005-ös bázisához képest.

Legalább ilyen fontos azonban, hogy a szerves és műtrágyákból a légkörbe kerülő ammónia tápanyagvesztéséget jelent a gazdálkodó számára, az állattartó telepen jelentős anyagi és munkaerő-ráfordítással kezelt, majd kijuttatott trágyák, illetve a drágán vett műtrágyák hatóanyaga a levegőbe távozva szó szerint ablakon kidobott pénzzé válik. A vegyes gazdaságok saját jól felfogott érdeke, hogy minél többet megőrizzenek a szerves trágyák tápanyagtartalmából, ezzel is csökkentve a műtrágyafüggőséget. A szerves trágyát nem használó növénytermesztő gazdaságok műtrágyára alapozott tápanyag-utánpótlása során a tápanyag-hasznosulást alapvetően határozza meg az ammóniavesztés mértéke.

## 4.2. Állattartásban keletkező trágyák

*Az ammónia légkörbe kerülése szempontjából meghatározó az állattartás során keletkezett trágyák mezőgazdasági felhasználása során történő kibocsátás, de nagy mennyiségben történő alkalmazásuk miatt a műtrágyák kibocsátása is jelentős lehet. Az alkalmazott technológiák, a bedolgozás módszere és időpontja a legfontosabb tényezők, melyek hatással vannak erre a folyamatra. Megfelelő technológiával akár 90 százalékos csökkentés is elérhető.*

A szerves trágyák termőföldön történő felhasználása során zárul be a tápanyagciklus: a talajba jutó jelentős NPK- és mikroelem-tartalmú szerves vegyületek lebomlanak és a folyamat során felszabadul belőlük, így a növények számára felvehetővé válik a tápanyagtartalmuk nagy része. Hogy a tápanyagtartalom mekkora hányada hasznosul ténylegesen, azt sok tényező befolyásolja és tápelemfüggő is. Foszfor és kálium esetén a hasznosulást rontó tényezők a tápanyaglekötő folyamatokhoz társulnak: a talajkolloidok felületén vagy azokba beépülve a szerves trágyából felszabaduló tápanyagok átmenetileg vagy véglegesen válnak felvehetetlenné a növények számára. Nitrogén esetén ezzel szemben a keletkező tápanyagformák (ammónia és nitrát) a talajszelvényből kimosódva vagy a légkörbe elillanva fizikailag válnak elérhetetlenné.

A szerves trágyák nitrogéntartalmának jelentős része – minimum a fele, de többnyire kétharmada – ammónium formában van jelen, melyet az angol kifejezést (*total ammonia nitrogen*) rövidítve TAN tartalomnak is neveznek. Ez a hányad ammóniává alakulva annak közismert illékonyasága miatt a levegőbe távozhat. Az ammónia azonban egyfajta köztes terméknek tekinthető, átlagos talajállapot esetén, jól levegőzött, biológiailag aktív talajon néhány hét alatt átalakul nitráttá. Ez utóbbi vegyület nem illékony, a növények számára jól felvehető, ugyanakkor a talajban csak nagyon korlátozottan képes a megkötődésre. Emiatt, ha a keletkezés sebessége meghaladja a növények felvételét, a nitrát a talajszelvény mélyebb rétegeibe mosódhat, illetve végső soron a felszín alatti vizek szennyezését okozhatja.

Mindezek miatt a három makrotápelem közül a nitrogén esetében következhetnek be a legnagyobb arányú tápanyagveszteségek. Amíg a nitrát formájú kimosódási veszteségek évtizedek óta kutatottak, folyamatai jól feltártak, csökkentésükre számos technológiai megoldás került kidolgozásra, addig a légköri ammóniaveszteségek csak az elmúlt években kerültek a kutatások középpontjába és csökkentési lehetőségeik kevésbé ismertek a gazdálkodók

számára. Ez abból a szempontból is káros, hogy a légköri nitrogénveszteségek sok esetben meghaladják a vizekbe kerülő nitrogén mennyiségét. A továbbiakban az állattartásban keletkező folyékony és szilárd halmazállapotú trágyákat megkülönböztetve tekintjük át a kijuttatási technológiák lépéseit, mindegyik esetben kifejtve az ammóniakibocsátás csökkentésének lehetőségeit.

