

.....

Martin DOBEIC

**OBREMENJEVANJE OKOLJA
Z NEUGODNIMI VONJAVAMI
IZ KMETIJSTVA IN
DRUGIH NEPREMIČNIH VIROV
ONESNAŽEVANJA ZRAKA**

Ljubljana, 2005.



ZAHVALA

Založbi Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) se zahvaljujem za soglasje k uporabi virov iz zbirke njihovih del, iz katerih sem črpal prenekatero podatke za pričujoče delo.

Martin Dobeic

Naslov: **OBREMENJEVANJE OKOLJA Z NEUGODNIMI VONJAVAMI IZ
KMETIJSTVA IN DRUGIH NEPREMIČNIH VIROV ONESNAŽEVANJA
ZRAKA**

Avtor: prof.dr. Martin DOBEIC, dr.vet.med.

Založba: Inštitut za sanitarno inženirstvo,
Zaloška cesta 155, 1000 Ljubljana
Tel.:01-546-83-93;Fax.:01-546-83-94
info@institut-isi.si, www.institut-isi.si

Recenzent: Prof.dr.Danijel VERHOVŠEK, mag.biol.
Dr.Darko DREV, univ.dipl.inž.kem.teh.

Za založbo: Aleš KRULEC
Oblikovanje: Gorazd BRAČUN
Prelom: Borut JUTERŠEK, Andrija LESAR
Tisk : C-Vista, d.o.o.
Naklada: 200 izvodov

CIP – Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana
63:504.3
614.718:63

DOBEIC, Martin

Obremenjevanje okolja z neugodnimi vonjavami iz kmetijstva
in drugih nepremičnih virov onesnaževanja / Martin Dobeic.
Ljubljana: Inštitut za sanitarno inženirstvo, 2005

Izid knjige je omogočila Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS.

ISBN 961-91408-4-2
217896448

©Inštitut za sanitarno inženirstvo, Slovenija

Vse pravice pridržane. Reproduciranje in razmnoževanje dela po Zakonu o avtorskih pravicah ni dovoljeno.

© 2005 by Institute for occupational and environmental hygiene, Slovenia

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, reused, republished, or transmitted in any form, or stored in a data base or retrieval system, without written permission of the publisher.

KAZALO

	UVOD	6
1	PROBLEMATIKA NEUGODNIH VONJAV	7
2	VONJ IN ČLOVEKOVO ZAZNAVANJE VONJAV	9
3	ŠIRJENJE NEUGODNIH VONJAV V OKOLJE	14
4	NEUGODNE VONJAVE IZ KMETIJSTVA IN AEROBNE OBDELAVE ODPADKOV	17
	4.1 Neugodne vonjave iz kmetijstva	17
	4.2 Neugodne vonjave iz procesov aerobne obdelave odpadkov	19
5	PROBLEMATIKA UMESTITVE ŽIVINOREJE V OKOLJE S STALIŠČA EMISIJ IN IMISIJ NEUGODNIH VONJAV	22
	5.1 Kriteriji za ocenjevanje širjenja neugodnih vonjav	23
	5.2 Obvezni osnovni podatki za ocenjevanje emisij in imisij neugodnih vonjav	24
	5.3 Ocenjevanje in modeliranje širjenja neugodnih vonjav	24
	5.4 VDI-smernice za zmanjšanje emisij iz živinoreje in kmetijstva	29
	5.5 Avstrijske smernice za ocenjevanje imisij iz »zreje živali in iz hlevov«	36
	5.6 Pravni red na področju presoje vplivov na okolje v R Sloveniji	40
6	MERILNI POSTOPKI ZA DOLOČANJE NEUGODNIH VONJAV	43
	6.1 Senzorski merilni postopki	43
	6.1.1 Olfaktometrija	43
	6.2 Analitični merilni postopki	49
	6.3 Določevanje skupne količine organskih snovi TOC	54
7	NEKATERI PODATKI IN REZULTATI MERITEV NEUGODNIH VONJAV IZ LITERATURE PO VRSTAH ŽIVALI	55
	7.1 Perutninska zreja	55
	7.2 Prašičereja	66
	7.3 Govedoreja	81
8	NEKATERI PRIMERI RAZISKOVALNEGA DELA IN MERITEV NA PODROČJU ZNIŽEVANJA EMISIJ NEUGODNIH VONJAV V R SLOVENIJI	84
	8.1 Vpliv klinoptilolita in deodoraze na zmanjšanje emisij neprijetnih vonjav in amoniaka v perutninski in prašičerejski proizvodnji	84
	8.2 Determinacija imisij neugodnih vonjav iz naprave za obdelavo odpadkov iz zdravstva, v skladu z metodo VDI 3940	91

9	NEKATERI PRIMERI IZDELAVE STROKOVNIH MNENJ GLEDE OBREMENJENOSTI OKOLJA Z NEUGODNIMI VONJAVAMI	98
9.1	Zreja puranov - rezultati meritev, presoja, mnenje	98
9.2	Živalski vrt - rezultati meritev, presoja, mnenje	101
9.3	Hlevi za zrejo brojlerjev - rezultati meritev, presoja, mnenje	102
9.4	Mesnica in obrat za pripravo prehrane - rezultati meritev, presoja, mnenje	103
9.5	Pražarna kave - rezultati meritev, presoja, mnenje	105
9.6	Livarna - rezultati meritev, presoja, mnenje	107
9.7	Lakirnica - rezultati meritev, presoja, mnenje	108
9.8	Klavnica - rezultati meritev, presoja, mnenje	109
10	LITERATURA	116

UVOD

Onesnaževanje zraka je izjemno kompleksna in široka problematika. V današnji industrijski družbi z visoko gostoto prebivalstva nesorazmerno narašča število različnih, na človeka delujočih dražljajev, posledično povezanih z njegovimi fizičnimi in psihičnimi reakcijami.

Med poglavitne onesnaževalce in izvore emisij uvrščamo industrijo, energetiko, kmetijstvo in promet, katerih skupni imenovalec je onesnaževanje okolja in s tem obremenjevanje ljudi, živali, rastlinstva, voda in tal. Emisije specifičnih snovi in njihovih spojin, ki onesnažujejo ozračje sodijo v skupino hlapnih substanc, nastalih ob različnih kemijskih, fizikalnih in bioloških procesih. Toksične oziroma kancerogene emisije, delujejo neposredno na človekovo zdravje, v mnogih primerih so tudi razlog za psihične in stresne motnje.

Svojevrsten onesnaževalec zraka so neugodne vonjave, ki so nedvomno med pomembnejšimi. Neugodne vonjave so poseben problem onesnaževanja zraka, ki ga predstavlja emisija plinov, katerih koncentracije v zraku niso visoke, toda tudi pri nizkih koncentracijah delujejo moteče. Te spojine najpogosteje predstavljajo netoksično onesnaženje zraka.

Dnevno se v našem centralnem živčnem sistemu predela na tisoče optičnih in akustičnih dražljajev, med njimi tudi dražljaji za vonj. Tolerančni prag človeka za neugodne vonjave je pogosto prekoračen, zaradi česar se ob prekomernih obremenitvah ljudje pritožijo, saj neugodne vonjave delujejo negativno na počutje, zmanjšujejo delovno sposobnost in povečujejo dovzetnost za obolevanje (Gust, 1984). Posledice njihovega vpliva se pri človeku kažejo v slabem počutju, večji obolevnosti, razdražljivosti, alergijah in nenazadnje nižji ekonomski vrednosti zemljišč. Zato se ni čuditi, da so poleg raziskav ofenzivnih onesnaževalcev, v ekološko osveščenih državah prav pritožbe prizadetih prebivalcev že v osemdesetih letih prejšnjega stoletja vzpodbudile raziskave onesnaženja z neprijetnim vonjem in možnosti za njegovo sanacijo.

1 PROBLEMATIKA NEUGODNIH VONJAV

Pritožbe prebivalstva so največkrat prvi izmed pokazateljev negodovanja v okolju onesnaženem z neugodnimi vonjavami. Zahteve prebivalstva po čistem zraku so vedno večje, saj je čisto okolje, tako tudi čist zrak, njihova temeljna pravica. Na Nizozemskem (Hareveld, 1993) na primer beležijo nad 10.000 pritožb letno, oziroma 68,2 pritožbe na 10.000 prebivalcev. V kmetijstvu so glede na število pritožb najbolj problematične živinorejske farme in skladišča gnoja in gnojevke, oziroma njen raztros na njivske površine.

Tako je v Veliki Britaniji zabeleženih največ (50%) pritožb zaradi prašičerejske proizvodnje, nato iz perutninske (22%), govedorejske (21%) in manjše število (7%) iz konjerejske proizvodnje. Pri tem se glede na število pritožb navaja kot najbolj problematično gnojenje (gnojevka) njivskih površin (45%), sproščanje emisij iz farmskih objektov (25%) in problemi deponij gnojevke, ali gnoja (20%) (Ministry of Agric. Fish and Food. Draft code of Good Agricultural Practice for the Protection of Air, England, 1991).

Tudi v Sloveniji beležimo bolj ali manj številne pritožbe prebivalstva zaradi neugodnih vonjav v zraku. Slovenija je majhna dežela s površino 20.251 km². Prav zaradi razmeroma majhne površine, je z naraščanjem števila prebivalstva v prihodnosti neogibno širjenje urbanega prostora v že do sedaj dokaj nedefinirana kmetijska in industrijska področja. Glede na razgibanost - konfiguracijo zemljišč v Sloveniji je razmerje med ravninskimi področji in hribovitemu terenu - torej za gradnjo manj primernemu terenu - skorajda izenačeno. To pomeni, da so že do sedaj in bodo tudi v bodoče, najprej izkoriščena lahko dostopna predvsem ravninska zemljišča, namenjena tako poseljevanju, kot kmetijstvu in industriji. Vendar imajo tako naselja, kot tudi gospodarske panoge svoje značilnosti in potrebe. Danes so stanovanjsko lastništvo in zdravstvena osveščenost, kot vrednote, postavljene daleč višje kot živinorejska in rastlinska proizvodnja. Bližina - še posebno s stališča širjenja neugodnih vonjav - med naselji, kmetijskimi površinami ali industrijskimi objekti ni primerna, čeprav je glede na pomanjkanje prostora vedno pogostejša. To pa pomeni potrebe po boljšem odnosu industrije in kmetijstva do varovanja okolja z ustrežno okoljevarstveno politiko, na nasprotni strani pa precejšnja mera strpnosti ljudi (Amon, 1994). Ker v Sloveniji zaenkrat še nimamo za reševanje tega problema ustrezne zakonske podlage, se kaže potreba po uvajanju ustrezne pravne podlage. Podobne probleme pa imajo tudi v drugih evropskih državah, le da so v njihovem reševanju pred nami in jih urejajo na skupni evropski in nacionalni ravni.

Bremenilni učinek neugodnih vonjav je na človeka močnejši bolj kot so neugodne vonjave koncentrirane, intenzivne in ofenzivne. K temu prispeva še dejavnik trajajnja vonjav - čas izpostavljenosti neugodnim vonjavam. Poleg tega so bremenilni učinki neugodnih vonjav odvisni tudi od razdalj od izvorov nastajanja vonja, konfiguracije terena, meteoroloških prilik in orografskih značilnosti.

Iz tega razloga je odločilnega pomena, da se ob obremenitvi okolja z neugodnimi vonjavami ugotovi izvor emisij neugodnih vonjav in uporabi primerne načine za njihovo zmanjševanje. Kompleksnost ugotavljanja in vrednotenja neugodnih vonjav je sicer dokaj zapleten proces, ki je zaenkrat tudi po evropskih merilih in smernicah, sploh pa pri nas v Sloveniji, še vedno v razvoju, je pa izjemno pomemben dejavnik v skupnem vrednotenju okolja v katerem živimo. Najpogostejši onesnaževalci zraka z neugodnimi vonjavami, kot so industrija, nefiltrirani izpusti, deponije, smetišča, odplake, čistilne naprave, predelava živalskih surovin - kakor na primer usnjarne, kafilerije in klavnice - živinorejski objekti kot so farme z obilico živalskih odpadkov, ki se skladiščijo v odprtih gnojščih lagunah in drugih skladiščih, kmetijstvo še posebej z raztrosom gnoja in gnojevke na

njivske površine, so velikokrat težko rešljiv problem reševanja problematike obremenjevanja zraka z neugodnimi vonjavami.

Kmetijstvo ima glede tovrstnega onesnaževanja posebno vlogo. Zlasti intenzivna reja živali, prašičev in perutnine je večinoma povezana z zelo motečimi emisijami neugodnih vonjav.

Da bi lahko objektivno določali neugodne vonjave, so bili od leta 1980 do današnjega dne izdelani številni standardi v Evropi (ZRN, Francija, Nizozemska) ZDA in Avstraliji (AFNOR, US ASTM, VDI) z opisanimi metodologijami in tehničnimi navodili za izvajanje olfaktometrije. Leta 1991 je bila ustanovljena v okviru CEN (Comitee Europeen de Normalisation) delovna skupina CEN/TC 264WG2 ODOURS, katere naloga je bila, da se metodologija olfaktometrije standardizira kot evropski normativ EN (European Normative). Oblikovala je preliminarno normo v okviru ISO5725, ki predvideva opremo, pogoje in metodologijo za izvajanje olfaktometrije. V nadaljevanju je tehnični komite CEN/TC 264 izdal osnutek evropske norme EN 13725, glede kakovosti zraka in obremenjevanja z neugodnimi vonjavami. Po pogojih poslovnika slednje norme lahko v prihodnje vsak član CEN pripravi svoj standard na nacionalni ravni. Kolikor ga bodo izpolnili vsi evropski člani, bo slednji normativ pridobil veljavo evropskega standarda.

Za ocene emisij vonjav v okolico živinorejskih objektov se v Zvezni Republiki Nemčiji, ki je poleg Nizozemske in Francije napravila največ na področju onesnaževanja z neugodnimi vonjavami, že več kot 20 let upošteva VDI smernice glede »zmanjševanja emisij neugodnih vonjav«. Vsekakor smernice niso uporabne v vseh primerih, kjer so kmetijska in urbana območja preblizu skupaj, ali gre za že pozidana območja. V teh primerih je potrebna ocena posamičnega primera in s tem skladno posamičnega presojevanja, ki vključuje vnaprejšnje predvidevanje na podlagi izračuna o širjenju neugodnih vonjav (Kuhner, 1998). Končne presoje in mnenja so v celoti odvisna od števila, vrste, jakosti in oddaljenosti izvorov emisij. Da bi lahko končno ocenili obremenjevanje okolja z neugodnimi vonjavami so potrebne reprezentativne meritve neugodnih vonjav, ki so zapleteni postopki, zato se je pogosto potrebno pri ocenjevanju oprijeti dosedanjih izkušenj na podlagi izsledkov.

2 VONJ IN ČLOVEKOVO ZAZNAVANJE VONJAV

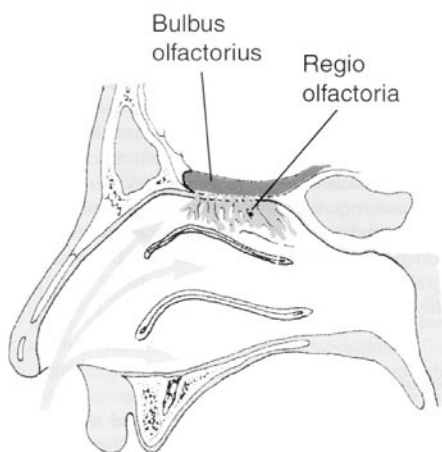
(Vir: KTBL Arbeitspapier 260, 1998)

V zraku je, poleg osnovnih plinskih komponent, še množica drugih snovi in substanc. Med njimi so tudi spojine, ki človeku, živalim in drugim organizmom stimulirajo čutila za vonj. Vonj je za nosni organ dražljaj zmes lahkih organskih, ali anorganskih substanc. Skorajda brezštevna paleta različnih vonjav je namenjena razpoznavanju hrane, okolice in drugim življenjsko pomembnim funkcijam, povezanih z zaznavanjem vonja. Vonj je zato kot dražljaj čutila voha, za človeka, od nekdaj imel osnovno življenjsko pomembno funkcijo, kar ima pri živalih še danes.

Sposobnost zaznavanja in spoznavanja neugodnih vonjav se označi tudi kot »voh«. Pri ljudeh voh ni tako dobro razvit kot pri živalih, ki voh potrebujejo za iskanje hrane, spoznavanje in orientacijo ter druge oblike obnašanja. Pa vendar človek kljub temu zaznava, oziroma razlikuje do 10 milijonov vonjalnih snovi (Hatt, 1994).

Vonj kot dražljaj človek zazna z vohalnim organom nosom, ki ima v približno 4 cm² površine olfaktornega epitela (Slika 1). V živčnem epitelu (Neuroepitel), Regio olfactoria, se nahaja približno 10 milijonov vonjalno občutljivih celic-čutnic. Te, vsaka s 100-300 kemičnimi receptorji, ki jih imenujemo olfaktorne paličice, sprejema vohalne dražljaje, pri čemer vsak receptor zazna enega izmed dražljajev vonja. Tako se več različnih dražljajev združi v enoten vonj. Pri normalnem dihanju zrak vonjalnega centra ne doseže v celoti. Šele pri intenzivnem vdihavanju se zrak prečrpa navzgor, v krožnem gibanju se zadrži in obdrži v vonjalnem centru, zaradi česar je zaznava vonja intenzivnejša (Rogenhofer, 1996). V Regio olfactoria se dospene snovi najprej sprostijo v sloju sluznice, nato prodrejo do čutnic. Samo v vodi in maščobi topljive snovi lahko prehajajo sluznični sloj in dosežejo receptorje proteinov na membranah migealkah. Čutnica je istočasno občutljiva za več vonjalnih snovi, vendar vsaka vsebuje svoj lastni omejen spekter, ki se z drugimi le delno pokriva. Zato je pri dražljaju z vonjalno snovjo vzdržana samo določena populacija celic.

Od primarnih čutnic je dražljaj voden preko Bulbus olfactoriusa in hipotalamusa k limbičnemu sistemu (Slika 1). Tukaj se končno oblikuje vtis o kvaliteti, intenziteti in sprejemljivosti vonja (Silbernagel in Despopoulos, 1988, Frechen, 1994).



Slika 1: Nosna votlina z organom vonja (Silbernagel in Despopoulos, 1988)

Vse naštetu omogoča zaznavanje šibkih vonjav, lahko pa tudi prilagajanje zaznavniju zelo močnih in dolgo trajajočih vonjav. Pri zaznavanju vonjav ima veliko vlogo njihova sprejemljivost (hedoničnost), saj človek nekatere, zanj zelo nesprejemljive vonjave zazna že v razmeroma nizkih koncentracijah, pomemben pa je tudi čas, oziroma trajanje učinka vpliva neugodnih vonjav na človeka. Zmotno je na primer mnenje, da se človek navadi na stalen vpliv določenih koncentracij vonja. Resda človek sprejme prisotnost neugodnih vonjav, vendar le, če je v to prisiljen.

Koncentriranost in intenziteto neugodnih vonjav zaznava človek v odvisnosti od kemijsko fizioloških principov delovanja olfaktornega organa. Za višino olfaktornega dražljaja čutnice je najprej odločilna koncentracija vonja. Intenzivnost občutljivosti za neugodne vonjave je označena kot olfaktorna jakost občutljivosti (ES). Odvisnost od individualne občutljivosti glede na jakost dražljaja se lahko opiše kot logaritmična funkcija (VDI 3881, Zv. 1):

$$ES = K_w * \text{LOG} (C_g/C_{g_a})$$

Za $C_g > C_{g_a}$, pri čemer je:

C_g = koncentracija vonjalnih snovi v dihanem zraku, oziroma zraku z vonjem

C_{g_a} = prag zaznavanja koncentracije vonja čutnice za določeno vonjavo
(zaznavno valovanje vonja)

K_w = Weber-Fechnerjev koeficient

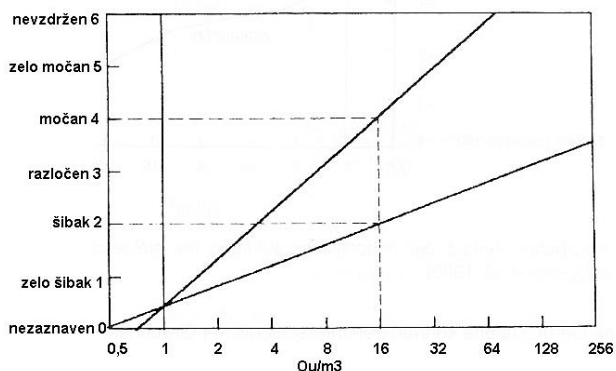
Za nastanek vonjalnega dražljaja mora biti presežena določena stopnja koncentracije vonja. Ta predstavlja zaznavno valovanje vonja in kot prag zaznavanja vonja služi kvantitativni presoji vonjav. Zaznavno valovanje je torej pri olfaktometričnih meritvah podlaga za določanje vrednosti zaznavnega vonjalnega vala, oziroma določena koncentracija vonja izražena v vonjalnih enotah (**Ou**–Odour units) v kubičnem metru zraka (Ou/m^3). Ugotavljanje koncentracije vonjalnih snovi (Ou/m^3) kot vonjalnega vala je podlaga za določevanje vonjalnih tokov in najnižjih emisijskih stopenj, kot tudi možnost za izvedbo računanja širjenja vonjav.

Vonjalna koncentracija pri kateri se lahko reče »vonja po« in s tem kvalitativno ovrednoti določeno vrsto vonja, je označena kot spoznavni val. S tem se vonju določi kvaliteta. Za določitev spoznavnega vala pa je potreben 3 do 5 krat višji olfaktorni dražljaj, kot za določanje zaznavnega vala (koncentracija vonja) (Schon in Hubner, 1996). Med intenzivnostjo dražljaja in koncentracijo vonjalne snovi obstaja logaritmična povezava.

Intenzivnost vonja se oceni s pomočjo šeststopenjske lestvice (Tabela 1). Intenziteta vonjave je različna in specifična za posamezne snovi. Pri enaki koncentraciji imajo namreč vsi vonji različno intenzivnost. Tako je pri enaki koncentraciji vonjalne snovi, kot je na primer $16 Ou/m^3$, intenzivnost vonja označena kot »šibka«, v drugem primeru pa lahko kot »močna« (Slika 2).

Tabela 1: Ocenjevalna lestvica stopenj intenzivnosti vonjav (VDI 3882, Zv. 1)

Stopnja intenzivnosti vonjav	Vonj
0	nezaznaven
1	zelo šibak
2	šibak
3	razločen
4	močan
5	zelo močan
6	nevzdržen



Slika 2: Primerjalni potek intenzivnosti različnih vonjav pri stopnjevani koncentraciji vonja (Mannebeck in sod. 1995)

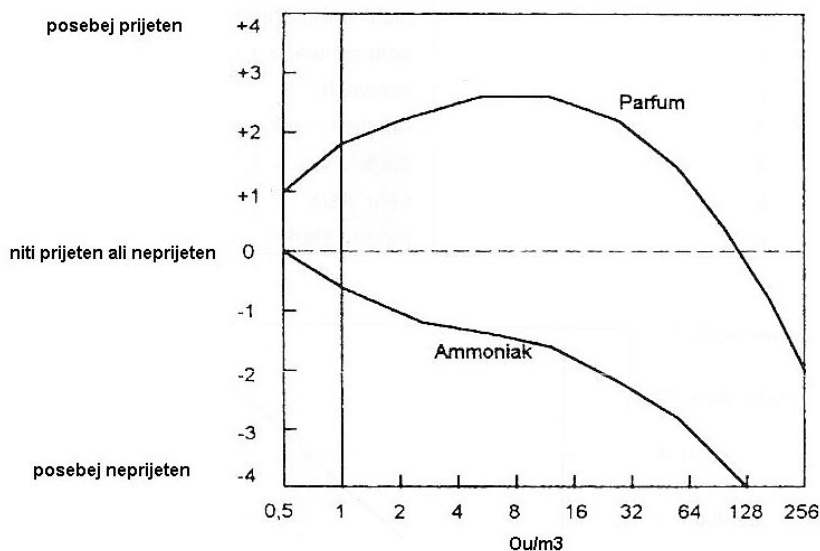
Pri zaznavanju vonjav človek kvalitativno razlikuje prijetna in neprijetna počutja. Takoimenovani hedonski učinek, imenujemo ga tudi sprejemljivost vonja, pove, kako vonj vpliva na človeka pri stopnjevani koncentraciji. Ta se lahko s pomočjo 9 stopenjske lestvice ocenjuje od »posebej prijetnih« do »posebej neprijetnih« vonjav (Tabela 2).

Tabela 2: Lestvica za ocenjevanje sprejemljivosti oziroma hedonskega učinka vonja (VDI 3882, Zv. 2)

Stopnje	Sprejemljivost vonja
1	(+ 4) posebej prijeten
2	(+ 3)
3	(+ 2)
4	(+ 1)
5	(0) niti prijeten ali neprijeten
6	(- 1)
7	(- 2)
8	(- 3)
9	(- 4) posebej neprijeten

Sprejemljivost se torej lahko spreminja s stopnjevano koncentracijo vonjalnih snovi istega vonja od »posebej prijetnega« do »posebej neprijetnega« (Tabela 2, Slika 3).

Različne vonjave iz različnih virov se lahko pokažejo enako neprijetne tudi pri različnih vonjalnih koncentracijah (Ou/m^3). Kot primer navedimo očiščen odhodni zrak iz objekta za zrejo živali z vonjalno koncentracijo $6 \text{ Ou}/\text{m}^3$, ki ustvari hedonski učinek (Tab. 2: stopnja 7) enak hedonskemu učinku pri zaznavanju odhodnega zraka iz pekarnice s koncentracijo vonjav $500 \text{ Ou}/\text{m}^3$ (Winneke in sodel. 1995).



Slika 3: Primerjalni potek sprejemljivosti oziroma hedonskega učinka vonja pri stopnjevani koncentraciji (Mannebeck in sodel., 1995)

Nadalje je glede človekovega občutja za vonj potrebno upoštevati še naslednje posebnosti:

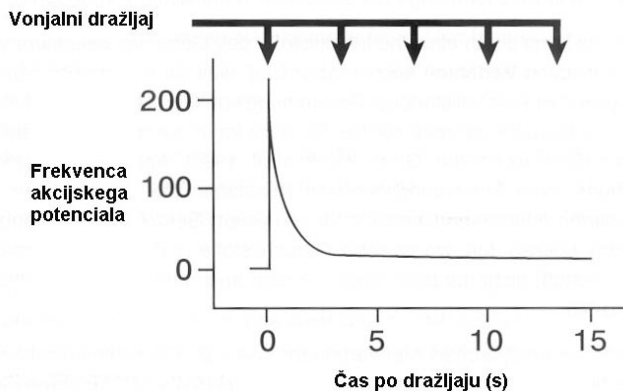
- prilagajanje (adaptacija) na določen vonj,
- razlikovanje smeri in trajanja vonjalnega toka,
- individualni val občutljivosti,
- dostopnost.

Če je dražljaj vonja prisoten dalj časa, se vonjalno čutilo desenzibilizira. Na primer pri zasledovanju vonjalnih sledi mora pes nenehno zapuščati sled zaradi (de)adaptacije vonjalnega čutila (Hatt, 1994) (Slika 4).

Sposobnost razlikovanja smeri in zaznavanje trajanja vonjalnega toka, je naslednja značilnost vonjalnega čutila. Človek lahko večinoma jasno opredeljuje kje leži vir vonja in kako dolgo je trajal olfaktorični dražljaj. Pogostnost nastopanja vonjav je zato v praksi uporabljena za presojo in ugotovitev stopnje obremenitve z neugodnimi vonjavami in enako pomembna kot koncentracija, intenzivnost, sprejemljivost - hedoničnost in čas obremenitve.

Občutje neprijetnega vonja torej izzove kompleksna zmes različnih lahkihplapnih spojin intenzivnega vonja. Vsaka od njih ima svoj lastni parni tlak in intenzivnost vonja. Intenzivnosti njihovega vonja, mejne koncentracije, ki jih še lahko zaznavamo, oziroma koncentracije, pri katerih je vonj moteč, pa se med seboj močno razlikujejo.

Individualni občutljivostni val preizkuševalcev – panelistov vonja, ki sodelujejo v merjenju vonja (olfaktometriji), je pri meritvah neugodnih vonjav iz navedenih razlogov pomemben dejavnik na katerega se je potrebno ozirati pri olfaktometriji, kot senzorskem merilnem postopku, pa tudi pri drugih metodah, kjer se kot merilo določanja neugodnih vonjav uporablja človeški nos. Individualni občutljivostni val je namreč v največji meri odvisen od starosti (n.pr. pri mladih ljudeh je po pravilu višji kot pri starejših) in spola panelistov (Oldenburg, 1989 a).



Slika 4: Adaptacija vonjalnega čutila (Silbernagel in Despopoulos, 1988)

Ob olfaktometrijskih meritvah se mora namreč upoštevati tudi različne vplive na zaznavanja preizkuševalcev-panelistov. Spreminjanja individualnega vala občutljivosti zaradi prehlada, zauživanja hrane, utrujenosti in odklona zaradi vplivov zunanjih dražljajev so pomemben dejavnik, ki lahko značilno vpliva na točnost meritev (VDI 3881, Bl. 1).

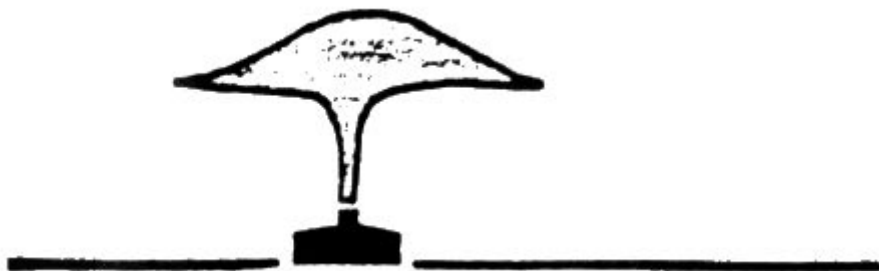
Problem, ki se pojavi ob merjenju vonjav je torej dejstvo, da koncentracije posameznih spojin v zraku, tudi če jih znamo identificirati in kvantitativno ovrednotiti, pogosto ne sovpadajo z intenzivnostjo vonja in hedoničnostjo vonja, ki ga zaznavamo.

Zato je za objektivno vrednotenje nekega vonja potrebno kombinirati vsaj dve metodi, s katerima je možno določiti tako koncentracijo kot kvaliteto vonja (sprejemljivost, intenzivnost, ofenzivnost).

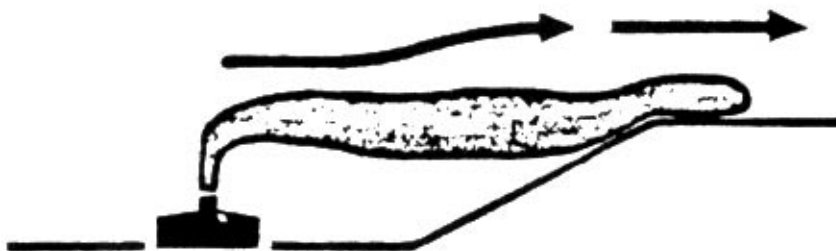
3 ŠIRJENJE NEUGODNIH VONJAV V OKOLJE

Načini in intenzivnost širjenja neugodnih vonjav v okolje so zelo različni. Kako daleč bo segel imisijski vpliv neugodnih vonjav je odvisno od razdalj, konfiguracije terena, meteoroloških in orografskih značilnosti področja.

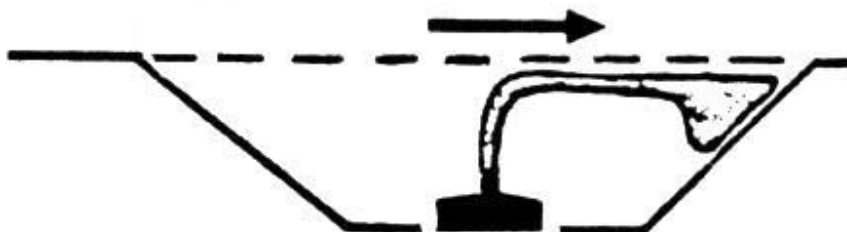
VDI smernice 3471 Tierhaltung - Schweine z nekaterimi primeri prikazujejo najpogostejše načine širjenja neugodnih vonjav v okolje (Slike 5 - 11).



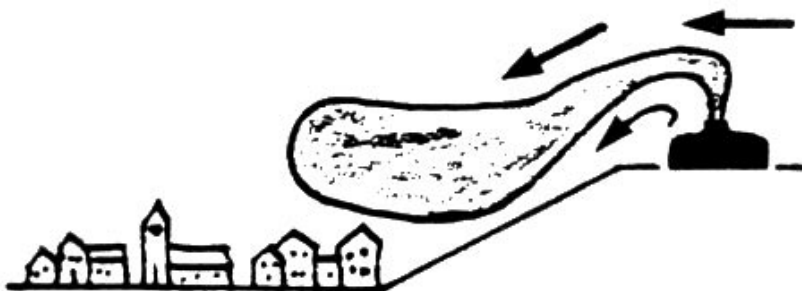
Slika 5: Oblak z neugodnimi vonjavami iz vira - emitenta se oblikuje v obliko gobe in počasi širi v kolikor ni vetra



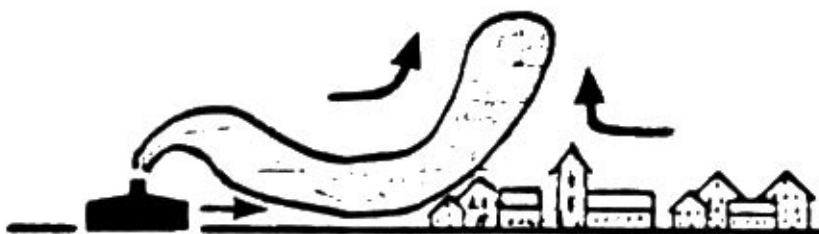
Slika 6: Gibanje oblaka je v neposredni zvezi z vetrom. Izhod prezračevalnega kanala je dovolj visok, da oblak ne zastaja v dolini, vendar prenizek, da se oblak ne bi dotikal tal na pobočju



Slika 7: Inverzija mrzlega zraka, ki s svojo težo zadržuje oblak v dolini



Slika 8: Primer gibanja oblaka z neugodnimi vonjavami zaradi gibanja hladnega zraka v poletnem obdobju. Primer kaže nepravilni položaj emitenta glede na lokacijo naselja.



Slika 9: Pomoč vzgona toplega vetra nad naseljem pri spremembi smeri oblaka



Slika 10: Primer pregoste vegetacije, ki za oblak predstavlja neprehidno bariero in oblak z neugodnimi vonjavami celo dvigne v zrak



Slika 11: Primer spremenjene smeri oblaka zaradi višine objekta in vetra

Iz slednjih slikovnih prikazov nekaterih predvidevanih meteoroloških značilnosti se lahko razbere, da so emisije in imisije odvisne od številnih faktorjev. Večja kot je oddaljenost emitentov od naselij, večja je redčitev neugodnega vonja z zrakom, zaradi česar se zmanjšajo imisije. Nedvomno pa je jakost neugodnih vonjav poleg razdalj med emitenti in naselji odvisna tudi od dejavnikov okolja, kot so smer vetra, zračni pritisk, naravne pregrade, kot je vegetacija in hribovit teren, temperatura in vlaga zraka.

4 NEUGODNE VONJAVE IZ KMETIJSTVA IN AEROBNE OBDELAVE ODPADKOV

(Vir: KTBL Arbeitspapier 260, 1998)

Neugodne vonjave, ki nastajajo zaradi kmetijstva in pri aerobni obdelavi odpadkov so razmeroma zelo neprijetne in obremenjujoče. Neugoden vonj je lahko v okolju zaradi velikih aglomeracij živali izjemno koncentriran in intenziven. Tako lahko ena sama velika farma onesnažuje zrak v krogu večih kvadratnih kilometrov, še posebno v smeri dominantnih vetrov. Vendar pa zrak ni bistveno manj onesnažen v okolici večjega števila manjših živinorejskih objektov.

Najpomembnejši viri neugodnih vonjavnih snovi iz zreje živali so sveže odlagano, ali skladiščeno blato in urin, kot tudi razpadajoči ostanki hrane. Drugi viri so neugoden vonj hrane in vonj živali (Reutter, 1971, Ruprich, 1984, Hartung, 1992). Živali same po sebi sproščajo le 9% skupnih količin emisij neugodnih vonjav, v nasprotju s tekočim gnojem in umazano hlevsko površino, s katere se sprostijo do 91% (Jansen in Krause (1987).

Precejšen vir neugodnih vonjav so tudi odlagališča odpadkov in kompostarne.

