

SIGALATE SISEKLIIMA JA LOOMAPIDAMISTEHNOLLOOGIATE HINNANG TÖÖKESKKONNA TEGURITE ALUSEL

Oliver Sada

Eesti Maaülikooli tehnikainstituut, Kreutzwaldi 56, Tartu 51014

e-mail: oliver.sada@emu.ee

ABSTRACT. *This is an overview paper about thesis for applying for the degree of Doctor of Philosophy in Agricultural Machinery; defended on 2010 in Estonian University of Life Sciences.*

In the eighties the number of pigs reared in Estonia reached one million. The number of pigs began to decrease rapidly in 1989 (Lember et al., 1999) and according to the Estonian Animal Recording Centre the number of pigs in performance testing is 14,475 (as of 31.12.2008), but the total number of pigs is around 369,700 (ETL 2006). Such decrease was mainly due to economic reasons. In order to maintain our position on European market, we have to find cheaper ways to produce meat. One of the opportunities is to enlarge farms and introduce rational animal keeping technologies.

There is a tendency towards building bigger pig farms, both those with deep-litter and those without litter, i.e. pigsties with liquid manure removal. Enlargement of pigsties is accompanied by problems regarding achievement of required indoor climate of the working environment.

In order to ensure efficient production of quality pork in a safe working environment that ensures competitiveness on the European market, it is crucial to develop optimal meat production technologies to be applied in Estonia.

Today it is obvious that such evaluation of technologies cannot be perfect, as it does not take into account the impact of animal-keeping technologies on the indoor climate of the production premises and the level of physical effort for work. Therefore this study focused on the technologies used in pigsties not only in view of the determination of the amount of working time, but also in consideration of their impact on the indoor climate of the working environment and human work load.

Keywords: *Working environment, keeping technology, pig tender, working time expense, degree of difficulty of work, indoor climate.*

Sissejuhatus

Kaheksakümnendatel ulatus sigade arv Eestis miljonini. 1989. a hakkas see kiiresti vähenema (Lember et al., 1999) ning praeguseks on jõudluskontrollis JKK andmetel 14,475 siga (31.12.2008 seisuga), sigade koguarv on aga 369,700 juures (ETL, 2006). Selline langus oli tingitud eelkõige majanduslikest põhjustest. Euroopas oma koha kindlustamiseks otsitakse liha tootmiseks odavamaid teid. Üks võimalus on farmide suurendamine ja loomade ratsionaalsete pidamistehnoloogiate juurutamine.

Üha enam ehitatakse suuri sigalaid, kus loomi peetakse sügavallapanul või allapanuta, kasutades vedel-sõnnikusüsteeme. Sigalate suurenemisega tekivad probleemid töökeskkonna normikohase sisekliima saavutamise (talvel õhuniiskuse, süsinikdioksiidi- ja ammoniaagisisalduse suurenemine, suvel ruumide ülekuumenemine jne) ning Euroopas leviva toodangu eetilise kvaliteedi ja ümbruskonna õhu vastuvõetava lõhna tagamisega (Council of Europe, 1976).

Sigalate sisekliimast sõltub inimese töö- ja sigade elukeskkonna kvaliteet. Vaja on teada inimeste ja loomade, kasutatavate tehnoloogiate, töövahendite ja hoonete vastupidavust sisekliima tingimustele. Loomapidamishoonete sisekliimat mõjutavad mitmed tegurid: kasutamisel olev loomapidamisviis, söötmiss-, jootmiss-, allapanulaotus- ja sõnnikueemaldamistehnoloogia ning väliskliima (Mothes, 1976; MWPS-33, 1989; Kender et al., 1998).

Uurimustöö eesmärk on sigalate töökeskkonna mitmeparaameetrilise uurimise kaudu täiendada andmeid, mis võimaldavad hinnata ja valida sisekliima, tööajakulu ja töö raskusastme tegurite kaudu otstarbekamaid loomapidamisviise ja -tehnoloogiaid.

Uurimustöö uudsuseks on loomade erinevate pidamisviiside ja pidamistehnoloogiatega töökeskkonna pikaajalised kompleksuuringud, mida tehti erinevatel aastaegadel ning mis sisaldasid sigalate sisekliima mitmeparaameetrilisi üheaegseid mõõtmisi, samuti loomapidamisega seotud tööajakulu ja töö raskusastme määramist.

Materjal ja meetodika

Tehnoloogiate valik. Aastatel 1998–2008 tehti erineval aastaajal, erineva loomapidamisviisiga ja tehnoloogiaga seafarmides (860...6,200 siga) uuring, hinnates sise- ja väliskliima parameetreid ja seatalitajate tööd, määrates ühel ajal nii tööajakulu kui raskusastet. Sigalad olid ehitatud silikaatkivi- ja raudbetoonkonstruktsioonina. Loomi peeti sügavallapanul, allapanuta või vähesel allapanul. Söötmise toimus käsitsi või automaatliiniga kuiv sööda automaatsõotjatest. Sõnnik eemaldati kas skreepersedmega, kettkraapkonveieriga, kopp-laaduriga või isevalgumise teel. Loomade jootmine toimus sigalates künast või luttjooturitega. Ohu vahetus oli korraldatud sundventilatsiooniga automaatse õhureguleerimise kaudu.

Erinevusi söötmise, sõnnikueemaldamise, allapanu laotamise ja loomade jootmise tehnoloogiatel uuriti erineva suurusega farmides, kus peeti erineva suurusega searühmades kesikuid, nuumikuid, tiineid ja koos põrsastega emiseid (Reppo, Sada, 2000).

Sisekliima. Uurimistöö aluseks võeti Eesti Vabariigi tervisekaitseeadus (Nõuded sigade pidamisele..., 2002; Tervisekaitse normid... 25048) ja Soome soovitusel (Karhunen, 1992), ASHRAE nõuded ja soovitusel (ASHRAE, 1997; 1999; 2001), millest selgub, et töökonnas sisekliima parameetrite arvvaartused on määratavad sigalas kõrgusel 1.0 m loomadele ja inimesele töökohal 1.5 meetri kõrgusel (Simakov, 1991).

Sisekliimat uuriti sügavallapanuga, vedelsõnniku süsteemiga ja vähese allapanuga nuumikute, kesikute, põrsastega emiste ning põhikarjaga sigalates.