#### 4.2.1. Hígtrágya

Az almozás nélküli állattartás során keletkező folyékony trágya elsősorban bélsárból és vizeletből áll, valamint az eltávolításhoz felhasznált, változó mennyiségű vízből. A hígító víz mennyiségétől függően változó összetételű anyag, köbméterenként 0,8-3,6 kg nitrogént tartalmaz. Előbbi érték a 3:1 arányban hígított hígrágyára, utóbbi a hígítatlan, mosóvízzel nem kevert anyagra vonatkozik. Ezzel összefüggésben a felhasználható dózis mértéke is tág határok között változik, leggyakrabban 40-80 m<sup>3</sup> juttatható ki hektáronként, mely mértéket a korábbiakban említett talajvédelmi tervben határoznak meg.



9. kép: Fóliaborítású, nem fedett, hígrágyatároló, beépített homogenizáló berendezéssel

A kijuttatási technológiák jelentős mértékben különböznek egymástól munkaszélességüket, területteljesítményüket, a kijuttatott mennyiség pontos adagolhatóságát illetően. Agronómiai szempontból az egyik legfontosabb tényező az egyenletes terhelés, ami a kijuttatott hígtrágya talajfelszínen vagy talajban történő minél homogénebb eloszlását jelenti. Ennek hiányában foltokban jelentkező tápanyaghiány, illetve többlet alakul ki a mezőgazdasági tábla talajában, egyenetlen lesz a növényállomány növekedése, nehezebbé válik a növényvédelmi és egyéb agrotechnikai beavatkozások elvégzése. Elvileg mindegyik bemutatandó technológiával elérhető az egyenletes szóráskép, de lényeges különbség, hogy amíg az injektálásos és csúszócsoroszlyás kijuttatás esetén a kijuttatott hígtrágya lejtőirányú elmozdulása csapadék hatására nem vagy csak korlátozott mértékben következik be, addig a lengőcsöves, de még inkább a szétterítéses technológia esetén erre sokkal nagyobb esély van.

## **Kijuttatás módja**

### ***Szétterítéses technológia***

A legrégebben alkalmazott és ma is a legelterjedtebb kijuttatási mód (10. kép). A központi ütközőtányéros megoldás esetén a hígtrágyasugár nagy nyomással érkezik egy fémlapra, ennek következtében szétterül és a levegőben történő tartózkodási időtől függően 3-8 méter távolságban éri el a talajt. A technológia megfelelő alkalmazása agronómiai szempontból számos előnyt jelent: egyenletes szórásképet tesz lehetővé és jelentős munkaszélességgel bír, így lehetővé teszi a költségtakarékos kijuttatást. Ugyanakkor a hígtrágya cseppekre történő porlasztásával és a levegőben történő hosszú tartózkodási idővel a legnagyobb mértékű gáz formájú tápanyagveszteségeket okozza, valamint bűzhatás szempontjából is a legkedvezőtlenebb megoldást jelenti. A kijuttatási veszteségek csökkenthetők, ha a hígtrágya levegővel történő érintkezési ideje csökken, ami legegyszerűbben a szétterítés földfelszínhez közeli megvalósításával érhető el (11. kép). Öntött „nyelvvvel” kiegészített ütközőlapos kijuttató alkalmazása esetén a munkaszélesség némileg csökken, de az egyenletes kijuttatás továbbra is biztosítható, a levegőben történő tartózkodási idő lerövidülésével ugyanakkor jelentősen csökken az ammóniakibocsátás. A továbbiakban ez a technológia szolgál az összehasonlítás alapjául, ennek az ammónia kibocsátását vesszük 100 százaléknak.