Neugodne vonjave sestojijo iz številnih snovi, ki so kljub nizkim koncentracijam zaznavne in zmanjšujejo dobro človekovo počutje oz. kvaliteto življenja (Weinzinger, 1993). V živinoreji in kmetijski proizvodnji nastajajo karakteristične neugodne vonjave, ki jih sestavljajo mešanice različnih vrst plinov, skupaj preko 250 različnih spojin. Večinoma so to žveplove spojine, lahkohlapne maščobne kisline, fenoli in indoli, hlapni amini ter amoniak. Ti plini v sestavi neugodnih vonjav nastopajo v različnih kombinacijah, zato se kvaliteta neugodnih vonjav spreminja od vira do vira. Ni tudi nujno, da količinsko prevladujoča snov v mešanici nastopa tudi kot nosilec vonjav (Muehling, 1970, Krause, 1987). Od vonjavnih komponent in njihove kombinacije torej ni odvisna samo intenzivnost vonja, temveč tudi in predvsem kvaliteta vonjav (Oldenburg, 1990). Za intermediate, ki nastanejo v anaerobnih pogojih vrenja, kot primer v gnojevki, je značilno, da so to spojine, ki imajo izrazito nizek prag zaznavanja. Namreč kar 30 od do sedaj identificiranih spojin, človek zazna že pri koncentraciji 0,001 mg/m³, ali še nižji.

Neugodne vonjave imajo v onesnaževanju okolja poseben pomen. Onesnaževanje okolja je tem manjše kolikor hitro se razgrade snovi, ki so vir neugodnih vonjav. Razgradnja snovi z neugodnim vonjem, ki se sproščajo iz opisanih virov, poteka zaradi kemijsko-fizikalnih pogojev in reakcij ob mešanju s čistim zrakom. Pri konstantnih okoljskih pogojih se vzpostavi dinamično ravnotežje med parnim tlakom molekul v plinski fazi zraka in molekulami v viru vonjalne snovi. Če se spremenijo okoljski pogoji se spremeni tudi razlika v parnem tlaku in s tem količina sproščenih vonjalnih snovi. V kakšni količini pa se neugodne vonjave emitirajo v okolje, pa je odvisno od biokemijskih razgradnih procesov in okoljske temperature, od procesa prehoda vonjalnih snovi v zrak in hitrosti zračnega toka ter drugih dejavnikov (Gust, 1984, Oldenburg, 1987).

4.1 Neugodne vonjave iz kmetijstva

Vonj, ki ga zazna človeški nos sestavljajo številne lahkohlapne organske spojine, ki v kmetijstvu in živinoreji nastajajo pri razgradnji rastlinskih vlaken in proteinov, ki sestavljajo živalska krmila in nastil. Večji delež teh spojin nastaja pri anaerobni fermentaciji večinoma fekalnih živalskih odpadkov. Popolna razgradnja poteka pravzaprav v dveh stopnjah. V anaerobnih pogojih se rastlinska vlakna in proteini v mikrobioloških procesih razgradijo do lahkohlapnih spojin intenzivnega neprijetnega vonja, šele aerobna razgradnja z drugimi mikroorganizmi privede do končnih produktov kot so metan, ogljikov dioksid in amoniak. V skladiščeni gnojevki poteka aerobna faza veliko počasneje, kar vodi do kopičenja zelo smrdečih lahkohlapnih intermediatov.

Neugodne vonjave so torej lahko mešanice organskih, ali anorganskih spojin in njihovih sestavin. V nasprotju z drugimi skupinami snovi za te ne obstaja nobena tipična kemična lastnost. Snovi z neugodnim vonjem imajo lastnosti visoke hlapljivosti zaradi njihove nizke molekularne teže (>350 mol). Te snovi so topljive v vodi in maščobah, imajo visok parni tlak, s čimer je olajšan njihov dostop do vonjalnih receptorjev ljudi in živali (Ohlof, 1990).

Tipični vtis vonja sprožajo funkcionalne, osmotske skupine snovi kot so alkohol-, acetal-, keton-, ester-, lakton- in skupine etra. Tudi različni načini kemijskih vezav imajo lahko karakter ozmotskih skupin, kot je na primer vezava v disulfide in vodikove spojine, hidrofobne vezave med verigami ogljikovodikov ter vezave ionov med kislimi in bazičnimi verigami aminokislin, kot aromatičnih spojin. Možnih je več funkcionalnih in vonjalno učinkovitih skupin snovi v eni molekuli, ki povzročajo specifične dražljaje. Tudi sterična postavitev molekul in oblika površin molekul lahko bistveno vplivajo na vonjavno dražljivost (Kraft 1988, Weyerstahl, 1994). Zelo različne substance in mešanica snovi v receptorjih vonjalnega epitela lahko tvorijo potencial, ki v olfaktornih centrih možgan vodi k enotnemu čutnemu vtisu. Da priključimo drug vonjavni vtis, ali spremembo intenzivnosti pa zadoščajo le majhne strukturne spremembe. Vonjalni kompleksi, kar pomeni več vonjalno učinkovitih posameznih substanc, lahko odločilno vplivajo na skupni vtis o zaznavi vonja. Iz tega razloga imajo zato sinergistični učinki mešanic vonjalnih snovi bistven vpliv na koncentracije vonjalnih snovi.

V splošnem nastopi vonjalni učinek že pri zelo nizkih koncentracijah, a se pri povišani ali znižani koncentraciji spremeni v kvaliteti. Vzemimo za primer žveplovodik. V majhnih koncentracijah ta vonj "diši" po praženi kavi, ob povečani koncentraciji tipično po nagnitem, medtem, ko že pri toksičnem doziranju zadiši prijetno sladko.

Spojine neugodnih vonjav uvrščamo v pet glavnih skupin (Drobnič-Košorok Marinka, Dobeic Martin, 1995). To so žveplove spojine, hlapne maščobne kisline, fenoli in indoli, hlapni amini in amoniak.

4.1.1 Žveplove spojine

Šest izmed spojin z najbolj ofenzivnim vonjem vsebuje žveplo, so torej razgradni produkti aminokislin cisteina in metionina, ki vsebujeta žveplo in sulfatov prisotnih v urinu. Značilni produkti, ki nastajajo pri razgradnji cisteina in metionina so: dimetilsulfid, dimetiltrisulfid, dimetiltetrasulfid, benzotiazol in benzotiazol (Drobnič-Košorok Marinka, Dobeic Martin, 1995).

4.1.2 Hlapne maščobne kisline

Kvantitativno najpomembnejša skupina lahkih hlapnih spojin so hlapne maščobne kisline z do 13 C atomi. Največji delež pripada etanojski (ocetni) kislini, sledijo ji propanojska, butanojska (n-butirična), 2-metil propanojska (izobutirična), 3-metil butanojska (izovalerianova) in pentanojska (n-valerianova). Izvirajo iz faecesa, saj dodatek urina ne vpliva na povečanje njihove koncentracije. Nastajajo z razgradnjo rastlinskih vlaken, torej celuloze, hemiceluloze in lignina, ki vodijo do nastanka C2-C4 maščobnih kislin. Aminokisline se razgrajujejo do C4 in C5 maščobnih kislin kot npr. histidin oziroma do fenilocetne in fenilpropionske kisline, ki nastaneta pri razgradnji fenilalanina. V prisotnosti kisika poteče razgradnja z aerobnimi mikroorganizmi do metana, vodika, ogljikovega dioksida in ocetne kisline (Drobnič-Košorok Marinka, Dobeic Martin, 1995).

4.1.3 Fenoli in indoli

Fenoli in indoli nastajajo po dveh možnih poteh. Fenolni derivati, ki izvirajo iz mikrobiološke razgradnje tirozina v črevesju tvorijo z glukuronsko kislino glukuronide, ki se izločajo z urinom. V faecesu prisotna β -glukuronidaza pa poskrbi za nastanek smrdečih p-krezola, fenola in etilfenola. Drug možen izvor p-krezola, skatola in indola je bakterijska razgradnja proteinov v faecesu (Drobnič-Košorok Marinka, Dobeic Martin, 1995).

4.1.4 Hlapni amini

Bakterijska razgradnja aminokislin vodi do nastanka lahkih hlapnih aminov v gnojevki, predvsem v obliki dimetilamina in metilamina v svinjski oziroma etilamina v goveji gnojevki (Drobnič-Košorok Marinka, Dobeic Martin, 1995).

4.1.5 Amoniak

Večina nastalega amoniaka izvira iz encimske mikrobiološke razgradnje sečnine z ureazo.

Razmerje med prostim amoniakom in amonijevimi ioni je odvisno od pH, zato je v alkalnih pogojih delež prostega amoniaka v zraku večji.

Iz zgornjega teksta lahko razberemo, da se večina lahkih hlapnih spojin, ki povzročajo neprijeten vonj v farmskih objektih in njihovi okolici obnaša tako, kot je značilno za šibke kisline ali baze. pH gnojevke torej neposredno vpliva na delež neioniziranih oblik posameznih spojin in s tem na intenzivnost vonja, ki ga zaznavamo, oziroma merimo.

Urnavanje pH lahko služi kot ena od metod za redukcijo neprijetnega vonja (Drobnič-Košorok Marinka, Dobeic Martin, 1995).

4.2 Neugodne vonjave iz procesov aerobne obdelave odpadkov

Procesi obdelave odpadkov, kot so kompostni obrati, so pogosto vir plinastega stanja emisij. Emitirane vonjalne snovi se najpogosteje širijo v vodoravni smeri, v odvisnosti od vremena. Odhodni izrabljeni zrak nima vzgona zaradi česar so učinki razredčevanja emitiranega zraka iz kompostnih obratov občutno nižji v primerjavi z vodenim odhodnim zrakom iz zračnikov, ali ventilacijskih jaškov na farmah. Odprte kompostarne torej pomenijo razpršene vire emisij neugodnih vonjav različnih jakosti, kvalitete in intenzitete.

Pri popolnoma zaprtih kompostnih objektih pa je glavni vir emisij vonj iz filterskega sistema, še posebej zaradi izrabljenih in neustreznih filtrskih sistemov, ki so izvor razpršenih ostankov emisij.

Koncentracije neugodnih vonjav so odvisne od materialov, ki pri razgradnji emitirajo neugodne vonjave in procesi, ki uravnavajo razkrojavanje. Predvsem sta pomembna vsebnost vode in razpoložljiv kisik v odvisnosti od teže in strukture materiala.

Proces kompostiranja, je aerobni proces razgradnje organskih materialov, pri katerem ob popolni oksidaciji nastajata kot končna produkta voda in ogljikov dioksid. Ker se ta proces ne dokonča v popolnosti, poprej prihaja do oblikovanja metabolitov, med katerimi je tudi množica vonjalnih snovi. V različnih raziskavah emisij pri kompostiranju bio-odpadkov je bilo identificiranih preko 200

komponent neugodnih vonjav (Wilkins in Larsen, 1995). Med in pred glavnim procesom razkrajanja se tvorijo hlapljivi produkti snovi, še posebno v anaerobnih območjih kompostnih kupov, ali gred. Pri delu s kompostom se sproščajo emisije neugodnih vonjav različno intenzivno v odvisnosti od vrste kompostiranega materiala. Med procesom kompostiranja se sproščanje vonjav dodatno močno okrepi. (Eitner, 1987).

Večjo skupin teh emisij predstavljajo ogljikovodiki, med temi so najbolj zastopani aldehidi, alkoholi, ketoni, estri, monoterpeni in karbonske kisline. Po Bonisegni (1974) nastaja pri kompostiranju 14 posameznih substanc, ki predstavljajo glavne vonjavne komponente. Jager (1997) na primer ugotavlja, da nastane v različnih stadijih procesa kompostiranja hišnih odpadkov z dodatki gnijočega blata kar 458 hlapnih komponent, od katerih je vonjavno zaznavnih 93 substanc. To so večinoma skupine snovi maščobnih kislin, ketonov, aldehydov in žveplovih spojin. V odvisnosti od pH vrednosti in temperature v procesih kompostne razgradnje lahko torej nastajajo „smrdeče“ nizkomolekularne organske kisline, nizkomolekularni alkoholi, aldehidi in ketoni. Dokazane so tudi žveplove spojine in dušikove heterociklične spojine, ki nastanejo kot produkti razkroja beljakovin. Heining in sod. (1993) je v zraku, ki nastaja pri kompostiranju bio-odpadkov, kot neugodne vonjave, navajal amonijak, dimetyldisulfid, dimethyltrisulfid, methyl - propyl - disulfid in toluol.

V raziskavah emisij iz kompostov (Mayer, 1990) je bilo dokazanih tudi 11 dušikovih spojin, med njimi sta najsmrdljivejša pirazin in piridin. Kot snovi, ki se sproščajo šele pri temperaturi 80 °C, pri vročem razkroju komposta v prvih dveh tednih procesa kompostiranja, ki vodijo k povečanju vonjavnih emisij, je bil na primer ugotovljen smrdeči 3 hidroksi - 4,5 dimetil - 2(5 H) - furan. Ta substanca je glavna komponenta povzročanja vonjav „vročega“ razkroja. Prične se sproščati, če je pH vrednost v kislem do nevtralnem območju. Zaradi zaznavanja že nizkih koncentracij vonjalnih valov predstavljajo žveplove spojine poseben problem, nasprotno pa je skupina ogljikovodikov problem prav zaradi njihovega pojavljanja v visokih koncentracijah in slabi razgradnji pri biološkem čiščenju odpadnega zraka.

V nadaljevanju so omenjene vrste neugodnih vonjav, ki nastajajo v procesih aerobne obdelave odpadkov-kompostiranja.

4.2.1 Ogljikovodiki v rastlinskih eteričnih oljih (terpeni)

V odpadnem zraku, ki nastaja pri procesih kompostiranja se običajno nahajajo visoke koncentracije ogljikovodikov. Vir monoogljikovodikov sta predvsem borovina in smrekovina. So stabilni elementi, ki lahko nastopajo kot metaboliti, v odvisnosti od svoje strukture pa lahko učinkujejo kot strupi. Ogljikovodikove snovi imajo sposobnosti avtooksidacije in polimerizacije in se lahko z mikrobielno oksidacijo pretvorijo v vonjalno aktivne derivate, torej snovi z neugodnim vonjem. Pri mikrobielni pretvorbi monoogljikovodikov igrajo pomembno vlogo basidiomicete (spore, gljive basidija). Monoogljikovodiki nastopajo kot „dimere“ isoprena in njegovih derivatov. Višje isoprene s 15 ali več ogljikovimi atomi imenujemo poly-terpeni ali poly- preni (Falbe, Regnitz 1995). So sicer hlapljivi, hidrofobni in netopni v vodi. Iz tega razloga so biološko težko ragradljivi - tudi v primerih filtriranja z zraka z bio-filtri (D'ans, J. in sod.,1983)

4.2.2 Organske kisline, ketoni, estri, aldehidi in alkoholi

Organske kisline v procesu kompostiranja z zrakom hitro oksidirajo in kot take izredno smrdijo že v zelo nizkih koncentracijah. Zaradi značilnih in specifičnih vonjalnih valov te predstavljajo poseben problem (Jager 1979).

Ketoni, estri, aldehidi in alkoholi nastajajo v procesu kompostiranja pri mikrobielni razgradnji kvasovk in plesni. Njihov vir razgradnje so škrob in surovine, ki vsebujejo sladkor, kot sta na primer celuloza iz papirja in lesni odpadki (Jager 1979).

4.2.3 Žveplo vsebujoče organske spojine

V izrabljenem zraku komposta imajo tudi žveplo vsebujoče organske spojine pomembno vlogo pri nastajanju neugodnih vonjav. So produkti presnove beljakovin. Kot vonjavno pomembne komponente so dimetilsulfid, dimetildisulfid, in dimetiltrisulfid, ki nastanejo v aerobnih procesih razkroja metilmerkaptana. Metilmerkaptan nastane tako aerobno kot anaerobno, pri razgradnji aminokislin (Wilber in sod., 1990).

4.2.4 Dušikove spojine

Pri razgradnji proteinov, ki so prisotni v organskih odpadnih snoveh, nastajajo anorganske in organske dušikove spojine. Organske dušikove spojine so prisotne v vsej mikrobielni bio-masi in huminskih snoveh, lahko pa se nahajajo tudi v „ligninu“.

Dušikove spojine nastanejo pri amonifikaciji kompostnega materiala, kateri lahko sledijo reakcija nitrifikacije in denitrifikacije. Pri amonifikaciji se proteini in amonijak hidrolizirajo ter nato oksidativno razgradijo. Visoki deleži amonijaka pogojujejo visoko pH vrednost v materialih za kompostiranje. Pri aktivnem zračenju se zato lahko amonijak emitira v okolje. Pri visokih pH vrednostih v kompostnem materialu, se emitiranje amoniaka še poveča (Koerner in sod, 1996).

Amoniak je vodotopen, tako da se ga velik del raztopi v kompostnem izcedku, se pa zato ponovno sprošča pri sušenju tega (Weppen in sod, 1998).

5 PROBLEMATIKA UMESTITVE ŽIVINOREJE V OKOLJE S STALIŠČA EMISIJ IN IMISIJ NEUGODNIH VONJAV

(Vir: KTBL Arbeitspapier 244, 1997)

V zadnjih letih je odnos med kmetijstvom in varstvom okolja glede emisijske politike zaznamovan predvsem s konflikti (Eckhof, 1997). Tendenca v bodočnosti je, da se preuči soodnose v smislu naslednjih odločitev:

- varstvo okolja ali kmetijstvo,
- varstvo okolja in kmetijstvo,
- ekološko sprejemljivo kmetijstvo.

Bistvo varovanja okolja v smislu širjenja neugodnih vonjav zadeva predvsem varstvo pred imisijami (Eckhof, 1997). Objekti za zrejo živali potencialno povzročajo emisije in imisije, ki morajo biti že vnaprej ocenjene v okviru načrtov in investicijskih odločanj, postopkov za pridobitev dovoljenja za gradnjo in obratovanje ter za kasnejše možne rešitve v nastalih težavnih situacijah. V praksi se najpogosteje kaže naslednja problematika širjenja neugodnih vonjav, oziroma vzroki za nastale konflikte v povezavi z imisijami vonjalnih snovi iz reje živali kadar:

- minimalna oddaljenost odmika med vzrejo živali in stanovanjsko sosesko ni, ali je le nezadovoljivo upoštevana,
- določena vrsta zreje živali na določenem prostoru ni bila načrtovana,
- je naselje preblizu hlevskim objektom,
- rejec živali ni upošteval planiranega razvoja (kolikor obstaja) v živinorejskem območju,
- v prostorskem načrtu (kolikor obstaja) ni bil upoštevan ustrezen tip gradnje.

Iz tega razloga morajo investitorji v gradnjo živinorejskih objektov pridobiti dodatna dovoljenja:

- če je hlev grajen v bližini stanovanjske soseske,
- če so predvidene bistvene spremembe v tehnologiji zreje,
- če je predvidena predelava hleva za zrejo druge vrste živali,
- če se že opuščena zreja vzpostavlja na novo,
- če se predvideva novogradnja ali dodatna gradnja poleg že obstoječe reje živali,
- če je predvidena stanovanjska izgradnja v bližini objektov za zrejo živali.

Intenziteta in število konfliktov, ki nastanejo zaradi imisij vonjalnih snovi je odvisna tudi od lokacijske situacije.

Pri presojevanju vplivov na okolje je potrebno s stališča varovanja vegetacije predvideti še učinke živinorejskega objekta na bližnji gozd in na razpoložljivo, oziroma načrtovano vegetacijo kot bariero. Nasad mora biti neobčutljiv za imisije in kot tak nima statusa gozda s statusom varstva pred imisijami.

Za ocenitev situacije obremevanja okolja z imisijami neugodnih vonjav je torej važna pravna ureditev in predpisi, ki urejajo gradnjo kmetijskih obratov, v skladu z gradbenimi načrti, lokacije in okolice, ki bistveno vpliva na mejne vrednosti imisij. Tozadevno se v pripravi za ocenjevanje imisij v skladu z izkušnjami pogosto pojavi potreba po posebnih presojah, še posebej če gradbeni načrti še niso dokončni in pri tem še ni upoštevano varstvo okolja s stališča emisij.

5.1 Kriteriji za ocenjevanje širjenja neugodnih vonjav

(Vir: KTBL Arbeitspapier 244, 1997)

Gradnja, adaptacije in spremembe zreje živali v živinorejskih objektih zahtevajo pridobitev gradbenih dovoljenj in pravno zaščito pred imisijami. Manipulacija z gnojem in gnojevko sicer tudi povzroča povišane obremenitve z neugodnimi vonjavami, vendar slednja po pravilu nima posebnega vpliva pri postopkih za pridobitev dovoljenj za hlevske objekte (Grimm, 1997).

V več kot 80 procentih primerov se kot osnovo za ocene v postopkih pridobivanja dovoljenj na primer v ZR Nemčiji upošteva smernice VDI "zmanjšanje emisij pri reji živali" VDI-3471 (prašiči) in 3472 (perutnina), oziroma tehnično navodilo TA-zrak. Smernice so razmeroma enostaven instrument, ki omogočajo detajlno oceno projekta-gradbenega načrta, obenem je na podlagi smernic, za zaščito pred imisijami, mogoče določiti tudi najmanjše razdalje med naselji in živinorejskimi objekti.

V ZR Nemčiji so za presojevanje vplivov neugodnih vonjav na okolje predvideli štiri kriterije, katerim mora ustrezati in zadostiti živinorejski objekt:

1. Modeli za izračunavanje obremenitve okolja z neugodnimi vonjavami, kot so na primer posebna ocenitev z EMIAK - (empirični model za zajetje emisij po Abshoffu ali Krauseu) ali BAOUG (model načinov razširjanja kalibracijskega postopka računanja za vonjalnih snovi s pomočjo Gaussovega modela). Ti izračuni omogočajo modelno predvideti jakost širjenja emisij predvidene tehnologije določenih vrst, števila in kategorij živali.
2. 3.VDI smernice. Te smernice, kot na primer VDI-3471 "zniževanje emisij pri prašičih" in VDI-3472 "zniževanje emisij pri perutnini", opisujejo in predlagajo možnosti kako oceniti tehnični in tehnološki nivo investicije v zrejo določene vrste živali (točkovna ocenitev je povezana z ureditvijo razdalj na podlagi že obstoječe, ali načrtovane živinorejske proizvodnje glede na kapaciteto zreje, torej obstoječih, ali načrtovanih glav velike živine (1 GV = 500 kg žive teže)
4. Določanje razdalj glede na smernice VDI (kolikor gre za gradbeni načrt). Smernice za razdalje oziroma razmake med živinorejskimi objekti in naselji v posameznih deželah ZR Nemčije, se nanašajo na prostorske načrte in deklarirajo najmanjše razdalje, v katerih so upoštevani učinki imisij nastalih zaradi kmetijstva.
5. Tehnično navodilo za ohranitev čistega zraka (TA-zrak). V navodilu so predpisane razdalje, ki veljajo za kmetijske objekte, ki potrebujejo dovoljenje po zveznem zakonu za varstvo pred emisijami in na podlagi načrta za kapaciteto in določeno tehnologijo zreje živali definirata najmanjšo razdaljo med živinorejskimi objekti in naselji.

Če nanizane metode presojevanja ne omogočajo zadovoljivih analiz, oziroma vplivov neugodnih vonjav na okolje, so v posameznih primerih nujne še posebne ocene. Medtem ko smernice, TA-zrak in VDI-smernice v glavnem definirajo odmike živinorejskih objektov od naselij v obliki krogov, se pri posebnih ocenah dodatno upoštevajo še geografski in meteorološki pogoji za širjenje emisij, geometrija objekta in okolice objekta in ostali krajevni pogoji širjenja neugodnih vonjav. Posebne ocene navadno pomenijo napoved, z različni modeli izračunavanja širjenja emisij v enem letu pričakovanih emisij neugodnih vonjav.

5.2 Obvezni osnovni podatki za ocenjevanje emisij in imisij neugodnih vonjav

Pri določanju vonjalnih emisij in imisij iz kmetijstva so nujni naslednji podatki:

- vrsta, kategorija in starost živali (npr. govedo, staro preko 2 leti, prašiči pitanci in predpitanci, svinje s pujski do 4 tednov)
- tehnologija zreje (npr. talna reja, rešetkasta, ali mrežasta tla, zreja v kletkah)
- tehnologija odgnojevanja (npr. skladiščenje gnojevke v hlevu, zaprt zbiralnik za gnojevko)
- tehnika prezračevanja (npr. aktivno prezračevanje, zračenje preko oken, vzgonsko prezračevanje, Louisiana hlev)

Poleg zgoraj omenjenih podatkov so za določitev vonjalnih emisij potrebne še naslednje informacije:

- rezultati lastnih olfaktometričnih meritev hlevov, silaže in skladiščenja gnojevke za katere se določa vonjalne emisije
- rezultati drugih podobnih meritev raziskav, ovrednotenih s kolikor je mogoče sorodnimi postopki olfaktometrije ob krožnih poskusih, ali primerjalnimi meritvami (Ring testi),
- informacije o karakteristikah vonjalnih emisij za posamezne vrste živali in načine zreje glede na sezono.

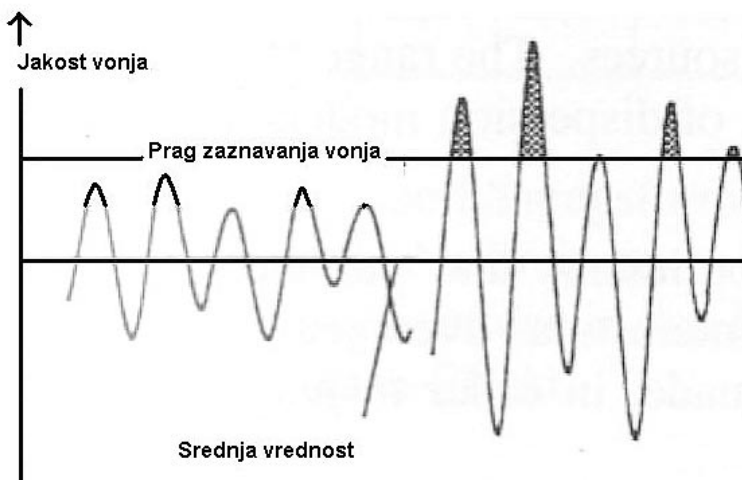
Za obdelavo podatkov in izračunavanja vonjalnih emisij, mora biti znana tudi lokacija imisij in lega emisijskih virov. Podatki se pripravijo iz topografskih kart in načrtov za kmetije.

Za izračunavanje imisij so nujni tudi podatki o lokalnih meteoroloških pogojih.

5.3 Ocenjevanje in modeliranje širjenja neugodnih vonjav

Trije vidiki emitiranja snovi so največkrat poimenovani s pojmi emisija, transmisija in imisija. Pojem "emisija" pomeni sprostitve snovi na viru emisije po vrsti, velikosti in časovni razporeditvi. Transmisija opisuje način širjenja neugodnih vonjav v odvisnosti od vetrovnih pretokov in drugih meteoroloških dejavnikov. Imisija pa je nasprotje "emisije" in pomeni lokalni vnos snovi.

Za izračunavanje transmisij se uporabljajo različni širitveni modeli. Razširjeni so Gaussovi modeli, s katerimi se analitično izračunava širjenje neugodnih vonjav (Slika 12).



Slika 12: Spreminjanje vonjavne imisije in prekoračitev vonjavnega vala (po Boeker P. in sod., 2001).

V splošnem so modeli namenjeni simulaciji in oceni realnih situacij. Cilji modeliranja so ustvariti "paralelno sliko" širjenja neugodnih vonjav brez meritev in opazovanj, z možnostjo simulacij raznovrstnih pogojev. Z modelnimi izračunavanji je torej mogoče predvidevati in oceniti možnosti nastajanja in jakosti širjenja neugodnih vonjav tako iz obstoječih, kot tudi za načrtovane, še ne obstoječe objekte.

V nadaljevanju so prikazani različni načini reševanja teh modelov. Eden od teh je »Tracer« postopek za simulacijo širjenja neugodnih vonjav v okolje in validacijo modelov širjenja emisij neugodnih vonjav (Boeker, 2001).

Neposrednih meritev občasno zelo dispergiranih vonjav na terenu do sedaj ni bilo možno izvesti. Elektronski nosovi zaenkrat še niso dovolj občutljivi in so za neposredne meritve na terenu do sedaj še neuporabni. Da pa bi lahko simulirali širjenje neugodnih vonjav v okolju se na emisijski prostor, namesto vonjavnih snovi, lahko razpusti druge pline, ki nastopajo v višjih koncentracijah in so merljivi. Za testne pline pa velja nekaj predpostavk: Biti morajo nestrupeni in skladni z okoljem, uporabljati se morajo v nizkih koncentracijah, so inertni, nizko topni in lahko dokazljivi. Za terensko simulacijo širjenja neugodnih vonjav se uporablja žveplov hexafluorid (SF₆ - Zenger, 1994), ki se ga uporabi kot testni plin (Tracer gas). Slednja metoda sodi med možne postopke napovedovanja obremenjevanja okolice v različnih meteoroloških pogojih. Kot tracer - plina sta lahko uporabljena tudi kripton (Lung in sod., 2000) in propan (Mejer, 1987). Radioaktivni kripton (⁸⁵Kr) se lahko izmeri hitro in učinkovito z Geiger-Mueller-jevim števcem.

Propan je problematičen zaradi svoje eksplozivnosti in se selektivno slabo meri. Žveplov hexafluorid od vsega naštetega najbolj ustreza.

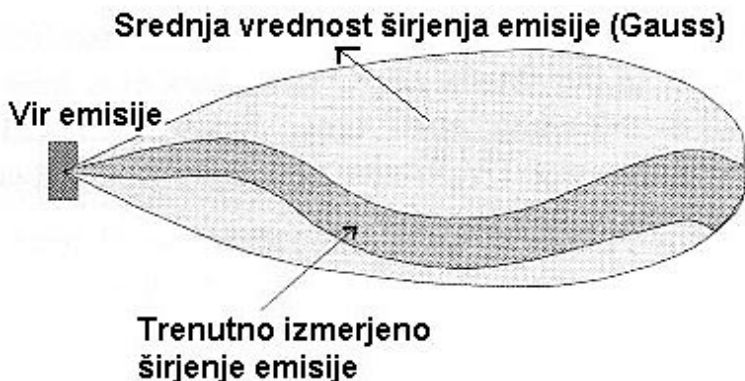
Meritve imisij so izvedene z mobilnim merilnim vozilom (Slika 13). Na ta način je ob spreminjajočih smereh vetra zagotovljeno kontinuirano in stalno merjenje, kar nadomesti pogosto premeščanje merilne opreme s katero je potrebno opraviti meritve na več točkah. Merilno vozilo je terensko vozilo s štirikolesnim pogonom z ustreznimi merilnimi napravami.

Poleg meritev testnega (tracer) plina, se merijo tudi smeri in jakosti vetra z ultrazvočnim anemometrom. Pozicijo vozila omogoča določati GPS pozicijski sprejemnik s točnostjo približno na 1 m. Podatki so izmerjeni vsako sekundo in sinhronizirani z računalniškimi zapisi. Z omenjenimi meritvami, je v nasprotju s prognozami izračunavanja z Gausovim modelom, s katerim se določajo lahko le srednje koncentracije vonjav, možno realneje določati dejansko situacijo širjenja in gibanja emisije. Pri meritvah koncentracij imisij je zato računati z znatno višjimi, torej maksimalnimi koncentracijami, kot jih lahko napove Gaussov model (Slika 14).



Slika 13: Merilno vozilo za mobilno meritev s testnim (tracer) plinom (po Boeker P. in sod., 2001)

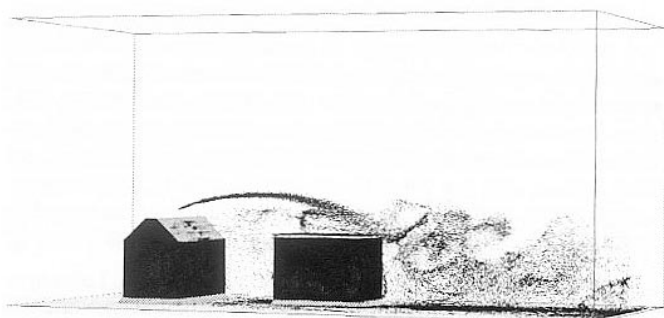
- 1 Ultrazvočni anemometer
- 2 SF 6 merilna naprava za testni (tracer) plin
- 3 GPS pozicijski sprejemnik
- 4 Zajetje in zbiranje podatkov
- 5 Oskrba s tokom in naprava za sproščanje sledilnega (tracer) plina



Slika 14: Razlika med preračunano srednjo vrednostjo širjenja emisije z Gaussovimi modeli in simulacijo s »tracer postopkom« (po Boeker P. in sod., 2001).

Za napovedovanje, oziroma predvidevanje širjenja neugodnih vonjav se uporablja različne izračune modelov. Za simulacijo širjenja neugodnih vonjav je še posebej pogosta uporaba numeričnih modelov (Wallenfang in sod., 2001). Oblikovanje modelov se uporablja predvsem za emitente škodljivih snovi in delcev iz industrijskih virov, njihovih depozitov v okolici virov in za določanje vnosa (imisij) škodljivih snovi, kot tudi za emisije snovi z neugodnimi vonji.

Na splošno je pri izračunavanju modelov najtežje predvideti turbulence zračnih tokov, ki najpomembneje vplivajo na širjenje neugodnih vonjav. To je razlog za manj zanesljive rezultate izračunanih modelov (Griebel, 1998). V največ primerih se v izračunih za izglajevanje slike pretoka strujanja uporabljajo srednje vrednosti turbulenc zračnih tokov. Mogoče pa je tudi direktno obračunavanje vrtničastih zračnih tokov z neposredno numerično simulacijo (DNS). Kot primer je prikazan model (Navier – Stokes) NaST3D/GP, s katerim se lahko napove časovni potek nastajanja določenih koncentracij snovi z neugodnim vonjem (Slika 15).



Slika 15: Simulirano polje širjenja neugodnih vonjav, izračunano z modelom NaST3D/GP (po Wallenfang O. in sod., 2001).

Enačbe za izračun tega modela opisujejo skupno strujanje - pretok, valovanje in vrtinčenje zraka z neugodnimi vonjavami. Diferencialne enačbe niso neposredno analitično rešljive, temveč se jih rešuje z numeričnimi postopki. Simulacijska področja za obremenitev okolja z neugodnimi vonjavami se lahko oblikuje v tridimenzionalno mrežo, enačbe pa se rešujejo za vsako celico mreže posebej, neposredno v času in kraju.

Izračune modelov kot simulirane situacije pa je potrebno na koncu še potrditi z realnimi primeri.

Z izračunavanjem je mogoče določiti tudi časovno in prostorsko zadrževanje določene koncentracije neugodnih vonjav v takoimenovanem vetrovnem polju. Ta, numerično razpršen, izračun terja zapletene korekturne izračune, ki morajo biti prilagojeni vsakokratnemu primeru za katere se račun izdelava (Zenger, 1998).

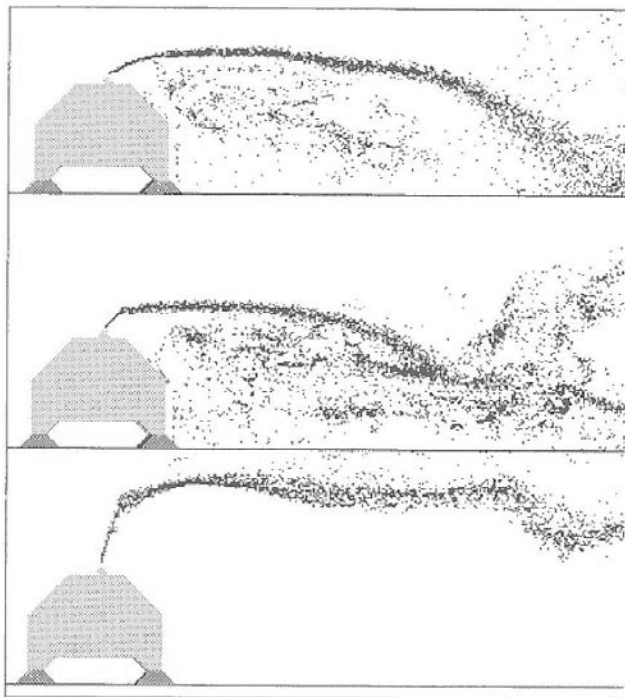
Širjenje neugodnih vonjav je mogoče izračunavati tudi z drugimi postopki, na primer z Langrange partikel modelom. Pri tem postopku se predvideva, da so neugodne vonjave v čistem zraku odvisne od svojega valovanja (strujanja) in od vplivov različnih dejavnikov.

Ta postopek izračunavanja ima več prednosti. Uporaba DNS Lagrange partikel modela omogoča možnosti predvidevanj emisij v odvisnosti od časa in koncentracije na določenih mestih, in ima pomembno prednost pred postopki, ki omogočajo le predvidevanje srednjih vrednosti emisij, ki so bistveno manj uporabne metode in le okvirno predvidevajo širjenje emisij. S tem postopkom je torej možno predvideti določene koncentracije neugodnih vonjav v določenem času na poljubnih točkah (Schatzmann in sod, 1999).

Z modeliranjem te metode je zato mogoče predvidevati tudi širjenje neugodnih vonjav iz ventilacijskih jaškov, dimnikov, ipd. Pogosto se namreč razvijejo spori med onesnaževalci in prebivalci glede dopustnosti emisij iz nepremičnih virov, še posebno iz razloga, ker so imisijske vrednosti zaradi okoliških vplivov zelo spremenljive in je njihova intenzivnost, koncentracija in sprejemljivost raznolika.

Postopek izračunavanja je uporaben predvsem za izračunavanje emisij iz visokoležečih virov, navadno pri objektih, ki imajo ventilacijo vodeno visoko v zrak, z namenom redčenja zraka z neugodnimi vonjavami. Modeli torej temeljijo na izračunavanju vertikalnih emisijskih tokov neugodnih vonjav.