Mitmes riigis, sh Eestis, on ammoniaagi lubatud keskmine piirkontsentratsioon töösooni sissehingatavas õhus 20 ppm ehk 14 mg/m³ (EVS 2003; EVS 2004; Töökeskkonna keemiliste..., 2001). Maksimaalseks kontsentratsiooniks ehk piirnormiks peetakse 50 ppm ehk 35 mg/m³. Loomade elukeskkonnale soovitatakse paljude maade andmetel ammoniaagi piirkontsentratsiooniks 20 ppm ja Soomes MMM andmetel 10 ppm (CIGR 1984, CIGR 2003, Teye 2008).

Sead eritavad gaasi olenevalt kehamassist: kesikud 16, nuumikud kehamassiga 80 kg 37, emised ja kuldid 36...79 liitrit tunnis (Mothes 1976; CIGR 1984; Liiske 2002). Ruumi õhu kõrge süsinikdioksiidisaldus viitab vähesele õhustatussele ja loomade aktiivsusele (CIGR 2003). Eesti projekteerimise normide (EPN 18.3.1, 12.2) ja Soome ventilatsiooninormide kogu D2 alusel loetakse heaks süsinikdioksiidisalduseks 0.1% õhu mahu kohta (Neste Air 1990; Sisekliima 1997). Euroopa riikide teadlaste tööde põhjal soovitatakse (CIGR 1984) loomadele lubatava süsinikdioksiidisalduse ülemmääraks 3,000 ppm. Töökaitse-eeskirja järgi loetakse sisalduse piirnormiks õhus 9,000 mg/m³ ehk 5,000 ppm (Töökeskkonna keemiliste... 2001).

Eesmärgil uurida sigala sisekliima parameetrite arvvaartuste muutust sõltuvalt tehnoloogiliste protsesside läbiviimisest, talitaja tegevusest, loomade käitumisharjumustest, kella- ja aastaajast, mõndeti suvel ja talvel õhutemperatuuri, suhtelist niiskust, liikumiskiirust ning hapniku-, süsinikdioksiidi- ja ammoniaagisisaldust ööpäevaringselt mõõtmisintervalliga 1.0 minutit sigalate keskosas 1.5 m kõrgusel põrandapinnast ja mõõtmisintervalliga 15 sekundit söödakäigus, seasulus ja sõnnikurenni kohal 0.1, 0.5, 1.5 ja 2 meetri kõrgusel.

Mõõtekoha valikul lähtuti loomade pidamistihedusest ning mõõteaparatuuri piisavast kaugusest ustest, akendest ja ventilatsiooniavadest. Uurimispäeval mõndeti samaaegset ka välisõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust kõrgusel 1.5 meetrit maapinnast ning vähemalt 10 meetri kaugusel sigalast.

Temperatuuri ja suhtelise niiskuse samaaegset mõju sigala õhu ammoniaagisisaldusele uuriti suvel ööpäevaringselt sügavallapanul ja vedelsõnnikusüsteemiga sigalas 1.5 meetri kõrgusel põrandast sigala keskosas. Selleks, et vältida sigalas tehtavate tööde mõju sisekliimale, kasutati õhutemperatuuri ja suhtelise niiskuse mõju ammoniaagisisalduse määramiseks kliima parameetrite arvvaartusi mõõdetuna ajal, kui sigalas loomad ei olnud häiritud ehk n-õ puhkasid (kell 6–18).

Sisekliima uurimiseks kasutati ALMEMO Data Loggeri 8990-8 komplekti koos anduritega temperatuuri, suhtelise niiskuse, liikumiskiiruse ning hapniku-

süsinikdioksiidi- ja ammoniaagikontsentratsiooni mõõtmiseks ööpäeva kestel kõrgusel 1.5 meetrit ja päevasel ajal sigala erineval kõrgusel (0.1, 0.5, 1.5 ja 2.0 meetrit põrandast), hoone ristlõikes ja diagonaalis. Ammoniaagisisaldust õhus määrati ka Gas Monitor Pac III firmalt Dräger Safety AG & Co KGaA seadmega. Välisõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust mõndeti firma Rotronic seadmega HygroLog koos anduriga HygroClip S. Mõõtmistulemusi analüüsiti arvutiprogrammiga AMR WinControl, Pac III Software 3.nn, HW3, Excel, SAS. Uurimusandmeid tutvustatakse graafikute ja statistilise töötlemisega saadud diagramme ning tabelitega.

Seatalitaja tööajakulu määrati seatalitaja sekundilise täpsusega töö kronometreerimisega. Töötaja ööpäevane tegelik tööaeg võeti arvesse struktuurskeemi (Maatalouden työnormit, 1988) järgi, kus tööaeg koosneb püsivast abiajast (10 minutit vahetuses riietumisele, pesemisele jne) ja tootmisülesande täitmise ajast. Viimane sisaldab põhitööaega ja ettevalmistuslõpetusaega. Tööpäeva pildistamine toimus tööaja igaks tööoperatsiooniks, pausiks jne kulutatud aja määramisega, selle kirjeldamisega ning kronoloogilises järjekorras vaatluspäevikusse kandmisega.

Ööpäevane eritööajakulu määrati kümne kesiku, nuumiku ja tiine emise ning ühe põrsastega emise kohta.

Seatalitaja põhitöökestus koosnes kuivsooda (jõusööt, jahu) söödajaotisse (kärusse) laadimise, veo ja jaotamise ajast, sulgude ja talituskäikude puhastamise, allapanu kärusse laadimise, veo ja laotamise, sigade jootmise ning mõne seadmega töötamiseks vajalikust ajast. Inimtööajakulusse ei arvestatud seadmete masinaega.

Kronometreerimisega saadud ööpäevase tööajakulu alusel arvutati tööajaerikulu T_e (inimminutit kümne sea kohta), kasutades Saksamaa ja Soome meetodikat. Selgus, et levinud on talitustööde ajakulu esitamine vastavalt tööde tehnoloogiatele ja karja suurusele kümne sea kohta. Tööajakulud on KTBL normtabelites antud 50, 100, 200, 300, 500, 1,000 seakohaga karja kohta ja TMRM puhul 60, 120, 250, 500 seaga karja kohta (Maatalouden työnormit 1988; KTBL 1994/95; KTBL 2000/2001). Soome tööajanormid toovad andmeid väiksemate karjade kohta (Maatalouden työnormit 1988). See tuleneb Soomes olevatest väiksematest seafarmidest.

Võib öelda, et talitustööde tööajaerikulu ühe sea kohta väheneb sigade arvu kasvades. Vahepealsete sea kohtade arvu korral on tööajakulu leidmiseks võimalik arvutada vastavate regressioonivõrrandite abil (Sada, 1998; Vettik, 2000).