**10. kép:** A szétterítéssel kijuttatási technológiával a legmagasabb az ammóniavesztés



**11. kép:** A leszorítva kijuttatott hígtrágya ammóniakibocsátása kisebb

### **Csúszócsöves kijuttatás**

A csúszócsöves kijuttatási technológia már jóval kedvezőbb megítélés alá esik ÜHG-kibocsátás szempontjából (12. kép). A talaj felszínén csúszó nagyszámú (20-50) csövön keresztül kijuttatva rendkívül egyenletes terhelés érhető el, valamint a levegővel történő érintkezési felület és időtartam is rövidül. Mindezek miatt nem csak a tápanyagvesztések, de a bűzhatás mértéke is drasztikusan csökken.

A technológia révén az előző pontban ismertetett szétterítési technológiához képest a TAN-tartalomban kifejezve 30 százalékos csökkentés érhető el, tehát az ammóniakibocsátás 70 százalékra csökken.



12. kép: Csúszócsoves technológia kijuttatás közben

### **Csúszócsoves kijuttatás**

A csúszócsoves módszer további előnye, hogy az ejtőcső elé egy talajmegmunkáló egységet telepítenek, amely sekély barázdát nyit, és a kijuttatott hígtrágya ebbe a barázdába jut a berendezésből. A barázda térfogata általában nem elég a teljes hígtrágyamennyiség befogadására, de a technológia ennek ellenére a tápanyagvesztés további csökkentésére ad lehetőséget. További előnyt jelent, hogy a talajfelszín érdesítésével megfelelő művelési irány megválasztása esetén eróziócsökkentő hatása is van.

A szétterítési technológia ammóniakibocsátása megfelelhető a technológia alkalmazásával, tehát az ammóniakibocsátás elérhető csökkentése a TAN-tartalom 50 százaléka.

## Sekély injektálás

Az injektáló készülékek annyiban különböznek az előző pontban bemutatott technológiától, hogy a földmunkavégző egység robusztusabb, ezért az általa nyitott árok mélyebb, és így képes befogadni a teljes kijuttatott hígtrágya-mennyiséget (13. kép). A nyitott árok felszínének minimális felületéről történhet gáz formájú nitrogénelillanás, de ennek mértéke jóval kisebb mértékű, mint az előző technológiák alkalmazása esetén.



13. kép: Sekély injektáló berendezés

Nyilvánvaló környezetvédelmi előnyei mellett nem szabad elfeledkezni arról, hogy az injektálásos technológia alkalmazhatósága növényállományban korlátozott, csak abban az esetben lehetséges, ha az injektáló tagok távolsága megegyezik a termesztett növény sortávolságával, és a növényállomány fejlettsége még nem érte el az a mértéket, hogy sérüljenek a levelek vagy a gyökérzet. Mindezek miatt elsősorban állomány nélküli táblákon lehetséges az injektálás: betakarítást követően ősszel vagy vetés előtt tavasszal.

Sekély injektálással az ammóniakibocsátás 70 százalékos csökkentése érhető el, tehát a szétterítéses technológia kibocsátásának 30 százalékára csökken a levegőbe kerülő ammónia mennyisége.

## Mély injektálás

A mély injektáló gépek alkalmazása során a hígtrágya-kijuttatás egy késes talajlazítóval nyitott árokba történik, és gyakran egy menetben le is zárják az árkok felszínét: tárcsás elemekkel, boronával, hengerrel vagy ezek kombinációjával. Alkalmazásuk nyilvánvaló előnye a teljes bűzhatásmentesség és a tápanyagveszteség minimális értékre szorítása. Mivel a hígtrágya gyakorlatilag zárt rendszerben mozog, egészen a talajba történő kijuttatásig nem érintkezik levegővel. Mindezek miatt ez a technológia tekinthető a legjobbnak környezetvédelmi szempontból. Agronómiai szempontok alapján megítélése már nem ilyen egyértelmű: az elmunkálás talajbolygatása nem teszi lehetővé a növényállományban történő kijuttatást, így alkalmazása kizárólag a természetett növény tenyésztésénél kívül lehetséges.

