

Riikliku programmi „Põllumajanduslikud rakendusuuringud ja arendustegevus 2009-2014

Eesti Maaülikooli veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

**Maisisilo toiteväärtuse uurimine ja söötmissstrateegia väljatöötamine
lüpsilehmadele sõltuvalt maisisilo koristusaegsest vegetatsioonistaadiumist**

Projekti lõpparuanne

Projekti juht: O. Kärt

Projekti täitjad: A. Olt

H. Jaakson

T. Ariko

Tartu 2015

1. PROJEKTI NIMETUS: Maisisilo toiteväärtuse uurimine ja söötmissstrateegia väljatöötamine lüpsilehmadele sõltuvalt maisisilo koristusaegsest vegetatsioonistaadiumist

2. PROJEKTI NIMETUS INGLISE KEELES: Investigation of maize silage nutrition value and feeding strategy for dairy cows depending on the maturity stage at harvesting.

3. PROJEKTI KESTUS

Algus: 2013

Lõpp: 2014

4. PROJEKTI LÕPPARUANDE LÜHIKOKKUVÕTE: Antud projekti raames uuriti maisisilo hüdrolyüsi kineetikat *in sacco* sõltuvalt vegetatsioonistaadiumist ja kasvuaegsetest ilmastikutingimustest. Samuti selgitati sordi ja kasvuperioodi pikkuse mõju maisisilo keemilisele koostisele ja toiteväärtusele. Tuginedes maisisilo söötmise kogemustele Eestis ja teaduskirjanduses avaldatud andmetele leiti optimaalsed teravilja asendusväärtused lüpsilehmade söödaratsioonis. Uurimistöö tulemusi kokku võttes jõuti järgmiste järeldusteni:

- ❖ Maisisilo hüdrolyüsi kiirus vatsas sõltub selle kuivainesisaldusest, mis omakorda sõltub kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summast.
- ❖ Eestis kasutusel olev vegetatsiooniaegsete efektiivsete temperatuuride summa arvutamise meetodika pole piisavalt hea maisisilo bioloogilise küpsuse prognoosimiseks, kuigi mõõdukalt usutavaid seoseid leiti ka olevasolevat meetodikat kasutades.
- ❖ Selleks, et vähendada maisi kasvatamisega seotud riske tuleks mais külvata kevadel võimalikult vara, kuigi soodsate ilmastikutingimuste korral saavutatakse soovitatav maisisilo kuivainesisaldus meil kasvatatavate maisisortide (FAO 180 ja FAO 200) puhul juba septembri lõpus ka siis kui külv tehakse mai kuu teisel poole.
- ❖ Kui koristada mais optimaalses vegetatsioonistaadiumis saame asendada lehmade söödaratsioonis maisisiloga, olenevalt selle tärklisesisaldusest, 3...4 kg inimitoiduks kasutatavat teravilja.
- ❖ Meie tingimustes oleks soovitatavaks maisisilo osatähtsuseks lüpsilehmade söödaratsioonis 40...50% rohusööda kuivainest. Nii saame parimal viisil balansseerida vatsa proteiinibilanssi ja ratsiooni efektiivse kiu sisaldust. Väga kvaliteetse (varajases arengufaasis koristatud) silo kasutamise korral osutub siiski vajalikuks teraviljapõhu lisamine söödaratsioonidesse.
- ❖ Kuigi maisisilo saavutab vajaliku stabiilsuse kolme nädala pärast peale hoidla sulgemist, sõltub maisisilo söötmise optimaalne algus silo kuivainesisaldusest ja koristamisel kasutatavast tehnoloogiast. Ka hästi peenestatud silomaterjali korral ei soovitata alustada maisisilo söötmist enne kolme kuud alates hoidla sulgemisest.

5. LÜHIKOKKUVÕTE INGLISE KEELES : Investigated the effect of maize silage dry matter concentration on hydrolysis kinetics *in sacco* in the rumen, the effect of the sowing time of maize to dry matter and starch concentration and feed grain replacement value for maize silage with different starch concentrations based on literature and the experience of feeding maize silage. Based on the study we can make the following generalizations:

- ❖ The dry matter content of maize silage affects its rate of hydrolysis in the rumen, which in turn is affected by the sum of effective ambient temperatures during the growing period of the plant.
- ❖ The methodology used for the calculation of the sum of effective ambient temperatures at the vegetation stage in Estonia is insufficient to predict the biological maturation of

maize silage, although moderately reliable relationships were detected with the present methodology.