Seatalitaja töö raskusastet uuriti 1998–2005 aastal enam-vähem ühesuguse söödaratsiooniga, kuid erinevatel talitustehnoloogiatel. Raskusastme määramiseks kasutati firma POLAR Elektro OY pulsistrit Polar 610i Sport Tester (Reppo, 1997). Talitaja tööoperatsioonide aegade mõõtmiseks kasutati stopperit Elektroomika RI-01, mõõtetäpsusega 0.1 sekundit. Pulsisageduse mõõtmiseks kasutatud Polar Sporttester koosnes saatjast (andurist) ja vastuvõtjast. Saatja kinnitati töötajale kummivöö abil ümber rindkere ning vastuvõtja käerandmele. Vastuvõtja salvestas pulsi-

sageduse kohta tuleva info 5-sekundilise intervalliga, milleks oli testril 2.5-tunnine mälumaht. Mõõdetud pulsisagedused salvestati testrist Polar Interface abil arvutisse andmete edasiseks analüüsiks. Kasutades arvuti andmetöötlusprogrammi Polar, saadi töötajate pulsisageduste statistilised read ja diagrammid ning pulsisageduse minimaal-, maksimaal- ja keskvaartused.

Töö raskusaste määrati talitajatel erinevatel töödel mõõdetud keskmise ja suurema pulsisageduse järgi, kasutades WHO soovitatud liigitust (Andersen *et al.*, 1978; Hettinger *et al.*, 1983; Tuure, 1991).

Samaaegselt talitaja pulsisageduse mõõtmisega n-õ pildistati ajaliselt ka nende iga tööoperatsioon kronoloogilises järjekorras. Hiljem sai saadud andmeid omavahel kõrvutades teada pulsisageduse väärtuse igal tööoperatsioonil ehk selgitada välja need töövõtted ja asendid, mis nõuavad talitamisel eriti suurt energiakulu.

Tulemused ja arutelu

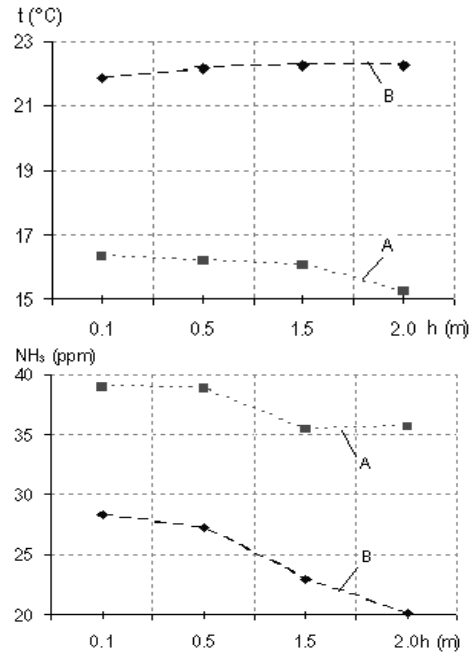
Sügavallapanuga ja allapanuta sigalates näitas talvine ööpäevane uurimine, et sisekliima parameetrite arvvaartusi mõjutavad väliskliima, loomade pidamisviisi ja talitustööd. Talvel sigalates mõõdetud õhu ööpäeva keskmised temperatuurid olid vastavalt 12.38°C (standardhälve s.d. 0.466) ja 25.08°C (s.d. 0.485) välisõhu temperatuuri 0.91 (s.d. 0.871) ja 0.28°C (s.d. 0.289) puhul, mis on loomadele normatiividega lubatud piires. Madalam õhutemperatuur oli sügavallapanuga sigalal, kus hoone oli vähem soojustatud ja õhuvahetus suurem (0.15 m·s⁻¹). Suhteline õhuniiskus 82.63% (s.d. 3.145) ja 88.42% (s.d. 4.817), oli üle soovitud.

Süsinikdioksiidisaldus sigalate õhus oli ööpäevas keskmiselt 0.11 ja 0.19%, kuid suurenes sigalal talitustööde ajal 0.29%-ni. Keskmise ammoniaagisisaldus oli sigalates 8.89 ja 18.07 ppm, kuid suurenes vedelsõnniku süsteemiga sigalal puhastus ja koristustööde järel kuni 32 ppm-ni. Seasulgudes ja talituskäikudes erineval kõrgusel saadud mõõtmistulemused näitasid, et need erinevad sigala ööpäeva keskmistest ning õhu suhtelise niiskuse ja ammoniaagisisalduse puhul ületasid soovitatavaid väärtusi. See tähendab, et talvel on vajadus tõhustada sigalate õhu niiskusrežiimi ja gaasikoostist, parandada õhuvahetust.

Talvel loomade kõrgusel olevas õhutoonis mõõdetud temperatuur oli nuumikute ja kesikute sigalal 16.2–16.4°C ja 21.9–22.2°C (joonis 1).

Suvel sügavallapanuga ja vedelsõnnikusüsteemiga sigalal uurimine näitas, et sigalate sisekliima peamised mõjufaktorid on väliskliima ja loomade talitustööd. Sügavallapanuga ja ka allapanuta sigala siseõhu ööpäeva keskmised temperatuurid (vastavalt 17.04 ja 17.60°C, välisõhu temperatuuride puhul 18.15 ja 8.75°C) ning suhtelised niiskused (vastavalt 68.11 ja 78.6%, välisõhu suhtelise niiskuse puhul 71.88 ja 84.19%) olid loomadele soovitatavates piirides. Kesikute sigalal tuli hommikul siseõhu optimaalse temperatuuri ja suhtelise niiskuse tagamiseks kasutada osalist

põrandakütet. Tänu sigalate heale õhuvahetusele olid ööpäeva keskmised süsinikdioksiidi- (0.06 ja 0.07%) ning ammoniaagisisaldused (20.9 ja 8.7 ppm) normatiivselt lubatud piirides. Talitustööde ajal ületas ammoniaagisisaldus sigalate õhus normatiivselt lubatud, olles sügavallapanuga sigalal 43 ppm ja vedelsõnnikusüsteemiga sigalal 27 ppm (joonis 2).