Simulacijski izračuni sicer mnogokrat pokažejo, da so izhodi ventilacijskih jaškov prenizko, le malo nad višino kapi. To vodi do tako imenovanega "down-wash-effekta", ko zrak potegne navzdol. Na sliki 16 je prikazano emitiranje neugodnih vonjav za tri različne hitrosti pretokov. Slednji je med najpomembnejšimi za preprečevanje "down-wash-effekta". V zgornjih dveh primerih hitrost toka emitiranega zraka ne zadostuje za transport emisij iz poslopja. Pride do omenjenega "down wash" efekta, ki povzroči širjenje emisij neugodnih vonjav nizko nad tlemi.

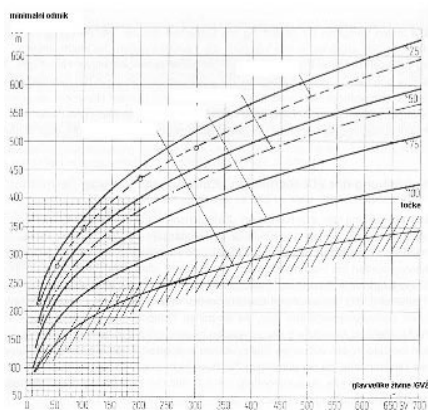


Slika 16: Širjenje emisij pri različnih hitrostih emitiranega toka zraka (po Wallenfang O. in sod., 2001).

5.4 VDI-smernice za zmanjšanje emisij iz živinoreje in kmetijstva

Glede na dejstvo, da v Sloveniji še nimamo izdelanih smernic za zmanjševanje emisij neugodnih vonjav, se pri presojah marsikdaj poslužujemo VDI smernic. Izdelava VDI-smernic (Verein Deutscher Ingenieure) v ZR Nemčiji za "zmanjš. vonjalnih emisij iz živinoreje" VDI-3471 za prašiče, VDI-3472 za perutnino in VDI-smernic-3473 za govedo je v VDI in DIN (Deutsches Industrie Normen) sledila vzorcu nemške komisije za ohranjevanje čistoče zraka. Sprva so bile v smernicah opisane, takrat v praksi, običajne zrejne tehnologije živali. Temu je sledila ocena tehnologij glede na širjenje neugodnih vonjav v različnih fazah vzrejnih postopkov. Izvedene so bile tudi meritve zraka posameznih hlevskih sistemov. Ker v tem času še ni obstajala vonjalno merilna tehnika, se je po standardih DIN 18910 merilo le amoniak (NH_3) in ogljikov dioksid (CO_2) (Schirz, 1997).

Najtežje se je izoblikovala izdelava tretjega poglavja VDI-smernic, namreč "omejevanje emisij/imisij". Razen tega je ob razvoju smernic prišlo do spoznanja, da se različne vonjave zaznavajo bolj ali manj močno, oziroma prijetno ali neprijetno. Komisija za VDI-smernice je zato razvila določevanje odmikov emitentov neugodnih vonjav do bližnjih hiš, ali naselja. Ti so bili zasnovani s postopki računanja za posamezne vire emisij. Inštitut za agrarno tehniko univerze v KIELU, je za podatke - na podlagi katerih so bile izračunane razdalje - testiral 600 živinorejskih objektov. Testiranje je bilo izvedeno s skupinami oseb (3 do 4), ki so se premikale proti vetru in ugotovljale oddaljenost, pri kateri je bilo objekt prvič mogoče identificirati v obliki spoznavnega vala, ali praga zaznavanja vonjave. Na podlagi dobljenih podatkov so izračunali odmike glede na tehnično opremo živinorejskih objektov - v obliki točk (Slika 17).



Slika 17: Odmiki po VDI 3471

Takoimenovano "urejanje odmika" za zmanjšanje emisij v živinoreji po smernicah VDI pomeni, da je treba upoštevati poln razmak med živinorejskimi objekti in stanovanjskimi naselji, kot je določeno po smernicah.

V smernicah so določeni odmiki mišljeni za razdalje, ki so določene od vira emisije do najbližjih hiš, ali stanovanjskega naselja. Polovični odmiki od teh so predvideni za razdalje med viri emisij in vaškimi naselji. V obeh primerih pa je posebno poudarjena strpnost in toleranca v sosedskih odnosih. To pomeni, da je potrebno ob prostorskem načrtovanju stanovanjskih sosesk upoštevati možnosti razširitve in razvoja poljedelstva, sicer pa se zahteva, da morajo investitorji živinorejskih obratov zagotoviti zrejo s čim manj emisij.

Postopek določanja odmikov po smernicah VDI 3471 do VDI 3473 je relativno enostaven. Določen odmik je enak v vse smeri, ne glede na krajevno prevladujočo smer in hitrost vetra.

Glede na rezultate meritev vonja, izkušnje, modeliranje in ocene so v Zvezni Republiki Nemčiji v okviru VDI smernic izdelali lestvico za predvidene jakosti onesnaženja z neugodnimi vonjavami iz prašičerejske in perutninske proizvodnje na podlagi točkovanja v razponu od 1 - 100 točk.

Uredba o oddaljenosti v smernicah VDI 3471 za prašičerejo in 3472 za rejo kokoši ter tehnično navodilo za čistočo zraka (TA Luft), med ostalim določajo tudi najmanjše oddaljenosti med hlevi in

stanovanjskimi naselji. Ocene odmikov so pripravljene na podlagi matematičnega meteorološkega simulacijskega modela, ki v izračunu vključuje faktorje emisij neugodnih vonjav (Oldenburg, 1989). Ti faktorji so različni in odvisni od vrste živali, tehnologije zreje ter drugih dejavnikov. Slednji faktorji so osnova za izračun matematičnega meteorološkega simulacijskega modela za napovedovanje pogostnosti neugodnih vonjav iz hlevov.

V VDI smernicah 3471 za prašičerejo in 3472 za rejo kokoši so objavili nekaj primerov pomembnejših izvorov neugodnih vonjav. Višja je vrednost ocene, manjša je obremenitev z neugodnim vonjem.

5.4.1 Prašičerejska proizvodnja

A Odgnojevanje in spravilo gnoja in gnojevke

1.	čvrsti gnoj	točke
	globok nastilj	60
	uporaba pehala	40
	odprto gnojišče	20
2.	gnojevka	točke
	rešetkasti pod, nad 45%	10
	rešetkasti pod, pod 45%	5
3.	spravilo gnojevke	točke
	betonski pokrov na deponiji za gnojevko	50
	pokrov iz umetnega materiala na deponiji za gnojevko	30
	pokrov iz naravnega materiala na deponiji brez pokrova	30
	skladišče gnojevke v hlevu	30

B. Prezračevanje

1.	poleti	točke
	pri temperaturni razliki med notranjostjo in zunanostjo hleva 2 - 3 K	0 - 10
2.	višina ventilacijskega jaška nad površino strehe hleva	točke
	1,5m ali več	15
	manj kot 1,5m	5
	nekontroliran izpust zraka	0
3.	hitrost gibanja zraka pri robu ventilacijskega jaška	točke
	≥ 12 m/s	25
	≥ 10 m/s	20
	≥ 7 m/s	10
	< 7 m/s	0

5.4.2 Perutninska proizvodnja

A. Obdelava gnoja in spravilo

1. Suhi gnoj	Točke
kurjeki z nastiljem pri uporabi talnega ogrevanja s talno ventilacijo	80
kurjeki z nastiljem – suhi v hlevu	60
pokrit sveži gnoj	40
suhi gnoj pri transportu	35
skladiščeni gnoj v hlevu	30
sveži gnoj pri transportu	15
2. Tekoči gnoj	točke
pokriti gnoj	30
vpliv sončnih žarkov na gnoj	5
odprto skladišče gnoja	0
3. Prezračevanje pri temperaturni razliki med notranjostjo in zunanostjo 2 K	0 - 20
4. višina ventilacijskega jaška nad površino strehe hleva	točke
1,5m ali več	15
manj kot 1,5m	5
nekontroliran izpust zraka	0
5. hitrost gibanja zraka pri robu ventilacijskega jaška	točke
≥ 12 m/s	20
≥ 10 m/s	15
≥ 7 m/s	5
< 7 m/s	0

Iz slednjih prikazov vidimo, da se sproščajo neugodne vonjave od primera do primera različno intenzivno, predvsem pa so tehnologije z gnojevko, nepokrita skladišča gnoja in gnojevke in nekontrolirano prezračevanje zelo obremenjujoče za okolje.

Bistvo smernic VDI je zniževanje nastajanja oziroma širjenja neugodnih vonjav. V nadaljevanju so opisani nekateri najpomembnejši načini ukrepanja.

5.4.3 Ukrepi za zmanjševanje emisij

Faktorji, ki vplivajo na specifične vonjavne emisije so večinoma vrsta, število in teža živali, zrejni postopki, način odgnojevanja in prehranjevanja, sistem zračenja glede na volumski tok zraka ter temperature v in izven objekta.

Med ukrepi za zniževanje emisij so najpogostejši:

- vzdrževanje suhih in čistih hlevov,
- zmanjševanje „emisijsko-aktivnih površin“ in
- zniževanje zračnih tokov preko teh površin.

Da bi ugotovili katere izmed zrej so bolj moteče okolju, je smiselna primerjava določenih vzrejnih tehnologij. V naslednji tabeli 5 je prikazana primerjava srednjega toka neugodnih vonjav med hlevi z različnimi tehnologijami zreje prašičev.

Na splošno velja, da hlevi z nastiljem praviloma emitirajo manj vonjav kot sistemi s tekočo gnojevko, s predpostavko, da so nastiljani pogosto in v zadostni meri. To posebej velja za hleve z globokim nastiljem v kombinaciji s prostim zračenjem. Nastilj mora biti suh in brez plesni.

Tabela 5: Specifične emisije vonjalnih snovi različnih vzrejnih oblik pri prašičih pitancih (Vir: KTBL Arbeitspapier 260, 1998)

Oblika reje (vir emisije)	Srednji tok emisij neugodnih vonjav (Ou/s/GV)	Avtor
Tekoči gnoj (gnojevka)	50	Oldenburg 1989
Polna rešetkasta tla	39	Hesse in sod. 1995
Deloma rešetkasta tla	47	Hesse in sod. 1995
Trden gnoj	41	Oldenburg 1989
Kompost	47 - 49	Hoernig in sod. 1993

Ločevanje funkcijskih območij, ki naj bi bilo uspešno pri zmanjševanju emisij iz emisijsko aktivnih površin, v tem pomenu uspešno vpliva na znižanje le pri optimalnih hlevskih klimatskih pogojih.

Pri reji perutnine vodijo vsi ukrepi, ki pospešujejo zračenje in sušenje iztrebkov k zmanjševanju emisij. Pri uporabi tehnologije kapljičnih napajalnikov pri talni zreji v primerjavi z običajnimi zvonastimi napajalniki, se zaradi bolj suhega nastila zniža sproščanje neugodnih vonjav (Clarkson in Misselbrook, 1991).

Na nastanek emisij neugodnih vonjav lahko vpliva tudi krmljenje živali zaradi vonja krme (n.pr. silaža) in ob tem nastajanja prahu, ki je pomemben nosilec vonjav (Hartung, 1986). Pri zreji goveda se pri krmljenju s silažo z neugodnim vonjem izognemo emisijam z organizacijskimi ukrepi in sicer z ogibanjem krmljenja na zalogo in čiščenja krmilne površine.

Ker je v prašičjereji glavni vir prahu krma, se lahko emisije znižujejo s krmljenjem z briketirano hrano oziroma s krmljenjem s tekočo hrano.

Nadalje se za zniževanje neugodnih vonjav uporabljajo bio-filtri ali bio-pralniki. Delovanje teh poteka na aktivni adsorpciji v vodo vodenega odpadnega zraka, kjer se del snovi z neugodnimi vonji nevtralizira in razgradi. Zniževanju neugodnih vonjav so namenjeni tudi odpraševalniki (do 56%).

Pomemben dejavnik sproščanja emisij neugodnih vonjav je tudi skladiščenje gnoja in odpadkov.

Emisije pri skladiščenju so manjše:

- če je površina skladišča čim manjša,
- čim nižji je nivo polnjenja skladišča, oziroma ustrežnejša zaščita pred vetrom,
- čim manjše je ogrevanje skladišča v poletnem času (n.pr. položaj v senci, belo pobarvano skladišče ali uporaba globokih zbiralnikov).

Učinkovito zmanjšanje emisij pa je možno doseči predvsem s pokrivanjem skladišč in sicer z različnimi pokrivali (Tabela 6).

Tabela 6: Stopnje učinka zniževanja emisij neugodnih vonjav različnih sistemov za pokrivanje zbiralnikov (Landwirtschaftskamer WESER- EMS, 1996 - Vir: KTBL Arbeitspapier 260, 1998)

Vrsta prekrivanja (m²)	Odstotek zniževanja emisij v primerjavi z odprtimi zbiralniki (%)
Plavajoči pokrov iz narezane slame	70 do 85
Nasutje granulata	80 do 90
Plavajoča folija	85 do 95
Šotorska cerada	90 do 95
Betonski pokrov	95

Stroškovno so najugodnejša plavajoča pregrinjala, zlasti narezana slama (cca. 6 kg/m²). Bolj omejene so možnosti za zmanjšanje emisij pri skladiščenju čvrstega gnoja. Najugodnejše je odgnojevanje po sistemu „krt“, pri katerem je kup gnoja nakladan od spodaj s čimer se površina gnoja ne obnavlja nenehno. Ploščad za zbiranje gnoja bi morala biti ograjena s treh strani, gnojišče pa pokrito, tako tudi gnoj, le da je slednje razmeroma nepraktično.

Anaerobna obdelava gnojevke v bioplinskih napravah poteka v zaprtem sistemu, zato so emisije pri skladiščenju in obdelavi minimalne. Pri tej obliki obdelave gnojevke je dosežena 40 do 60% razgradnja neugodnih vonjav. Razen tega je vonjalna karakteristika gnojevke prijetno spremenjena (po humusu). Tako obdelana gnojevka povzroča pri manipulaciji le majhne količine vonjalnih emisij. Problem predstavljajo visoki investicijski stroški.

S prezračevanjem gnojevke se doseže zmanjšanje emisij tudi za 50% (Van de Hoek, 1997). Učinek je zaznaven še posebej pri razvozu tako prezračene gnojevke na površine. Vsekakor pa so z modernimi postopki prezračevanja povezani visoki investicijski in energijski stroški in izgube dušika.

Zmanjševanje emisij z dodajanjem kemikalij zaradi stranskih učinkov ni priporočljivo. Nakisanje gnojevke sicer spremeni karakteristiko vonja, vendar ne tudi koncentracije (Berg in Hoernig, 1996). Dodatek gašenega apna (CaO) ima za posledico zmanjšanje emisij za 80%. S povišanjem pH pa je povezana skokovita sprostitvev amoniaka (Klassink in Steffens, 1996)

5.4.4 Ukrepi za zmanjševanje emisij pri prezračevanju objektov

Najpomembnejši ukrep za zmanjševanje emisij je dobro premišljena izbira lokacije v odvisnosti;

- od zadostnih medsebojnih razdalj,
- od orografije (pobočje, lega doline (sneg do nižin...), rastja in pozidave,
- smeri vetra ter razdelitve hitrosti vetra.

Glede na situacijo lokacije pa lahko sistem zračenja in odvod odpadnega zraka iz objektov bistveno prispevata k zmanjševanju imisij.

5.4.5 Ukrepi za zmanjševanje emisij iz živinorejskih objektov s prisilnim zračenjem

Pri hlevih s prisilnim zračenjem se onesnažen zrak z neugodnimi vonjavami izdatno razredči z zunanjo atmosfero (točkovna ocena VDI-smernic 3471 in 3472). Prezračevalni jaški naj bodo na višini vsaj 1,5 m nad slemenom. Zaradi širjenja neugodnih vonjav v bližnje stanovanjske soseske, pa je smiselno zagotoviti še višji nivo emitiranja emisij iz jaškov, s čimer se doseže da se „oblak“ odpadnega zraka nemoteno razširi preko območja. K dviganju „oblaka“ z neugodnimi vonjavami lahko pripomore tudi višja izstopna hitrost zraka. Načrtovanje odvoda odpadnega zraka pa ne sme potekati po enotni shemi, če so v neposredni okolici tokovne ovire (n.pr. sleme, strehe, drevesa) na privetni, ali vetrni strani hleva, ki bi ovirale tok odpadnega zraka. Jaški za odpadni zrak nikakor ne smejo biti pokriti. Za orientacijo naj bo učinkovita višina vira najmanj 10 m nad tlemi oziroma vsaj 3 m preko nivoja ovir, ki so oddaljene 30 do 50 m. Taki ukrepi so smiselni le v kritičnih situacijah v kraju in na obrobju, kjer se ne more upoštevati razmakov po smernicah. V posameznih primerih pa so tudi ventilatorji v stranskih stenah še dopustni, vendar le, če prezračevanje poteka na strani hleva, ki je obrnjen stran od naselja, ali k vegetaciji.

5.4.6 Ukrepi za zmanjševanje emisij iz živinorejskih objektov z naravnim prezračevanjem

Ker so pri hlevih z naravnim prezračevanjem pogoji odvajanja zraka zelo kompleksni, so študije o zadrževanju emisij in učinkov imisij možne le s postopki računanja. Raziskave kažejo, da so hlevski sistemi odprtega tipa z velikimi stranskimi prečnimi rezi in slemenskimi režami, kot možnimi odprtinami na pročelju, glede na učinke imisij v okolju ugodnejši kot primerljivi hlevi z zračenjem s prisilnim vlekem (hlevi z ločenimi funkcijskimi območji, Louisiana hlevi) ustrezajo stališču tehnike in so ovrednoteni z najmanj 100 točkami terminologije VDI-smernic 3471 in 3472 (Krause in sod. 1997).

5.5 Avstrijske smernice za ocenjevanje imisij iz „zreje živali in iz hlevov“

(Vir: KTBL Arbeitspapier 244, 1997)

Avstrijske smernice za ocenjevanje imisij iz zreje živali in iz hlevov so konsekvantno izpopolnjen razvoj VDI 3473 (Schauberger in sod., 1997). Osnova smernic je vonjalno število, kot zmnožek števila živali s faktorji vrst živali, zračenja, odgnojevanja in krmljenja. Iz vonjalnega števila se določijo varnostni odmiki, ki se ustrezno povečujejo ali zmanjšujejo, lahko tudi v odvisnosti od rože vetrov, odstotka letnih ur obremenjevanja z neugodnimi vonjavami, terensko-klimatološkega ovrednotenja in prostorskih faktorjev (kategorija področja). Avstrijske smernice (OERL) omogočajo možnosti ocenjevanja nastajanja imisij v okolici imitiranja in na podlagi tega določanje varnostne razdalje - odmikov. Postopki za določitev varnostnih razdalj se delijo na tri dele: v prvem delu je za širjenje neugodnih vonjav določeno vonjavno število G , v drugem delu je ocenjevana situacija širjenja neugodnih vonjav na podlagi pogostnosti smeri vetra, kot oroSlikaska situacija, v tretjem delu je določena upravičenost varstva določenega okolja obremenjenega zaradi širjenja neugodnih vonjav.

5.5.1 Izračun vonjalnega števila G

Pri izračunu vonjalnega števila G se upošteva število živali Z , specifični faktor za živali F_z , in agrarno tehnična ocena, oziroma agrarno tehnični faktor F_{IT} .

Vsaka vrsta živali ima specifičen vonj, ki ga človek zazna na različne načine. Neprijetnost tega, po načinu specifičnega vonja, je povezana z načinom in intenziteto zreje. Opredelitev neprijetnosti vonjav se določi z živalsko specifičnimi vonjalnimi faktorji za živali F_z , ki omogočajo kvantitativne in kvalitativne ocene obremenjenosti z neugodnimi vonjavami (Stuber in Leinbacher 1974, Schauberger in sod. 1997). S faktorjem, ki bi upošteval vse vrste živali in vzrejne pogoje, bi bilo mogoče presojati kmetijske obrate z različnimi vrstami živali oziroma usmeritve kmetijskega gospodarstva.

F_z (Tabela 7) upošteva maso živali in zaradi presnove pogojene vonjavne emisije, katerim se neposredno prištejejo tudi količine nastalega blata in urina ter vonjave, ki se oddajajo preko povrhnjice kože ali dihanja.

Pri določanju specifičnega faktorja za živali se med drugim upošteva tudi kvantiteto in kvaliteto (sprejemljivost) vonjav.

Za oceno obremenjevanja okolja z neugodnimi vonjavami je potrebna tudi agrarno tehnična ocena, ki se določi z združitvijo dejavnikov vrste zračenja (L), odgnojevanja (E) in krmljenja (F) v živinorejskih objektih, kar se definira kot agrarno tehnični faktor.

Tabela 7: Specifični faktor za živali F_s . Specifični faktorji za živali so odvisni od vrste živali in pogojev vzreje (po Schauberger in sod. 1997)

Vrsta živali in vzrejni pogoji	Območje vrednosti F_t
Svinje (prašiči)	0,10 - 0,33
Perutnina	0,010 - 0,030
Govedo	0,10 - 0,25
Ovce	0,05 - 0,08
Koze	0,10 - 0,16
Konji	0,12 - 0,17

Agrarno tehnična presoja živinorejskega objekta torej zajema vsa tista tehnična območja v hlevu, ki bistveno vplivajo na nastanek vonjavnih snovi. K temu se prišteva zračenje, odgnojevanje hleva in prehranjevanje (Tabela 8). Zračenje hleva f_L je ovrednoteno z načinom (prosto zračenje oziroma prisilno zračenje), kot tudi z ureditvijo odprtin za dovajanje in odvajanje zraka ter hitrostjo odvedenega zraka. Pri odgnojevanju f_E je upoštevan čas zadrževanja blata v hlevu, manipulacija in skladiščenje gnoja. Razvoz gnoja na poljedelske površine v vrednotenju ni upoštevan. Ocenjen je tudi vonj krme in njena predpriprava f_F in manipulacija.

Agrotehnični faktor f_{LT} je torej seštevek vrednosti faktorjev zračenja f_L , odgnojevanja f_E in prehranjevanja f_F :

$$f_{LT} = f_L + f_E + f_F$$

Če o živinorejskem objektu ni razpoložljivih informacij, ki bi omogočale agrotehnično ovrednotenje, se agrotehnični faktor f_{LT} oceni z vrednostjo 1. S tem je zagotovljeno, da se lahko tudi pri manjkajočih informacijah približno oceni intenzivnost emitiranja neugodnih vonjav. Če je v hlevu več različnih funkcijskih območij iste vrste živali (n.pr. ležalne, krmilne površine oziroma površine z gnojem), katerim je pripisati različne agrotehnične faktorje, se faktor f_{LT} določi za vsako področje posebej in preračuna v srednjo vrednost.

V izjemnih primerih obstoji možnost posebnega ovrednotenja zmanjšanja ustreznega faktorja oziroma skupnega agrotehničnega faktorja, kolikor so uvedeni ukrepi, ki dolgotrajno ali trajno zavirajo sproščanje vonjav v omenjenih področjih. Vrednotenje takih ukrepov mora opraviti strokovna služba.

Tabela 8: Kriteriji za faktorje pri ocenjevanju oddajanja neugodnih vonjav glede na opremljenost hleva (po Schauburger in sod. 1997)

Kriterij ocenjevanja		Faktor
Prezračevalni sistem (f_L)	Vrsta zračenja	
	Naravno zračenje	0,50
Odgnojevanje (f_E)	Aktivno zračenje	0,10 - 0,45
	Geometrija vodenja zraka v notranjosti hleva glede na skladiščenje gnoja	
	Perutnina	0,17 - 0,30
Prehranjevanje (f_F)	Prašiči, govedo, ovce, koze, konji	0,10 - 0,27
	Vrsta prehranjevanja	
	Suho	0,05 - 0,10
	Mokro	0,05 - 0,20

5.5.2 Ocenjevanje krajevnih, meteoroloških in orografskih pogojev, pomembnih pri širjenju neugodnih vonjav

V ocenjevanje meteoroloških pogojev indirektno sodi preučevanje razmer vetra na celotnem območju in lokalne razmere vetra, ki predstavljajo orografijo okolice.

Za določitev vetra je potrebna meteorološka ekspertiza. Ta vsebuje pogostnost vetrovnosti in smeri vetra na področju živinorejskega obrata, posebno v toplejših obdobjih leta, ko se emisije neugodnih vonjav širijo najintenzivneje. V splošnem so v ekspertizi navedene smeri vetra, za oceno, ki je osnova za opazovanje v bližnji klimatski postaji.

Temu sledi ocena konfiguracije zemljišča okolice živinorejskega objekta. Ocenjuje se, ali gre za relativno raven teren, lokacijo ob strmini ali dolino (Tabela 9). Te tri skupine (ravnina, strmina-breg, dolina) so ocenjevane glede na različne pogoje širjenja neugodnih vonjav. Na ravnini na širjenje neugodnih vonjav vplivajo poraščenost in zazidava v soseščini. Ob strminah in v dolinah je širjenje zopet drugačno.

Iz podatkov se določi meteorološki faktor f_M (med 0,6 in 1,0). K temu je dodana še vsota relativne pogostosti pojavov vetra in nastala ocena lokalnih razmer vetra po tabeli 9 v vseh glavnih osmih smereh vetra in je vključena oziroma izračunana v meteorološki faktor.

Ocenjevanje krajevnih pogojev je med drugim pomembno tudi zaradi razporeditve področij glede njihove upravičenosti zaščite pred imisijami. Razporejanje poteka ob določitvi kategorij namembnosti in uporabe zemljišč v načrtih o namembnosti in zazidalnih načrtih. Generalno varstvo pred imisijami je zagotovljeno s tem, da je na področju dopustna gradnja po namembnosti in načinu uporabe samo določenih zgradb in tipov objektov. Zahteve za določitev upravičenosti varstva pred imisijami so bistveno višje na stanovanjskem kot na kmetijskem področju in v tem spet višje kot na zelenih področjih (vse površine, ki niso namenjene gradnji in prometu).

Tabela 9: Kriteriji za oceno krajevne situacije širjenja neugodnih vonjav na podlagi lokalnih podatkov o vetrovnosti (po Schauberger in sod. 1997)

Orografska situacija	Točke
Ravno, vetrovno izpostavljeno zemljišče	
Brez ovir v okolici hleva	0 - 10
Ovire v okolici hleva	10 - 20
Hlev ob strmini	
Pobočje-navzdol, dolina-navzdol (ponoči)	20 - 60
Pobočje-navzgor, dolina-navzgor (dan)	0 - 20
Hlev v dnu doline (ozke doline)	
Smer: pobočje-navzdol dolina-navzdol (ponoči)	20 - 70
Smer: pobočje-navzgor dolina-navzgor (dan)	0 - 20
Hlev v dnu doline (široka dolina)	
Smer: pobočje-navzdol dolina-navzdol (ponoči)	20 - 60
Smer: pobočje-navzgor dolina-navzgor (dan)	0 - 20

To stopnjevano varstvo pred imisijami v posamičnih kategorijah namembnosti in uporabe poteka preko določanja varnostnih distanc s pomočjo veljavnih načrtov o namembnosti površin za deželo Avstrijo.

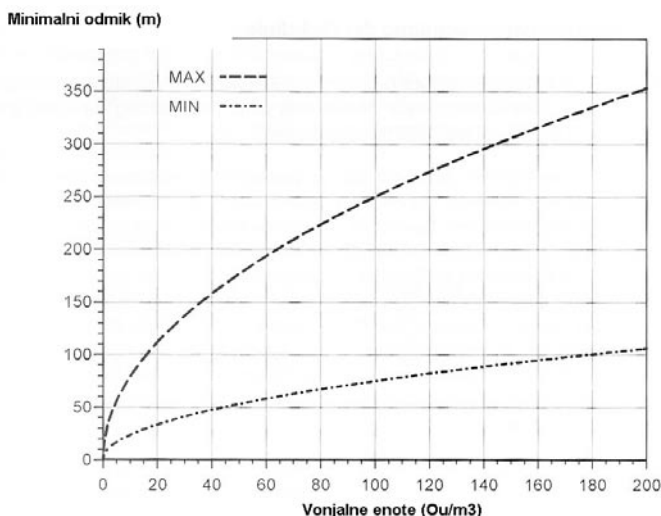
Varstvo pred imisijami je kvantificirano s prostorskim faktorjem F_R . Na področjih z največjo upravičenostjo varstva je prostorski faktor F_R največji in se ga določi z oceno 1,0. Na področjih z zmanjšano upravičenostjo faktorji znašajo od 0,7 oz. 0,5.

Znotraj poljedeljskih področij ni določenih smernic za prostorski faktor. Pričakovane imisije so ocenjene s pomočjo kvalitativnih kriterijev in namembno pogojenih tipičnih in običajnih vplivih reje živali na razvoj neugodnih vonjav.

5.5.3 Izračun za varstvene razdalje

Pod pojmom "varstvena razdalja" razumemo tisto s smernicami določeno razdaljo, ki pomeni obvezni odmik živinorejskih objektov od naselij. Določanje temelji na vonjalnem številu G , ki predstavlja oceno in upošteva meteorološke in krajevne klimatološke pogoje, ki vplivajo na širjenje neugodnih vonjav f_M . Upošteva se prostorski faktor F_R , se varstveni odmik obračunva s pomočjo sledeče formule:

$$S = 25 \cdot f_M \cdot f_R \cdot G$$



Slika 17: Maksimalni in minimalni varstveni odmik S v odvisnosti vonjalnega števila G (po Schaubeger in sod, 1997).

5.5.4 Primerjave ocen lokacij

V kmetijskih območjih je zreja živali dopustna. Zato so v teh območjih dovoljene višje še dopustne imisije kot v stanovanjskih naseljih. Mnogokrat med rejci ni "varnostnih razdalj" (Slika 17). Ker pa se pravica sosedov za varstvo pred imisijami prične na meji zemljišča, navodila za varstvene razdalje v takih situacijah določajo, da tudi na samih kmetijskih področjih, ki so sicer primarno določena za tovrstno prostorsko ureditev, lahko določena zreja živali ni mogoča.

5.6 Pravni red na področju presoje vplivov na okolje v R Sloveniji

Odkar sta bili sprejeti Uredba o mejnih, opozorilnih, in kritičnih emisijskih vrednostih snovi v zraku (Ur.l.RS 73/94) in Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur.l. RS 73/94) se je zakonodaja na področju varovanja okolja - še posebno zraka - razširila še na v letu 1996 sprejeti Uredbi o vrstah posegov v okolje, za katere je obvezna presoja vplivov na okolje in Navodilu o metodologiji za izdelavo poročila o vplivih na okolje. V letu 1994 je bil izdelan tudi osnutek Uredbe o emisijah vonjav v zrak, ki zaenkrat še ni v veljavi.

Prvi dve uredbi se nanašata predvsem na emitente snovi v zrak, medtem, ko gre pri urejanju regulative posegov v okolje za celovito analizo onesnaževanja okolja. Pereča problematika, ki zadeva onesnaževanje zraka, tal, vode in drugega okolja iz različnih emitentov kot so industrija, vodno gospodarstvo, kmetijstvo, energetika in izkoriščanje rudnin ter kamnin, promet in zveze, proizvodnja kemikalij, proizvodnja hrane in pijač, odlaganje odpadkov in čiščenje, navaja na skrb glede posegov v okolje, za katere je presoja vplivov na okolje nujno potrebna. Uredba o obveznih presojah vplivov na okolje določa stopnjo onesnaženja, ko je pri posegih v okolje potrebno ugotoviti njihovo sprejemljivost z vidika vseh dejanskih in možnih obremenitev okolja ter predvidljivih posledic za okolje. Pod odrejenimi pogoji, presojevalci, ki so pridobili pooblastila (Ministrstvo za okolje in prostor) za presojevanje okolja in so lahko fizične ali pravne osebe, v svojih poročilih opisujejo in ocenjujejo oceno dejanskega stanja okolja in njegovih sestavin, značilnosti posega, pričakovanih vplivov na okolje, predvidenih okoljevarstvenih ukrepov in pričakovanih sprememb okolja. Končno se ovrednoti vplive posegov na okolje in sprejemljivost obremenitev in sprememb okolja.

Z vidika onesnaževanja se vplive na okolje vrednoti predvsem na:

- emisije plinastih, tekočih ali trdnih snovi v zrak, površinske vode, podtalnico, ali v tla,
- emisijo vonjav,
- emisije hrupa, ionizirajočega in elektro-magnetnega sevanja ali toplote,
- nastajanja odpadkov.

Med drugimi elementi so izpostavljene presoje emisij plinastih snovi v zrak, kot so NH_3 , CO_2 in neugodne vonjave, za katere – še posebej za emisije neugodnih vonjav v R Sloveniji še ni ustrezne zakonodaje (razen uredbe o emisijah snovi iz nepremičnih virov onesnaževanja), ki bi omogočala ustrezno presojo vplivov na okolje. Osnutek Uredbe o emisijah vonjav v zrak iz leta 1994 določa mejne vrednosti imisij in emisij vonjav, kot tudi stopnje zmanjševanja emisij vonjav in druge ukrepe v zvezi z emisijami in imisijami vonjav. V osnutku so neugodne vonjave definirane kot znane za posamezne snovi in neznane za mešanice snovi, ki jih organoleptično zazna na pragu vonja ($1 \text{ vonjalna enota EV v mg/m}^3$) olfaktorni organ panelista. Definirana je koncentracija vonjav v EV/m^3 in pretok vonjav v Qod , ki je izračunan kot produkt koncentracije Cod in volumskega pretoka odpadnih plinov v Φ_v . Enota je EV/h .

$$\text{Qod} = \text{Cod} \cdot \Phi_v$$

Osnutek navaja tudi postopek meritev neugodnih vonjav z olfaktometrijo in omenja hedoničnost učinka vonjav, kot občutek, ki ga povzročajo vonjave v določeni koncentraciji.

V nadaljevanju so opisana še mesta in emitenti neugodnih vonjav za katere bi obvezno veljala odredba, med katerimi so na prvih mestih naprave za predelavo surovin in živil živalskega izvora, skladiščenju in sušenju gnoja, hlevi, klavnice, kompostirnice, skladišča odpadkov idr.. Mejno koncentracijo vonjav v okolici virov predstavlja 1 EV/m^3 . Osnutek konkretno navaja nekatere kemične snovi s posebno močnim hedoničnim učinkom kot so C_2S , H_2S , stiren, tetrakloretilen in toluen in še dovoljene njihove najvišje koncentracije v zraku. Če so te presežene je okolje čezmerno obremenjeno. Za urbane sisteme prostora se za čezmerno obremenitev okolja posameznega vira šteje, če izmerjene ali pričakovane koncentracije vonjav, ne glede na stopnjo hedoničnosti, presegajo mejno koncentracijo 1 EV/m^3 več kot 15% letnega časa. Ocene in standardi za mejne koncentracije vonjav se izdelajo skladno s smernicami VDI 3940, 3883/zv.2, 3782/zv.4. Pomemben del vsebine osnutka je navodilo za ravnanje v smislu zniževanja širjenja neugodnih vonjav.

.....

Pri obdelavi in predelavi surovin in živil živalskega izvora se zahteva proizvodnjo pri:

- ustreznem podtlaku,
- uporabi čistilnih naprav za zrak in odpadne pline,
- shranjevanje surovin in proizvodov iz katerih se širijo neugodne vonjave v zaprtih posodah in hladilnicah.

Pri sušenju gnoja in skladišč gnoja je potrebno:

- uporabljati zaprta skladišča in prostore,
- uporabljati čistilne naprave za odpadne pline.

Pri kompostiranju je potrebno:

- uporabljati zaprte kontejnerje za sprejem odpadkov,
- uporabljati biofiltre,
- uporabljati usedalnice, prepove se uporaba precdnih vod za vlaženje komposta.

Pri praženju kave, žita in kakava:

- delo in skladiščenje v zaprtih prostorih,
- uporaba čistilnih naprav.

Pri dimljenju mesa in rib:

- uporabljati čistilne naprave za odpadne pline iz peči.

Osnutek uredbe predvideva še naslednje ukrepe:

- obvezno upoštevanje razdalj med objekti (prašičerejski, perutninski hlevi...), ki emitirajo neugodne vonjave, od obstoječih ali načrtovanih naselij,
- uporabo čistilnih naprav in skladiščenja v zaprtih prostorih za klavnice.

6 MERILNI POSTOPKI ZA DOLOČANJE NEUGODNIH VONJAV

(Vir: KTBL Arbeitspapier 260, 1998)

Modeliranje in predvidevanje širjenja neugodnih vonjav varujejo okolje pred pretiranimi emisijami. Modeliranje je pomembno predvsem iz vidika napovedi kako intenzivno lahko določen vir emitira neugodne vonjave, neposrednih meritev in določanja koncentracij pa se z izračuni ne da določiti. Za neposredne meritve se uporabljajo različne metode in postopki. Postopke za meritve neugodnih vonjav se splošno deli v dva postopka:

- **Senzorski merilni postopek**
- **Analitični merilni postopek**

Največkrat uporabljeni tehnični senzorski merilni postopki temeljijo na subjektivnih podatkih ocene preizkuševalcev - panelistov o koncentraciji in intenzivnosti vonja ter hedoniki vonja v postopkih olfaktometrije. S plinsko kromatografsko spektrofotometrijo GCMS (gas chromatography spectrofotometry) je mogoče določati posamezne komponente v spojinah neugodnih vonjav. Medtem pa so analitične metode, ki vključujejo »elektronski nos« zaenkrat še v razvoju. Važno vlogo ima pri vseh merilnih postopkih način odvzema vzorcev, ki v veliki meri vpliva na kvaliteto in zanesljivost rezultatov.