Mély injektálással 80 százalékos kibocsátáscsökkentés érhető el, tehát a szétterítési technológia kibocsátásának 20 százalékára csökken a levegőbe kerülő ammónia mennyisége.

### Bedolgozás időpontja

A bedolgozás időpontja meghatározó jelentőségű az ammóniakibocsátás szempontjából. Mivel a trágyák nitrogéntartalmának nagy része ammónium formájú, levegővel érintkezve folyamatos az ammóniakibocsátás. A kijuttatás során szétterített hígtrágya nagy felülete miatt néhány óra alatt jelentős mértékű lehet a veszteség. Az 5. táblázat erről ad tájékoztatást.

A kijuttatást követő bedolgozás időpontja	Ammóniakibocsátás a bedolgozás nélküli kijuttatás arányában kifejezve %
nincs bedolgozás	100
72 órán túl	90
72 órán belül	80
24 órán belül	70
4 órán belül	50
egy órán belül forgatás nélkül	30
egy órán belül szántással	10

**5. táblázat:** A kijuttatás során szétterített hígtrágya ammóniavesztése



Mint látható, a bedolgozás nélkül kiszórt hígtrágya ammóniakibocsátásához viszonyítva 90 százalékkal is csökkenthető a kibocsátás, amennyiben egy órán belül leszántásra kerül a kijuttatott anyag. Ha ugyanezen idő alatt betár-  
csázásra kerül, akkor is 70 százalékkal kisebb lesz az ammóniakibocsátás. 4 órán belüli bedolgozással már csak 50 százalékos csökkentés érhető el, három napon túli bedolgozással legfeljebb 10 százalékkal csökkenthető a lég-  
körbe jutó ammónia mennyisége.

## Hígtrágya kezelése

Az ammóniakibocsátás csökkenthető a hígtrágyatárolás alatti vagy kijuttatást megelőző kezelésével is. Savanyító hatású anyag hozzákeverésével a hígtrágya pH-ja lecsökkenthető, ami az ammónium formájú nitrogén arányát növeli az ammónia rovására, ezzel csökkentve a levegőbe jutó gáz mennyiségét. A hatás mind a tárolás, mind a kijuttatás során megmarad. Nem szabad ugyanakkor elfelejtkezni arról a tényről, hogy a kijuttatott anyagnak talajsavanyító hatása van, ami a talajtulajdonságok kedvezőtlen irányú megváltozását, a tápelemek lekötődését okozhatja hosszabb távon. Emiatt ennek a technológiának az alkalmazása körültekintést igényel. Használata ott javasolt, ahol a talajok a felszíntől tartalmaznak szénsavas meszet, mert az ilyen talajokon nem következik be jelentős mértékű savanyodás, köszönhetően a mészpufferhatásának. Mészmentes, savanyodásra hajlamos talajokon javasolt a külön menetben végrehajtott meszezőanyag kijuttatása, arra azonban ügyelni kell, hogy nitrogéntartalmú szerves vagy műtrágya-kijuttatás ne történjen a meszezés végrehajtását követő néhány héten belül, mert így a két ellenkező hatású művelet (trágya savazása – talaj meszezése) kioltja egymást, és nem történik ammóniakibocsátás-csökkentés.

A hígtrágya hígítása is csökkenti az ammóniakibocsátást, mivel a nagyobb vízmennyiséggel kijuttatott ammónium nitrogén mélyebben bemosódik a talajba. A módszer hátránya, hogy jelentősen növeli a szállítandó anyag mennyiségét.