Joonis 1. Sügavallapanuga (A) ja vedelsõnnikusüsteemiga (B) sigala sisekliima parameetrite keskmised arvvaartused, mõõdetuna erineval kõrgusel sulus

Figure 1. Average numeric values of indoor climate parameters in deep-litter pigsty A and pigsty B with liquid manure system, measured in the pig-pen at different heights

Uurimistulemusena määrati suvel ammoniaagikontsentratsiooni graafilised ja empiirilised sõltuvused siseõhu temperatuurist sügavallapanuga sigalal A ($R^2_1 = 0.946$, $n = 6,000$) (joonis 3) ja vedelsõnnikusüsteemiga sigalal B ($R^2_2 = 0.795$, $n = 9,000$):

$$P_A(\text{NH}_3)_t = 0.6387 \cdot t^2 - 17.815 \cdot t + 136.39 \quad (1)$$

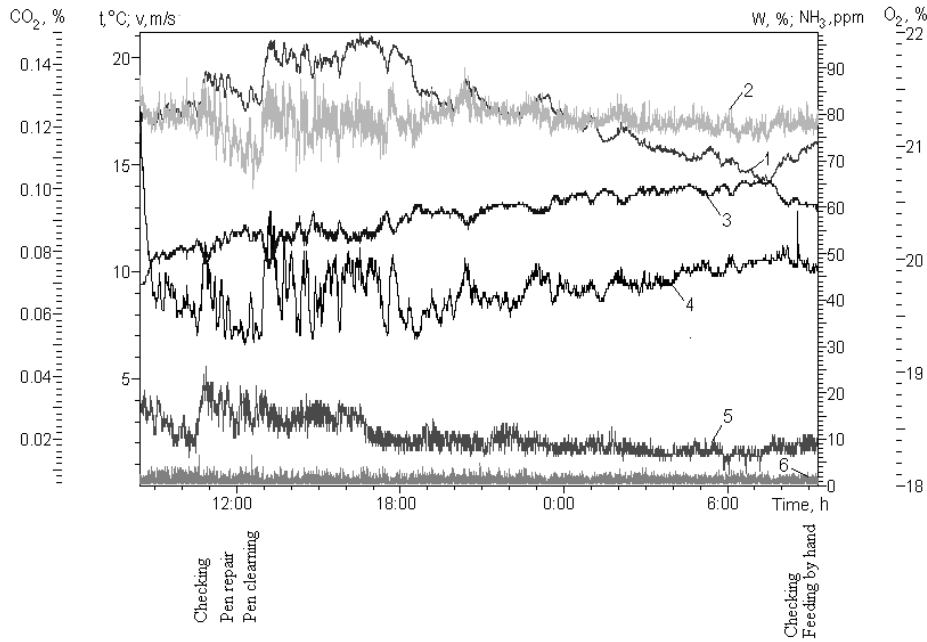
$$P_B(\text{NH}_3)_t = 0.2563 \cdot t^2 - 7.2362 \cdot t + 55.2 \quad (2)$$

kui ka temperatuuri ja suhtelise niiskuse koosmõjust (joonis 4) funktsioonidega ($n = 12,000$, $R^2_3 = 0.966$; $n = 18,000$, $R^2_4 = 0.7949$):

$$P_A(\text{NH}_3)_{tW} = 0.837 \cdot t^2 - 0.357 \cdot t \cdot W + 5.649 \cdot W - 195.318 \quad (3)$$

$$P_B(\text{NH}_3)_{tW} = 0.250 \cdot t^2 - 0.090 \cdot t \cdot W + 1.569 \cdot W - 69.41 \quad (4)$$

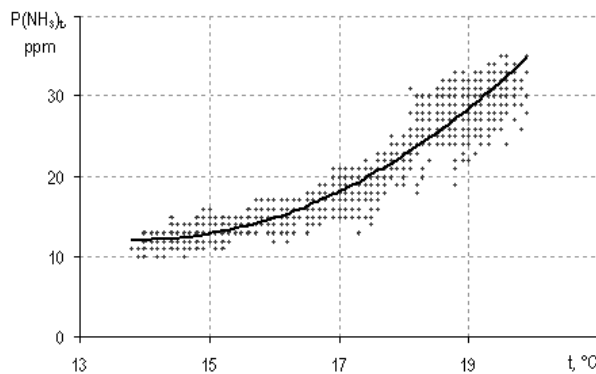
Vähesel allapanul sigalates talvel mõõdetud õhu ööpäeva keskmised temperatuurid olid 15.37–21.98°C.



Joonis 2. Ööpäevane sisekliima parameetrite muutus vedelsõnniku süsteemiga sigalas suvel. 1 – temperatuur, 2 – suhteline niiskus, 3 – hapnik, 4 – süsinikdioksiid, 5 – ammoniaak, 6 – õhu liikumiskiirus

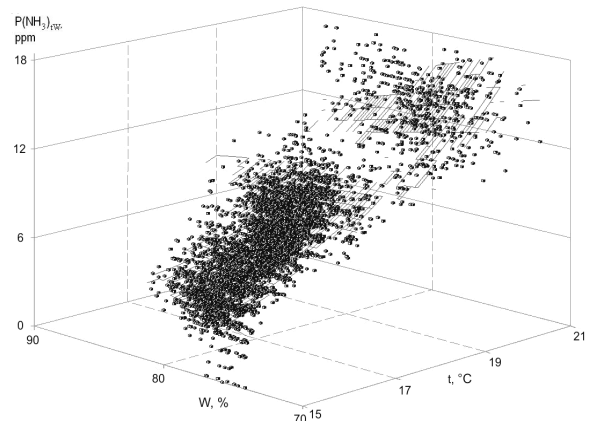
Figure 2. Daily change of numeric values of indoor climate parameters in Pigsty with liquid manure system in summer: 1 – temperature, 2 – relative humidity, 3 – oxygen, 4 – carbon dioxide, 5 – ammonia, 6 – air velocity

Seasulus loomade puhkealal sisekliima parameetrite uurimine näitas, et temperatuur oli sigalas sügavallapanu pinnal sigade õhutsoonis kõrgem (+16.4°C) kui 2.0 meetri kõrgusel (+15.2°C). Sigalas, kus kesikuid peeti vesiküttega betoonpõrandal, muutus õhutemperatuur kõrgustsoonides vähe. Süsinikdioksiidi kontsentratsioon (0.13 ja 0.19%) oli mõlemas sigalas sigade lamamiskõrgusel praktiliselt võrdne, kuid kuna allapanuta sigala sulu puhkeala põrand on niiske, siis süsinikdioksiid koos veeauruga kerkib üles, tõrjudes ruumi ülemistest õhukihtidest hapniku.