6.1 Senzorski merilni postopki

6.1.1 Olfaktometrija

Najbolj razširjena in uporabljana metoda za primerjalno vrednotenje vonja je olfaktometrija - senzorski postopek meritev.

Da se lahko izvede meritev mora biti zadoščeno naslednjim osnovnim pogojem:

- izbrana morajo biti ustrezna in reprezentativna mesta jemanja vzorcev,
- sistem jemanja vzorcev mora biti nevtralen in standardiziran,
- nevtralna in za molekule neugodnih vonjav neadsorbivna mora biti vzorčna posoda ali vrečka za zbiranje vzorca zraka,
- vonjalni preizkus mora biti opravljen najkasneje v 30 urah po odvzemu (evropski standardni osnutek CEN/TC 264WG2/N 222/e; maj 1997. (EN 13725, 2000),
- naprava za merjenje vonja mora biti standardiziran olfaktometer.

Olfaktometrija je merilna tehnika za ocenjevanja vonja, ki ga določajo preizkuševalci - panelisti s pomočjo olfaktometra, aparata za meritve neugodnih vonjav. Njihove ocene pomenijo prag zaznavanja vonja v različnih mešanicah čistega zraka z vzorci zraka z neugodnimi vonjavami. Med razvojem olfaktometrije sta se oblikovala dva osnovna tipa meritev in sicer na podlagi statičnega in dinamičnega razredčevanja vzorčenega zraka (z vonjem) s čistim zrakom (brez vonja). V praksi se je pokazal za mnogo bolj uporabnega drugi - dinamični tip olfaktometrije.

Z olfaktometrijo, ki torej vključuje olfaktometer in ocenjevalce, je tako mogoče določiti koncentracijo, intenzivnost in sprejemljivost – ofenzivnost vonja. Merilne postopke, v katerih so uporabljena vonjalna čutila kar so nosovi panelistov in služijo kot kot senzor, imenujemo olfaktometrija. Olfaktometrični merilni postopki so se razvili predvsem ob spoznanju da analitični postopki (elektronski nos) še ne ustrezajo za dovolj natančno ocenjevanje vonjav (Padduch, 1995). V nasprotju z analitičnimi merilnimi postopki preizkuševalci - panelisti ne vrednotijo neugodne vonjave v vzorčnem zraku samo količinsko, temveč neugodne vonjave tudi vrstno kvalificirajo (Padduch, 1995).

Število panelistov po možnosti naj bo veliko (8-15), kar omogoča statistični izračun in poveča natančnost meritve. Pri izbiri preizkuševalcev za olfaktometrijo je treba paziti, da so stari 18-50 let in njihova vonjalna sposobnost ni občasno ali celo trajno okrnjena. Njihovo vonjalno čutilo – nos, mora biti izbrano kot povprečno, oziroma reprezentativno, kar pomeni skrben predhodni izbor panelistov. Pri olfaktometrijskih meritvah je potrebno posebej paziti, da se izognemo vplivom, ki bi lahko vplivali na čutila zaradi česar je potrebno izključiti vse možnosti adaptacije. Zato naj panelisti neposredno pred (30 minut) in med olfaktometrijskimi meritvami ne uživajo hrane. Panelisti in vodje meritev ne smejo uporabljati intenzivnih sredstev za telesno nego, oziroma kozmetiko in niso presiti, lačni, ali pretirano prizadeti zaradi hormonalnih ali drugih vplivov. Vrsta zaporednih olfaktometrijskih meritev naj ne preseže 30 minut, da se izključi utrujenost panelistov (VDI 3881, Zv. 1. in 4.; VDI 3882, Zv. 1).

Način delovanja olfaktometra temelji na tem, da vonjalna meritev poteka z natančno določenimi in ponovljivimi redčitvami zraka z neugodnim vonjem in čistim zrakom brez vonja. Panelisti ocenjujejo vsako razredčevalno stopnjo.

Z olfaktometerom (Fotografija 1) lahko določimo:

- koncentracijo vonjalnih snovi,
- intenzivnost vonjalnih snovi,
- hedonski učinek vonja.



Fotografija 1: Olfaktometer (Project Research Amsterdam)

6.1.2 Določanje koncentracij neugodnih vonjav v zraku

Koncentracija vonjalnih snovi (O_u/m^3) je določena na način, da se koncentracija razredčenega vonjalnega vzorca v mešanici s čistim zrakom povečuje po stopnjah do meje praga zaznavanja panelistov, ko vonj pri določeni koncentraciji zaznajo vsi panelisti (prag zaznavanja). Koncentracija neugodnih vonjav se določi na podlagi ponavljajočega preizkušanja panelistov večkratnega razredčevanja vzorca zraka z neugodnimi vonjavami v tistem trenutku, ko dobi 50% panelistov vtis, "vonjam nekaj", s čimer se določi njihov prag zaznavanja vonja (VDI 3881, Zv. 1).

Princip dela pri meritvi temelji na testirančevem merjenju praga zaznavanja na dveh kanalih - vonjalnih čašah olfaktometra. Na eni izhaja čist, na drugi zrak z neugodnim vonjem. Četudi panelist v določenih koncentracijah vonja še ne zazna, se mora slepo odločiti iz katerega kanala - čaš izhaja vonj po metodi "prisilne odločitve" (Forced choice method). V kolikor vonj na katerem izmed kanalov zazna, potrdi svoj odgovor. Na ta način ima panelist 50% možnost, da ugame pravilni odgovor, poleg tega nato odgovarja še, v kakšni meri je v svojo odločitev gotov in sicer: 1 ugibam, 2 ne morem se odločiti, 3 prepričan sem v odločitev (Fotografija 2).



Fotografija 2: Kanala-čaši olfaktometra (Project Research Amsterdam)

Stopnja panelistove odločitve je del kalkulacije za končni izračun koncentracije vonja. Na podlagi različnih redčitev vzorčenega zraka z vonjem, s čistim zrakom in ocenjevalčevih odgovorov o gotovosti glede svojega odločanja, je nato mogoče statistično izračunati vrednost, ki odgovarja koncentraciji vonja v vzorčenem zraku, izraženi z vonjalnimi enotami na kubični meter zraka (Ou/m^3). Ta odgovarja geometrični sredini med različnima razredčitvama zraka z vonjem s čistim zrakom, ko panelist vonja še ni zaznal in ko je ga je zaznal (prag zaznavanja) in sicer:

$$Z = a + b * \ln V$$

kjer je:

- Z** = neodvisna variabla standardne (kumulativne) frekvenčne distribucije
- V** = razredčitev (razmerje vzorca zraka z vonjem in čistega zraka) v olfaktometru
- a** = številka kanala-vonjalne čaše na olfaktometru, kjer je bil zaznan vonj
- b** = stopnja panelistove gotovosti v odločitve

Zaradi statistično pravičnega vrednotenja rezultatov in njihove primerljivosti, sta v olfaktometriji zelo pomembni obnovljivost meritev **R** - reproducibilnost, ki pomeni, da si bosta enaki dve meritvi pri uporabi enake metode merjenja, identičnega vzorca, pod različnimi pogoji v laboratoriju in ponovljivost meritev **r** - repetibilnost, ki pomeni, da si bosta enaki dve meritvi pri uporabi enake metode merjenja, identičnega vzorca, pod enakimi pogoji v laboratoriju.

Obnovljivost meritve je zelo pomembna pri primerjavi olfaktometričnih meritev med različnimi laboratoriji, ponovljivost pa je pomembna za meritve v istem laboratoriju. Da so rezultati emisij neugodnih vonjav primerljivi, morajo biti poleg olfaktometra in metod merjenja, s standardi določeni tudi pogoji za laboratorije za olfaktometrične meritve. Med zahtevanimi standardi je uporaba referenčnih plinov žveplovodika H_2S in n-butanola, na podlagi katerih se določi prag zaznavanja panelistov. Z njima se izvrši predizbor preizkuševalcev-panelistov, istočasno ju je mogoče uporabiti za objektivno primerljivo uravnavo različnih tipov olfaktometrov in na tak način meriti primerljive rezultate. Obvezna je tudi vsakoletna umeritev vsakega olfaktometra. Seveda mora biti primerno izučeno tudi tehnično osebje, ki bo izvajalo meritve.

Empirični merilni postopek - olfaktometrija, je torej osnova za standardizacijo intra- in medlaboratorijske krožne primerjave (Ring testi), katere najpomembnejša sta primerljivost in ponovljivost postopka. Gre za primerjavo rezultatov ponovitev meritev in primerjavo standardne deviacije rezultatov meritev. Ponovitevna standardna deviacija prikazuje odstopanje merilnih rezultatov pri ponovljenem poskusu pri merjenju z isto skupino preizkuševalcev - panelistov. S pomočjo primerjalne standardne deviacije pa se izračuna odstopanja merilnih rezultatov poskusa ob merjenjih z različnimi skupinami panelistov. Skozi večje število ponovitev se občutno zmanjša srednja vrednost razlik, rezultat je statistično relevantnejši.

Posebno pozornost je v olfaktometriji potrebno posvečati tudi panelistom. Kot kažejo krožni poskusi navade kadilcev in spol panelistov nimajo nobenih značilnih vplivov na merilne rezultate. Vsekakor pa na občutljivost vpliva starost panelistov (Bahnmüller, 1984, Thiele, 1984). Glede na to, da so panelisti ključne osebe pri olfaktometriji, je zelo pomembna njihova izbira. Za izbiro obstoje strogi izbirni kriteriji. Navadno pri meritvi sodeluje 8-10 panelistov, izbranih iz večje populacije. Najbolje pri izbiri je, da so osebe polovica ženskega in polovica moškega spola v starosti med 20 in 30 let. Izbrani so na podlagi predhodnega olfaktometričnega testa z referenčnim plinom kot je določen za paneliste ($123 \mu\text{g}$ n-BUTANOL).

Pomemben je tudi zadosten volumski tok zraka, ki se pri postopku izvajanja olfaktometrije panelistu "predvaja" v oceno. Če je tok zraka prenizek, lahko na subjektivnost panelistove ocene vpliva tudi ozračje v laboratoriju, prevelik tok zraka pa lahko oslabi panelistovo čutno zaznavnost. Vpliv na določanje vonjalnih valov ima tudi dolžina faze vdih. Upoštevati pa je potrebno tudi odmor med posameznimi meritvami, ki mora trajati več kot eno minuto, da se prepreči adaptacija (Thiele 1984, Bahnmüller 1984).

6.1.3 Določanje intenzivnosti in hedoničnosti neugodnih vonjav v zraku

Pri določanju intenzivnosti in hedoničnosti vonjav so panelistom predstavljeni različno močno razredčeni vonjalni vzorci, tako tudi vzorci s čezmernimi koncentracijami vonjalnih snovi v naključnem zaporedju. Vzorce ocenjujejo panelisti s pomočjo sedemstopenjske lestvice (Tabela 1). Rezultat je premica v logaritmičnem merilu, ki predstavlja povezavo intenzivnosti in koncentracije vonjalnih snovi. Na ta način se lahko izvaja determinacija neugodnih vonjav v okolici vira s terensko metodo. Metodologija zbiranja in analize podatkov poteka v skladu z vodilom VDI 3940 - Determination of Odorants in Ambient Air by Field Inspections, ki zajema:

1. določitev območja, ki ga z neugodnimi vonji obremenjuje vir,
2. določitev intenzivnosti neugodnih vonjev,
3. določitev dolžine časa prisotnosti neugodnih vonjev.

Terensko ugotavljanje prisotnosti in jakosti neugodnih vonjev poteka z omejitvijo trajanja meritve na 24 h. Vsaka posamezna meritev traja 10 minut. Vsakih 10 s panelisti zabeleži trenutno prisotnost neugodnih vonjev. Vnos in statistična obdelava podatkov se pripravi v skadu z VDI 3940.

Hedoničnost se določa tako, da se testirancem izpostavi čezmerno močno razredčene vonjavne vzorce v naključnem zaporedju. Pri tem panelisti ocenjujejo kvaliteto vonjavnega vzorca s pomočjo devetstopenjske skale (Tabela 2, stran 17).

6.1.4 Določevanje vonjalnega volumskega toka in faktorja vonjalne emisije

Koncentracije vonjalnih snovi so lahko kriterij za aktualno obremenitev situacije v hlevu, oziroma pomembne za kvaliteto hlevske klime. Ob intenzivnem pretoku emisij, le-teh ni mogoče trenutno definirati, ker se spreminjajo v vsakem trenutku. Njihova koncentracija je odvisna od volumskega pretoka zraka, zato so vonjalne snovi med seboj primerljive le takrat, kadar so zajete pri istem volumskem pretoku, isti vrsti živali in enakem zrejnem postopku.

Za medsebojno primerjavo vonjalnih emisij je zato potrebno upoštevati celotno živo maso živali v živalskih enotah (GVŽ - glava velike živali)). Ena GVŽ je definirana kot 500 kg žive mase ene živalske vrste. Tako je mogoče izraziti količinski pretok vonjalnih snovi tudi glede na enoto GVŽ, izražen kot vonjalni faktor emisije ($Ou/s\ GV\check{Z}^{-1}$) in imenovan specifičen tok vonjalnih snovi. Ker ima GVŽ pomemben vpliv na vonjavni emisijski faktor, je potrebno točno določanje - izračunavanje, kjer je upoštevan tudi volumski tok zraka.

Vonjalni ekvivalentni faktor f_{eq} je po VDI 3473 - E, količnik, določen na podlagi različnih vonjalnih emisijskih faktorjev (specifični vonjalni tokovi) vseh živalskih vrst. Vonjalno ekvivalentni faktor pove za kolikokrat se vonjalni emisijski faktor ene vrste živali razlikuje od zreje pitanih prašičev. Za zrejo pitanih prašičev namreč pomeni vonjalno ekvivalentni faktor $f_{eq} = 1$ (VDI 3473 - E). Vonjalno ekvivalentni faktor je posebnega pomena, ker omogoča obravnavo različnih vrst živali, odnosno mešani stalež glede na odmik v imisijsko varovanih razdaljah.

6.1.5 Vzorčenje zraka z neugodnimi vonjavami za olfaktometrijo

V olfaktometriji je preizkuševalec - panelist merilec vonja. Zato vzorčevani zrak ne sme biti strupen. Vzorci zraka morajo biti odvzeti na najbolj primernih mestih, pri čemer je potrebno v času vzorčenja upoštevati spreminjajoče se emisije vonja. Za vzorčenje zraka se uporabljajo vzorčevalne vreče iz kemično nevtralnega materiala (teflon, tedlar, nalofan) po standardih (EN) (Fotografija 3).



Fotografija 3: Vzorčevalna vreča (Project Research Amsterdam)

Zrak se lahko vzorči z določenih mest, ali s površin, kot je na primer sveže gnojena njiva. V prvem primeru se zrak z vonjem črpa neposredno v vrečo, posredno preko črpalk na podlagi negativnega tlaka, v drugem primeru so jemanju vzorcev namenjeni prenosni vetrovni tuneli, vzorčevalne nape in podobno. Z večjih površin se zrak vzorči tik nad površino zemlje, ali drugih površin in ob tem meri hitrost gibanja zraka (Fotografija 4). Odvzem vzorcev se v določenih primerih izvrši tudi s pomočjo večje zajemalne površine na vozilih. Tako imenovane mikrometeorološke metode vzorčenja temeljijo na vzorčenju z večjih površin.

Za ugotavljanje velikosti vonjalnega volumskega toka, kot tudi izračuna emisij, je potrebno poleg koncentracije vonjalnih snovi izmeriti tudi tok odpadnega zraka. Za odzračevanje hlevov se uporablja »prisilno prezračevanje«, ali »naravno prezračevanje«. V nasprotju s prisilnim zračenjem, pri katerem se zrak s pomočjo ventilatorjev aktivno odvaja iz hleva, se pri naravnem zračenju izmenjuje zrak, čemur pripomore vzgon.



Fotografija 4: Vzorčevalna napa za vzorčenje zraka s površine

Pri vseh sistemih prezračevanja je višina volumnskega toka odvisna od razlike v temperaturi in pri prostem prezračevanju bistveno odvisna tudi od meteoroloških pogojev (smer in hitrost vetra). Zato prihaja v hlevih do precejšnjih dnevnih in letnih nihanj volumnskega toka odpadnega zraka, še sploh iz razloga ker za prezračevanje živali potrebujejo veliko zraka. Poletni obrok potreb po zraku prekaša zimski obrok kar 10 kratno.

6.2 Analitični merilni postopki

Za kvalitativno, predvsem pa kvantitativno merjenje vonjalnih snovi se uporabljajo tudi različni analitski merilni postopki. Z analitskimi postopki se za razliko od senzorskih postopkov določa prisotnost in količine posameznih snovi v zraku. Analitične metode merjenja neugodnih vonjav so sprejemljive le pri meritvah takih virov emisij, ki emitirajo samo eno snov, ali v mešanicah kjer dominira enoten vonj s karakteristično substanco (Padduch, 1995). Prav tako se analitične postopke uporablja v primerih, kjer posamezne vonjave (n.pr. pri zreji živali-amoniak in žveplovodik) niso le nadležne, temveč tudi strupene (Vetter, 1988). Poleg znanih analitičnih postopkov kot so analize plamenskih ionizacijskih detektorjih (FID) plinskih kromatografih (GC), in drugih, se v prihodnosti obeta tudi uvajanje elektronskih postopkov analitičnih meritev (elektronski nosovi).

6.2.1 Meritve na plamenskih ionizacijskih detektorjih (FID) in plinskih kromatografskih (GC)

Pri anaerobni razgradnji gnoja se na primer razvija več kot 170 hlapnih substanc, ki sestavljajo neugoden vonj. Večinoma so to produkti žvepla kot produkta aminokislina cisteina in metionina, lahko hlapnih maščobnih kislin, kot so etanojska, propanojska, butanojska, 2-metil propanojska, 3-metil butanojska i pentanojska kislina, fenola in indola, kot produkta mikrobiološke razgradnje tirozina,

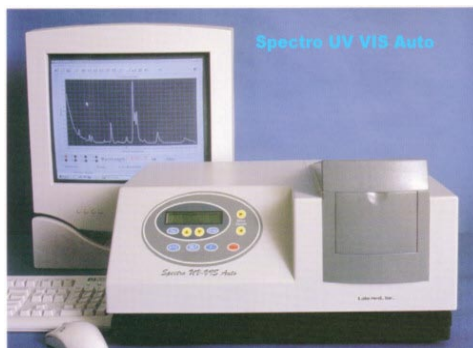
hlapni amini in amoniak. Za določevanje posameznih snovi se uporabljajo analitične kemijske metode, kjer določanje lahkih komponent običajno temelji na ločevanju spojin s plinsko kromatografijo in detekciji z masno spektrometrijo. S plinsko kromatografijo se ločuje komponente, ki so hlapne v območju od 50°C do 400°C. Običajno so to manjše molekule, ker večje, pri takih pogojih, razpadejo še preden pridejo čez »merilno« kolono plinskega kromatografa.

Tekoč vzorec se vbrizga v injektor, ki je segret na visoko temperaturo. Vzorec izhlapi in nosilni plin (mobilna faza) ga odnese v kolono. Plinske vzorce (onesnažen zrak) se adsorbira na določen nosilec, le ta nato pod vplivom temperature odpareva v kolono. Kolona je lahko cev iz inertnega materiala, napolnjena z delci diatomske zemlje, prevlečenimi s tankim filmom stacionarne faze. Take kolone se imenujejo polnjene kolone. Za ločevanje emitiranih vonjav se uporablja kapilarne kolone. V tem primeru je cevka, običajno iz kremenovega stekla, prekrita s plastjo stacionarne faze. Ločevanje posameznih komponent temelji na neprestanem porazdeljevanju molekul prisotnih v vzorcu med mobilno in stacionarno fazo. Ker se različne spojine različno hitro porazdeljujejo, se različno dolgo zadržujejo v koloni (imajo različne retencijske čase) in se tako med seboj ločijo. Retencijski časi so za neko molekulo specifični in nam služijo za identifikacijo. Na izhodu iz kolone se posamezne frakcije komponente detektira z ustreznim detektorjem. Detektorji, ki se jih najpogosteje uporablja v kombinaciji s plinsko kromatografijo, lahko merijo toplotno prevodnost nosilnega plina, količino ionov, ki nastanejo ob sežigu komponent v vodikovem plamenu (FID- flame ionization detector) (Fotografija 5) ali spremembo števila elektronov, ko mimo izvora elektronov teče nosilni plin z ločenimi komponentami (ECD- electron capture detector).



Fotografija 5: FID- flame ionization detector

Za detekcijo in indentifikacijo spojin z intenzivnim vonjem se najpogosteje uporablja detekcija z masno spektrometrijo (Fotografija 6). Masni spektrometer na koncu kapilarne kolone, večkrat na sekundo posname masni spekter komponent, ki prihajajo skozi kolono in ga shrani v spominu računalnika.



Fotografija 6: Masni spektrometer

Po končani kromatografski ločbi je mogoče posamezne komponente identificirati in kvantificirati s pomočjo primerjave posnetih in shranjenih spektrov, s spektri v banki spektrov znanih substanc, ki je shranjena v računalniku. V literaturi se najde metode za korelacijo (vzporeditev) izmerjenih kemijskih parametrov (koncentracije) z intenzivnostjo in ofenzivnostjo vonja. Posamezni avtorji so izbrali različne markerske ali indikatorske spojine, ki so prisotne v gnojevki in v onesnaženem zraku v okolici. Za te spojine velja, da povečanje njihove koncentracije, pomeni hkrati tudi povečanje intenzivnosti in ofenzivnost vonja.

Kot markerji se zato najpogosteje uporabljajo hlapne maščobne kisline, fenol, p-krezol, skatol, očetna kislina in amoniak. Pri vrednotenju rezultatov je potrebno upoštevati, da se lahko pričakuje podobno emisijo neprijetnih vonjav le iz gnojek s podobno sestavo in pH, saj ta dva parametra bistveno vplivata na sestavo emitirane zmesi hlapnih komponent (Drobnič-Košorok Marinka, Dobeic Martin, 1995).

6.2.2 Elektronsko merjenje neugodnih vonjav

(Vir: KTBL Arbeitspapier 260, 1998)

Elektronsko merjenje neugodnih vonjav se izvaja s tako imenovanimi elektronskimi nosovi (Fotografija 7).



Fotografija 7: Elektronski nos

Med „elektronske nosove“ štejemo:

- polimere (veččlenske) – vonjalne senzorje,
- fotoionizacijske detektorje,
- umetne nosove (elektronski plinski senzorji, kemični plinski senzorji).

„Elektronski nos“ sestavljajo vrstni senzorji koncipirani za območje zaporednega merjenja posameznih komponent vonjalnih snovi. Skupek plinskih senzorjev, ki sestavljajo elektronski nos, predstavljajo podoben sistem kot ga predstavlja sistem vohalnih celic v nosu. Sistem voha v človeškem, ali živalskem nosu vključuje obdelavo merilnih podatkov v nevronalni mreži kot funkcijo možganov za dekodiranje psiholoških dražljajev vonjavnih celic, ki se oblikujejo kot vonjalni vtis.

Posebnost takega merilnega sistema je v tem, da se preizkuševalci-panelisti ob meritvah naučijo prepoznati isti dražljaj ene izmed neugodnih vonjav, zaradi česar pridobijo lastnost prepoznavanja vonjav, s katerimi so že bili v stiku. V tem primeru se lahko govori o zmožnosti učenja in treningu. Po podobnem principu je zasnovan tudi “elektronski nos”.

Za razliko od običajnih merilnih instrumentov so senzorji v „elektronskem nosu“ kompaktni, ceni, majhni integrirani elementi, koncipirani za zajemanje podatkov v večjih sistemih. Za vsa merilna območja je na razpolago veliko število senzorjev vseh vrst. Splošno so zahteve po točnosti teh meritev manjše kot pri specialnih merilnih aparatih. Senzorji so združeni v vrste (Array), katerih izmerjeni rezultati se z ustrežno kalkulacijo preračunajo v rezultat, ki predstavlja vrednost neugodne vonjave.

Posamezni senzorji reagirajo z različno jakostjo signala, eni z vonjavno, drugi s plinsko mešanico. Signalne jakosti so predstavljene v koordinatnem sistemu; dobijo se po izmerjeni mešanici različnih vzorcev. Kot rezultat sledi kvalitativno in kvantitativno določanje (Boeker, 2001).

V primerjavi z metodami, ki temeljijo na organoleptičnih zaznavanjih (olfaktometrija) izgleda merjenje z elektronskim nosom bolj praktično in hitrejše. Vendar je njegova občutljivost približno 10^3 krat manjša od občutljivosti človeškega nosu ali GC-MS analize.

Veččlenski vonjalni senzorji sestojijo iz 20 - 40 polprevodniških senzorjev, različnih periodičnih heterocikličnih snovi, iz skupine polipirolnih (prevodnih organskih polimerov) kemičnih substanc, ki s hlapnimi substancami neugodnih vonjav odreagirajo s spremembo elektroprevodnosti. Senzorji (chemoresistors) so narejeni tako, da je na zlata elektrode elektrokemijsko nanešena plast polprevodnika, na primer plast različno substituiranih polipirololov, ki so povezani v niz. Vsak polimer specifično reagira na različne pline ali hlape organskih spojin s spremembo prevodnosti.

Ti senzorji so visoko občutljivi za polarne molekule in imajo pri absorpciji molekul plinov neugodnih vonjav lastnosti povratne spremembe elektroprevodnosti. Odgovor, ko se zvezno meri prevodnost vsakega senzorja, povezanega v niz, ki je izpostavljen določenemu plinu ali zmesi plinov predstavlja nek specifičen vzorec (fingerprint, matrico) in se ga lahko opredeljuje šele na osnovi predhodnega umerjanja in kasnejše računalniške analize izmerjenega odziva. Slednji multisenzorski umetni nosovi so torej opremljeni z med seboj različno občutljivimi senzorji, ki omogočajo skoraj istočasno identifikacijo velikega števila vonjalnih snovi (20 - 40). Podobno kot človekovi vonjalni receptorji, ki so občutljivi le na omejen spekter vonjalnih snovi se odzivajo tudi vonjalni senzorji (receptorji) umetnega nosu, selektivno na vsakokratno vonjalno snov. Vsaka meritev v spominu »umetnega nosu« s tem pusti vzorec specialnega tipičnega vzorca receptorskih signalov (Göpel, 1994). Shranjeni podatki o predhodno izmerjenih vzorcih pri kasnejših meritvah pokažejo jasno

identifikacijo že znane snovi s katero je bil senzor v preteklosti že v stiku. Zato morajo biti analizirani vsi značilni podatki (karakteristike) različnih vonjalnih senzorjev in okarakterizirani s pomočjo vzorčno spoznavnega postopka ter ugotovljene soodvisnosti s človekovo vonjalno občutljivostjo. To pomeni, da se mora umetni nos »naučiti« vonjati (Hedderich, 1995). Za senzorje vonjalnih snovi, so uporabljeni elektronski, kot tudi kemični senzorji.

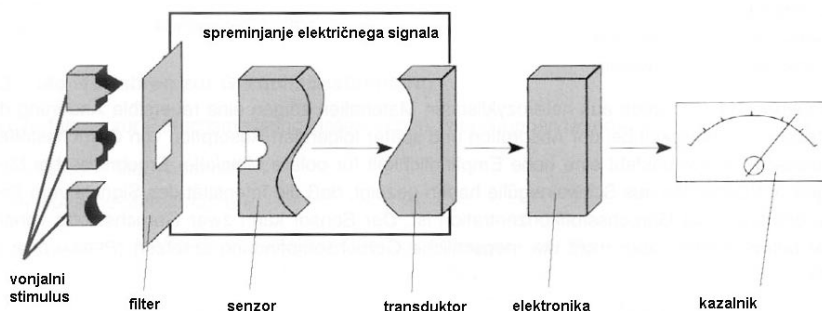
Senzorji sicer lahko med seboj ločujejo vonjavne snovi, ne morejo pa nadomestiti človekove občutljivosti (Persaud in sod. 1996).

Fotoionizacijski detektor se odziva na komponente neugodnih vonjav z ionizacijskim potencialom, ki je kot njegov energijski vir velik, ali majhen (vir svetlobe z 10^2 eV). Iz tega razloga v meritve ne morejo biti zajeti vodna para, metan in CO_2 . Senzor se odziva največ do 1000 Ou/m^3 , pri čemer ne more izmeriti višjih koncentracij vonjav.

Elektronski plinski senzorji

Elektronski plinski senzorji so opremljeni s selektivno (izločevalno) propustnimi mebranami, ki nadzorujejo dostop do železovo-oksidgega detektorja, ali v soodvisnosti od selektivnih vonjalnih snovi spremenijo svoj električni upor. Senzorji lahko dobro razlikujejo posamezne vonjalne snovi, vendar se odzivajo delno le ob zelo visoki koncentraciji (60000 Ou/m^3). Elektronski plinski senzorji so uporabni za kontrolo kvalitete zraka, pri sestavi tovornih vozil, proizvodnji hrane, v kemični industriji pa kot javljalniki ognja (McAvoy, 1996, Simond in sod., 1997).

Kemični plinski senzorji determinirajo vonjalne snovi po principu kemičnega ključavničarja (Slika 18). Po pravilu se uporabljajo kemični senzorji za kvantitativno določanje snovi (npr. kisik, amoniak in toksični ogljikov monoksid, ki je brez vonja), za določanje seštevka parametrov (npr. za identifikacijo gorljivih plinov v okolju – zaščita pred eksplozijo) in za kvalitativno določanje vonjav po možnosti objektivnih kriterijih (npr. ocena pivskih in tobačnih vonjav) (Göpel, 1994, Spichiger-Keller, 1997). Toda tudi pri kemičnih plinskih senzorjih obstaja problem določanja in identifikacije snovi z neugodnimi vonji, kot spojini mešanic posameznih komponent.



Slika 18: Shematska predstavitev modularno zasnovanega kemičnega senzorskega sistema (po Göpel, 1994)

6.3 Določevanje skupne količine organskih snovi TOC (Total Organic Compounds)

Neugodne vonjave so v živinoreji najpogostejše organske snovi, ki vsebujejo ogljik. Medtem, ko olfaktometrijske meritve prikazujejo le točkovne rezultate za koncentracije neugodnih vonjav, se lahko za določene primere uporabi "plamenski ionizacijski detektor" namenjen meritvam skupnih količin organskih snovi (TOC - Total Organic Compounds) v zraku, med drugim tudi tistih, ki sestavljajo snovi z neugodnim vonjem (Fotografija 8).

Vsekakor direktna povezava med vrednostmi vonjalnih snovi in TOC načelno ni dokazana, predvsem zato, ker je sočasno z vzorčenjem zajet tudi metan.

TOC v mg C/m³ kot konstanta določa vsoto organskih snovi. Je tipična vsota konstante, ki kvalitete posamičnih snovi ne upošteva.



Fotografija 8: Merilni detektor TOC

TOC vrednost lahko uporabimo kot merilo za karakterizacijo vonjalnih emisij le, če vonj izhaja iz organskih substanc, ki nastopajo v omejenem številu in ob tem niso prisotne nobene druge vonjalno aktivne organske substance. Neorganske vonjalne snovi kot na primer amonijak, imajo lahko doprinos k skupni koncentraciji, ne morejo pa biti zajete v TOC - meritvah, so pa glede na oceno vonjav, posebnega pomena. Po drugi strani je v meritve zajet tudi metan, ki nima vonjalnega učinka. Tudi vsota parametrov TOC-a, ki kaže množico v plinu razpršenih organskih ogljikovih snovi, nima specifičnih učinkov, ker število C-atomov v eni molekuli ni soodvisno s snovno specifičnim učinkom. Tako med drugim pade vonjalna intenziteta pri organskih kislinah z dodanim številom C-atomov v molekuli. Izjema je valerianska kislina, ki poseduje bistveno močnejši vonjavni učinek kot na primer maslena kislina (Von Ranson 1989, Jager 1993). Rezultati meritev TOC za določevanje intenzitete vonjalnih emisij niso dovolj ustrezni za določitev. Zato morajo biti vedno sočasno izvedene olfaktometrične in TOC-meritve.

7 NEKATERI PODATKI IN REZULTATI MERITEV NEUGODNIH VONJAV IZ LITERATURE PO VRSTAH ŽIVALI

(Vir: KTBL Arbeitspapier 260, 1998)

7.1 Perutninska zreja

Clarkson in sod. (1990)

Vrsta in kategorija živali: pitovni piščanci

Tehnologija: talna zreja

Število živali: 26.000 oz. 40.000 živali

Starost živali v obdobju raziskave: med 5 - 45 dan

Čas raziskave: 6 tednov

Število vzorcev: ni podatka

Ventilacija: aktivna-vertikalna

Olfaktometer: PRA

Tabela 19 : Rezultati meritev vonjav iz vzreje piščancev (Clarkson in sod., 1990).

ZREJNI SISTEM	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Pitovni piščanci Talna zreja	800 do 2400	-	-	Kapljično in skodeličasto napajanje
n _s = 1	300 do 600	-	-	
n _s = 3	300* do 2400**	-	105* do 630**	

GV = 500 kg žive mase živali

n_s = število preiskanih hlevov

* = pričetek zreje

** = zaključek zreje

(KTBL, 1991)

Vrsta in kategorija živali: kokoši-nesnice (zreja v kletkah)

Tehnologija: 2. hlev s tekočo gnojnico,

1. hlev s suhimi iztrebki

Število živali: ni podatka

Starost živali v obdobju raziskave : ni podatka

Čas raziskave: april, junij

Število vzorcev: 2 dni, vsakokrat po 6 do 8 vzorcev

Ventilacija: po 16 odzračevalnih jaškov in ventilatorjev v vsakem hlevu

Olfaktometer: TO 6-H4P

V hlevu s suhimi iztrebki je bil spomladi ugotovljen faktor vonjalne emisije 17 Ou/s GV^{-1} . V hlevu s tekočo gnojnico je bil spomladi ugotovljen faktor vonjavne emisije 89 Ou/sGV^{-1} in poleti 153 Ou/s GV^{-1} . Rezultati kažejo, da so faktorji vonjalnih emisij poleti višji kot pozimi, skupna ugotovitev pa je, da so v hlevu s suhimi iztrebki faktorji vonjavnih emisij občutno nižji.

Tabela 20: Rezultati meritev vonjav v hlevih za zrejo kokoši-nesnic s tekočimi in suhimi iztrebki (KTBL, 1991).