## 4.2.2. Istállótrágya

### Kijuttatás módja

A szerves trágya kiszórásának technológiája nem befolyásolja olyan mértékben az ammóniakibocsátást, mint a hígtrágyáé. A leglényegesebb követelmény, hogy a berendezés egyenletes szórásképet biztosítson, ennek gyakorlati megvalósulása szempontjából azonban a telepen belüli trágyakezelés és trágyatárolás legalább olyan fontos, mint a megfelelő műszaki állapotú gép. A rosszul kezelt, kiszáradt, csomós, bálamadzagokkal és más oda nem való anyagokkal szennyezett trágya semmilyen trágyaszóró géppel nem juttatható ki megfelelően (14. kép).



14. kép: Talajidegen anyagokkal szennyezett, helytelenül tárolt szerves trágya

### Bedolgozás időpontja

Szerves trágya esetén is meghatározó jelentőséggel bír a bedolgozás időpontja. A 6. táblázat erről nyújt tájékoztatást.

A kijuttatást követő bedolgozás időpontja	Ammóniakibocsátás a bedolgozás nélküli kijuttatás arányában kifejezve %
nincs bedolgozás	100
72 órán túl	90
72 órán belül	80
24 órán belül	65
8 órán belül	50
4 órán belül	30
egy órán belül	10

**6. táblázat:** Az ammóniaveszteség mértéke istállótrágya kijuttatása során

Látható, hogy a bedolgozás nélkül maradó szerves trágya ammóniakibocsátását 100 százaléknak beállítva egy órán belül történő bedolgozással 90 százalékos kibocsátáscsökkenés érhető el. Az idő előrehaladtával gyorsan nőnek a veszteségek, 8 órával később már csak 50 százalékkal kisebb gáz formájú nitrogénveszteség érhető el, három nap elteltével pedig már csak 10 százalékkal csökkenthető a kibocsátás mértéke.

### 4.2.3. Műtrágya

Bár a szerves trágyákhoz viszonyítva a nitrogénműtrágyák ammóniakibocsátása kisebb, nagyarányú magyarországi felhasználásuk miatt összességében jelentős mértékben járulnak hozzá az ágazat összes kibocsátásához. Különösen a karbamid hatóanyag-tartalmú műtrágyák esetén kell nagyobb arányú nitrogénveszteséggel számolni. Ennek mértéke változó, de meleg száraz időjárás, talajfelszínre történő, bedolgozás nélküli kijuttatás esetén a hatóanyag-tartalom 30-50 százaléka is lehet. Átlagos körülmények között is keletkezik 12-15 százalék körüli ammónia formájú veszteség a karbamidfelhasználás esetén. Hasonlóan magas az ammónium-szulfát kibocsátása, 7-13 százalék közötti. A többi műtrágyaféleség kibocsátása jóval alacsonyabb, ammónium-nitrát esetén 1-3 százalék, MAS alkalmazása során 0,5-1,5 százalék, ammónium-foszfát esetén 4-7 százalék veszteséggel kell számolni. Összetett NPK-műtrágyák kibocsátása még nehezebben becsülhető, de az átlagos hatóanyag-tartalmukat és azok formáit figyelembe véve 4-7 százalékos veszteséggel lehet számolni.

A műtrágyák esetén is ugyanazok a kibocsátáscsökkentési lehetőségek hatásosak, mint a szerves trágyák esetében. A leghatékonyabb eljárás a kijuttatást követő haladéktalan bedolgozás a talajba, amivel a töredékére csökkenthető a kibocsátás. Pontos számot ebben az esetben nem lehet mondani, mert az függ a kijuttatott műtrágya típusától és dóziséjától, valamint a kijuttatás meteorológiai viszonyaitól és a talaj tulajdonságaitól.