Joonis 3. Ammoniaagi sõltuvus õhutemperatuurist sügavallapanuga sigalas suvel

Figure 3. Ammonia content correlation in air temperature in the deep-litter Pigsties in summer



Joonis 4. Ammoniaagisisalduse sõltuvus õhutemperatuurist ja suhtelisest niiskusest vedelsõnnikusüsteemiga sigalas

Figure 4. Ammonia content correlation in air temperature and relative humidity in the liquid manure pigsty

Talvel vähesel allapanuga sigalate sisekliima parameetrite arvvaartusi (7.67–21.98°C) mõjutavad loomade söötmine ja sõnniku eemaldamine. Väliskliima mõjutab sisekliimat rohkem sigalas, kus ruumid on puudulikult soojustatud. Keskmine õhutemperatuur oli vähesel allapanuga sigalas (7,67°C) madalam kui vedelsõnnikuga sigalas, kuna hoone oli vähe soojustatud ja madala välisõhu temperatuuriga (–20°C) oli suhteline niiskus kõrge (99.3%). Õhu ammoniaagisisaldus oli sigalates ööpäeva kestel keskmiselt 10.26–22.47 ppm, kuid see suurenes näiteks õhtuste talitustööde ajal skreepesadmega sigalas kriitiliselt kuni 48.7 ppm ja 27.49 ppm-ni ja erineval kõrgusel ning kohas 12.6–31.9 ppm.

Suvel oli vähese allapanuga sigalate temperatuur 17.0–24.5°C, olles lubatud piirides, ja suhteline õhuniiskus 68.1–78.6%, ületades välisõhu suurest niiskussaldusest ja ka seasulgude pesust tingitud soovitatavat piiri. Ammoniaagi ööpäevane sisaldus oli 9–21 ppm, kuid suurenes nuumikute sigalas söödajaotusseadmete hooldamisel 34 ppm-ni, mis kutsus esile sigade liikumise, ja sügavallapanuga sigalas sõnniku koristamise ajal (43 ppm) söödaplatsilt.

Nuumikute sigalas, kus kasutati skreepereadmega laiemat sõnnikurenni, tõusis ammoniaagisisaldus 24 tunni jooksul 44.54, vähese allapanuga 1,000 nuumikuga sigalas puhastus- ja koristus tööde ajal 51.73 ppm.

Uurimistulemused kinnitavad, et ammoniaagi emissioon sõltub ruumi õhutemperatuurist, suhtelisest niiskusest, mille suurenemisega ammoniaagisisaldus õhus suureneb. Märgitakse (Einberg, 2001), et ammoniaagi emissioon võib sõnnikuga määratud ja eriti vedel-sõnniku pinna lähedal olla üsna kõrge. Väidetakse (Karhunen, 1992), et suurem ammoniaagisisaldus õhus on lauda lae all. Käesolevad uurimistulemused kinnitavad, et ammoniaagisisaldus on õhu madalamates kihtides suurem, põhjuseks on tekkekoha lähedus.

Sigalas sulu madalamates õhukihtides mõõdeti suur ammoniaagisisaldus, ulatudes kõrgusel 0.1 meetrit keskmiselt 39.0 ppm. Puhkealale söödakünast osaliselt sattuva joogivee ja puuduliku põhu põhjusel suurenes õhu suhteline niiskus ja ammoniaagi emissioon õhku. Kuna ammoniaak oma tihedusega (0.7714 kg/m³) on kergem õhust (1.2928 kg/m³), tõuseb see üles. Ammoniaak lahustub hästi veeaurus, omandades neutraalse reaktsiooni, ning väheneb ülemistes õhukihtides (Mothes 1976).

Ööpäevane tööajakulu määrati seatalitaja töö kronometreerimisega sekundilise täpsusega. Töötaja ööpäevane tööaeg võeti arvesse struktuurskeemi järgi, kus tööaeg koosneb püsivast abiajast (10 minutit vahetuses riietumisele, pesemisele jne) ja tootmisülesannete täitmise ajast. Tööpäeva pildistamine toimus töötaja igaks tööoperatsiooniks, pausiks vms kulutatud aja määramisega, selle kirjeldamisega ning kronoloogilises järjekorras vaatluspäevikusse kandmisega. Ööpäevane eritööajakulu määrati kümne kesiku, nuumiku ja tiine emise ning ühe põrsastega emise kohta.

Uurimisel selgus, et väiksemad tööajaerikulud (0.24; 0.35 ja 0.56 minutit 10 nuumiku kohta ööpäevas) olid 500, 700 (730) ja 1,000 nuumikuga sigalates, kus vedel- ja kuivisööta jaotati söödakünasse vastavalt automaatiiniga Pellon, Roxell või akukäruga. Automaatiiniga söötisel inimtööaeg praktiliselt puudub.

Leiti, et käsitsi söötisel olid väiksemad tööajaerikulud 1,000 nuumikule sööda jaotamisel söödakärust söödaautomaati Groba ning 650 kesiku puhul künasse vastavalt 0.64 ja 0.58 minutit 10 sea kohta.

Sulgude puhastamisel suurim tööajaerikulu (1.76 min 10 sea kohta ööpäevas) oli 300-pealise nuumikuarja puhul. Sõnniku mehhaniseeritud eemaldamisel olid väiksemad tööajaerikulud (praktiliselt masinajad) suuremates farmides ja sigalates, kus kasutati tiibskreepertit.

Seatalitaja töö raskusastet uuriti tööpäeva vältel ja ka eraldi loomade söötisel (tabel 1) ning sõnniku eemaldamisel ja allapanu laotamisel (tabel 2). Talitajatel erinevatel töödel mõõdetud keskmise ja suurema pulsisageduste järgi määrati töö raskusaste, kasutades Rahvusvahelise Tervishoiuorganisatsiooni (WHO) soovitatud raskusastme liigitust. Pulsisagedust mõõdeti pulsitestriga Polar 610i Sport Tester.

Leiti, et talitajate tööraskusaste sigade söötisel (tabel 1) on üldiselt keskmiselt raske. Kergem on see sigade söötisel söödaautomaatidest, kui võetakse sööta punkrist, jäävad ära lisatööd (nt sööda käsitsi laadimine kärusse). Söötisel künasst on koormus suurem, kuna toimub ka käsitsi sööda jaotamine piki küna. Sööda jaotamine poegivatele emistele oli seatalitaja töö kerge. Sigalates, kus toimus loomade söötmine kord päevas, koormas töökeskkond talitajaid rohkem kui söötisel kaks korda päevas. Mõlemal juhul laaditi sööt käsitsi kärusse ning kärust künasle. Töö raskusastmeks oli raske töö, mille kergendamiseks tuleks loomi sööta kaks korda päevas või võtta kasutusele kärü täitmine söödaga söödapunkrist.