Datum	Ura	Jašek	T (°C)		Zunaj	Konc.entracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	
			Tekoči iztrebki	Suhi iztrebki		Hlev s tekočimi iztrebki	Hlev s suhimi iztrebki
24.04.91	9:00	7	19	22	9	121	85
	10:30	9	19	23	10	176	80
	12:40	3	19	22	10	235	152
	14:00	13	19	24	8	304	96
	15:30	4	19	21	8	488	156
	17:00	10	19	22	8	512	144
			Srednja vrednost			306 Ou/m ³ 270 Ou/m ³ *	116 Ou/m ³ 120 Ou/m ³ *
7.06.91	9:20	2	22	24	10	758	142
	10:40	4	22	25	11	813	152
	12.20	6	22	25	12	939	166
	13:40	15	22	23	13	558	140
	15:00	13	22	22	13	558	192
	16:20	10	22	22	13	627	222
	17:40	12	22	22	14	512	108
	19:00	8	22	22	13	488	121
			Srednja vrednost			657 Ou/m ³ 593 Ou/m ³ *	155 Ou/m ³ 147 Ou/m ³ *

GV = 500 kg žive mase živali

* = iz pričujočih podatkov izračunana vrednost

Tabela 21: Rezultati meritev vonjav v hlevih za zrejo kokoši-nesnic s tekočimi in suhimi iztrebki (KTBL, 1991)

ZREJNI SISTEM	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Nesnice kletke-suhi iztrebki n _s =1	116	1485	17	2880 m ³ /h* 27000 živali** 87,1GV*** n _p = 6
	155	1984	23	2880m ³ /h* 27000 živali** 87,1GV*** n _p = 8
Nesnice kletke-suhi iztrebki n _s = 1	306	4896	89	3600m ³ /h* 7000 živali** 54,8GV*** n _p = 6
	657	8410	153	2800m ³ /h 17000 živali** 54,8GV*** n _p = 8

* = volumski tok pri enem zračniku

** = število živali

*** = živa teža živali

n_p = štev, odvzetih vonj. vzorcev

n_s = število raziskanih hlevov

GV = 500 kg žive mase živali

Deželni urad za varstvo okolja SACHSEN- ANHALT (1996), ZR Nemčija

Vrsta in kategorija živali: kokoši-nesnice

Tehnologija: 1. hlev s kletkami, 2. hlev s tehnologijo talne zreje

Število živali: ni podatka

Starost živali v obdobju raziskave: ni podatka

Čas raziskave: avgust

Število vzorcev: 6 na vsakem iz različnih odzračevalnih jaškov

Ventilacija: 24 zračnikov z ventilatorji

Olfaktometer: Tip 1558

Tabela 22: Rezultati meritev vonjav v hlevu za kokoši-nesnic za zrejo v kletkah (SACHSEN- ANHALT, 1996)

Datum	Čas – ura	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)
28.08. 96	13:25	71	5639*
29.08. 96	12:10	101	8028*
	12:12	104	8250*
	12:26	57	4528*
	Srednja vrednost	83 Ou/m ³	6611 Ou/s*
	Mediana	86Ou/m ³ *	6834 Ou/s*

* = obračunana vrednost od avtorja

Tabela 23: Rezultati meritev vonjav v hlevu za kokoši-nesnic s talno zrejo (SACHSEN – ANHALT, 1996)

Datum	Čas	Kraj poizkusa	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)
27.08. 96	10:30	jašek 3	72	1083*
	11:40	jašek 1	51	778*
	12:08	jašek 3	69	1056*
	13:52	jašek 2	74	1111*
	14:59	jašek 6	65	972*
28.08.96	8:29	jašek 4	65	639*
		Srednja vrednost	66 Ou/m ³	940Ou/s*
		Mediana	67 Ou/m ³ *	1014Ou/s*

* = obračunana vrednost od avtorja

Tabela 24: Rezultati meritev vonjav iz vzreje piščancev po deželnem uradu za varstvo okolja vzrejo (SACHSEN – ANHALT, 1996)

Vzrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Tok vonj. emisije Ou/sGV ⁻¹	Opomba
Nesnice kletke-sušeni gnoj n _s =1	57 do 104	4528 do 8250	36 do 66	125 GV*
	83 ^x	6611 ^{*x}	53 ^{*x}	28.in 29.08.96**
	86 ^{*M}	6834 ^{*M}	55 ^{*M}	n _p = 4
Nesnice talna zreja n _s = 1	51 do 74	639 do 1111	31 in 55	20,3 GV*
	66 ^{*x}	940 ^{*x}	46 ^{*x}	27.in 28.08.**
	67 ^{*M}	1014 ^{*M}	50 ^{*M}	96-2 n _p =6

n_s = število raziskanih hlevov,

*M = mediana,

n_p = število poizkusov

GV* = 500 kg žive mase živali

** = čas raziskave

x = srednja vrednost

Deželni urad za varstvo okolja BRANDENBURG (1995), ZR Nemčija

Vrsta in kategorija živali: pitani purani, race, pitovne race

Tehnologija: /

Število živali: /

Starost živali v obdobju raziskave: /

Čas raziskave: spomladi in jeseni

Število vzorcev: /

Ventilacija: vertikalno, horizontalno

Olfaktometer: TYP TO6

Tabela 25: Rezultati meritev vonjav in vzreje živali.
(Deželni urad za varstvo okolja BRANDENBURG, 1995)

Vzrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Tok vonj. emisije Ou/sGV ⁻¹	Opomba
Purani talna zreja NS=6	77,3	2732	138	1000 živali ¹⁾ 19,8 GV ²⁾ 1.10.94 ³⁾
	50	1258	35,3	1800 živali ¹⁾ 35,6 GV ²⁾ 01.10.94 ³⁾
	89	1521	29,7	4000 živali ¹⁾ 51,2 GV ²⁾ 2.10.94 ³⁾
	80,5	1537	29,5	2366 živali ¹⁾ 52,1GV ²⁾ 2.10.94 ³⁾
	86	439	16,9	2000 živali ¹⁾ 26GV ²⁾ 6.4.95 ³⁾
	121	1066	32,8	2500 živali ¹⁾ 32,5GV ²⁾ 6.4.95 ³⁾
	84*	1426*	47*	Srednja vrednost Mediana
	83*	1390*	31*	

Vzrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Tok vonj. emisije Ou/sGV ⁻¹	Opomba
Pitane race talna reja ns = 3	204	3230	190	5000živali ¹⁾ 17GV ²⁾ 12.4.95 ³⁾
	178	3831	157	4852živali ¹⁾ 24,4GV ²⁾ 19.7.95 ³⁾
	150	-	-	3;3800živali ¹⁾ 15,7GV ²⁾ 20.7.95 ³⁾
	177*	3531*	174*	Srednja vrednost
Pitane race tekoči gnoj ns = 2	245	2787	67,8	6100živali ¹⁾ 41,1GV ²⁾ 21.2.95 ³⁾
	288	6199	84	9000živali ¹⁾ ; 73,8GV ²⁾ ; 21.2.95 ³⁾
	267*	4493*	76*	Srednja vrednost
Race za rejo talna reja ns = 3	18	657	1,4	4600živali ¹⁾ 9,2GV ²⁾ 12.4.95 ³⁾
	186,5	693	106	8411živali ¹⁾ 6,54GV ²⁾ 13.4.95 ³⁾
	186,5	6430	376	15842živali ¹⁾ 17,1GV ²⁾ 9.7.95 ³⁾
	164*	2593*	184*	Srednja vrednost
Race za rejo tekoči gnoj ns = 1	333	608*	75	9000živali ¹⁾ 8,1GV ²⁾ 22.2.95 ³⁾

¹⁾= Število vhlavljenih živali

³⁾= datum raziskave

* = izračunana vrednost iz razpoložljivih podatkov

GV²⁾ = živa teža živali

ns = štev. raziskanih hlevov

Lankov et al. (1995)

Vrsta in kategorija živali: purani

Tehnologija: talna zreja

Število živali: /

Starost živali v obdobju raziskave: /

Čas raziskave: zima, 4 dni

Število vzorcev: /

Ventilacija: prosto zračenje

Olfaktometer: TYP TO6

Tabela 26: Rezultati meritev vonjavnih snovi iz vzreje živali.

(Lankov in sodel., 1995)

Vzrejni sistem	Koncentracija vonjavnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjavnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Purani talna reja ns = 1	61	3739*	32	3411živali ¹⁾ 118,7GV ²⁾ 24.1.95 ³⁾
	75	1673*	13	3400živali ¹⁾ 125,1GV ²⁾ 1.2.95 ³⁾
	142	8703*	66	3400živali ¹⁾ 132,6GV ²⁾ 7.2.95 ³⁾
	27	2200*	24	3476živali ¹⁾ 91GV ²⁾ 5.5.95 ³⁾
	76*	4079*	34*	Srednja vrednost
	69*	970*	28*	Mediana

Vzrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV⁻¹)	Opomba
Purani dopitanje talna reja ns = 1	43	200*	19	14819živali ¹⁾ 10,8GV ²⁾ 24.1.95 ³⁾
	78	–	–	15002živali ¹⁾ 20,3GV ²⁾ 1.2.95 ³⁾
	129!	3672*!	112!	14974živali ¹⁾ 32,8GV ²⁾ 7.2.95 ³⁾
	31	2526*	25	5296živali ¹⁾ 102,7GV ²⁾ 5.5.95 ³⁾
	70*	133*	52*	Srednja vrednost
	61*	–	–	Mediana

¹⁾ = število vhlevljenih živali

²⁾ = živa teža živali

* = iz razpoložljivih podatkov izračunana vrednost

³⁾ = datum raziskave

! = polno odprti zračni jaški, žaluzije malo odprte

ns= štev. raziskanih hlevov

Müller, (1994, 1994 a)

Vrsta in kategorija živali: piščanci

Tehnologija: talna zreja

Število živali: /

Starost živali v obdobju raziskave: /

Čas raziskave: poletje, zima

Število vzorcev: /

Ventilacija: prisilna, polavtomatska

Olfaktometer: TYP TO6

Tabela 27: Rezultati meritev vonjav iz vzreje piščancev (Müller, 1994, 1994 a)

Vzrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Pitani piščanci	–	2124 ¹⁾	114 ¹⁾	9971 m ³ /h ³⁾
talna reja				0,531 kg/žival ⁴⁾
ns = 1				18,7GV ⁵⁾
1. Prehod	–	3767 ²⁾	80 ²⁾	24565 m ³ /h ³⁾
				1,368 kg/žival ⁴⁾
				47 GV ⁵⁾
2. Prehod	–	344 ¹⁾	242 ¹⁾	8092 m ³ /h ³⁾
				0,0395 kg/živ ⁴⁾
				1,4GV ⁵⁾
	–	13829 ²⁾	318 ²⁾	167620m ³ /h ³⁾
				1,241 kg/živ. ⁴⁾
				43,5GV ⁵⁾

¹⁾ = začetek pitanja;

ns = število raziskanih hlevov

²⁾ = konec pitanja;

⁵⁾ = živa teža živali

³⁾ = volumski tok

⁴⁾ = teža živali;

Oldenburg (1987, 1989, 1990, 1992)

Vrsta in kategorija živali: kokoši-nesnice

Tehnologija: 1. hlev zreja v kletkah, 2. hlev talna zreja

Število živali: 13700 ali 13800 ali 28500

Starost živali v obdobju raziskave : /

Čas raziskave: vse leto

Število vzorcev: /

Ventilacija: prisilna

Olfaktometer: TYP TO6-H4P

Tabela 28: Rezultati meritev vonjav iz vzreje živali. (Oldenburg, 1987, 1989, 1990, 1992).

Vzrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Nesnice talna reja ns = 6	110 do 250 190 ^x	–	24 do 80 42 ^x	8,2 do 37,2 GV ¹⁾
Nesnice v kletkah ns = 22	60 in 810 230 ^x	–	15 in 148 58 ^x	2,4 do 52 GV ¹⁾
Zreja piščancev talna reja ns = 9	60 do 430 200 ^x	–	13 do 105 43 ^x	8,4 do 44,5 GV ¹⁾
Pitani piščanci talna reja ns = 3	90 do 910 450 ^x	–	25 ²⁾ do 225 ³⁾	–
Pitani piščanci talna reja	93 do 912	77 do 16621	8 ²⁾ do 224 ³⁾	–

¹⁾ = živa živalska teža

²⁾ = začetek pitanja;

³⁾ = konec pitanja;

ns = štev. raziskanih hlevov

^x = srednja vrednost

7.2 Prašičjereja

Both s sod. (1995)

Vrsta in kategorija živali: prašiči pitanci

Tehnologija: rešetke

Število živali: 1.716

Starost živali v obdobju raziskave : /

Čas raziskave: poleti, pozimi

Število vzorcev: /

Ventilacija: zračenje na izenačen tlak, ventilacija s 16 zračniki za dozračevanje in 24 zračniki za odzračevanje

Olfaktometer: MEO 5

Tabela 29: Rezultati meritev vonjav iz vzreje prašičev (Both s sod., 1995)

Vzrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Prašiči pitanci polna reš.tla ns=1	1110 *	112500 *	219 *	Stopnja zračenja 4 ¹⁾ 364800 m ³ /h ²⁾ avgust ³⁾
	1750	140833 *	272 *	Stopnja zračenja 5 ¹⁾ 456000 m ³ /h ²⁾ avgust ³⁾
		92222 *	178 *	Samo 50% zračn.na zrač.stop.3 ¹⁾ 190000 m ³ /h ²⁾ november ³⁾

¹⁾ = nastavitev zračnikov

²⁾ = volumski tok

³⁾ = čas raziskave

* = od avtorja iz danih podatkov izračunana vrednost

ns = štev. raziskanih hlevov

x = srednja vrednost

Hartung s sod. (1997)

Vrsta in kategorija živali: prašiči pitanci, mlade svinje

Tehnologija: rešetke

Število živali: /

Starost živali v obdobju raziskave :

Čas raziskave: maj, poletje, 24 ur, 8 mesecev

Število vzorcev: 11

Ventilacija: prisilna

Olfaktometer: TO 6

Tabela 30: Rezultati meritev neugodnih vonjav dnevnega poteka vzreje prašičev od 20. 5. 1997 (Hartung s sod., 1997)

Čas	Zreja mladih svinj		Hlev za pitance	
	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)
07:00	1085			171
09:00	986	220		95
11:00	1199	200		16
13:00	157	243		149
15:00	1699	32		332
17:00	757	345		280
19:00	385	154		229
22:00	995	78		183
01:00	1003	202		131
04:00	649	204		94
07:00	749	132		66
		152		
		1296		
		723		
		123		
		1132		
		2518		
		2125		
		1739		
		1389		
		992		
		710		
T _{ZU} =18-22°C	T1=20-25°C	T2=24-30°C	4,9GV ¹⁾	7,6GV ²⁾

T_{ZU} = temperatura dodanega zraka

T1 = temperatura v hlevu za zrejo svinj

T2 = temperatura pri pitancih

¹⁾ = Živa teža živali v hlevu za zrejo mladih svinj

²⁾ = Živa teža živali v hlevu za pitance

Tabela 31: Rezultati meritev vonjav dnevnega poteka vzreje prašičev od 11. 6. 1997 (Hartung s sod., 1997)

Čas	Zreja mladih svinj		Hlev za pitance	
	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)
07:00	1861	381	5496	495
09:00	2047	419	3943	355
11:00	842	173	2854	257
13:00	1016	208	869	78
15:00	239	49	779	70
17:00	458	94	1763	159
19:00	974	200	1935	174
22:00	933	191	3547	320
01:00	892	183	2508	226
04:00	936	192	1187	107
07:00	571	117	1900	171
$T_{zu}=21-27^{\circ}\text{C}$	$T1=24-28^{\circ}\text{C}$	$T2=24-30^{\circ}\text{C}$	4,9 GV ¹⁾	11.1 GV ²⁾

T_{zu} = temperatura dodanega zraka

$T1$ = temperatura v hlevu za zrejo svinj

$T2$ = temperatura pri pitancih

¹⁾ = živa teža živali v hlevu za zrejo mladih svinj

²⁾ = živa teža živali v hlevu za pitance

Tabela 31a: Rezultati meritev vonjav dnevnega poteka vzreje prašičev od 2.7. 1997 (Hartung s sod., 1997)

Čas	zreja mladih svinj		hlev za pitance		
	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	
07:00	1289	186	783	79	
09:00	1138	165	1266	127	
11:00	686	99	1083	109	
13:00	609	88	1332	134	
15:00	971	141	2427	244	
17:00	1368	198	1924	194	
19:00	637	92	1633	164	
22:00	1106	160	2135	215	
01:00	1729	250	1425	143	
04:00	1716	248	2756	278	
07:00	1366	198	1153	116	
T _{ZU} = 19-24°C		T1 = 23-27°C	T2 = 23-27°C	6,9 GV ¹⁾	9,9 GV ²⁾

T_{ZU} = temperatura dodanega zraka

¹⁾ = živa teža živali v hlevu za zrejo mladih svinj

T1 = temperatura v hlevu za zrejo svinj

²⁾ = živa teža živali v hlevu za pitance

T2 = temperatura pri pitancih

Tabela 32: Rezultati meritev vonjav dnevnega poteka vzreje prašičev od 8. 7. 1997 (Hartung s sod., 1997)

Čas	zreja mladih svinj		hlev za pitance	
	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)
07:00	–	–	–	–
09:00	–	–	–	–
11:00	840	131	1721	162
13:00	1499	235	1949	183
15:00	971	152	1783	168
17:00	1181	185	1380	130
19:00	1852	290	1937	182
22:00	1886	295	2646	249
01:00	1371	215	1199	113
04:00	1336	209	1231	116
07:00	1216	190	744	70
$T_{zu}=19-21^{\circ}\text{C}$	$T1=21-24^{\circ}\text{C}$	$T2=23-25^{\circ}\text{C}$	6,4GV ¹⁾	10,6GV ²⁾

T_{zu} = temperatura dodanega zraka

T1 = temperatura v hlevu za zrejo svinj

T2 = temperatura pri pitancih

¹⁾ = živa teža živali v hlevu za zrejo mladih svinj

²⁾ = živa teža živali v hlevu za pitance

Pri "dopitanju" mladih svinj se vonjavni tokovi spreminjajo med 80 in 2411 Ou/s.

Tabela 33: Rezultati meritev vonjav iz vzreje prašičev (Hartung s sod., 1997)

Zrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Zreja mladih svinj-polna rešetkasta tla	181 do 3866	80 do 2411	–	28.1.97 do 27.8.97 ¹⁾ $n_p=25$; $T_s=20$ do 27 °C
ns = 1	1372 ^x	876 ^x		
	1290 ^M	780 ^M		
Pitane svinje polna rešetkasta tla	271 do 5793	324 do 4343	–	28.1.97 do 27.8.97 ¹⁾ $n_p=24$; $T_s=20$ do 27 °C
ns = 1	1852 ^x	1432 ^x		
	1408 ^M	1104 ^M		

^M = mediana

n_p = število odvzetih vzorcev vonjav

ns = število raziskanih hlevov

¹⁾ = datum raziskave

T_s = temperatura hleva

^x = srednja vrednost

Hesse s sod. (1997)

Vrsta in kategorija živali: prašiči pitanci,

Tehnologija: deljena rešetkasta tla, polna tla, globok nastilj

Število živali: /

Starost živali v obdobju raziskave: /

Čas raziskave: maj, poletje: /

Število vzorcev: /

Ventilacija: /

Olfaktometer: /

Tabela 34: Rezultati meritev vonjav iz vzreje prašičev (Hesse s sod., 1997)

Vzrejni sistem	Začetek pitanja		Srednja vrednost	Konec pitanja
	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)		Opomba
Pitani prašiči	66	18	39	0,7m ² /živ. ¹⁾
Tla-polne plošče n _s = 1				preko celega obdobja pitanja
Deljene plošče 1 ns = 1	96	20	47	0,85m ² /živ. ¹⁾ preko celega obdobja pitanja
Nagnjena tla-gnoj 2 ns = 1	44	23	32	1 m ² /živ. ¹⁾ preko celega obdobja pitanja
Deljene plošče 2 ns = 1	43	16	32	0,55m ² /živ. ¹⁾ preko celega obdobja pitanja
				0,85m ² /živ. ¹⁾

Vzrejni sistem	Začetek pitanja		Srednja vrednost	Konec pitanja
	Faktor vonjalne emisije (OU/sGV ⁻¹)	Faktor vonjalne emisije (OU/SGV ⁻¹)		Opomba
Globok nastilj 2 ns = 1	31	8	22	0,55m ² /živ. ¹⁾ do 50kg žive teže 1 m ² /živ. ¹⁾ od 50kg žive teže
Nagnj. tla-gnoj 3 ns = 1	24	12	20	0,552/živ. ¹⁾ do 50kg žive teže 1 m ² /živ. ¹⁾ pri živi teži od 50kg

¹⁾ = Površina boksa na žival

ns = štev. raziskanih hlevov

Isensee, Wagner (1982)

Vrsta in kategorija živali: prašiči pitanci

Tehnologija: rešetke

Število živali: / (34 hlevov)

Starost živali v obdobju raziskave: /

Čas raziskave: poletje, zima

Število vzorcev: /

Ventilacija: /

Olfaktometer: TO 4

V tabeli 35 so predstavljeni podatki o koncentracijah vonj. snovi, ki so bili ugotovljeni v 34 hlevih za prašiče pitance z različnimi vzrejnimi in odgnojevalnimi postopki. Vsak hlev je bil raziskan vsako poletje in vsako zimo dvakrat.

Tabela 35: Rezultati meritev vonjav iz vzreje prašičev (Isensee, Wagner, 1982)

Zrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Pitanje svinj (sklad. gnoja s prezračevanjem)	151 do 185 167 ^x	—	—	ns = 6
Deljena rešetkasta tla- spiranje gnojevke	152 do 175 165 ^x	—	—	ns = 3
Polna rešetkasta tla-spiranje gnojevke	155 do 212 184 ^x	—	—	ns = 5
Deljena rešetkasta tla	95 do 201 156 ^x	—	—	ns = 9
Polna rešetkasta tla	149 do 192 171 ^x	—	—	ns = 7
Trd-suh gnoj	121 do 199 159 ^x	—	—	ns = 4

ns = število raziskanih hlevov

X = srednja vrednost

Kalich (1982)

Vrsta in kategorija živali: prašiči pitanci
Tehnologija: polne rešetke/delne rešetke
Število živali: 20/60
Starost živali v obdobju raziskave : /
Čas raziskave: /
Število vzorcev: /
Ventilacija: prisilna
Olfaktometer: TO 4

Tabela 36: Rezultati meritev iz vzreje prašičev (Kalich, 1982)

Zrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Pitane svinje polna rešetkasta tla	163	–	–	ns = 1
Deljena rešetkasta tla	350	–	–	ns = 1

ns = število raziskanih hlevov

Lais (1996)

Vrsta in kategorija živali: prašiči pitanci

Tehnologija: rešetkasta tla

Število živali. /

Starost živali v obdobju raziskave : /

Čas raziskave: /

Število vzorcev: /

Ventilacija: prisilna

Olfaktometer: TO 6

Tabela 37: Rezultati meritev vonj. snovi iz prašičjereje (Lais, 1996)

Zrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Prašiči pitanci	1085 do 4096 2722 *x	1000 do 8500	–	30.3.95-5.5.95 ¹⁾ n _p = 10
Polna rešetkasta tla				
Podtalno črpanje				
ns = 1				

¹⁾ = datum raziskave

n_p = štev. vzetih vonj. vzorcev

x = srednja vrednost

* = iz danih podatkov raziskave izračunana vrednost

ns = štev. raziskanih hlevov

Mannebeck (1994)

Vrsta in kategorija živali: prašiči pitanci

Tehnologija: /

Število živali: /

Starost živali v obdobju raziskave : /

Čas raziskave: /

Število vzorcev: /

Ventilacija: prisilna

Olfaktometer: TO 6

Tabela 38: Rezultati meritev vonjav iz prašičjereje (Mannebeck, 1994)

Zrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Pitane svinje	200 do 2400	–	–	320 živ. ¹⁾

¹⁾ = število živali

Müller (1994, 1994 a)

Vrsta in kategorija živali: prašiči pitanci

Tehnologija: rešetkasta tla

Število živali: /

Starost živali v obdobju raziskave : /

Čas raziskave: /

Število vzorcev: /

Ventilacija: prisilna

Olfaktometer: TO 6

Tabela 39: Rezultati meritev vonjav iz prašičjereje (Müller, 1994)

Zrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Pitani prašiči	–	–	47	30,4 GV ²⁾
	–	–	52	37,4 GV ²⁾
Polna rešetkasta tla	–	–	59	41,1 GV ²⁾
	–	–	33	45,1 GV ²⁾
ns = 1	–	–	48*	srednja vrednost mediana
	–	–	50*	
Kompostni hlev	–	–	36	3269m ³ /h ¹⁾ ; 10,24GV ²⁾ ; 16.12.92 ³⁾
	–	–	49	21051m ³ /h ¹⁾ ; 836GV ²⁾ ; 2.12.92 ³⁾
ns = 3	–	–	90	104067m ³ /h ¹⁾ ; 64,86GV ²⁾ ; 10.8.93 ³⁾
	–	–	58*	srednja vrednost

¹⁾ = Volumski tok

²⁾ = živa teža živali

* = iz danih podatkov raziskave izračunana vrednost

ns = število raziskanih hlevov

³⁾ = datum raziskave

Oldenburg (1987, 1989, 1992)

Vrsta in kategorija živali: različne kategorije

Tehnologija: nastil/polne rešetke/delne rešetke

Število živali: / (15/47 hlevov)

Starost živali v obdobju raziskave: /

Čas raziskave: /

Število vzorcev: /

Ventilacija: prisilna

Olfaktometer: TO 6-H4P

Tabela 40: Rezultati meritev vonjav iz reje prašičev Oldenburg (1987, 1989, 1992)

Zrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Prašiči pitanci nastlano	90 do 1080 380 ^x	-	8 do 134 41 ^x	ns = 15; 4,3-29,3GV ¹⁾
brez slame	160 in 860 460 ^x	-	7 in 148 50 ^x	ns = 47
brez slame deljena rešetkasta tla	-	-	52 ^x	ns = 42
brez slame polna reš. tla	-	-	38 ^x	ns = 5
brez slame suha hrana	-	-	53 ^x	ns = 25
brez slame tekoča hrana.	-	-	47 ^x	ns = 22
Breje svinje	90 do 540 310 ^x	-	6 do 52 22 ^x	ns = 9; 6,3 do 27,4GV ¹⁾
Nastlan porodni hlev	60 do 810 320 ^x	-	6 in 77 21 ^x	ns = 12; 3,2 do 21,2GV ¹⁾
Porodni hlev brez slame	30 do 680 210 ^x	-	4 in 65 19 ^x	ns = 17; 1,4 do 9,7GV ¹⁾
Zreja odojkov "Flatdeck"	200 do 960 560 ^x	-	7 do 195 75 ^x	ns = 18; 0,8 do 4,9GV ¹⁾

¹⁾ = živa teža živali; ^x = srednja vrednost; ns = štev. raziskanih hlevov

Siemers (1996), s sod. (1997)

Vrsta in kategorija živali: prašiči pitanci

Tehnologija: polne rešetke/delne rešetke

Število živali: / (4 hlevi)

Starost živali v obdobju raziskave: /

Čas raziskave: /

Število vzorcev: /

Ventilacija: prisilna

Olfaktometer: TO 4 - H4P

Tabela 41: Rezultati meritev vonjavnih snovi iz vzreje prašičev Siemers (1996), Siemers s sodel (1997).

Zrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Pitani prašiči-polna rešetkasta tla ns = 1	423	6298 *	105 *	53600 m/h ^{3 1)} ; 60 GV ²⁾ ; η _p =9;
polna reš. tla ns = 1	441	4596 *	109	37520 m/h ^{3 1)} ; 42 GV ²⁾ ; η _p =9;
Praš. pitanci delj. reš. tla ns=1	425	3164 *	105 *	26800 m/h ^{3 1)} ; 30 GV ²⁾ ; η _p =9;
deljena rešetkasta tla ns = 1	310	2308 *	77 *	26800 m/h ^{3 1)} ; 30 GV ²⁾ ; η _p =9;

7. 3 Govedoreja

Brose (1997)

Vrsta in kategorija živali: molznice

Tehnologija: rešetkasta tla, prosta zreja

Število živali: 55 molznic in 22 telic (skupaj 85 GV)

Starost živali v obdobju raziskave: /

Čas raziskave: maj, junij

Število vzorcev: 11 dnevno, skupaj 44

Ventilacija: /

Olfaktometer: TO 6

Tabela 42: Rezultati meritev vonjav iz govedoreje 27. 05.1997 in 4. 06. 1997 (Brose, 1997)

Čas	27. 5. 1997		4. 6. 1997	
	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)
07:00	2104	24,8	1272	15,0
09:00	3080	36,2	1505	17,7
11:00	3683	43,3	2609	30,7
13:00	1545	18,2	1962	23,1
15:00	1508	17,7	3994	47,0
17:00	2087	24,6	663	7,8
19:00	3599	42,3	1033	12,2
22:00	4073	47,9	767	9,0
01:00	3014	35,5	561	6,6
04:00	1155	13,6	970	11,4
07:00	1013	11,9	969	11,4
	T _{ZU} =10-26°C	T=19-24°C 85GV ¹⁾	TZU=10-24 °C;	T= 19-26 °C; 85 GV ¹⁾

T_{ZU} = temperatura dozračevanja

T = temperatura v hlevu

¹⁾ = živa teža živali

Tabela 43: Rezultati meritev vonjav iz govedoreje 25. 06. 1997 in 16. 07. 1997 (Brose, 1997)

Čas	25. 6. 1997		16. 7. 1997	
	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)
07:00	690	8,1	425	5,0
09:00	564	6,6	383	4,5
11:00	1647	19,4	543	6,4
13:00	1136	13,4	736	8,7
15:00	1249	14,7	624	7,3
17:00	1312	15,4	434	5,1
19:00	928	10,9	325	3,8
22:00	602	7,1	748	8,8
01:00	1216	14,3	1169	13,8
04:00	1124	13,2	1018	12,0
07:00	1714	20,2	947	11,1
	$T_{ZU}=10-19\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T=18-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 85GV ¹⁾	$T_{ZU}=12-26\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T=21-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 85 GV ¹⁾

T_{ZU} = temp. dodanega zraka

T = temp. v hlevu

¹⁾ = živa teža živali

Tabela 44: Rezultati meritev vonjav dnevnega poteka iz govedoreje (Brose, 1997)

	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Molznice/ hlev		325 do 4073	4 do 48	85GV ¹⁾ n _p = 132 ¹⁾
s prosto rejo				27.5.97; 4.6.97;
vzgonsko		1425 ^x	17 ^x	25.6.97;
prezračevanje				16.7.97 ²⁾
ns = 1		1130 ^M	13 ^M	T = 18-26°C; T _{ZU} = 10-26°C;

¹⁾ = teža živih živali;

²⁾ = datum raziskave;

^M = mediana;

^x = srednja vrednost;

ns = štev. raziskanih hlevov;

n_p = štev. vzetih vonj. vzorcev;

T = temperatura v hlevu;

T_{ZU} = temp. dodanega zraka

Oldenburg (1987,1989, 1992)

Vrsta in kategorija živali: 17 hlevov s prosto rejo za molznice, 12 hlevov z nastiljem in privezom za molznice, 5 brez nastilja s privezom, 4 hlevi za teleta (2 z nastiljem, 2 brez nastilja) in 6 hlevov za pitance (od tega 3 brez nastilja)

Tehnologija: rešetkasta tla, prosta zreja

Število živali: 55 molznic in 22 telic (skupaj 85 GV)

Starost živali v obdobju raziskave : /

Čas raziskave: /

Število vzorcev: /

Ventilacija: prosto, prisilno

Tabela 45: Rezultati meritev vonjav iz vzreje goveda Oldenburg (1987,1989, 1992)

Zrejni sistem	Koncentracija vonjalnih snovi (Ou/m ³)	Tok vonjalnih snovi (Ou/s)	Faktor vonjalne emisije (Ou/sGV ⁻¹)	Opomba
Govedo (ns = 44)	30 do 1800 400 ^x	-	2 do 56 12 ^x	17,6 do 88,8GV ¹⁾

¹⁾ = živa teža živali

^x = srednja vrednost

ns = število raziskanih hlevov

8 NEKATERI PRIMERI RAZISKOVALNEGA DELA IN MERITEV NA PODROČJU ZNIŽEVANJA EMISIJ NEUGODNIH VONJAV V R SLOVENIJI

8.1 VPLIV KLINOPTILOLITA IN DEODORAZE NA ZMANJŠANJE EMISIJ NEUGODNIH VONJAV IN AMONIAKA V PERUTNINSKI IN PRAŠIČEREJSKI PROIZVODNJI

M.Dobei

Zb Vet Fak Univ Ljubljana 1997; 34(2):

POVZETEK

Ključne besede: klinoptilolit; deodoraza; neugodne vonjave; amoniak; brojlerji; prašiči

V raziskavi smo preučevali vplive aditivov deodoraze in klinoptilolita na zmanjšanje emisij neugodnih vonjav in amoniaka v perutninski in prašičerejski proizvodnji. Ugotovili smo značilno ($P<0.05$) (58%) znižanje emisij neugodnih vonjav s klinoptilolitom in 55% znižanje z deodorazo tretiranih perutninskih objektov. V objektu za zrejo prašičev tretiranem z deodorazo je bilo znižanje emisij značilno ($P<0.05$) 36%. Koncentracije amoniaka so bile nižje za 11.8% s klinoptilolitom in 23.4% z deodorazo tretiranih brojlerskih objektih in 21.4% nižje z deodorazo tretiranem prašičerejskem objektu.

1 UVOD

Živinorejska proizvodnja poleg onesnaževanja tal in talnice, obremenjuje okolje tudi z emisijami neugodnih vonjav in amoniaka. Na ljudi zelo bremenilno vplivajo neugodne vonjave iz živinorejskih farm, kot tudi tiste, ki nastanejo ob gnojenju njivskih površin.

Številne raziskave, kako preprečevati čezmerno nastajanje in širjenje amoniaka in neugodnih vonjav v zrak, ponujajo rešitve v aerobni, anaerobni, kemični in biološki predelavi ter obdelavi gnojevke, gnoja in odplak. Uporaba nekaterih bioloških in mineralnih aditivov v živalski hrani, nastilu in gnojevki lahko zmanjša, ali celo ustavi preoblikovanje dušičnih snovi, ki so osnova za nastajanje amonija in amoniaka (1, 2, 3, 4, 5). Taka aditiva sta na primer klinoptilolit, ki je kristalinični zeolitni material in deluje kot adsorbens ter ionski izmenjevalec, deodoraza je sarsaponin oziroma selekcionirana glikokomponenta rastline *Yucca shidiOura*. V naši raziskavi smo ugotavljali njen vpliv na zniževanje razvoja amoniaka in neugodnih vonjav iz perutninske in prašičerejske proizvodnje. Dodajali smo ju v krmo in nastil perutnine ter gnojevko prašičev z namenom zniževanja koncentracij amoniaka in koncentracij ter emisij neugodnih vonjav.

2 MATERIAL IN METODE DELA

Raziskavo, v kateri smo izvajali meritve mikroklimе in neugodnih vonjav ter koncentracij amoniaka smo vzporedno izvršili v dveh identičnih dvo-etažnih kooperantskih hlevih za intenzivno zrejo brojlerskih piščancev in v dveh medsebojno podobnih objektih za zrejo prašičev.

V vsaki izmed etaž testnega in kontrolnega hleva za zrejo perutnine je bilo od začetka, pa do zaključka zreje (42 dni), ko živali dosežejo 2 kg žive teže 9000 piščancev. V testnem objektu smo živali v eni izmed dveh etaž tretirali z dodatkom aditiva klinoptilolita v nastilj (ZEOLIT Zaloška Gorica, Slovenija, 2000 um, 1.5 kg/m²) in krmila (300 um, 2%). V drugi etaži testnega objekta smo živali tretirali z dodatkom deodoraze (De - Odorase , Alltech Biotechnology Center, USA) v nastilj (5 × 1g na m²/42 dni) in krmila (165 g/tono). V kontrolnem objektu živali niso dobivale dodatkov. V obeh objektih je bila prisilna horizontalna ventilacija.

V testnem objektu za zrejo prašičev je bilo v času raziskave 16-20 brejih svinj, 30 oziroma 60 pujskov, v kontrolnem objektu pa 7 brejih svinj, 3-8 bekonov in 20-30 pujskov. V testnem objektu smo dodajali deodorazo v krmo (57 g/tono) in v gnojevko (50 g deodoraze/ 5l vode/dan). Odgnojevanje deluje na principu pretočnega sistema preko prekata, zato smo pod rešetke vsak drugi dan vlivali raztopino deodoraze in vode. V kontrolnem objektu živali niso dobivale dodatkov. V obeh objektih je bila ventilacija zraka prisilna in zrak voden preko ventilatorja po zračniku 6,0m visoko.

V raziskavi smo merili mikroklimo v hlevih (temperatura, relativna vlažnost, gibanje zraka, koncentracija amoniaka in ogljikovega dioksida), jemali vzorce zraka za olfaktometrijske meritve zunaj hlevov ob delujočih ventilatorjih (6, 7, 8, 9, 10). Merili smo še hitrosti strujanja zraka preko ventilatorjev. Vzorčeni zrak smo nato v olfaktometričnem laboratoriju testirali z olfaktometrom (Project Research bv, Amsterdam, Nizozemska) s pomočjo panelistov (11, 12, 13, 14, 15, 16).

Ocenjevali smo še ofenzivnost neugodnih vonjav po metodi Misellbrooka in sod. (1993) kot odnos med koncentracijo (C) in intenzivnostjo (I) neugodnih vonjav, med ocenami 1-6,

$I = 1.61/\log_{10}C + 0.45$ za neugodne vonjave iz gnojevke iz prašičerejskih objektov

$I = 2.35/\log_{10}C + 0.30$ za neugodne vonjave iz perutninskih objektov

kjer 1 pomeni brez vonja, 2 zaznaven vonj, 3 izražen vonj, 4 močan vonj, 5 zelo močan vonj in 6 ekstremno močan vonj. Po Clarksonu in Misselbrooku (1991) je tolerantna meja za z vonjem ogrožene ljudi ocena 2, ali pod njo.

3 REZULTATI

Perutninski objekti:

Določanje koncentracij in emisij neugodnih vonjav, CO₂ in NH₃

V etaži s testno skupino živali, ki je v krmila in nastilj dobivala **klinoptilolit**, smo pri olfaktometričnih meritvah v povprečju ugotovili 27% manjše koncentracije (Ou/m³) neugodnih vonjav, kot so bile v etaži objekta s kontrolno skupino živali. Po obračunu koncentracij neugodnih vonjav še s kapaciteto ventilatorjev je bila v povprečju ugotovljena 58% statistično značilna (P=0.05) redukcija emisij (Ou/s) neugodnih vonjav (Slika 18).

V etaži s testno skupino živali, ki je v krmila in nastilj dobivala **deodorazo**, smo pri olfaktometričnih meritvah v povprečju ugotovili 19% manjše koncentracije (Ou/m³) neugodnih vonjav, kot so bile v etaži objekta s kontrolno skupino živali. Po obračunu koncentracij neugodnih vonjav še s kapaciteto ventilatorjev je bila v povprečju dosežena 55% (P>0.05) redukcija emisij (Ou/s) neugodnih vonjav objekta (v prejšnjih raziskavah smo ugotovili 19.7% redukcijo, (5)).