Nagyobb dózisú tavaszi karbamid műtrágya kijuttatása esetén lehetőség van inhibitor alkalmazására. Az inhibitor egy hozzáadott vegyület a műtrágyaszemcsébe bedolgozva, ami gátolja az ureáz baktériumok működését, így fékezve az ammónia képződését. Az alapesetben néhány nap alatt lejátszódó folyamat így néhány hétre nyújtható, és a hosszabb időszak alatt nagyobb eséllyel kerül a növények által felvételre a tápanyag, vagy nagyobb mértékben képes a talajkolloidok felületén lekötődni, és a tenyészidőszak későbbi részében felvehetővé válni. Mindezek révén 20-30 százalékos kibocsátáscsökkentés is elérhető a kezeletlen karbamidhoz képest.

### 4.3. Meteorológia

*A kijuttatás során uralkodó meteorológiai viszonyok alapvető hatással bírnak az ammóniakibocsátásra, ezért célszerű ezeket a tényezőket is figyelembe venni a kijuttatás időpontjának megválasztásakor.*

A kijuttatott trágya típusától függetlenül az ammónia kibocsátását befolyásoló számos tényező közül az egyik legfontosabb a hőmérséklet, melynek növekedésével emelkedik a kibocsátás. Ebből következően az alacsonyabb hőmérsékletű napszakokban, évszakokban kijuttatott hígrágya, szerves trágya és műtrágya kibocsátása kisebb. A napon belül tervezés során javasolt az éjszakai vagy a kora reggeli órákban kijuttatni a trágyát, éven belül pedig a téli félét kell előnyben részesíteni a nyári félévvel szemben. Nitrátérzékeny területeken a tilalmi időszak figyelembevételével ez azt jelenti, hogy októberben, február második felében és márciusban van lehetőség a kijuttatásra.

Szélcsendes időben tovább csökkenthető a kibocsátás, mert a nyugalomban lévő levegő kisebb mennyiségű ammóniát szállít el. Párás, felhős időben is kisebb a kibocsátás a napos száraz időhöz képest.

## 4.4. Talajállapot, talajtulajdonságok

*A talajtulajdonságok szerepe is befolyásolja a kijuttatott tápanyagok további sorsát és ezen keresztül az ammóniakibocsátást.*

A talajra kijuttatott, majd abba bedolgozott trágyák hasznosulását természetesen befolyásolja a talaj aktuális állapota és tulajdonságai is. Előbbiek közül a nedvességtartalom a legfontosabb, nedvesebb talajon kisebb az elillanás mértéke. A talajtulajdonságok közül az egyik legfontosabb annak pH-értéke, más néven kémhatása. Savanyú talajokon az ammóniumionok kerülnek túlsúlyba, melyek képesek lekötődni a talajszemcsék felületén, lúgos talajokon ellenben a gáz formájú ammónia válik uralkodóvá. Emiatt ezeken a talajokon nagyobb arányú kibocsátással kell számolni. A talaj fizikai félesége szintén befolyásoló hatással bír. A nagyobb összporozítású homoktalajokon nagyobb az ammóniakibocsátás mértéke, mint a kötöttebb talajokon.

### Kis legenda

Dégen található Magyarország egyik legszebb klasszicista kastélya, amelyet hazánk legnagyobb angolparkja ölel körül. A kastélyhoz sok legenda fűződik. A kastély 1810 és 1815 között az ország „leggazdagabb köznemese”, Festetics Antal (1764–1853) császári és királyi kamarás megbízásából épült. A kastélyt övező park tavának szigetén álló, *hollandi ház* nevű különleges épületet 1891-ben, egy korábbi épület helyén emelték Festetics Pál idején. Hangsúlyosabb része az emeletes főrészt, erre merőleges a földszintes szárny. Az emeletes részt kétfelől magas, tört íves oromzat fogja közre. A vörös téglás, németalföldi stílusban épült ház igazi kuriózum hazánkban. Földszintes része tehénistállóként szolgált, emeletes részében pedig a tüdőbeteg Festetics Andorné számára berendezett lakosztály kapott helyet, mivel az istálló ammóniatartalmú levegőjét és a frissen fejt tejet, a jó táplálkozást, valamint a pormentes levegőt gyógyító hatásúnak tartották a kialakult tüdőbaj ellen. (Gyógyszerként többféle célra alkalmazzák; így például orron át belélegezve a nyálkahártya izgatásával, reflexes úton lélegzést vált ki.)