Sügavallapanuga sigalas osutus seatalitajatele keskmiselt raskeks ja raskeks põhu laotamine ning vähese allapanuga sigalates loomade sulgude koristamine (tabel 2).

Tabel 1. Seatalitaja töö raskusaste sigade söötisel
Table 1. Tender's Level of Physical Effort for Work During Feeding

Sigade arv ja liik / Number of pigs and species	Loomade pidamisviis / Way of keeping	Söödajaotus / Feeding technology ⁽¹⁾	Talitaja/Tender		Keskmine pulsisagedus, lööki minutis / Average pulse rate, beats/min	Töö raskusaste / Work intensity ⁽³⁾
			Sugu/Sex ⁽²⁾	Vanus, aastat / Age, years		
48 emist / 220 põrsast sows/piglets	vähesel allapanul / low-litter	kä-kü/bar-tro	N/W	49	82	K/L
1,000 / 1,000 nuumikut / fattening	vähesel allapanul / low-litter	kä-aut/ak-kü/ bar- aut/batbar-tro	N/W	50	125 118	KR/M KR/M
313 nuumikut, kesikut/ 75 emist / fattening, young pig / sows	vähesel allapanul / low-litter	kä-kü/bar-tro	N/W	41	127	R/H
640 kesikut / young pig	vähesel allapanul / low-litter	kä-kü/bar-tro	N/W	59	104	KR/M
36 emist / 160 põrsast sows/piglets	vähesel allapanul / low-litter	kä-kü/bar-tro	N/W	43	120	KR/M
250 kesikut / young pig	vähesel allapanul/ low-litter	kä-kü/bar-tro	N/W	36	139	R/H

Sigade arv ja liik / Number of pigs and species	Loomade pidamisviis / Way of keeping	Söödajaotus / Feeding technology ^[1]	Talitaja/Tender		Keskmine pulsisagedus, lööki minutis / Average pulse rate, beats/min	Töö raskusaste / Work intensity ^[3]
			Sugu/Sex ^[2]	Vanus, aastat / Age, years		
100 emist / 450 pörsast sows/piglets	vähesel allapanul / low-litter	kä-kü/bar-tro	N/W	43	78	K/L
290 nuumik/fattening	vähesel allapanul / low-litter	kä-aut/bar-aut	N/W	66	108	KR/M
850 nuumikut / 100 emist / fattening/sows	vähesel allapanul / low-litter	kä-kü/kä-aut/ bar-tr /batbar-tro	M	35	147 138	R/H R/H
25/188/226 vabad ja tiined emised / free and gestation	vähesel allapanul / low-litter	kä-kü/bar-tro	N/W	54	121	KR/M
200 kesikut/600 nuumikut / young pig/fattening	sügavallapanul/deeplitter	aut	N/W	57	-	-
1270 nuumikut/fattening	sügavallapanul/deeplitter	aut	M	43	80	K/L
500 nuumikut / fattening	vedelsõnnik / liquid manure	aut	N/W	27	-	-
100 emist / 560 pörsast sows/piglets	vedelsõnnik/allapanuta / liquid maure / without litter	aut/kä-aut/ aut/bar-aut	N/W	48	76	K/L

[1] kä-kü – käsitsi söötmine kärust künasse / bar-tro – manual feeding from barrow to trough;

kä-aut – käsitsi söötmine kärust söödaautomaati / bar-aut – manual feeding from barrow to self-acting automatic fodder;

kä-aut/ak-kü – talitaja kasutab mitut tehnoloogiat, söötmine käsikärust automaati ja elektrikärust künasse / bar aut/batbar-tro – tender use several technology, manual feeding from barrow to self-acting automatic fodder and from battery barrow to trough

aut-söötmine automaatsöödaliiniga / aut – self-acting automatic fodder.

[2] M – mees; N – naine / M – male; W – women.

[3] K – kerge, KR – keskmiselt raske, R – raske / Work intensity: L – light; M – moderate; H – heavy.

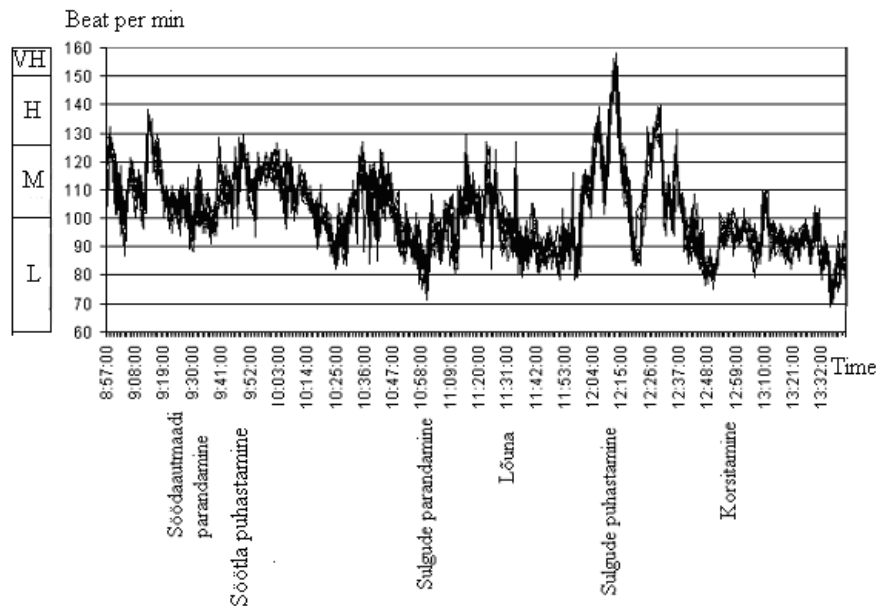
Tabel 2. Seatalitaja töö raskusaste sõnniku eemaldamisel ja allapanu laotamisel

Table 2. Tender's Level of Physical Effort for Work During Manure Removal and Litter Spreading