V etaži s testno skupino živali, ki je v krmila in nastilj dobivala klinoptilolit, smo ugotovili 11.8% ($P>0.05$) redukcijo amoniaka (NH_3), v primerjavi s kontrolo. V etaži s testno skupino živali, ki je v krmila in nastilj dobivala deodorazo je bila ugotovljena 23.4% ($P>0.05$) redukcija amoniaka (NH_3), v primerjavi s kontrolno skupino živali objekta (v prejšnjih raziskavah smo ugotovili 28% redukcijo (5)).

Koncentracije ogljikovega dioksida (CO_2) zraka so bile za 23% nižje v zraku testne etaže, kjer so živali dobivale deodorazo in 18% nižje v zraku testne etaže, kjer so živali dobivale klinoptilolit, v primerjavi z zrakom v kontrolni etaži.

4 OBJEKTI ZA ZREJO PRAŠIČEV

Določanje koncentracij in emisij neugodnih vonjav, CO_2 in NH_3

Pri analizi rezultatov olfaktometričnih meritev raziskave, ki je trajala 35 dni smo ugotovili, da rezultati niso relevantni, če jih ne obračunamo na število prisotnih v testnem in kontrolnem objektu. Iz tega razloga prikazujemo rezultate meritev koncentracij in emisij neugodnih vonjav kot preračune na število živali (Slika 19).

V testnem objektu, kjer je bila dodana v krmila in gnojevko deodoraza, smo pri olfaktometričnih meritvah v povprečju ugotovili (preračun na število živali) značilno ($P<0.05$) 23.84% (Slika 47) manjše koncentracije (Ou/m^3) neugodnih vonjav, kot v objektu s kontrolno skupino živali. Ugotovili smo izrazito značilno 36% ($P=0.000$) redukcijo emisij (Ou/s) neugodnih vonjav v zraku iz testnega objekta (v prejšnjih raziskavah smo ugotovili 22% redukcijo, (1)), če jih primerjamo s količino v emitiranem zraku iz kontrolnega objekta.

V zraku testnega objekta so bile v povprečju koncentracije amoniaka (NH_3) (16.5 ppm) neznačilno ($P>0.05$) nižje, kot v zraku kontrolnega objekta (21 ppm). V testnem objektu, z deodorazo, smo ugotovili 21.43% ($P>0.05$) redukcijo amoniaka (NH_3), v primerjavi s kontrolo objekta (v prejšnjih raziskavah smo ugotovili 59% redukcijo, (1)). Pri preračunu na število živali je razlika (redukcija) večja (57.04%), toda še vedno neznačilna ($P>0.05$).

Koncentracije ogljikovega dioksida (CO_2) v zraku testnega objekta so bile v povprečju nekoliko višje (29,56%) ($P>0.05$) kot v zraku kontrolnega. V kolikor smo koncentracije CO_2 preračunali na število živali v objektu je bila slika obrnjena in pokazala, da so bile koncentracije CO_2 v zraku testnega objekta 29,76% ($P>0.05$) nižje kot v kontrolnem objektu.

Po Misselbrook in sod. (1993), smo izmerili pri vseh objektih v perutninski in prašičerejski proizvodnji na izvoru-torej ob ventilatorju ekstremno močan vonj (6). Po Clarksonu in Misselbrook (1991) pa je tolerantna meja za z vonjem ogrožene ljudi ocena 2, ali pod njo.

5 PRIMERJAVA REZULTATOV MERITEV NEUGODNIH VONJAV IN AMONIJAKA V BROJLERSKI IN PURANJI PROIZVODNJI

Poleg preučevanja različnih možnosti redukcije amonijaka in neugodnih vonjav, smo v raziskavi primerjali tudi njihove absolutne vrednosti v perutninskih objektih. Zanimalo nas je predvsem ali so koncentracije amonijaka in koncentracije neugodnih vonjav kakorkoli povezane in ali je puranja proizvodnja s stališča neugodnih vonjav bolj obremenjujoča kot brojlerska. V rezultatih prikazujemo izmerjene povprečne vrednosti za koncentracije amonijaka (p.p.m.), koncentracije neugodnih vonjav (Ou/m^3) in emisij neugodnih vonjav (Ou/s). Izmerjene vrednosti so rezultat meritev objektov v raziskavi z zeolitom in De-odorazo, poleg tega smo zaradi pregleda nad stanjem v perutninski proizvodnji izmerili amonijak in neugodne vonjave tudi v 4 hlevih za zrejo brojlerskih piščancev in

10 hlevih za zrejo puranov. Objekte smo izbirali na podlagi starosti živali in zasedenosti objektov. Meritve neugodnih vonjav in koncentracij amonijaka v zraku so pokazale pričakovane rezultate, ki ne odstopajo od vrednosti, izmerjenih v enakih objektih drugod po Evropi. V brojlerskih hlevih koncentracije amonijaka niso presegale normativno dovoljenih vrednosti (DIN), ki znašajo 30 ppm. V etaži hleva, v kateri smo v krmila in nastilj dodajali zeolit, je bila koncentracija amonijaka v povprečju 5.46 ppm, medtem, ko je bila v etaži hleva z deodorazo povprečno 4.74 ppm. V kontrolnem hlevu je koncentracija amonijaka v povprečju dosegala 21 ppm. V 4 brojlerskih in 10 puranjih hlevih smo zaradi primerjave z raziskovanimi hlevi izmerili v povprečju 5.5 ppm (brojlerji) in 12.5 ppm (purani) amonijaka. Ugotovili smo, da so povprečne koncentracije amonijaka v zraku v puranjih hlevih nekoliko višje kot v brojlerskih hlevih (z izjemo kontrolnega hleva v raziskavi).

Meritve koncentracij neugodnih vonjav (Ou/m^3) so v etaži hleva z zeolitom znašale povprečno $341 \text{ Ou}/\text{m}^3$, v etaži z deodorazo pa $382 \text{ Ou}/\text{m}^3$. V kontrolnem hlevu smo v povprečju izmerili $471 \text{ Ou}/\text{m}^3$. V zraku 4 brojlerskih hlevov, ki jih primerjamo z raziskovanimi smo izmerili povprečno $595.5 \text{ Ou}/\text{m}^3$, v hlevih s puranjo zrejo pa so znašale koncentracije neugodnih vonjav v povprečju $291.7 \text{ Ou}/\text{m}^3$. Pravo sliko obremenjevanja okolja z neugodnimi vonjavami nam pokažejo šele emisije neugodnih vonjav (Ou/s). Te so bile v emitiranem zraku iz etaže hleva z zeolitom povprečno $264 \text{ Ou}/\text{s}$, iz etaže z deodorazo $281 \text{ Ou}/\text{s}$, iz kontrolnega hleva pa $629 \text{ Ou}/\text{s}$. Povprečne emisije neugodnih vonjav še iz 4 brojlerskih hlevov so znašale $726 \text{ Ou}/\text{s}$, iz 10 hlevov za zrejo puranov $360.5 \text{ Ou}/\text{s}$. Iz navedenega lahko zaključimo, da so vrednosti koncentracij in emisij neugodnih vonjav v okviru vrednosti, ki se jih sicer izmeri v brojlerski in puranji proizvodnji. Z uporabo aditivov smo neugodne vonjave v brojlerski proizvodnji znižali, ugotovili pa smo tudi, da je bilo emitiranje neugodnih vonjav iz hlevov za zrejo puranov v povprečju višje kot iz brojlerske proizvodnje.

6 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

V kolikor skušamo vrednosti vseh merjenih parametrov v poizkusih v brojlerski in prašičerejski proizvodnji opazovati v odnosu na koncentracije neugodnih vonjav in nastale emisije lahko ugotovimo sledeče.

Vsi merjeni dejavniki mikroklimе, temperatura zraka, relativna vlaga zraka, in gibanje zraka, so bili v času raziskave v okvirih tehnoloških normativov za zrejo brojlerskih piščancev in prašičev in kot kaže v nobenem izmed poskusnih objektov niso neposredno vplivali na koncentracije neugodnih vonjav. Drugače je pri sproščanju emisij neugodnih vonjav na katere je poglavito vplivalo strujanje zraka preko ventilatorjev.

Sklepamo, da je na redukcijo koncentracij in emisij neugodnih vonjav ter amoniaka značilno ($P < 0.05$) vplivalo dodajanje klinoptilolita in deodoraze v krmila, gnojevko in nastilj ter različno močno zračenje objektov, še posebno ob koncu proizvodnje v perutninski proizvodnji. Ob tem lahko ugotovimo, da so bile ugotovljene razmeroma zelo visoke redukcije emisij neugodnih vonjav, še posebej v zraku skupin živali s klinoptilolitom in le nekoliko nižje od teh pri skupinah z deodorazo v perutninski proizvodnji. Tudi koncentracije amoniaka so bile razmeroma precej nižje v zraku testnih skupin živali, v primerjavi s kontrolo. Izgleda, da je še posebej na redukcijo amoniaka vplivala deodoraza v perutninski in prašičerejski proizvodnji.

Zaključimo lahko, da se je na redukcijo neugodnih vonjav kot učinkovitejši aditiv pokazal klinoptilolit, na redukcijo amoniaka pa deodoraza. V prvem primeru si to razlagamo s procesom vezave molekul vode na kristalinično strukturo klinoptilolita do katerega prihaja že v prebavilih živali in se nadaljuje v nastilu. S tem se upočasni in zniža izhlapevanje vode v hlevski zrak, obenem pa se zaradi vezave vode na strukturi zniža razvoj in sproščanje amoniaka, žveplovih snovi, maščobnih kislin, fenolov,

ter drugih snovi, ki sestavljajo neugodne vonjave. V drugem primeru je redukcija amoniaka rezultat delovanja deodoraze, ki upočasnjuje delovanje ureaze v prebavilih živali. Če deodorazo mešamo v gnojevko in nastil se je pokazalo, da lahko enak proces dosežemo tudi v teh dveh substratih s tem pa podaljšamo in podpremo delovanje deodoraze zunaj živali. Pokazalo se je, da bi bilo delovanje deodoraze še učinkovitejše v kolikor bi bili postopki mešanja aditivov v nastil in gnojevko enostavnejši in učinkovitejši, saj izjemno nizka mešalna razmerja aditivov s krmo (57 g/tono!), gnojevko in nastilom zelo otežkočajo natančnost mešanja.

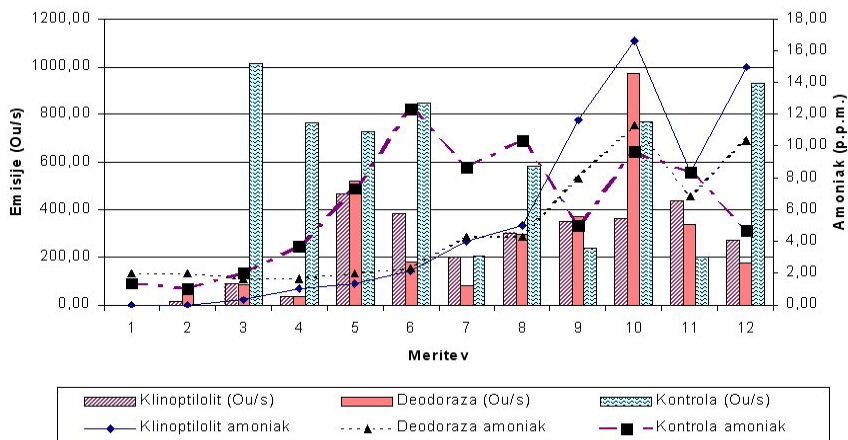
Kot je razvidno iz prikazanih rezultatov, bi se le stežka potrdilo ali ovrglo tezo, da je prašičerejska proizvodnja s stališča obremenjevanja okolja z neugodnimi vonjavami bistveno večji emitent, kot piščančja proizvodnja. Res je, da so pri zreji prašičev opazne tendence nekoliko višjega emitiranja neugodnih vonjav, vendar tudi v piščančji proizvodnji lahko občasno prihaja do izredno visokih obremenitev.

Kot se je izkazalo že pri naših prejšnjih raziskavah (1, 3, 4, 5), je temeljno spoznanje, da koncentracija amoniaka in koncentracije neugodnih vonjav, kot tudi emisije neugodnih vonjav niso v neposredni korelaciji.

Izmerjene vrednosti za koncentracije in emisije neugodnih vonjav v raziskavi so bile slične kot se jih izmeri v podobnih zrejah v praksi v perutninskih, prašičerejski in puranjih objektih. Kljub doseženim rezultatom zmanjšanja koncentracij in emisij na podlagi dodajanja aditivov pa smo ugotovili, da je njihova intenzivnost še vedno velika. Za reševanje tega problema se nam sicer ponuja veliko rešitev. Ob dodajanju aditivov v krmo gnojevko in gnoj, ki so se v tujih in naših raziskavah že nekajkrat pokazali kot učinkoviti pri zniževanju amoniaka in neugodnih vonjav so tu še druge rešitve. Še posebno ob vetrovnem vremenu in nizkemu zračnemu tlaku se neugodne vonjave lahko širijo v bližnja naselja. Obremenjujoče je tudi velikokrat časovno neomejeno obremenjevanje zraka z emisijami neugodnih vonjav. Zato imajo veliko vlogo pri emisijah neugodnih vonjav smeri emitiranja ventilatorjev, ki bi morale biti obrnjene stran od naselja. Obenem je zadostna oddaljenost hlevov od najbližjih naselij bistvena rešitev (VDI).

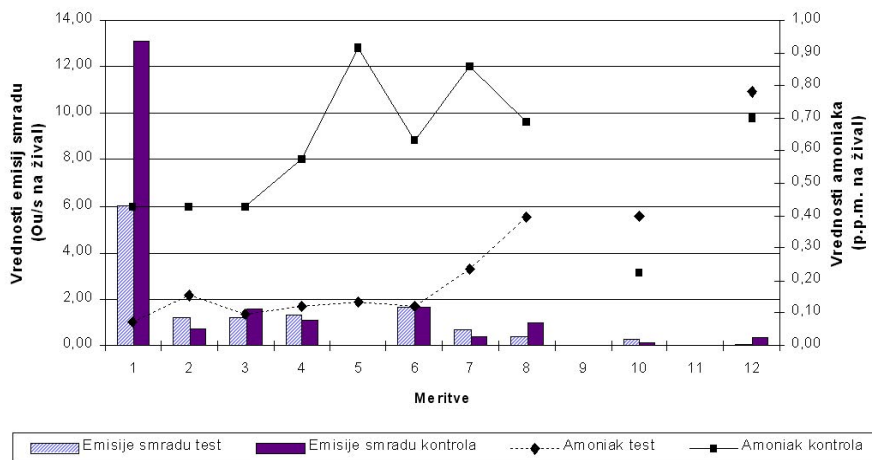
Verjetno bi lahko z vertikalnim vodenjem zraka iz ventilatorjev, s pomočjo ustreznih prezračevalnih cevi, zrak z neugodnimi vonjavami dvignili dovolj visoko, da bi ga preusmerili prek naselja. Istočasno bi se na ta način dosegla disperzija neugodnih vonjav, s čistim zrakom, pri čemer bi se njihova koncentracija znižala in bi bile za ljudi manj agresivne. V prezračevalne cevi bi lahko montirali tudi tako imenovan "by pass" svežega zraka, s katerim bi se odvajani zrak iz hleva mešal s čistim in bi zato odvedeni zrak imel dejansko nižjo koncentracijo emisij. Rešitve se kažejo tudi v spremembah v krmljenju živali in sicer v dodajanju klinoptilolita in deodoraze v krmila živali ter zniževanju ali preoblikovanju visokoproteinske hrane (trifazna prehrana), dodajanje sintetičnih aminokislin in odvzem naravnih (saj so nekatere naravne aminokisliline v krmi en izmed vzrokov za nastajanje neugodnih vonjav), tekoča hrana, dodajanje vode v krmo. Z ustrežno tehnologijo dodajanja klinoptilolita, ali deodoraze v nastil in gnojevko ter napajanja s čim manj razlivanja in večkratno menjavo nastilja med zrejo živali bi dosegli bolj suh nastil, ki je poglavitni vzrok za nastanek neugodnih vonjav. Tako bi že v kali zatrli nastajanje smradu. Znižanje neugodnih vonjav bi dosegli tudi z biofiltriranjem zraka. Z zniževanjem koncentracij živali v objektih, higieno objektov, tehnologijo zreje, pravilno obdelavo gnoja, gnojevke in gnojnice, nanosa na površine, manjšo obremenitvijo GVŽ/ha, itd., bi lahko doprinesli k manjšemu obremenjevanju okolja z neugodnimi vonjavami, dušikom, kalijem, fosforjem, itd.

Graf 1.: Povprečja vrednosti emisij neugodnih vonjav (Ou/s) in amoniaka (p.p.m.) v perutninskih hlevih



Slika 18: Perutninski objekti: Koncentracije in emisije neugodnih vonjav, CO₂ in NH₃

Graf 2.: Povprečne vrednosti emisij neugodnih vonjav (Ou/s) in amoniaka (p.p.m.) v testnem in kontrolnem objektu za zrejo prašičev preračunane na žival



Slika 19: Objekti za zrejo prašičev: Koncentracije in emisije neugodnih vonjav, CO₂ in NH₃

7 LITERATURA

1. Amon, M., M. Dobeic, T.H. Misselbrook, B.F. Pain, V.R. Phillips, R. W. Sneath. Farm scale study on the use of Deodorase for reducing odour and ammonia emissions from intensive fattening pigouries. *Bioresource Technology* 51(1995)2-3, 163-171.
2. Košorok-Drobnič Marinka, M. Dobeic. Merjenje neugodnih vonjav iz živinorejske proizvodnje. *Zb. Bioteh. fak. Vet.*, 32(1995)2, 173-185.
3. Dobeic M. Uporabnost domačega klinoptilolita v intenzivni proizvodnji brojlerskih piščancev. *Zb. Bioteh. fak. Vet.*, 32(1995)1, 101-11515.
4. Dobeic M. Učinek klinoptilolita na uzrast pilića. *Veterinarska Stanica, Zagreb*, 25(1994)6, 323-332.
5. Amon, M., M. Dobeic, T.H. Misselbrook, B.F. Pain, V.R. Phillips, R. W. Odour and ammonia emissions from broiler houses: a farm scale study on the use of Deodorase and clinoptilolite zeolite. *V tisku.*
6. Smith R.J., P.J. Watts (1994) Determination of Odour Emission Rates from Cattle Feedlots: Part 1, A Review; *Journal of Agricultural E. Research* 57, 145 - 155.
7. Hartung J., V.R. Phillips (1993) Control of Gaseous Emissions from Livestock Building and Manure Stores; *Journal of Agricultural E. Research* 57, 173 - 189.
8. Amon M. (1994) Olfaktometrija, evropski trendi ter opcije pri izvajanju emisijske politike. *Veterinarske novice* 20/2, 51-55.
9. Amon M., M. Dobeic (1994) Uporaba olfaktometrijskih meritev pri vrednotenju emisij vonjav. *Zbornik 3. slovenskega simpozija s področja higiene okolja, dezinfekcije, dezinfekcije in deratizacije.* 109-116.
10. Schaubrouer G., J. Eder in sod. (1995) Vorläufige Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallunoun.
11. VDI Richtlinien, Emissionsminderung. *Tierhaltung - Schweine*, 3471.
12. VDI Richtlinien, Emissionsminderung. *Tierhaltung - Hühner*, 3472.
13. VDI Richtlinien, Olfaktometrie Ouruchsschwellen-bestimmung, Probenahme, 3881.
14. VDI Richtlinien, Olfaktometrie Ouruchsschwellen-bestimmung, Grundlaoun, 3881.
15. VDI Richtlinie Olfactometer, 3881 Bl. 2.
16. VDI Richtlinien, Bestimmung der Ouruchstoffemission durch Beouhunoun, 3940.

8.2 DETERMINACIJA IMISIJ NEUGODNIH VONJAV IZ NAPRAVE ZA OBDELAVO ODPADKOV IZ ZDRAVSTVA, V SKLADU Z METODO VDI 3940

DOBEIC M., GOBEC I.

1. Interdisciplinarni simpozij "DDD, zdravje in okolje" z mednarodno udeležbo = 1st Interdisciplinary Symposium "DDD, Health and Environment" with international participation, Ljubljana, 17. in 18. oktober 2003.

POVZETEK

Ključne besede: neugodne vonjave, determinacija, imisijski čas

Onesnaževanje zraka je izjemno kompleksen in obsežen problem v okviru problematike varovanja okolja. Neugodne vonjave so poseben problem onesnaževanja zraka z emisijami plinov, katerih koncentracije v zraku v bližini ali večji oddaljenosti od izvora onesnaževanja ne dosegajo visokih vrednosti, vendar je človeku za njih prag zaznavanja izredno nizek. V skladu z metodo VDI 3940 je bila opravljena determinacija imisij neugodnih vonjav iz naprave za obdelavo odpadkov iz zdravstva. S panelisti smo na terenu izvedli 20 posameznih imisijskih meritev in pridobili 6000 podatkov, ki smo jih statistično obdelali. Ugotovili smo, da je bil imisijski čas obremenjevanja bližnjega naselja z neugodnimi vonjavami v skupnem deležu nizek, v večini primerov le slabo izražen, le zelo nizek odstotek časa je bilo okolje na določenih mestih obremenjeno z jasno izraženim vonjem.

1 UVOD

Neugodne vonjave so onesnaževalec zraka, ki v plinskih mešanica v zraku, povzročajo nelagodnost in obremenjevanje človeka. Sestavljene so iz več sto plinskih komponent, pri čemer kljub svoji heterogeni sestavi ne nastopajo v visokih koncentracijah. Prag zaznavanja je za vonjave za človeka izredno nizek (1). Po anketi, ki jo je v Zvezni Republiki Nemčiji izvedel Urad za okolje so s strani prebivalstva neugodne vonjave uvrščene šele na tretjo okoljsko neprijetnost, neposredno za hrupom in prahom (2). Za ocene emisij vonjav v okolico emitentov se na primer v ZRN že več kot 20 let upošteva VDI smernice glede »zmanjševanja emisij neugodnih vonjav«, v katerih so opisane stroškovno ugodne in zanesljive rešitve, kot tudi instrumenti reševanja.

Vsekakor smernice niso uporabne v vseh primerih, kjer so viri emisij in urbana območja preblizu skupaj, ali gre za že pozidana območja. V teh primerih je potrebna ocena posamičnih primerov in s tem skladno posamičnega presojevanja, ki vključuje vnaprejšnje predvidevanje na podlagi izračuna o širjenju neugodnih vonjav. Končne presoje in mnenja so v celoti odvisna od števila, vrste, jakosti in oddaljenosti izvorov emisij (3). Da bi lahko končno ocenili obremenjevanje okolja z neugodnimi vonjavami so potrebne reprezentativne meritve neugodnih vonjav, ki pa so zapleteni postopki, zato se je pogosto potrebno pri ocenjevanju nasloniti na dosedanje izkušnje na podlagi izsledkov. Emisije povzročajo nastajanje imisij, ki povzročajo bremenilne učinke na človeka (4). Kolikor prekoračijo njihov tolerančni prag, se ob obremenitvah ljudje pritožijo, saj neugodne vonjave delujejo negativno na njihovo počutje, zmanjšano delovno sposobnost in dovzetnost za obolenje (5). Bremenilni učinek neugodnih vonjav je na človeka tem močnejši bolj kot so neugodne vonjave koncentrirane, intenzivne in ofenzivne. K temu prispeva še dejavnik trajanja vonjav, torej časa izpostavljenosti

neugodnim vonjavam (6). Poleg tega je jakost neugodnih vonjav odvisna tudi od razdalje od izvorov nastajanja vonja, konfiguracije terena, meteoroloških prilik in drugih značilnosti.

„Mrežni postopek računanja imisij“ v ZR Nemčiji ureja smernica VDI 3940 (7). Vsebina smernice temelji na opisu načina meritev s testiranci na terenu, ki preizkušajo prisotnost, kvaliteto in intenzivnost neugodnih vonjav na območju, ki je obremenjeno z imisijami neugodnih vonjav. Prispevek prikazuje rezultate meritev jakosti imisij neugodnih vonjav iz naprave za obdelavo odpadkov iz zdravstva.

2 MATERIAL IN METODE DELA

V raziskavi smo opravili determinacijo imisij neugodnih vonjav zaradi domnevnega obremenjevanja okolice iz naprave za obdelavo odpadkov iz zdravstva.

Meritve smo opravili na skupno 10 lokacijah in sicer na dveh neposredno ob napravi na območju odlagališča komunalnih odpadkov ter na 8 merilnih mestih potencialnega imisijskega območja okoliškega naselja severozahodno od naprave (Slika 20).



Slika 20: Merilna mesta 1-10

Meritve smo opravili v skladu z metodo VDI 3940 (Determination of Odorants in Ambient Air by Field Inspections) (7). Odstopanja od metode so nastala v dolžini časa izvajanja meritev, meritve bi bilo potrebno izvajati več mesecev v različnih letnih časih in številu panelistov, po smernici se zahteva najmanj 8 panelistov. Izvedli smo 20 posameznih meritev s 6 panelisti, vsaka meritev je trajala 10 min in obsega 300 rezultatov, ki se nanašajo na jakost vonja. Skupno to pomeni 6000 podatkov, ki smo jih statistično obdelali in jih prikazujemo v naslednjih tabelah. Za vrednotenje jakosti neugodnega vonja smo uporabljali sledeči kriterij:

- 0 = nezaznaven vonj (ni prisotnega nikakršnega neugodnega vonja)
- 1 = zelo šibak, oziroma komaj zaznaven neugodni vonj
- 2 = šibak, oziroma slabo izražen neugodni vonj
- 3 = razločen, oziroma jasno izražen neugodni vonj
- 4 = močno izražen neugodni vonj

5 = zelo močno izražen neugodni vonj

6 = nevzdržen neugodni vonj.

Zaradi vrednotenja pridobljenih rezultatov smo opravili tudi kontrolne meritve v času, ko omenjena naprava ni delovala. Naprava obratuje, po informacijah upravitelja, vsak dan od 16⁰⁰ do 2⁰⁰. Kontrolne meritve smo izvajali v popoldanskem času od 15⁰⁰ do 16⁰⁰ ko naprava ni delovala. Meritve v raziskavi smo izvajali v času od 16⁰⁰ do 24⁰⁰, v času delovanja naprave in je prisotnost neugodnih vonjav po predvidevanjih najbolj moteča. Rezultati meritev (razen negativnih kontrolnih meritev) se nanašajo zgolj na obratovalni čas naprave in ne na celotno obdobje dneva.

3 REZULTATI

Rezultati meritev, ko naprava ni obratovala:

Tabela 47: Stopnja jakosti neugodnih vonjav in čas trajanja imisij (imisijski čas). Negativne kontrolne meritve, (MESTA 1, 3, 4, 5)

Mesto 1:		Mesto 3:		Mesto 4:		Mesto 5:	
Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)	Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)	Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)	Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)
0	44	0	94,7	0	74,7	0	95,7
1	44,3	1	5,3	1	24	1	4,3
2	10,7	2, 3, 4, 5, 6	0	2	1,3	2, 3, 4, 5, 6	0
3	1			3, 4, 5, 6	0		
4, 5, 6	0						

Iz rezultatov lahko razberemo, da je imisijsko obremenjevanje z neugodnimi vonjavami slabo izraženo.

Rezultati meritev v času obratovanja naprave:

Tabela 48: Stopnja jakosti neugodnih vonjav in čas trajanja imisij (imisijski čas). Merilni mesti v neposredni bližini naprave (mesti 1, 2), merilni mesti oddaljeni 500 m od vira (mesti 3 in 4)

Mesto 1:		Mesto 2:		Mesto 3:		Mesto 4:	
Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)	Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)	Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)	Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)
0	2	0	15,5	0	71	0	57,7
1	19	1	33,5	1	25,3	1	36,7
2	24,2	2	31,3	2	3,3	2	5,7
3	20,3	3	14,5	3	0,3	3, 4, 5, 6	0
4	14,7	4	3,7	4, 5, 6	0		
5	11,5	5	1,2				
6	8,3	6	0,3				

Tabela 49: Stopnja jakosti neugodnih vonjav in čas trajanja imisij (imisijski čas). Merilni mesti oddaljeni 900 m od vira (MESTI 5 in 6), merilni mesti oddaljeni 1200 m od vira (MESTI 7 in 8)

Mesto 5 :		Mesto 6:		Mesto 7:		Mesto 8:	
Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)	Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)	Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)	Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)
0	54,3	0	73,2	0	53	0	81
1	26,7	1	17,3	1	28	1	16,8
2	15	2	7,7	2	14,7	2	2,2
3	4	3	1,8	3	3,3	3, 4, 5, 6	0
4, 5, 6	0	4, 5, 6	0	4	1		
				5, 6	0		

Tabela 50: Stopnja jakosti neugodnih vonjav in čas trajanja imisij (imisijski čas). Merilni mesti oddaljeni 1500 m od vira (MESTI 9 in 10)

Mesto 9:		Mesto 10:	
Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)	Stopnja jakosti	Čas trajanja (%)
0	84	0	57,7
1	15,3	1	31,5
2	0,7	2	8,7
3, 4, 5, 6	0	3	1,7
		4	0,5
		5, 6	0

Glede na izmerjene rezultate je mogoče oceniti, da obremenjevanje okoliškega naselja z emisijami neugodnih vonjav v danih pogojih meritev ni bilo visoko.

Meritve na mestih 1, 3, 4 in 5, v času, ko naprava ni delovala, so pokazale, da v dobršni polovici časa, v katerem se je izvajalo merjenje ni prisotnega nikakršnega neugodnega vonja, oziroma je prisoten komaj zaznaven neugodni vonj (stopnja obremenitve 0), ali le slabo izražen neugodni vonj (stopnja obremenitve 2).

V času delovanja naprave so meritve pokazale najvišje rezultate tik ob viru emisije na merilnih mestih 1 in 2, pri čemer je stopnja jakosti izražena na vseh 6 nivojih, od tega, da ni prisotnega nikakršnega neugodnega vonja do stopnje nevzdržnega neugodnega vonja. Največji delež so zastopale stopnje jakosti od 1 do 4.

Merilni mesti oddaljeni 500 m od vira (mesti 3 in 4) prikazujeta stopnje jakosti emisij neugodnih vonjav od 0 do 2, prav tako merilni mesti oddaljeni 900 m od vira (mesti 5 in 6), le da je na merilnem mestu 5 prišlo do krajšega obdobja obremenitve s stopnjo jakosti 3 (3 = razločen, jasno izražen neugodni vonj). Merilno mesto 7 oddaljeno 1200 m od vira prikazuje stopnjo obremenitve 1-3, medtem, ko je bil na merilnem mestu 8 izmerjen le komaj zaznaven neugodni vonj – stopnja obremenitve 1. Na merilnem mestu 9, 1500 m od vira, je bil prav tako izmerjen le komaj zaznaven neugodni vonj – stopnja obremenitve 1, na merilnem mestu 10, 1500 m od vira, je bil prav tako izmerjen le komaj zaznaven neugodni vonj – stopnja obremenitve 1, oziroma slabo izražen neugodni vonj – stopnja obremenitve 2.

4 RAZPRAVA

Zanimal nas je predvsem čas obremenitve (imisijski čas) na merilnih točkah 6-10 v naselju. Ugotovili smo, da je bil čas obremenjevanja na vseh merilnih mestih razmeroma kratek.

Čas v katerem se zaznava zelo šibak, komaj zaznaven neugodni vonj - stopnja jakosti 1, je bil na merilnem mestu 6 izmerjen v 17,3 odstotkih, na merilnem mestu 7 v 28 odstotkih, na merilnem mestu 8 v 16,8 odstotkih, na merilnem mestu 9 v 15,3 odstotkih, na merilnem mestu 10 pa v 31,5 odstotkih.

Čas v katerem se zaznava slabo izražen neugodni vonj - stopnja jakosti 2 je bil na merilnem mestu 6 izmerjen v 7,7 odstotkih, na merilnem mestu 7 v 14,7 odstotkih, na merilnem mestu 8 v 0 odstotkih, na merilnem mestu 9 v 0 odstotkih, na merilnem mestu 10 pa v 8,7 odstotkih.

Čas v katerem se zaznava jasno izražen neugodni vonj - stopnja jakosti 3 je bil na merilnem mestu 6 izmerjen v 1,8 odstotkih, na merilnem mestu 7 v 3,3 odstotkih, na merilnem mestu 8 v 0 odstotkih, na merilnem mestu 9 v 0 odstotkih, na merilnem mestu 10 pa v 1,7 odstotka.

Čas v katerem se zaznava močno izražen neugodni vonj - stopnja jakosti 4 je bil na merilnem mestu 6 izmerjen v 0 odstotkih, na merilnem mestu 7 v 1 odstotku, na merilnem mestu 8 v 0 odstotkih, na merilnem mestu 9 v 0 odstotkih, na merilnem mestu 10 pa v 0,5 odstotka.

Izvedene meritve so bile opravljene v spremenljivih vremenskih pogojih. Glede na dejstvo, da je bila ugotovljena stopnja jakosti na mestu 1 - ob viru tudi 5 in 6 (skupno v 19,8% časa) lahko pričakujemo v stabilnih vremenskih razmerah in nizkem zračnem tlaku dolgotrajnejše zadrževanje neugodnih vonjav na mestu emitiranja in bližnji okolici. Od smeri gibanja zraka in intenzivnost mešanja zračnih mas je odvisna stopnja jakosti in čas zadrževanja.

5 ZAKLJUČEK

Zaključimo lahko z ugotovitvijo, da je bil čas obremenjevanja z neugodnimi vonji v času meritev v skupnem deležu nizek, v večini primerov pa neugoden vonj le slabo izražen, le zelo nizek odstotek časa je okolje na mestih 8 in 10 obremenjeno z jasno izraženim vonjem.

Zaključimo lahko tudi, da stopnja jakosti in čas obremenjevanja z neugodnimi vonji iz vira emisije nista visoka.

Rezultati enega merilnega ciklusa, kot so prikazani v meritvi so premalo za dokončno oceno obremenjenosti okolice z neugodnimi vonji, za kar bi bilo potrebno izvesti večje število meritev in ob različnih letnih časih in vremenskih pogojih.

Na nenatančnost določitve vpliva emisijskega vira na imisije neugodnih vonjav v njeni okolici vplivajo tudi emisije iz bližnje komunalne deponije. Natančnost rezultata je najnižja v območju zelo nizkih jakostih imisij, saj vonja naprave ni mogoče ločiti od drugih neugodnih vonjav z deponije in višja pri višjih stopnjah jakosti.

Glede na Zakon o varstvu okolja in iz tega izhajajoč Pravilnik o odlaganju odpadkov, slednji predvideva obratovalni monitoring tudi za meritve in izračunavanje emisij snovi v zrak iz odlagališč. Med temi so emisije neugodnih vonjav in prahu predmet mesečnih meritev. Še vedno pa v R Sloveniji ni izšla uredba o emisijah vonjav v zrak, ki bi določala mejne vredosti imisij in emisij vonjav, kot tudi stopnje zmanjševanja emisij vonjav in druge ukrepe v zvezi z emisijami in imisijami vonjav. Dejstvo je, da je tudi v Sloveniji vedno več pritožb nad neugodnimi vonjavami in kolikor upoštevamo podatke iz evropskih primerov, verjetno v Sloveniji ni dosti bolje. Zagotovo se kaže potreba po uvedbi ustrezne uredbe in smernic, na podlagi katerih bi bilo mogoče jasno opredeliti politiko in odnos do tovrstne problematike.

6 LITERATURA

1. Olednburg J. Geruchs- und Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung. Staub - Reinhaltung der Luft, 1990: 189-194.
2. Eitner D. Abluftaufbereitung mit Biofiltern unter besonderer Berücksichtigung von Kompostfilteranlagen. Mull und Abfall Lfg., 5, 1985: 1-15.
3. Martinec M, Hartung E, Jungbluth T. Daten zu Geruchemissionen aus der Tierhaltung. KTBL, 1998: 60 str.
4. Hatt H. »Es stinkt mir gewaltig« oder was Geruche verraten, Signalübertragung an Reihzellen ausserst komplex. Forschung - Mitteilung der DFG, 4, 1994: 14-16.
5. GUST M. Geruchemissionen und Möglichkeiten ihrer Vermeidung durch biologische Abluftreinigungsverfahren. Wissenschaft und Umwelt, 1984: 1.
6. Wenzinger F. Entstehung, Charakterisierung und Analysierung von Geruchen in der Luft. Wasser Boden Luft Umweltschutz, 6, 1993: 5-7.
7. VDI 3940. Determination of Odorants in Ambient Air by Field Inspections,. Dusseldorf, 1993.
8. VDI 3882. Olfaktometrie; Bestimmung der Hedonischen Geruchwirkung. Dusseldorf, 1994.

9 NEKATERI PRIMERI IZDELAVE STROKOVNIH MNENJ GLEDE OBREMENJENOSTI OKOLJA Z NEUGODNIMI VONJAVAMI

(Vir: Inštitut za higieno okolja in živali z etologijo, Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta)

9.1 ZREJA PURANOV - rezultati meritev, presoja, mnenje

Dne 18.4. in 19.4.1996 je Inštitut za higieno okolja in živali z etologijo opravil po naročilu dveh rejcev meritve mikroklimе v- in izven hleva za zrejo puranov na isti lokaciji. Izmerjeni so bili naslednji dejavniki: 1. temperatura zraka v hlevu in izven, 2. relativna vlaga zraka v hlevu in izven, 3. gibanje zraka v hlevu in izven, 4. koncentracija amoniaka (NH_3) v zraku hleva, koncentracija ogljikovega dioksida (CO_2) v zraku hleva, količina prašnih delcev na izhodu ventilatorja, koncentracija neugodnih vonjav na izhodu ventilatorja, jakost hrupa ob hlevu in na spornih lokacijah (naselje ob hlevu). Dne 7. in 8.5.1996 smo opravili ponovne meritve koncentracij neugodnih vonjav na izhodu ventilatorjev.