Forrás: wikipédia

## Felhasznált forrásmunkák

- Ball, M. E. E., Magowan, E., McCracken, K. J., Beattie, V. E., Bradford, R., Gordon, F. J., Robinson, M. J., Smyth, S., Henry, W. (2013): The Effect of Level of Crude Protein and Available Lysine on Finishing Pig Performance, Nitrogen Balance and Nutrient Digestibility, *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)* 26 (4): 564–572.
- Bittman, S., Dedina, M., Howard C.M., Oenema, O., Sutton, M.A. (szerk.) (2014): Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK, [http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/AGD\\_final\\_file.pdf](http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/AGD_final_file.pdf)
- Bunzel, D. (2015): How to choose the optimal mixer size. AMINOTec®. Topics on Feed Production and Operations. Evonik Nutrition and Care GmbH, Edition 2., July 2015.
- Canh, T. T., Aarnink, A. J. A., Schutte, J. B., Sutton, A., Langhout, D.J., Verstegen, M.W.A. (1998): Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing -finishing pigs. *Livestock Production Science*, 56 (5): 181–191. DOI: 10.1016/S0301-6226(98)00156-0
- Dublecz K. (2011): Takarmányozástan. [https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010\\_1A\\_Book\\_13\\_Takarmanyozastan/adatok.html](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_13_Takarmanyozastan/adatok.html)
- Evonik (2017): Ideális fehérjetartalmú tápok- kevesebb nyersfehérje, nagyobb nyereség. Evonik Nutrition & Care GmbH.
- Fébel H. (2011): Takarmányozási módszerek az állattenyésztés nitrogén- és foszfor-kibocsátásának csökkentésére. [https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010\\_1A\\_Book\\_13\\_Takarmanyozastan/adatok.html](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_13_Takarmanyozastan/adatok.html)
- Halas V. (2017): Precíziós állattartás és takarmányozás. Állattenyésztés és takarmányozás, 66 (1) 24–44. [http://real-j.mtak.hu/9032/1/%C3%81TT%202017\\_1\\_FINAL.pdf](http://real-j.mtak.hu/9032/1/%C3%81TT%202017_1_FINAL.pdf)
- Halas V. (2019): A takarmányozás és környezetterhelés közötti kapcsolat. In Babinszky L. és Halas V. (szerk.): Innovatív takarmányozás. Nyomtatás alatt.
- Halas V., Tóth T. (2017): A haszonállatok precíziós takarmányozásának jelentősége. 2017.05.06.
- IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Santoja, G. G., Goergitzikis K., Scalet B. M., Montobbio P., Roudier S., Sancho L. D. (2017): Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs; EUR 28674 EN; doi: 10.2760/020485
- Szabó Cs., Halas V. (2011): A takarmányértékelés alapjai. [https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059\\_sertestakarmanyozas/adatok.html](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059_sertestakarmanyozas/adatok.html)
- United Nations Economic Commission for Europe (2015): Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/Publications/Ammonia\\_SR136\\_28-4\\_HR.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/Publications/Ammonia_SR136_28-4_HR.pdf)

**Szerzők:**

Kujáni Katalin Olga; Sztahura Erzsébet; Tikász Ildikó Edit; Varga Edina;  
Borka György; Pirkó Béla

**Szerkesztő:**

Sztahura Erzsébet

**Képekért köszönet**

a Komárom-Esztergom Megyei Kormányhivatal  
Növény- és Talajvédelmi Osztályának; Dr. Répási Gábornak;  
Tiszaváry Gábornak; a Kisalföldi Mg. Zrt.-nek; az Alternconsult kft.-nek;  
Nyíri Andrásnak; a szerzőknek, valamint a Pixabaynek.