Sigade arv ja liik / Number of pigs and species	Loomade pidamisviis / Way of keeping	Sõnnikueemaldustehnoloogia / Manure disposal technology	Talitaja/Tender		Keskmine pulsisagedus, lööki minutis / Average pulse rate, beats/min	Töö raskusaste / Work intensity ^[2]
			Sugu/Sex ^[1]	Vanus, aastat / Age, years		
48 emist / 220 pörsast / sows/piglets	vähesel allapanul / low-litter	skreeper/scrapper	N/W	49	75	K/L
1,000 / 1,000 nuumikut / fattening	vähesel allapanul / low-litter	skreeper/scrapper	N/W	50	132 132	R/H R/H
313 nuumikut, kesikut / 75 emist/ fattening, young pig / sows	vähesel allapanul / low-litter	kettkraapkonveier / chain conveyer	N/W	41	112	KR/M
640 kesikut / young pig	vähesel allapanul / low-litter	kettkraapkonveier / chain conveyer	N/W	59	112	KR/M
36 emist / 160 pörsast / sows/piglets	vähesel allapanul / low-litter	kettkraapkonveier / chain conveyer	N/W	43	128	R/H
250 kesikut / young pig	vähesel allapanul / low-litter	kettkraapkonveier / chain conveyer	N/W	36	122	KR/M
100 emist / 450 pörsast / sows/piglets	vähesel allapanul / Low-litter	skreeper/scrapper	N/W	43	90	K/L
290 nuumik / fattening	vähesel allapanul / low-litter	kettkraapkonveier / chain conveyer	N/W	66	96	K/L
850 nuumikut / 100 emist / fattening/sows	vähesel allapanul / low-litter	kettkraapkonveier / chain conveyer	M	35	133 130	R/H R/H
25/188/226 vabad ja tiined emised / free and gestation	vähesel allapanul / low-litter	kettkraapkonveier / chain conveyer	N/W	54	118	KR/M
200 kesikut / 600 nuumikut / young pig / fattening	sügavallapanul/ deeplitter	traktor / with tractor	N/W	57	125	R/H
1,270 nuumikut/ fattening	sügavallapanul/ deeplitter	traktor / with tractor	M	43	102	KR/M
500 nuumikut/ fattening	allapanuta / without litter	vedelsõnnik / liquid manure	N/W	27	91	K/L
100 emist / 560 pörsast/ sows/piglets	allapanuta / without litter	vedelsõnnik / liquid manure	N/W	48	83	K/L

[1] M – mees; N – naine / M – male; W – women.

[2] Töö raskusaste: K – kerge, KR – keskmiselt raske, R – raske / Work intensity: L – light; M – moderate; H – heavy.



Joonis 1. Talitaja pulsisagedus ja töö raskusaste sügavallapanuga sigalas 1,270 sea talitamisel: L – kerge, M – keskmiselt raske, H – raske, VH – väga raske

Figure 1. With deep litter 1,270 pigsties tender pulse rate and degree of work difficulty: L – light, M – moderate, H – heavy, VH – very heavy. Self-acting correcting, Feeding area cleaning, Pens repairing, Pens cleaning, Disposal

Kokkuvõte

Võrreldes erinevaid loomapidamisviise ja -tehnoo-
giaid ning hinnates neid saadud sisekliima, seatalitaja
tööajakulu ja töö raskusaste alusel võib järeldada
järgmist.

- Sügavallapanuga ja vähese allapanuga sigalate sise-
kliimat mõjutavad rohkem väliskliima ja tehtavad
tööd ning seda kahjustab, eriti talvel, ruumi suur
suhteline õhuniiskus ja ammoniaagisisaldus, mis tihti
ületasid soovitatavuse piiri. Sigalates kasutusel olnud
õhutussüsteemid vajavad täiustamist või välja-
vahetamist. Sisekliima näitajad olid paremad alla-
panuta sigalates, kus oli kasutusel põrandaküte ja kus
õhuvahetus toimis hästi, mis tagas ööpäeva vältel
sobiva ja ühtlase temperatuuri.
- Selgus, et vähese allapanuga sigalates suurendavad
ammoniaagi emissiooni laiemad skreepersedmetega
sõnnikurennid. Olukorda parandaks tehnoloogia, kus
kasutatakse kitsas sõnnikurennis kett- või lattkraap-
konveierit. Sobib ka loomade allapanuta pidamine
ehk vedelsõnniku eemaldamine, kuid sel juhul hästi
ventileeritavate kanalüsteemidega. Ka sulgude
puhastamisel on tööajakulu ja talitaja energeetiline
koormus (töö raskusaste) väiksem.
- Leiti, et talitaja tööajakulu ja energeetilise koormuse
seisukohalt on sobivad söetmistehnoloogiad:
 - suurematele sigalatele (üle 500 sea) täielikult
mehhaniseeritud tehnoloogia, kus kasutatakse
ajaliselt programmeeritud sisselülitamisega kuiv-
või vedelsööda jaotussüsteeme;
 - väiksematele sigalatele tehnoloogiad *söödapunker-
liikuv söödajaoti-söödaküna* või *söödapunker-
käru-söödaautomaat* (nt Groba-tüüpi).

Sigalate töökeskkonna mitmeparametriselise uurimise
tulemused võimaldavad täiendada andmeid, mille alusel

võib hinnata ja valida otstarbekaid loomapidamisviise ja
-tehnoo-
logiaid.

Sigade pidamisviiside otstarbekuse väljaselgita-
miseks on vaja jätkata uurimist majanduslike (näiteks
ehituse- ja tehnika maksumus ning kasutuskulud) ja
ökoloogiliste näitajate määramiseks.

Tänuavaldused

Käesolev töö on valminud Eesti Maaülikooli tehnika-
instituudi, farmitehnika ja ergonoomika osakonna ning
farmerite koostöös. Uurimistööd on finantseerinud Eesti
Teadusfond (grant nr 2612 ja grant nr 4103) ja Eesti
Maaülikool (baasfinantseerimise projekt nr 51-44-
11/157).

Kirjandus

- Andersen Large, K., J. Rutenfranz, R. Masironi, V. Seliger.
1978. Habitual physical activity and health. World Health
Organisation. WHO Regional publications. European
Series 6: 188, Copenhage.
- ASHRAE handbook. 1997. General engineering data, En-
vironmental for Animals and Plants. HAVAC application,
1791 Tullie Circle, Atlanta, GA 30329, USA.
- ASHRAE handbook. 1999. HAVAC application, 1791 Tullie
Circle, Atlanta, GA 30329, USA.
- ASHRAE handbook. 2001. HAVAC application, 1791 Tullie
Circle, Atlanta, GA 30329, USA.
- CIGR. 1984. Report of working group on climatization of ani-
mal houses. SFBIV, Commission Internationale de Génie
Rural. Aberdeen. Scotland
- CIGR. 2003. Gaseous and odour emissions from animal pro-
duction facilities. International Symposium Horsens.
Commission Internationale de Génie Rural
- Council of Europe. 1976. European Convention for the Pro-
tection of Animals kept for Farming purposes, Council of
Europe, Strasbourg.