Meritve dejavnikov mikroklimе so bile opravljene z apraturami Solomat Tip: MPM 2000 proizvajalec: SOLOMAT Mfg Ltd. Finnimore Estate, Ottery St. Mary, Devon EX11 1 AH, United Kingdom in digitalnim anemometrom Tip: DA 4000 proizvajalec: Dalmacija Dugi rat. Meritve koncentracij plinov so bile izvršene z Draeger multi gas detektorjem Tip: 21/31 proizvajalec: Draegerwerk Ag Luebeck, Moislinger Alle 53/55, D-2400 Luebeck 1, meritve koncentracij neugodnih vonjav z olfaktometrom Tip: PRA 3M Ser.št.: 3M.005 proizvajalec: Project Research Amsterdam BV, meritve hrupa s fonometrom Tip: FM 120 proizvajalec: Dalmacija Dugi rat.

Opis objekta:

- hlev za zrejo puranov
- objekt - lega vzdolžnih sten sever-jug
- izmere etaže: 120 m x 12 m x 2.5 m
- št. živali: 6900
- gostota živali/m²: 4.7 kom./m² (cca. 33kg/m² žive teže)
- starost živali: 84 dni
- št. oken z usmerjevalnimi loputami: 51
- št. ventilatorjev z odvodi: 35
- kapaciteta ventilatorjev delujočih v zatečenem stanju: 3302-3457 m³/h

Rezultati meritev:

Meritve smo pričeli z merjenjem klimatskih dejavnikov izven hlevov rejcev ob 13 uri popoldan, v sončnem vremenu, ob razmeroma visokem zračnem tlaku (1015 mb). Temperatura zraka ob hlevu je bila 21.5°C pri relativni vlažnosti 22.2% in sorazmerno nizkem gibanju zraka (0.54 m/s) jugozahodne smeri.

Pri meritvah dejavnikov mikroklimе zraka v hlevu na treh merilnih mestih, smo izmerili vrednosti za temperaturo, ki so se gibale med 24.9 in 26.4 °C, vrednosti za relativno vlažnost med 15 in 21.3 % in vrednosti za hitrost strujanja zraka med 0.00 in 0.57 m/s. Koncentracije amoniaka (NH_3) na istih merilnih mestih so bile v razponu med 4 in 22 ppm, vrednosti ogljikovega dioksida (CO_2) med 0.1 in 0.15 vol%.

Na izhodih ventilatorjev št. 5, in št. 19 smo odvzeli vzorce zraka za meritve koncentracij (Ou/m^3) in emisij (Ou/s) neugodnih vonjav v olfaktometričnem laboratoriju. Prav tako smo izmerili hitrosti strujanja zraka na izhodu ventilatorjev. Hitrost strujanja zraka smo izmerili ob zatečeni moči delovanja ventilatorjev. Rezultati meritev so pokazali strujanja zraka med 3.95 in 4.62 m/s, kar pomeni kapaciteto 2787-3259 m^3/h , pri prvi meritvi (18.4.1996) in 4.31-4.9 m^3/h , kar pomeni 3302-3457 m^3/h pri drugi meritvi (7.5.1996), z ozirom, da je površina ventilatorja 0.196 m^2 . Pri meritvah z olfaktometrom vzorcev zraka odvzetih pri prvi meritvi dne 18.4.1996 pred ventilatorjem št. 5 smo ugotovili koncentracijo neugodnih vonjav v višini 16.8 Ou/m^3 (vonjalnih enot na kubični meter), kar na podlagi kapacitete ventilacije pomeni emisije v višini 15.2 Ou/s (vonjalnih enot na sekundo). Pred ventilatorjem št. 19 so bile koncentracije neugodnih vonjav 16.3 Ou/m^3 , vrednosti za emisije 13.05 Ou/s . Pri drugi meritvi 7.5.1996 pred ventilatorjem št. 5 smo ugotovili koncentracijo neugodnih vonjav v višini 16.3 Ou/m^3 , oziroma emisijsko izraženo 15.6 Ou/s . Pred ventilatorjem št. 10 smo ugotovili koncentracijo neugodnih vonjav v višini 18.9 Ou/m^3 , oziroma emisijsko izraženo 17.3 Ou/s . Pred ventilatorjem št. 19 so bile koncentracije neugodnih vonjav 21.5 Ou/m^3 , vrednosti za emisije 18.1 Ou/s . Na izhodih ventilatorjev št. 5 in št. 10 in št. 19 (Slika 1,2) smo merili tudi skupne teže prašnih delcev (mg) v kubičnem metru zraka (m^3). Rezultati meritev tež prašnih delcev so med 0.65 in 0.8 mg/m^3 (Tabela 3). Emisije prahu (mg/s) se gibljejo med 0.54 in 0.63 mg/m^3 .

Jakost hrupa (dB) smo izmerili na dveh mestih (Tabela 2) in sicer na strani hleva, kjer so nameščeni ventilatorji (Slika 1,2) in na robu naselja na sporni lokaciji zaradi pritožb prebivalcev nad hrupom. Rezultati meritev jakosti hrupa ob ventilatorjih izven hleva so znašali 55 dB, na sporni lokaciji 100 metrov od hleva 40 dB.

Mnenje:

Iz preučitve lege objekta z ozirom na konfiguracijo terena in bližino naselja ter iz rezultatov meritev dejavnikov mikroklima, koncentracij in emisij neugodnih vonjav, tež in emisij prašnih delcev ter jakosti hrupa v in izven hleva za zrejo puranov rejcev smo ugotovili sledeče.

Hlev za zrejo puranov s kapaciteto cca. 6900 živali se nahaja ob vznožju Trnovskega gozda približno 50 metrov oddaljen od naselja in 100 metrov od glavne ceste, ki vodi v Novo gorico. Z vzdolžnimi stenami leži v smeri sever-jug, pri čemer so ventilatorji na vzdolžni steni hleva, katere južna lega je obrnjena proti hribu na nasprotno stran od naselja, ki leži severno od hleva. Poleg hleva se nahaja še drug enak hlev istega lastnika in dva enaka hleva.

V času meritve je prevladovalo lepo sončno vreme, pri čemer je pihal rahel jugozahodni veter.

Glede na starost puranov (84 dni) meritve dejavnikov mikroklima (temperatura, relativna vlažnost, gibanje zraka, koncentracije amoniaka, koncentracije ogljikovega dioksida) v hlevu niso bistveno odstopale od običajnih oziroma od normativno dovoljenih vrednosti. Ugotavljamo le nekoliko višje temperature zraka kot so za te starosti puranov priporočene (18-20°C) (DVG), izmerjena relativna vlažnost pa je daleč pod dovoljenimi normativi (60-70%) (DVG). Strujanje zraka je v zraku hleva le enkrat preseгло normativno vrednost, ki znaša 0.2 m/s. Normativni koncentraciji amoniaka (30 ppm) in ogljikovega dioksida (0.3 vol%) nista bili preseženi.

Pri meritvah koncentracij neugodnih vonjav (Ou/m^3) in emisij neugodnih vonjav (Ou/s) smo izmerili zelo nizke vrednosti, ki so od tipičnih, ki veljajo za perutnino (600-1000 Ou/s na izhodu iz ventilatorja) bistveno nižje. Slednji zelo ugoden rezultat pripisujemo različnim dejavnikom. To sta predvsem razmeroma suh nastilj, ki se ga (po izjavi rejca) med zrejo deloma izmenjuje s svežim in

.....

velika izmenjava zraka. Posledica je nizka relativna vlažnost zraka v hlevu in nizka koncentracija amoniaka, ob tem pa tudi nizka koncentracija neugodnih vonjav, ki jih večinoma sestavljajo hlapne maščobne kisline, žveplove spojine, fenoli, indoli, skatoli itd. Vendar je ob tem potrebno poudariti, da je bila opravljena le ena meritev na izhodu ventilatorjev, zato je s stališča potrebnosti ovrednotenja variabilnosti rezultatov različnih meritev, (potrebni je vsaj 8 meritev na istem viru (Kolmogorov-Smirnov test)) težko oceniti težo pravilnosti rezultata.

Po Misselbrooku in sod. (1993), ki so ocenjevali s pomočjo ljudi-ocenjevalcev odnose med koncentracijo in intenzivnostjo neugodnih vonjav in jih imenovali ofenzivnost, sodijo izmerjene vrednosti koncentracij in emisij neugodnih vonjav v hlevu rejca po oceni ofenzivnosti med 1-6, v **oceno 3. To pomeni, da je na izvoru vonj izražen.** Po Clarksonu in Misselbrooku (1991) je tolerantna meja za z vonjem ogrožene ljudi ocena 2, ali pod njo.

Poudariti pa je potrebno, da so bile izmerjene vrednosti za koncentracije in emisije neugodnih vonjav zelo nizke, pri čemer se je do sedaj na primer v brojljski proizvodnji v R Sloveniji izmerilo tudi do 15x višje vrednosti, v prašičerejski proizvodnji pa so bile višje vrednosti koncentracij in emisij neugodnih vonjav tudi za več kot 100x (Amon M., M.Dobeic, R.Phillips, R. Sneath, T. Misselbrook, B. F. Pain, 1994). V teh primerih je bila zadostna oddaljenost hlevov od najbližjih naselij bistvena rešitev, pri čemer disperzija zraka redči emisije iz hlevov na znosno raven.

Verjetno pa bi lahko z ustrežno tehnologijo (napajanje, menjava nastilja med zrejo, usmerjanje zraka iz ventilatorjev stran od naselij, krmljenje...) bistveno znižali imisije, torej vplive neugodnih vonjav na ljudi, ki se pritožujejo.

Menimo, da je ena sama meritev, ki smo jo izvedli pri rejcih premalo, da bi lahko zagotovo potrdili relevantnost rezultata. Emisije torej izpusti neugodnih vonjav se pri različnih starostih živali, vremenu in letnih časih, kot tudi različnih urah dneva ter smereh vetrov, bistveno spreminjajo, zato se kaže nujnost po ponovitvah meritev za zagotovitev gotovosti rezultatov meritev koncentracij in emisij neugodnih vonjav. Poleg tega je bližina hriba tik za vasjo zelo verjeten vzrok da se zrak z neugodnim vonjem ob hribu vrtinči in se le počasi odmika (polzi ob hribu), s tem zastaja in se njegova količina povečuje, pri čemer se ofenzivnost vonja v naselju zelo poveča. Poleg tega so hlevi v sklopu štirih enakih objektov, ki skupno emitirajo velike količine neugodnih vonjav. Poleg tega je dolgo časa trajajoča obremenitev zraka z emisijami zaradi dolgotrajne zreje puranov (4 mesece), gotovo en izmed dejavnikov, ki povzročajo pritožbe ljudi, ki so izpostavljeni vonjavam.

Naše mnenje o emisijah neugodnih vonjav iz hleva torej še ne more biti dokončno, dokler ne bomo opravili sklopa olfaktometričnih meritev skozi vsaj en proizvodni cikel puranov.

Meritve količin prahu so pokazale, da so dobljene vrednosti precej pod dovoljenimi normativnimi vrednostmi, ki znašajo $6\text{mg}/\text{m}^3$ (Mehlhorn, 1980, TGL 29084) oziroma $10\text{mg}/\text{m}^3$ (UK T.L.V B.S.).

Prav tako meritve hrupa niti ob hlevih, niti v naselju na spornih lokacijah niso presegle dovoljenih vrednosti 60 dB.

9.2 ŽIVALSKI VRT – rezultati meritev, presoja, mnenje

V času meritve je prevladovalo lepo sončno vreme, brez vetra.

Vsi merjeni dejavniki mikroklima so bili v okviru pogojev v katerih se posamezne vrste živali najboljše počutijo.

Koncentracije amoniaka tudi niso bile visoke (0-3 ppm) in v izmerjenih vrednostih na počutje in zdravje živali ne morejo vplivati negativno. V prostorih omenjenih objektov se je odvzelo vzorce zraka za meritve koncentracij (Ou/m^3) neugodnih vonjav v olfaktometričnem laboratoriju. Pri meritvah koncentracij neugodnih vonjav (Ou/m^3) se je izmerilo vrednosti, ki se jih je ocenjevalo s pomočjo uveljavljenih kriterijev. Kriteriji za koncentracije in emisije neugodnih vonjav iz živinorejske proizvodnje so vrednoteni po VDI smernicah in CEN standardih v EU na podlagi emitiranja neugodnih vonjav iz prašičerejske in perutninske proizvodnje.

Za pravilno vrednotenje stanja neugodnih vonjav je še potrebno upoštevati določanje koncentracij in ofenzivnosti vonja posameznih vzorcev zraka.

Po Misselbrooku in sod. (1993), ki so ocenjevali s pomočjo ljudi-panelistov odnose med koncentracijo in intenzivnostjo neugodnih vonjav in jih imenovali ofenzivnost - lestvica tolerantnosti za neugodne vonjave po Clarksonu in Misselbrooku (1991) med **1-6** (kjer 1 pomeni 1.2-3.3 Ou/m^3 , 2 pomeni 3.3-8.8 Ou/m^3 , 3 izražen vonj pomeni 8.8-23.4 Ou/m^3 , 4 pomeni 23.4-62.6 Ou/m^3 , 5 pomeni 62.6-167 Ou/m^3) in 6 pomeni $>167 \text{ Ou}/\text{m}^3$), sodijo izmerjene vrednosti koncentracij neugodnih vonjav v merjenih objektih zoološkega parka Maksimir:

1. morski levi*	64.2 Ou/m^3	3
2. plazilci*	25.0 Ou/m^3	3
3. marabui**	53.2 Ou/m^3	4
4. velike mačke**	61.7 Ou/m^3	4
5. nilski konj*	8.0 Ou/m^3	2
6. močvirske ptice**	168.7 Ou/m^3	5 - 6
7. sloni*	26.9 Ou/m^3	3
8. opičnjak*	17.3 Ou/m^3	2

* ocena na podlagi kriterijev po izračunu

$$I = 1.61(\log_{10}C) + 0.45 / I=\text{intenzivnost } C=\text{koncentracija/}$$

** ocena na podlagi kriterijev po izračunu

$$I = 2.35(\log_{10}C) + 0.30 / I=\text{intenzivnost } C=\text{koncentracija/}$$

Po Clarksonu in Misselbrooku (1991) je tolerantna meja za z vonjem ogrožene ljudi ocena 2 ali pod njo.

Velik dejavnik za pritožbe ljudi, ki so izpostavljeni vonjavam je poleg ofenzivnosti tudi čas izpostavljenosti z zrakom z neugodnimi vonjavami. Ta je v zoološkem vrtu kratek, vendar je pomemben dejavnik v kolikor upoštevamo stopnjo ofenzivnosti in specifičnosti vonja ter na vonjave občutljive pretežno mestne obiskovalce, ki tovrstnih vonjav niso vajeni.

V tem in podobnih primerih je zadostna oddaljenost objektov z živalmi od najbližjih poti, hiš, ali naselja bistvena rešitev, pri čemer disperzija zraka redči emisije na znosno raven.

Verjetno bi lahko z vertikalnim vodenjem zraka, s pomočjo ustreznih prezračevalnih cevi in ventilatorji, zrak z neugodnimi vonjavami dvignili in preusmerili. Dosegla bi se disperzija neugodnih vonjav. Uporabi se lahko "by pass" svežega zraka, s katerim bi se odvajani zrak mešal s čistim in bi zato odvedeni zrak imel dejansko nižjo koncentracijo emisij. Z ustrežno tehnologijo napajanja s čim manj razlivanja, higieno, večkratno menjavo nastilja, itd. bi dosegli zmanjšanje neugodnih vonjav. Znižanje emitiranja neugodnih vonjav bi dosegli tudi z biofiltriranjem zraka.

9.3 HLEVI ZA ZREJO BROJLERJEV - rezultati meritev, presoja, mnenje

Po ogledu in navajanjih je razvidno, da je farma zgrajena na kmetijskem območju.

Kapaciteta objektov perutninske farme je predvidena za zrejo cca. 18.200 brojlerskih piščancev, ali 6800 puranov po posameznem objektu. Piščanci so v objektu v enem turnusu 40 - 45 dni, purani gredo v zakol pri starosti med 90 in 105 dnevom.

Tehnologija krmljenja in napajanja je v objektih standardna, tla so med zrejo pokrita z nastilom iz oblancev in žaganja. Odpadne in meteorne vode so speljane v ponikovalnico, ali melioracijsko grapo. Gnoj ob čiščenju objektov razvozijo kmetje po bližnjih njivah in vinogradih. Rejec sam nima površin za podoravanje gnoja.

V vseh objektih je horizontalna ventilacija z rahlim podtlakom, s stenskimi ventilatorji katerih odprtine so na zunanji strani pokrite z deflektorji, ki usmerjajo zrak v tla. Ventilatorji zaselku najbližjega objekta so obrnjeni proti stanovanjskim hišam 50 metrov stran.

Na izhodih dveh ventilatorjev vsakega izmed 4. objektov se je odvzelo vzorce zraka za meritve koncentracij (Ou/m^3) in emisij (Ou/s) neugodnih vonjav. Pri meritvah z olfaktometrom vzorcev zraka se je izmerilo naslednje koncentracije neugodnih vonjav, oziroma emisije iz objektov, izračunane na podlagi kapacitete ventilacije: **objekt 1.** 212,2 Ou/m^3 , 177,6 Ou/m^3 in 601.3 Ou/m^3 (koncentracija vonjalnih enot na kubični meter), kar pomeni 139,74 Ou/s , 116,96 Ou/s in 296,99 Ou/s (emisija vonjalnih enot na sekundo), **objekt 2.** 174,9 Ou/m^3 in 512,0 Ou/m^3 , kar pomeni 29,86 Ou/s in 158,8 Ou/s , **objekt 3.** 251,1 Ou/m^3 in 288,9 Ou/m^3 , kar pomeni 123,03 Ou/s in 225,36 Ou/s , **objekt 4.** 104,2 Ou/m^3 in 357,2 Ou/m^3 , kar pomeni 64,53 Ou/s in 128,12 Ou/s .

Meritve koncentracij neugodnih vonjav (Ou/m^3) in emisij neugodnih vonjav (Ou/s) so pokazale vrednosti, ki so običajni pri meritvah perutninskih objektov (600-1000 Ou/s na izvoru - izhodu iz ventilatorja). Glede na lestvico toleranosti za neugodne vonjave po Clarksonu in Misselbrooku (1991) med **1-6** (kjer 1 pomeni 1.2-3.3 Ou/m^3 , 2 pomeni 3.3-8.8 Ou/m^3 , 3 izražen vonj pomeni 8.8-23.4 Ou/m^3 , 4 pomeni 23.4-62.6 Ou/m^3 , 5 pomeni 62.6-167 Ou/m^3) in 6 pomeni >167 Ou/m^3), sodijo izmerjene vrednosti koncentracij v oceno **6**. Tolerantna meja je namreč za z vonjem ogrožene ljudi ocena 2, ali pod njo.

Poudariti pa je potrebno, da se zrak z neugodnimi vonjavami z razdaljo redči s čimer se njegova agresivnost znižuje, kar velja tudi za ta primer. Zadostna oddaljenost hlevov od najbližjih naselij je namreč bistvena rešitev, pri čemer disperzija zraka redči emisije iz hlevov na znosno raven. Vendar perutninska farma s svojo obremenitvijo GVŽ ne ustreza v Evropi določenim smernicam, ki določajo najmanjši odmik perutninskih objektov od naselja zaradi obremenitve z neugodnimi vonjavami. Po VDI smernicah št. 3472 bi morala biti perutninska farma s tolikšno kapaciteto živali oddaljena od naselja vsaj 370 m.

Veliko vlogo pri emisijah neugodnih vonjav ima smer emitiranja ventilatorjev, ki v tem primeru ni rešena ugodno. Ventilatorji bi morali biti obrnjeni stran od naselja, ti pa so iz objekta 1 obrnjeni prav proti zaselku.

Bistveni ukrep za zniževanje neugodnih vonjav je večja pozornost nastilu. Zato je pomembna izbira nastila, ki bi moral vpiti čim več vlage.

Rešitve se kažejo tudi v spremembah v kmljenju živali in sicer v zniževanju ali preoblikovanju visokoproteinske hrane, saj so nekatere aminokisliline v krmi eden izmed vzrokov za nastajanje neugodnih vonjav.

Predlaga se montaža ventilacijskih jaškov nad sleme objekta z ustreznim "by passom" svežega zraka, namenjenim znižanju emisij neugodnih vonjav. Naslednja rešitev se kaže v zniževanju gostote živali v objektih, higieni objektov, tehnologiji zreje, pravilni obdelavi gnoja, gnojevke in gnojnice, nanosa na površine, manjšo obremenitvijo GVŽ/ha, itd., ki bi tudi lahko doprinesli k manjšemu obremenjevanju okolja z neugodnimi vonjavami, dušikom, kalijem, fosforjem, itd. Znižanje neugodnih vonjav bi bilo moč doseči tudi z biofiltriranjem zraka. Obenem pa za znižanje amoniaka in neugodnih vonjav se priporoča tudi nekatere aditive nastilu, tako na bazi sarsaponinov, kot tudi encimskih preparatov.

Ob omenjenih ukrepih so nujni razgovori vseh prizadetih strank, to pa so rejci in okoliški prebivalci, da bi lahko proizvodnja v bodoče potekala nemoteno. Ker se perutninska farma nahaja na kmetijskem področju, obstaja možnost, da se kljub pritožbam, med rejci in okoliškimi prebivalci doseže dogovor, ki bi vključeval pripravljenost rejcev za dolgoročno reševanje zniževanja smradu na podlagi zgoraj omenjenih in drugih rešitev.

9.4 MESNICA IN OBRAT ZA PRIPRAVO PREHRANE - rezultati meritev, presoja, mnenje

Vzorci so bili odvzeti na lokaciji mesarije in delikatese. Pripravljajo tudi tople obroke (malice in kosila). Mesarija in delikatesa je postavljena v strogem centru mesta. Spodnji predeli objektov na katere meji omenjeni lokal so trgovine. Nad trgovinami so stanovanjski prostori. Sosednji objekti so nekoliko višji v primerjavi z omenjenim lokalom.

Odvzeti so bili trije vzorci zraka - na iztoku zraka iz ventilatorja iz kuhinje - na tem mestu se je izmerilo tudi hitrost gibanja zraka, ki je znašala v povprečju 19,88 m/s, pretok preko omenjenega prezračevalnega sistema 0,29 m³ zraka na sekundo ali 1044 m³ zraka na uro.

Drugi vzorec se je odvzelo v prodajalni in tretjega na ulici.

Glede na izmerjene vrednosti koncentracij in emisij ter izmerjene imisije neugodnih vonjav na ulici je obremenjenost bližnjega okolja z neugodnimi vonjavami razmeroma visoka (106.1 Ou/m³). Emisije iz kuhinje lokala so najintenzivnejše v obdobju priprave hrane. Obremenjevanje okolja z neugodnimi vonjavami je zaradi dejavnosti kuhinje vsakodnevno in trajajoče 6 ur dnevno. V odstotkih je to četrtna dneva, oziroma 25% časa v letu. V kolikor se upošteva, da je čas, ko se sprosti največ emisij, čas najintenzivnejših dnevnih aktivnosti in obdobje največje gostote prebivalstva v tem delu mesta in v kolikor se izpostavi, da se velik delež vonjav sprošča že zjutraj, ki je za človeška čutila med najboljčutljivimi deli dneva, se lahko trdimi, da je imisijska obremenitev okolice lokala z neugodnimi vonjavami precejšnja.

Izmerjene koncentracije v lokalni in ob ventilatorju (291 Ou/m^3 in 581.9 Ou/m^3) so za gostinski objekt razmeroma visoke, če upoštevamo neposredno bližino stanovanj okoliških prebivalcev.

Ob koncentraciji vonjav, ki so za človeka obremenjujoče, je potrebno upoštevati še njihovo sprejemljivost. Predvidevamo, da ljudje različno prenašajo obremenjevanje z neugodnimi vonjavami. Kvaliteta neugodnih vonjav se vsakodnevno spreminja, v obravnavanem primeru v odvisnosti od vrste hrane in priprave v kuhinji. Prav zaradi te in še drugih spremenljivosti za restavracije, bare, bifeje, itd. ni mogoče definirati standardov največjih še dopustnih obremenitev z neugodnimi vonjavami. Evropske smernice za take primere upoštevajo predvsem nekatera dejstva s katerimi je mogoče oceniti primernost gostinskih lokalov v mestnih soseskah. Konkretno na Nizozemskem, državi, ki ima v Evropi do sedaj najbolj precizno izdelane standarde za ocenjevanje emitentov z neugodnimi vonjavami, podobno problematiko kot je obravnavani primer, rešujejo s smernicami »Nederlandse emissie Richtlijn Lucht« (v nadaljevanju NeR) .

Med drugimi obravnavajo tudi problematiko obremenjevanja okolja z neugodnimi vonjavami - tudi med sosednjimi stanovanjskimi hišami. Pri obravnavanju primerov, **poleg olfaktometrijskih meritev**, izpolnijo še ustrezen vprašalnik, katerega odgovori pomenijo vsebino za nadaljnje ukrepanje. Pomembnejša so vprašanja:

1. ali ima emitent, ki sprošča emisije z neugodnimi vonjavami že izdelano metodologijo, ali tehniko, ki bi omogočala zniževanje koncentracije, ali emisij neugodnih vonjav,
2. ali je v opremi za proizvodnjo, oziroma za izvajanje dejavnosti, ki sproža sproščanje neugodnih vonjav že vključena tehnika za njihovo zniževanje, ali omejevanje sproščanja (filtri,....),
3. ali si emitent ekonomsko lahko privošči ustrezno tehniko za zniževanje razvoja emisij,
4. število in pogostnost pritožb okoliškega prebivalstva,
5. obremenjenost in trpljenje ljudi zaradi neugodnih vonjav,
6. meja sprejemljivosti ljudi za neugodne vonjave v posameznih obravnavanih primerih,
7. določanje hedoničnosti panelistov paralelno z olfaktometrijskimi meritvami.

9.5 PRAŽARNA KAVE - Rezultati meritev, presoja, mnenje

POROČILO O MERITVAH

Olfaktometrične meritve

Izvor: Pražarna kave
Lastnik:
Naročnik:
Št. vzorcev: 1
Odvzem: 23.5.1999; 8.00
Preiskan: 24.5.1999; 8.00

PODATKI IZ OGLEDA:

Vremenske razmere: Temperatura zraka: 16,2 °C
Relativna vlažnost zraka: 63,7%
Gibanje zraka: 0,2 m/s

Lega objekta: Pražarna kave ima sedež v stanovanjski hiši, ki meji na sosednje hiše in je oddaljena od strnjenegega naselja približno 100 m.

Mesto odvzema: Vzorec zraka za olfaktometrijsko meritev je bil odvzet na izstopu zraka iz prezračevalnika na strehi objekta.

Velikost prezračevalne odprtine: Prezračevalna odprtina je pravokotne oblike z izmerami 0,70 x 0,44 m ali površine 0,308 m².

Povprečna hitrost gibanja zraka: Na izstopu zraka iz prezračevalne odprtine na strehi smo izmerili povprečno gibanje zraka na 12 merilnih točkah 3,25m/s.

Pretok zraka: Pretok zraka preko prezračevalne odprtine znaša 1.00 m³/s.

REZULTATI OLFAKTOMETRIJSKIH MERITEV

Vz. zraka št 1: Izmerjena **koncentracija neugodnih vonjav:181,0 Ou/m³. Emisija neugodnih vonjav 181,0 Ou/s.** (glede na izmerjen pretok zraka preko ventilatorja (1,00 m³/s)).

MNENJE

Rezultati meritev kažejo, da so emisije neugodnih vonjav, ki prihajajo iz pražarne kave **nizke**.

Ker ni pritožb lastnikov okoliških hiš in glede na izjavo lastnice, da pražijo kavo enkrat tedensko - kar znaša 7,6% časa letno - glede na obstoječe evropske standarde menimo, da ni nikakršnih ovir za tovrstno dejavnost, na omenjeni lokaciji.

Pražarna kava ima sedež v stanovanjski hiši, ki meji na sosednje hiše in je oddaljena od strnjenege naselja približno 100 m.

Vzorec zraka za olfaktometrijsko meritev je bil odvzet na izstopu zraka iz prezračevalnika na strehi objekta.

Izmerjena koncentracija neugodnih vonjav znaša 181,0 Ou/m³. Emisija neugodnih vonjav 181,0 Ou/s. (glede na izmerjen pretok zraka preko ventilatorja (1,00m³/s)).

Rezultati meritev kažejo, da so emisije neugodnih vonjav, ki prihajajo iz pražarne kave **nizke**.

Ker ni pritožb lastnikov okoliških hiš in glede na dejstvo, da pražijo kavo enkrat tedensko - kar znaša 7,6% časa letno - glede na obstoječe evropske standarde ni nikakršnih ovir za tovrstno dejavnost, na omenjeni lokaciji.

9.6 LIVARNA - Rezultati meritev, presoja, mnenje

POROČILO O MERITVAH

Olfaktometrične meritve

Izvor:	Livarna
Lastnik:	
Naročnik:	
Št. vzorcev:	30, 31, 24, 32
Odvzem:	21.6.1999; 10.00
Preiskan:	22.6.1999; 8.00

PODATKI IZ OGLEDA

Vremenske razmere: Temperatura zraka: 20,5°C
Relativna vlažnost zraka: 57,6%
Gibanje zraka: 0,48 – 0,96 m/s

Lega objekta: Obrat z livarsko in metalurško dejavnostjo je oddaljen od strnjenegega naselja približno 100 m. Po izjavi vodje obrata je smer dominantnih vetrov v smeri proti naselju, od koder po izjavah sosedov izmenično zaznavajo močan neugodni vonj po kovini.

Mesto odvzema: Vzorci zraka za olfaktometrijsko meritev so bil odvzeti: v obratu nad glavnim virom neugodnih vonjav (vzorec št. 30) ob ograji pri vratarnici (smer pihanja dominantnih vetrov – vzorec št. 31) pred prvo stanovanjsko hišo, kamor pihajo dominantni vetrovi (vzorec št. 24), pred prvo najbližjo stanovanjsko hišo (vzorec št. 32).

Prezračevanje objekta: Z ventilatorjem dovajajo zrak v proizvodni obrat. Zrak iz objekta izhaja preko prezračevalnih odprtih, ki so nameščene na vrhu proizvodnega obrata in skozi vrata za vožnjo z viličarji.

REZULTATI OLFAKTOMETRIJSKIH MERITEV

Vzorec zraka št. 30: Izmerjena koncentracija neugodnih vonjav: 971,4 Ou/m³.

Vzorec zraka št. 31: Izmerjena koncentracija neugodnih vonjav: 91,9 Ou/m³.

Vzorec zraka št. 24: Izmerjena koncentracija neugodnih vonjav: 55,1 Ou/m³.

Vzorec zraka št. 32: Izmerjena koncentracija neugodnih vonjav: 33,7 Ou/m³.

MNENJE

Rezultati olfaktometrijskih meritev, ki so bile opravljene v livarskem obratu, ob njem in ob najbližjih stanovanjskih objektih so osnova za oceno obremenjevanja okoliškega prebivalstva z neugodnimi vonjavami. Vonjave, ki se sproščajo v livarski proizvodnji so po svoji kvaliteti razmeroma prodorna in okolju tuja zračna sestavina. Izmerjene koncentracije neugodnih vonjav so v zraku livarskega objekta razumljivo najvišje. Glede na problematiko sproščanja neugodnih vonjav v okolje pa se je izmerilo koncentracije vonjav v okolici obrata in sicer ob vratarnici livarske proizvodnje in najbližjih stanovanjskih enotah, ki so od livarne oddaljene 100 m. Proti stanovanjski soseski v večini leta od livarne pihajo dominantni vetrovi. Iz tega razloga se je meritve izvršilo pri stanovanjskih objektih tudi v smeri strujanja vetra.

Meritve koncentracij neugodnih vonjav so pri livarni najbližji stanovanjski hiši, ki je oddaljena 100 m pokazale količinsko nizke vrednosti vonjalnih enot, toda glede na dejstvo, da je vonj kljub nizkemu številu še vedno izrazit in zaznaven ugotavljamo, da je njegova kvaliteta in intenzivnost taka, da jo ljudje zaznajo še po 100 m razdalje. V kolikor upoštevamo tudi dejstvo, da proizvodnja poteka vsakodnevno je obremenjevanje ljudi z neugodnimi vonjavami glede na čas obremenjevanja razmeroma visoko. Ob tem gre poudariti tudi smer dominantnih vetrov od livarne proti naselju, kar še dodatno pripomore k povečanemu obremenjevanju z neugodnimi vonjavami, saj se onesnažen zrak aktivno pomika v smeri stanovanjskega naselja.

Menimo, da je proizvodnja razmeroma dovolj daleč od najbližjih stanovanjskih hiš in naselja, vendar bo v primeru pogostejših pritožb prebivalcev potrebno filtrirati emitirani zrak iz livarne. Nedvomno pa s stališča obremenjevanja z neugodnimi vonjavami ne bi bila primerna nova stanovanjska gradnja v obstoječem prostem krogu zemljišča okrog livarne v radiu 100m.

Naše končno mnenje je, da s stališča obremenjevanja zraka z neugodnimi vonjavami livarska proizvodnja ni izrazit onesnaževalec okolja vendar je v prihodnosti potrebno razmišljati o namestitvi filtrov za zmanjševanje neugodnih vonjav.

9.7 LAKIRNICA - rezultati meritev, presoja, mnenje

Položaj tovarne in lakirnice

Tovarna z lakirnico je v neposredni bližini stanovanjskih hiš. Tovarna je v celoti obdana s posameznimi stanovanjskimi objekti, ki jih med drugim prečka tudi avtocestni viadukt Verd.

Opis lakirnice

Lakirnica se nahaja na vzhodnem delu lokacije objektov neposredno ob stanovanjskih hišah. Odzračevanje izpustov se vrši na podlagi podtlačnega ventilacijskega sistema s petimi izpusti – ventilacijskimi jaški, speljanimi nad streho lakirnice. Izpusti ventilacijskih jaškov so s krivinami obrnjeni stran od stanovanjskih objektov. Višina odvodnih odprtin izpustov nad znaša približno 10 m.

Mesta odvzema vzorcev zraka

Na 5 izpustih lakirnice smo odvzeli 5 vzorcev zraka za olfaktometrijske meritve. Vzorci so bili odvzeti neposredno v vsakem izpustu, ob obratovanju lakirnice in polnem delovanju ventilacije.

Izmerjene koncentracije in emisije neugodnih vonjav

Rezultate olfaktometrijskih meritev koncentracij in emisij neugodnih vonjev podajamo v naslednji tabeli:

Ventilacijski jašek št.:	Koncentracija neugodnih vonjav (Ou/m ³)	Pretok zraka (m ³ /s)	Emisije neugodnih vonjav (Ou/s)
4	1.501,7	2,17	3259,59
3	216,	1,44	311,58
26	425,1	1,05	447,44
9	632,5	1,08	685
22	476,5	1,1	524,15

Ugotavljamo, da so emisije neugodnih vonjav na ventilacijskem jašku št. 4 bistveno intenzivnejše kot na drugih, še posebej v trenutku lakiranja. Skupne emisije vonjav v času meritev znašajo 5227,77 Ou/s.

MNENJE

Ugotavljamo, da so vrednosti emisij neugodnih vonjev visoke. K temu še posebej pripomorejo emisije iz izpusta 4, ki je bil v času meritev neposredni odvod plinov z mesta lakiranja. Glede na neposredno bližino stanovanjskih objektov je obremenjevanje zraka z emisijami neugodnih vonjev in s tem najbližjega okolja visoko, še posebno s stališča ofenzivnosti vonja. Roža vetrov, ki je bila izvedena v obdobjih julij/avgust, avgust/september, september/oktober, oktober/november kaže, da okoli 18% vetrov piha iz jugozahodne smeri, ob tem so ti močnejši kot iz drugih smeri. Dokaj pogosta so tudi brezvetrja. To pomeni da jugozahodni vetrovi ne glede, da so izpusti obrnjeni v stran od hiš, pripomorejo k prinašanju vonja neposredno k stanovanjskim objektom, ki leže severovzhodno od izpustov. Tudi brezvetrje je za širjenje emisij v tem primeru zelo neugodno. Iz vsega ocenjujemo, da je situacija glede širjenja emisij neugodnih vonjev k stanovanjskim hišam neugodna in menimo, da je obremenjevanje zraka z neugodnimi vonji, emisijko bremenilnega za sosednje stanovanjske objekte, visoko.

9.8 KLAVNICA - rezultati meritev, presoja, mnenje

Položaj klavnice

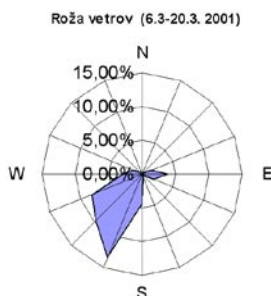
Klavnica meji s svojim severnim in zahodnim delom ob reki, z vzhodnim in južnim delom pa meji na staro mestno središče.