- ETL, Eesti Tõukasvatuse Liit EMÜ. 2006. Veterinaarmeditsiini ja Loomakasvatuse instituut. Tõuloomakasvatus. Märts. Kättesaadav: <http://www.eau.ee/~vl/touloom/pdf/touloomakasvatus33.pdf> [1.1.2006].
- Einberg G 2001. Ventilation and the stable climate – a factor of animal wellbeing and production. Thesis for Licentiate of Engineering, Stockholm, Sweden.
- EVS. 2003. Indoor climate, Building ventilation design, Estonian Centre for Standardization, EVS 839.
- EVS. 2004. Building ventilation design, Estonian Centre for Standardization, EVS 845.
- EPN 18.3.1 1999 Hoonete ventilatsiooni projekteerimine ET-1 0904-0290. Eesti ehitusteave
- EPN 12.1 1996 Hoone piirdetarindite soojajuhtivuse arvutusjuhhis. ET-10404-0129. Eesti ehitusteave
- Hahn, G. L. 1985. Managing and housing of farm animals in hot environments. In *Stress Physiology in Livestock*, Vol. II: Ungulates. Swine Care handbook, Ch.2 Environmental management, 15–19.
- Hettinger Th., B. H. Müller Und H. Gebhaart. 1983. Ermittlung des Arbeitsenergieumstzes bei dynamischmuskulären Arbeit. Schriftenreihe der Bundensanstalt für Arbeitsschutz. Forschungsanwendung. Fa 22, Dortmund, 1–80.
- Kaasik, A., R. Lemming, T. Rimmel. 2002. Nitrogen Emission N Animal Buildings (Pig and Cattle Housing Systems). *Journal of Agricultural Science*, XIII(3): 142–146.
- Karhunen J. 1992. Kaasut ja põly elainsuojien ilmanvaihtoissa, *Vakolan Tiedote*: 52/92 25.
- Kender, T., M.Arulepp, I.Veermäe. 1998. Ammoniaagisisalduse monitooring loomakasvatushoonete õhus elektrokeemilise ammoniaagianduriga, *Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Toimetised*, Tartu, 35–38.
- KTBL – Taschenbuch Landwirtschaft. 17. Auflage 1994/95., KTBL – Schriften –Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster – Hilstrup, 290.
- KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft. 20. Auflage 2000/2001. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftserlag GmbH, Münster-Hilstrup.
- Lember, A. Luts, V. Roosmaa, Ü. Oja, A. 1999. Seakasvatus ja sealihatootmine. Tartu.
- Maatalouden työnormit. 1988. Työtehoseuran maatalous- ja rakennusosastan monisteita. Vanta, 2: 157.
- Mothes, E. 1976. Stallklima. Leistungsfaktor der Tierproduktion. 2., überarbeitete Auflage. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- MWPS-33. 1989. Natural Ventilating Systems for Livestock Hosing. First Edition. Midwest plan Service, 33.
- Nõuded sigade pidamisele ja selleks ettenähtud ruumi või ehitise kohta, sigade suhtes rakendada lubatud veterinaarsete menetluste loetelu ja neid läbiviivad isikud ning nõuded nende menetluste teostamisele ja neid menetlusi teostava isiku ettevalmistusele. Põllumajandusministri 3. detsembri 2002. a määrus nr 80.: <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13043080> (17.04.09)
- Põllumajandusministri 3. detsembri 2002. a määruse nr 80 «Nõuded sigade pidamisele ja selleks ettenähtud ruumi või ehitise kohta, sigade suhtes rakendada lubatud veterinaarsete menetluste loetelu ja neid läbiviivad isikud ning nõuded nende menetluste teostamisele ja neid menetlusi teostava isiku ettevalmistusele» muutmine. Põllumajandusministri 6. oktoobri 2008. a määrus nr 94: <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13042914> (26.04.09)
- Reppo, B. 1997. Lehmafarmi tehnoloogiliste elementide ja bioloogiliste süsteemide töökindluse määramise ja parandamise meetodid. Doktoriväitekiiri, EPMÜ, Tartu: 113
- Reppo, B. and Sada, O. 2000. Working Time Expenses of Pig Tending. *EAU Transactions* 206:163–169.
- Sada, O. 1998. Sigade pidamistehnoloogiate võrdlushinnang. Diplomiprojekt. Juhendaja prof. B.Reppo EPMÜ, Tartu.
- Simakov, A. 1991. Mikrokliima ja ventilatsioon. Eesti põllumajandus infokeskus, Tallinn.
- Teye, F.K. 2008. Microclimate and gas emissions in dairy buildings. Instrumentation, theory and measurements. Academic dissertation. Department of Agrotechnology. University of Helsinki. <https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/42644/microcli.pdf?sequence=1>
- Tuure, V.-M. 1991. Maatilan töiden fyysinen kuormitavuuden määrätminen. *Työtehoseuran julkaisuja* 332. Helsinki, 130.
- Töökeskkonna keemiliste ohuteguritepiirmormid Vabariigi Valitsuse, 18. septembri 2001. a määrus nr 293 kättesaadav: <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12874145> (17.04.09).
- Tööruumide mikrokliima tervisekaitsenormid ja -eeskirjad, TKNE-5/1995. sotsiaalministri 28. detsembri 1995. a määrus nr 66. <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=25048> (17.04.09).
- Vettik, R. 2000. Sealihatootmistalu põhiparameetrite prognoosimine masinapargi töökoormuse järgi. Magistriväitekiiri Juhendaja. H. Möller, M. Asi. EPMÜ, Tartu: 75.

Indoor climate and animal keeping Technologies valuation by factors of working environment of pigsties

Oliver Sada

Summary

Research was performed in summer and in winter in deep-litter, without litter and low-litter pigsties with various keeping technologies, by assessing the indoor and outdoor climate parameters.

Data Logger set with sensors was used for studying air temperature, relative humidity, air velocity and contents of oxygen, carbon dioxide and ammonia during a day at different heights, in terms of cross-section and diagonal of the premises, depending on tending works. Research results are presented in the form of graphs, diagrams and tables prepared on the basis of statistical processing.

The graphical and empirical impact of the interaction of air temperature and relative humidity in summer was determined on the concentration of ammonia in deep-litter pigsties and pigsties without litter.

In the course of the study daily amount of working time and tender's level of physical effort for work were determined in pigsties with different animal-keeping technologies.

The results of multi-parametric study of the working environment of pigsties allow supplementation of data that provide basis for evaluation and selection of ecologically, economically and ergonomically purposeful animal-keeping methods and technologies.