Meritve rože vetrov

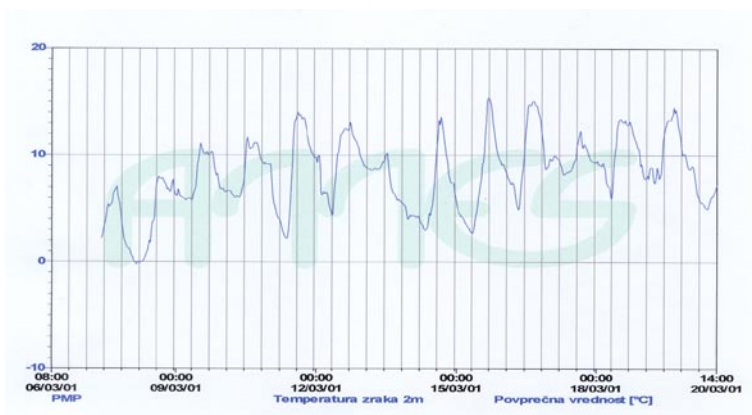
Meritve rože vetrov smo opravljali v dveh terminih. Prva meritev je potekala od 6.3. do 20.3. 2001, druga pa od 13.4. do 11.5. 2001. Merilno mesto, kjer so bile izvajane meritve rože vetrov je bilo postavljeno ob čistilni napravi klavnice ob reki.

Prva meritev

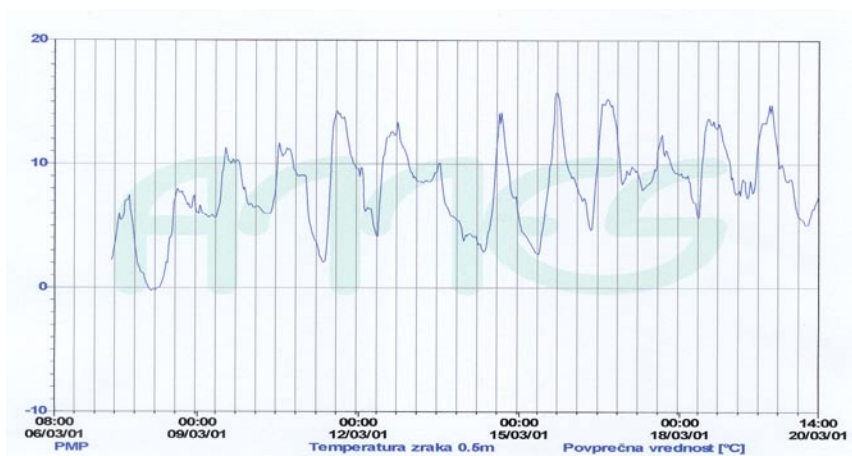
Glede na grafčni prikaz rože vetrov (Slika 21) ugotavljamo, da je bilo gibanje v obdobju prvih meritev zraka iz smeri jug-jugozahod v 13,25% iz jugozahoda 9,78% in iz smeri jugovzhod 8,04% časa meritev. Ugotavljamo tudi, da je bil čas trajanja brez veterja 50,79%. Hitrost gibanja zraka ni presegala v obdobju meritev 2,0 m/s.



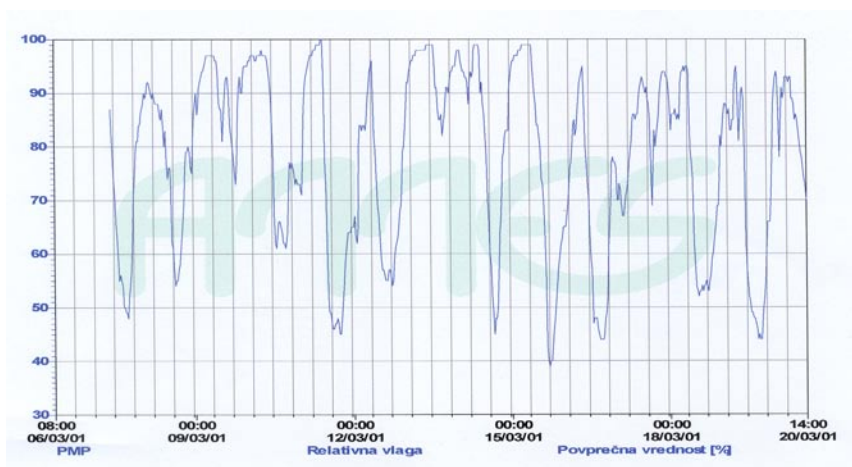
Slika 21: Roža vetrov



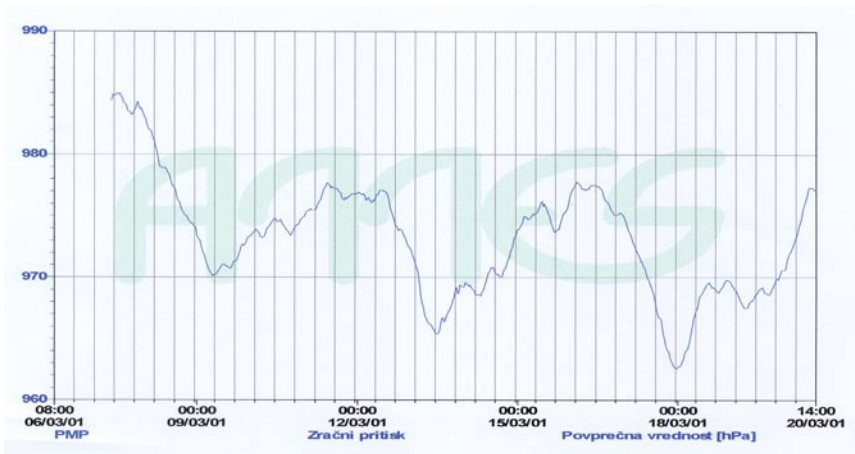
Slika 22: Temperatura zraka na višini 2m na lokaciji klavnice



Slika 23: Temperatura zraka na višini 0,2m



Slika 24: Vlažnost zraka (%) na lokaciji klavnice

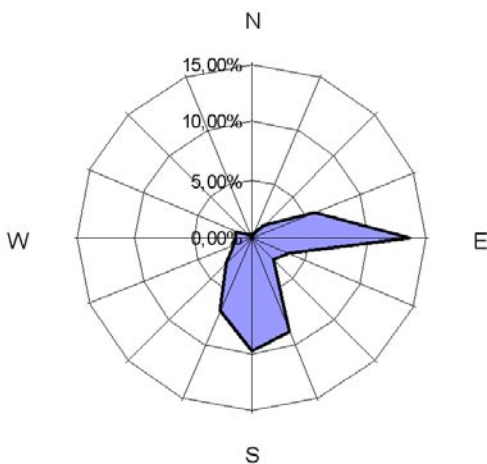


Slika 25: Zračni pritisk (hPa) na lokaciji klavnice

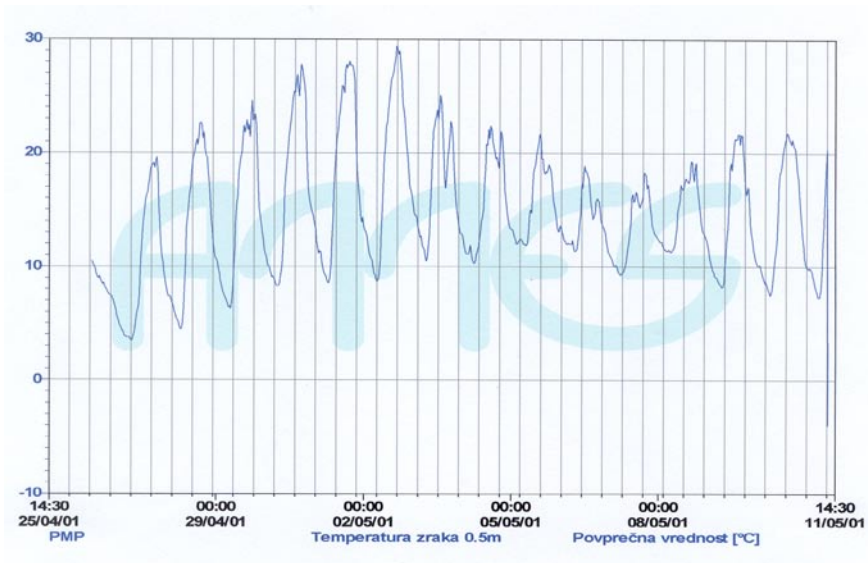
Druga meritev

V obdobju druge meritve rože vetrov ugotavljamo, da je bilo gibanje zraka v glavnem iz dveh glavnih smeri iz smeri vzhoda v 13,47%, iz jugovzhoda 8,47% in iz juga v 9,72% časa meritev. Ugotavljamo tudi, da je bil čas trajanja brezveterja 38,89%. Hitrost gibanja zraka ni presegala v obdobju meritev 2,0 m/s (Slika 27).

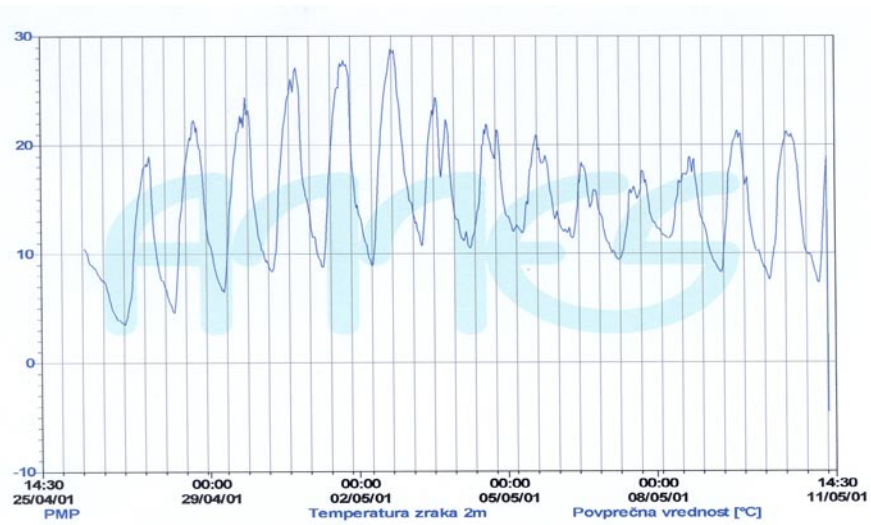
Smeri vetrov v deležih (13.4.-11.5 2001)



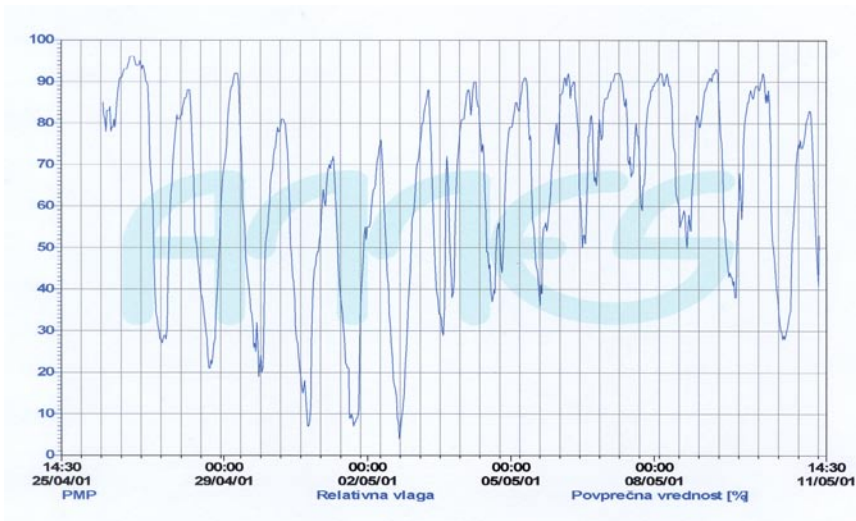
Slika 26: Roža vetrov



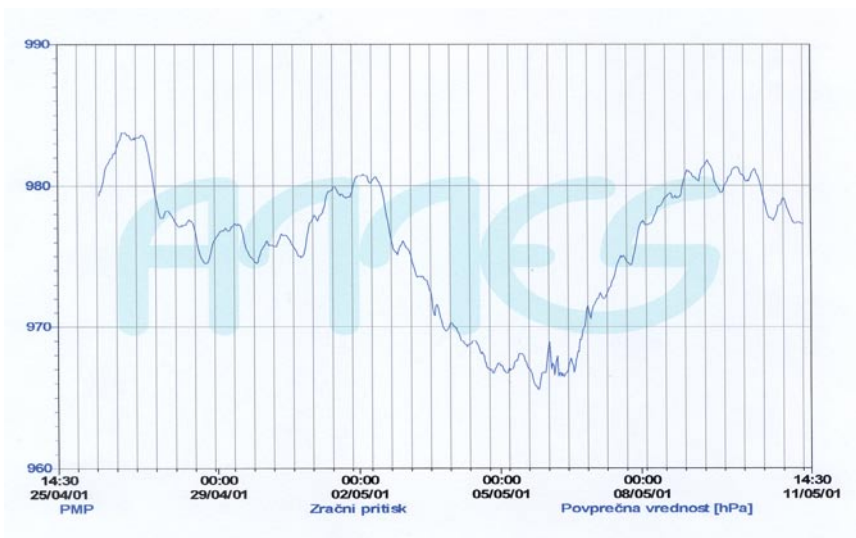
Slika 27: Temperatura zraka na višini 0,5 m na lokaciji klavnice



Slika 28: Temperatura zraka na višini 2m



Slika 29: Vlažnost zraka (%) na lokaciji klavnice



Slika 30: Zračni pritisk (hPa) na lokaciji klavnice

Določen vpliv na neugodne vonjave imajo tudi zračne turbulence, za katere pa so potrebna natančnejša sinoptična opazovanja.

Emisije neugodnih vonjev

Glavni viri sproščanja emisij neugodnih vonjev v klavnici predstavljajo mesta, kjer se dovažajo živali in mesta, kjer se odstranjujejo klavnični odpadki, sanitarna voda, kri zaklanih živali, čistilna naprava in izhodi prezračevalnih naprav, ki odvajajo zrak iz prostorov obdelave zaklanih trupel in prebavil.

Neugodne vonjave so posledica biokemičnih in fizikalno kemičnih procesov obdelave in razgradnje organskih materialov, iztrebkov, klavničnih odpadkov in stranskih produktov.

Znaten delež v emisijah predstavljajo lahko hlapne nizko molekularne maščobne kisline (etanojska kislina propanojska, butanojska kislina), razkrojki žveplo vsebujočih aminokislin cistina in metionina z najbolj ofenzivnim vonjem (dimetilsulfid, dimetiltrisulfid, dimetiltetrasulfid) in vodikov sulfid, metilmerkaptan, deloma amonjak, katerih vonj je manj izrazit.

Na omenjenih mestih smo opravili odvzem vzorcev, ki smo jih olfaktometrijsko ovrednotili, kar prikazujemo v naslednji tabeli 51.

Tabela 51: Rezultati meritev neugodnih vonjev po odvzemnih mestih v klavnici

Odvzemno mesto	Neugodne vonjave
Prečrpavanje krvi iz rezervoarja	528,9 ou/m ³
Čistilna naprava	212,5 ou/m ³
Razkladanje živali	93,6 ou/m ³
Zračnik klavna linija	181,20 ou/s
Zračnik črevarna	199,56 ou/s

Mnenje o emisijah neugodnih vonjev

Po priporočilih nemških smernic bi morale biti klavnice oddaljene od najbližjega naselja, da ne bi motile okolice z neugodnimi vonji vsaj 350 metrov. Lokacija klavnice je neugodna, saj je v neposredni bližini starega mestnega jedra.

Širjenje vonjav v atmosferi je odvisno od vrste meteoroloških dejavnikov med katerimi so najpomembnejši smer, hitrost, pogostost in trajanje vetra, temperatura in relativna vlaga.

Direktno izmerjeni neugodni vonji na posameznem mestu absolutno gledano ne predstavljajo visokih vrednosti. Najvišja vrednost je bila izmerjena ob prečrpavanju krvi. To se izvaja dvakrat tedensko ob istem času in traja v skupnem času približno 10 min., kar lahko zaradi frekventnega ponavljanja še dodatno moteče vpliva na okolico.

Za zmanjšanje obremenitve okolja z neugodnimi vonji priporočamo nadzorovano prezračevanje, ki bi omogočilo prečiščevanje zraka z neugodnimi vonji s pomočjo biofiltrir, postopki kondenzacije, absorpcije in adsorpcije ali pranjem zraka. Za nadzorovano prezračevanje je potrebno zapreti prostore, kjer se sproščajo neugodni vonji, onemogočiti odpiranje oken in sprotno odstranjevanje organskih klavničnih odpadkov in njihovih produktov, kateri so vir neugodnih vonjev.

10 LITERATURA

1. Amon, Marko. Olfaktometrija, evropski trendi ter opcije pri izvajanju emisijske politike. Vet. nov. , 1994, let. 20, št. 2, str. 51-55.
2. Bahn Müller H. Olfaktometrie von Dibutylamin, Acrylsäuremethylester, Isoamylalkohol und eines Spritzverdünners für Autolacke- Ergebnisse eines Ringvergleiches. Staub -Reinhaltung der Luft 1984; 44; Nr. 7/8: 352-358.
3. Berg W, Hörnig G. Wirksame Emissionsminderung - Bietet die Ansäuerung von Gülle neue Möglichkeiten? Landtechnik 1996; 1/96: 24-25.
4. Boeker P, et al. Tracerverfahren zur Validierung von Ausbreitungsmodellen für Geruchsemissionen. In: Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2001 in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2001: 92-97.
5. Boninsegni J-C. Analyse von Gerüchen bei der Kehrriechkompostierung. In: Dissertation an der Eidgenössischen technischen Hochschule Zürich. Zürich, 1974.
6. Both R, Essers K.-H., Gliwa H, Külsche S. Untersuchungen zur Geruchsausbreitung und Geruchserhebung an einem großen Schweinemastbetrieb. In: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen. Letno poročilo 1995.
7. Brose G. Unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse im Rahmen des Teilprojektes „Entwicklung von Meßmethoden und Bestimmung der Emissionen klima- und umweltrelevanter Gase bei der Lüftung von Rindviehställen“. In: DFG- Forschergruppe: Messung, Modellierung und Minderung von Gasemissionen in landwirtschaftlichen Betriebssystemen. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, 1997.
8. CEN/ T C 264WG2/N 222/e, Maj 1997. EN13725, 2000.
9. Clarkson C.R, Misselbrook T.H, Nielsen V.C, Voorburg J.H, L'Hermite P. Odour Emissions from Broiler Chickens. Odour and ammonia emissions from livestock farming. In: Proceedings of seminar. Silsoe, UK, 26-28 March, 1990.
10. Clarkson C.R, Misselbrook T.H. Collecting and measuring odours for concentration and odour intensity in broiler houses. In: Nielsen C.V, Hratung J, Pain P.F, eds. Odour and ammonia emissions from livestock production. Brussels: EEC Publisher, 1991.
11. D'ans J, Lax E. Taschenbuch für Chemiker und Physiker. Berlin, Heidelberg, New York, Tokio: Springer -Verlag, 1983: 948-997.
12. Drobnič-Košorok, Marinka, Dobeč, Martin. Merjenje neugodnih vonjav iz živinorejske proizvodnje. Zb. Vet. fak. - Univ. Ljublj., 1995, 32, št. 2, str. 173-184.
13. Eckof W. Erfahrung bei der Genehmigung von Tierhaltungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Geruchsemissionen und Immissionen. In: Geruchsemissionen aus der Landwirtschaft. Darmstadt: KTBL, 1997; 244: 74-84.
14. Eitner D. Abluftaufbereitung mit Biofiltern unter besonderer Berücksichtigung von Kompostfilteranlagen. Mull und Abfall Ldg. 1985; 5: 1-15.
15. Eitner D. Untersuchungen an Kompostfiltern zur Geruchseliminierung auf Kläranlagen. In: GWA Gewässerschutz-Wasser- Abwasser. Aachen, 1983; 59.
16. Falbe J, Regnitz M. Römpf. Chemie Lexikon 1995. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1995: 9.
17. Frechen F.-B. Geruche. In: ATV-Dokumentation und Schriftenreihe aus Wissenschaft und Praxis. Abluftemissionen aus kommunalen Abwasseranlagen- Verfassung/ Vermeidung / Verminderung 1994: Zv. 33; 29-33.
18. Göpel W. Chemische Sensoren - technische Sinnesorganen für Riechen. Spektrum der Wissenschaft, Januar 1994: 97- 101.
19. Griebel M, Dornseifer T, Neunhoffer T. Numerical Simulation in Fluid Dynamics, a practical Introduction. Philadelphia: SIAM, 1998.
20. Grimm E. Beurteilung und Vermeidung von Geruchsemissionen und Immissionen. In: Geruchsemissionen aus der Landwirtschaft. Darmstadt: KTBL, 1997; 244: 85-93.

21. Gust M. Geruchemissionen und Möglichkeiten ihrer Vermeidung durch biologische Abluftreinigungsverfahren. *Wissenschaft und Umwelt* 1984; 1.
22. Gust M. Geruchemissionen und Möglichkeiten ihrer Vermeidung durch biologische Abluftreinigungsverfahren. *Wissenschaft und Umwelt* 1984; 1.
23. Harrevelde A, Clarkson C. Techniques and Methodology in Odour measurement. In: Conference on the Atmospheric Environment. Cork, Ireland, 1993.
24. Hartung E, Martinec M, Jungbluth T. Unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse im Rahmen des Teilprojektes Reduzierung der Ammoniak Emissionen aus Tierhaltungsanlagen der Landwirtschaft durch biologische Abluftfilter“. Hohenheim, Institut für Agrartechnik, 1997.
25. Hartung J, Phillips V.R. Control of Gaseous Emissions from Livestock Building and Manure Stores. *Journal of Agriculture E. Research* 1993; 57: 173-189.
26. Hartung J. Dustin livestock buildings as a carrier of odours. In: Nielsen V.C, Voorburg J.H, L’Hermite P. eds. Odour prevention and control of organic sludge and livestock farming. London and New York: Elsevier Applied Science Publisher, 1986.
27. Hartung J. Emission und Kontrolle von Gasen und Geruchsstoffen aus Ställen und Dunglagern. *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin* 1992; 192: 389-418.
28. Hatt H. „Es stinkt mir gewaltig“ oder was Gerüche verraten, Signalübertragung an Riehzellen äußerst komplex. In: *Forschung - Mitteilung der DFG* 1994; 4: 14-16.
29. Hedderich R. Das mikroelektronische Nase-Multisensor-Mikrosystem für simultanen Nachweis atmosphärischer Schadstoffe. *Energie* 1995; 47; Nr. 5.
30. Heining K, Wiese B, Stegmann R. Weitergehende Elimination von Gerüchen aus Kompostwerken. In: *BMFT-Status Seminar Neue Techniken der Kompostierung*“. Hamburg, 22.-23. November, 1993: 135-151.
31. Hesse D, Zerbe F, Mannebeck H, Holste D. Weiterentwicklung von Mast Schweinehaltungsverfahren mit und ohne Einstreu, im Hinblick auf Tier und Umweltschutz. In: *Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beiträge zur 3. Internationalen Tagung. Kiel, 11.-12. März, 1997: 130-137. ISSN 0948-7786.*
32. Isensee E, Wagner M. Ermittlung der Geruchsquellen in Tierhaltung, ins besondere bei Schweinemastställen. In: *Darmstadt: KTBL, 1982; Zv.272: 7-13.*
33. Jager 1993
34. Jager J. Zur chemischen Ökologie der biologischen Abfallbeseitigung. In: *Dissertation an der Ruprecht- Karl-Universität. Heidelberg, 1979.*
35. Jansen J, Krause K.-H. Stallinterne Beeinflussung der Gesamtemission aus Tierhaltung. *Grundlagen der Landtechnik* 1987; 11: 474-476.
36. Jansen J, Krause, K.-H. Stallinterne Beeinflussung der Gesamtemission aus Tierhaltungen. *Grundlagen der Landtechnik* 1987; 37: 213-220.
37. Kalich J. Staub- und Gasgehalte in der Stall- Abluft bei Mast Schweinställen bei unterschiedliche Abluftnahme. In: *KTBL Zv.272. Darmstadt, 1982: 51-61.*
38. Klasink A, Steffens G. Güllezusatzstoffe – Die meisten sind ohne große Wirkung. *Landwirtschaftsblatt Weser-Ems* 1996; 4: 40-42.
39. Köner I, Maltz I, Ritzkowsky, et al. Stickstoffdynamik bei der Kompostierung. „*Neue Techniken der Kompostierung*“. In: *Dokumentation des 2. BMFT- Statusseminars. Hamburg 6.- 8. November, 1996. Bonn: Economica Verlag: 37-54.*
40. Kraft C.C. Die synthetische Geruchstheorie. *Parfümerie und Kosmetik, Jahrgang 8/88; 69: 488-490.*
41. Krause K.H, Hake H, Macke H-D, Pardylla F. Geruchsimmissionen bei Offenställen im Zusammenhang mit dem Bundes Immissionsschutzgesetz. In: *Darmstadt: KTBL 1997.*
42. Krause K.H. Geruchstoffe – Emission, Transmission und Immission. *Landtechnik* 1987; 11: 474-476.

43. KTBL-Arbeitspapier. Gutachten zur Immissionsituation. Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz; 1991.
44. KTBL-Arbeitspapier 244. Geruchemissionen aus der Landwirtschaft; 1997.
45. Martinec, M., E. Hartung, T. Jungbluth. KTBL-Arbeitspapier 260. Daten zu Geruchemissionen aus der Tierhaltung; 1997.
46. Lais S. KTBL-Arbeitspapier 244. Geruchemissionen aus der Landwirtschaft; 1997.
47. Untersuchungen zur Reduzierung der Ammoniak und Geruchsemissionen aus der Schweinehaltung durch biologische Abluftwäscher. In: Forschungsbericht Agrartechnik 1996; 29.
48. Lankow C, Herkner S, Voigtländer B. Ergebnisse der Untersuchung zum Emissions- und Immissionsverhalten von Putenställen nach Heidemarksystem. In: Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Umwelt Mecklenburg - Vorpommern, 1995.
49. Lung T, et al. Messung und Modellierung von Konzentrationsfluktuationen für Gerüche. In: KTBL/FAL Fachgespräch(posebna izdaja), 24./25.10.00. Braunschweig; 31: 52-59.
50. Mannebeck D. Biofiltern Schweineställen –Analyse der Wirkungsweise und Konsequenzen. Forschungsbericht Agrartechnik 1994; 138.
51. Mayer J. Geruchstoffe bei der Heißrotte. In: Dissertation der Eberhard Karls- Universität. Tübingen, 1990.
52. McAvoy T.J. Sniffing Out the Artificial Nose. Resource 1996; 10: 9-10.
53. Mejer G.-J. Messungen zur Ausbreitung luftfremder Stoffe im Bereich bodennaher Punktquellen. Grundlagen der Landtechnik 1987; 37; Nr. 6: 221-227.
54. Ministry of Agric. Fish and Food. Draft code of Good Agricultural Practice for the Protection of Air. In: A consultation document by the Agric. Dep. of England and Wales, 1991.
55. Misselbrook T.H, Clarkson C. Relationship between concentration and intensity of odours for pig slurry and broiler houses. Journal for Agric. E. Research 1993; 55: 163-169.
56. Muehling A.J. Gases and odors from stored swine waste. Journal of Animal Science 1970; 30: 526-531.
57. Müller H.-J. Geruchs und Schadgasemissionsströme aus Tierhaltungen. Landtechnik 1994; 6: 360-361.
58. Müller H.-J. Vergleichende Untersuchungen zu den Geruchs und Ammoniakemissionen verschiedener Stallsysteme. In: Immissionschutz in der Landwirtschaft. Darmstadt: KTBL, 1994a; 207: 67-76.
59. Müller H-J, Krehl H, Möller B. Untersuchung. Emissions- und Immissionsverhalten von Geflügelställen. Landtechnik 1997; 2/97: 92-93.
60. Ohlof G. Riechstoffe und Geruchsinn. Berlin, Heidelberg, New York, London: Springer Verlag, 1990.
61. Oldenburg J. Abluftreinigung in der Tierhaltung, Planungsgrundlagen. Landtechnik 1992; 4: 183-185.
62. Oldenburg J. Emissionen aus der Tierprodukte bei verschiedenen Haltungsverfahren. In: Schriftenreihe der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel, 1989a; 71: 97-106.
63. Oldenburg J. Emissionsminderung bei Stallungen – Stand der Technik. Landtechnik 1987; 11: 476-478.
–livestock wastes or in around them. Journal of Agriculture E. Research 1992; 53: 23-50.
67. Padduch M. Festlegung und Beurteilung von Geruchimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie). Staub-Reinhaltung der Luft 1995; 55: 389-392.
68. Pain B. Ammonia and Greenhouse Gas Emissions from Livestock Wastes. Journal for Agric. Wastes. Res. 1993, AFRC, IOUR, UK.
69. Persaud K.C, Soad Mohialdin Knaffaf, Hobbs P.J, Sneath R.W. Assessment of Conducting Polymer Odour Sensors for Agricultural Malodour Measurements. Chemical Senses 1996; 21; N5: 485-505.
70. Reutter L. Geruchbeseitigung aus der Abluft von Nutztierhalt. In: Bericht im Auftrag des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Weinbau und Forsten des Landes Baden Württemberg. Stuttgart-Hohenheim, 1971.

71. Rogenhofer M. Grundlagen und Prüfverfahren der Sensorik – Teil I. In: Milchwirtschaftliche Berichte 1996; 128/129: 114-118.
72. Ruprich W. Bauliche, technische und biologische Maßnahmen zur Geruchsverminderung aus Tierhaltungsbetrieben. Landtechnik 1984; 12: 530-532.
73. Schatzmann M, Leitl B, Liedtke J. Validierung numerischer Modelle für Ausbreitungssimulationen in Stadtgebieten. Gefahrstoffe -Reinhalung der Luft 1999; 59; Nr.9: 349-355.
74. Schaubberger G, Eder J, et al. Vorläufige Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen. 1995.
75. Schaubberger G, Piringer M, Eder J, et. al. Österreichische Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen. Staub -Reinhalung der Luft 1997.
76. Schaubberger G, Piringer M. Der österreichische Weg bei der Beurteilung von Geruchs-Immissionen aus der Nutztierhaltung - Erste Erfahrung. In: Geruchsemissionen aus der Landwirtschaft. Darmstadt: KTBL, 1997; 244: 58-65.
77. Schirz S. Möglichkeiten der Beurteilung von Gerüchen- Entstehung und Anwendungsvoraussetzung der VDI-Richtlinie "Emissionsminderung Tierhaltung". In: Geruchsemissionen aus der Landwirtschaft. Darmstadt: KTBL, 1997; 244: 17-23.
78. Schon M, Hübner R. Geruch-Messung und Beseitigung. Würzburg: Vogel, 1996; 1.Izdaja.
79. Schumacher W, Knauer W. Gutachterliche Erfahrung bei der Beurteilung von Geruchs - Emissionen aus der Landwirtschaft. In: Geruchsemissionen aus der Landwirtschaft. Darmstadt: KTBL, 1997; 244: 66-73.
80. Siemers V, Weghe H, Van den. Bewertung unterschiedlicher Naßabscheider /Biofilterkombinationen hinsichtlich der Minderung der Ammoniak-Geruchs und Staubemissionen aus einstreulosen Mastschweinställen und deren Wirtschaftlichkeit. In: Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beiträge zur 3 Internationalen Tagung. Kiel, 11.- 12. März, 1997: 491-498. ISSN 09487786.
81. Siemers V. Naßabscheider/Biofilterkombinationen zur Verminderung von Ammoniak- Geruchs- und Staubemissionen aus Schweinemastställen. Forschungsbericht Agrartechnik 1996; 304.
82. Silbernagel S, Despopoulos A. Dtv - Atlas der Physiologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York, 1988: 3. Izdaja.
83. Simond R, Tobler W, Visani P. Elektronische Nasen im Lebensmittelsektor. In: Beitrag zu der Tagung: Chemische Sensoren und elektronische Nasen im Lebensmittelsektor. Liebefeld-Bern, 4 Juni, 1997.
84. Smith R.J, Watts P.J. Determination of odour Emission Rates from Cattle Feedlots: Part 1. Journal of Agriculture E. Research 1994; 57: 145-155.
85. Spichiger-Keller U.E. Chemische Sensoren in der Nahrungsmittel- Technologie. In: Beitrag zu der Tagung: Chemische Sensoren und elektronische Nasen im Lebensmittelsektor.; Liebefeld-Bern, 4 Juni, 1997.
86. Stuber A, Leimbacher K. Geruchsemissionen aus landwirtschaftlichen Betrieben. Blätter für Landtechnik 1974; 68.
87. Thiele V. Olfaktometrie an einem Emissionsquelle-Ergebnisse eines VDI-Ringvergleiches. Staub-Reinhalung der Luft 1984; 44; Nr. 7/8: 342-351.
88. Ur. L. RS 73/94.
89. Van der Hoek K.W. Odour control of liquid swine manure by aeration. Agric. Environment 1977; 3: 183-188.
90. VDI - Richtlinie 3940. Bestimmung der Geruchstoffemissionen durch Begehungen.
91. VDI - Richtlinie 3940. Determination of odorants in Ambient Air by Field Inspections. Düsseldorf, 1993.
92. VDI - Richtlinie. Olfaktometrie; Bestimmung der Hedonischen Geruchwirkung. Düsseldorf, 1994.
93. VDI 3473-Emissionsminderung, Tierhaltung- Rinder; Geruchstoffe. Düsseldorf, November 1994.
94. VDI 3881. Olfaktometrie; Geruchsschwellenbestimmung, Anwendungsvorschriften und Verfahrenskenngrößen. Düsseldorf, November 1989; Zv.4.

95. VDI 3881. Olfaktometrie; Geruchsschwellenbestimmung; Probenahme. Düsseldorf, Mai 1986; Zv. 1.
96. VDI 3882. Olfaktometrie; Bestimmung der Geruchsintensität. Oktober 1992; Zv.2.
97. VDI 3882. Olfaktometrie; Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung. Düsseldorf, September 1994; Zv.2.
98. VDI-Richtlinie 3471. Emissionsminderung, Tierhaltung- Schweine. Düsseldorf, Juni 1986.
99. VDI-Richtlinie 3472. Emissionsminderung, Tierhaltung- Hühner. Düsseldorf, 1986.
100. Vetter H. Immissionen durch Tierhaltungsbetriebe. In: DGS 1988; 26: 743-750.
101. von Ranson C. Beziehung zwischen Struktur und Geruch bei gesättigten und ungesättigten Aldehyden. In: Dissertation der Fakultät für Chemie, Biologie und Geowissenschaften der Technischen Universität München. München, 1989.
102. Wallenfang O. Zeitauflösendes Ausbreitungsmodell für Geruchimmissionen. In: Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2001 in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung 2001: 86-91.
103. Weinzinger F. Entstehung, Charakterisierung und Analysierung von Gerüchen in der Luft. Wasser Boden Luft Umweltschutz 1993; 6: 5-7.
104. Wenziger F. Entstehung, Charakterisierung und Analysierung von Gerüchen in der Luft. Wasser Boden Luft Umweltschutz 1993; 6: 5-7.
105. Weppen P, Gudladt R, Korten R, Willert A. Erprobung von Verfahren zur qualitativen Erfassung von Geruchsstoffen. In: VDI Poročilo 561, Geruchsstoffe. Düsseldorf, 1998: 469-486.
106. Weyerstahl P. Odor and Structure. Journal für praktische Chemie 1994; 336: 95-109.
107. Wilber C, Murray C. Odour Source Evaluation. The Biocycle Guide to the Art & Science of Composting. In: BioCycle, Emmaus, Pennsylvania eds. The JG Press, 1990: 212-215.
108. Wilkins C-K, Larsen K. Identification of Volatile (Micro) Biological Compounds from Household Waste and Building Materials by Thermal Desorption - Capillary Gas Chromatography- Mass Spectroscopy. J. High Resol Chromatogr. 1995; 18/6: 373-377.
109. Winneke G, Both R, Frechen F-B, et al. Charakterisierung von Geruchsbelästigungen. Teil 2. Verknüpfung von ausgesuchten Geruchsparametern in Hinblick auf Belästigungsrelevanz. Staub- Reinhaltung der Luft 1995; 55: 113-118.
110. Zenger A, et al. Tracergasuntersuchungen zur naturgetreuen Simulation von atmosphärischen Transport und Mischvorgängen im Rahmen von Umweltvertraglichkeitsstudien. Staub- Reinhaltung der Luft 1994; 54: 51-54.
111. Zenger A. Atmosphärische Ausbreitungsmodellierung: Grundlagen und Praxis. Springer, 1998, ISBN 3-540-64757-0.





ZAHVALA

K neprecenljivi vlogi in nesebičnemu prispevku pri nastajanju in izdelavi knjige se najiskrenejše zahvaljujem svoji mami.

Moji zvesti življenjski sopotnici Juliji se iz srca zahvaljujem za podporo in razumevanje ob nastajanju pričujočega dela ter pomoč in nepogrešljive nasvete pri mnogih odločitvah.....

Martin Dobeic