- ❖ In order to reduce the risks of the growth of maize plant it should be sown as early as possible in spring. However, the desired dry matter content of maize silage (varieties FAO 180 and FAO 200) will be achieved at the favourable weather conditions already in the end of September, even then the sowing has been done in the second half of May.
- ❖ Harvesting the maize at the optimum stage of vegetation makes possible to replace the 3...4 kg of grains with maize silage (depends on the starch content) in dairy cow ration.
- ❖ The recommended proportion of maize silage in dairy cow ration would be 40...50% of forage dry matter in our conditions. That will give best option to balance the effective fibre content of the ration and the rumen protein balance. However, feeding the high quality (harvested at the early stages of vegetation) silage would require the addition of grain straw to the diet.
- ❖ The optimal time to start feeding the maize silage is affected by the dry matter content of silage and harvesting technology used, despite the fact that the stability of maize silages will be achieved three weeks after closing the silo bunker. It is recommended not to start feeding maize silage before three months after the closing the bunker, even the raw material is finely chopped.

6. TEEMA RAAMES ILMUNUD PUBLIKATSIOONID:

O. Kärt. Maisisilo – energiarikas põhisööt lüpsilehmale. Baltic Agro Teadmiste Talgud: siloseminar 2013 esitlused. <http://www.balticagro.ee/index.dsp?area=687>.

K. Zirnask. 2014. *Maisisilo lüpsilehmade ratsioonis, dissertatsioon.*
<http://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/1712>.

K. Luhter. 2014. *Proteiini ja tärklise kaitsmise võimalusi mäletsejaliste söötisel, dissertatsioon.*
<http://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/1712>.

Kärt, O., Zirnask, K., Olt, A. 2015. Maisisilo toiteväärtusest ja söötmisest lüpsilehamdele sõltuvalt maisisilo koristusaegsest vegetatsioonistaadiumist. Terve loom ja tervislik toit. Ilmumisel.

Projekti juht (ees- ja perekonnanimi):	Allkiri: Olav Kärt	Kuupäev:
Taotleja esindaja kinnitus aruande õigsuse kohta (ees- ja perekonnanimi):	Allkiri: Andres Aland	Kuupäev:

Projekti lõpparuande täitmise juhend on kättesaadav Põllumajandusministeeriumi koduleheküljel <http://www.agri.ee>_____

Sissejuhatus

Mais (*Zea mays*) on kultuurtaim, milline konverteerib fotosünteesi käigus väga efektiivselt päikeseenergiat keemiliseks energiaks. See energia salvestatakse maisiteras põhiliselt tärklise, tselluloosi ja triglütseriididena (õlina). Kuigi mais pärineb Kesk-Ameerikast, kus seda hakati kultiveerima umbes 7000 aastat tagasi, on aretustöö tulemusena välja aretatud sorte, milliseid on võimalik kasvatada ka palju mõõdukama kliimaga piirkondades.

Maisi kasvatatakse rohkem kui 160 riigis, kusjuures Ameerika Ühendriigid ja Hiina toodavad kokku enam kui poole teramaisi saagist. Maisi kasvatatakse enamasti tera saamise eesmärgil kuid Põhjamaades ja Balti riikides maisisilo tootmise eesmärgil (Swensson, 2014). Tervikkoristatud maisisilo kõrval on üha enam levimas ka maisitõlvikute eraldi koristamine, kus mais lõigatakse kõrgelt, alumiste tõlvikute kohalt, väga väheste lehtede ja vartega. Sellisel juhul sisaldab koristatud mass 55...60% kuivainet ja on oluliselt energiarikkam kui tervikkoristatud maisisilo. Ka sellist massi sileeritakse analoogiliselt maisisiloga ja kasutatakse energiarikka söödana nii veiste kui sigade söötmisel. Nimetatud meetod on väga populaarne Saksamaal, Taanis ja Hollandis (Swensson, 2014). Üha enam kasvatatakse maisi ka biokütuste tootmise eesmärgil.

Viimastel aastatel on ka Eestis hoogustunud maisi kasvatamine siloks. Sellele on kaasa aidanud nii varavalmivate sortide kasutuselevõtt kui viimaste aastate suhteliselt soodsad ilmastiku-tingimused. Maisi kasvupind Eestis on jõudsalt suurenenud, ulatudes 2014. aastal 7400 ha-ni.

Rohusilo osaline asendamine veiste söödaratsioonides maisisilo vastu on viimaste aastakümnete tavaline praktika Euroopa arenenud maade piimakarjafarmides, kuigi Põhja-Ameerika farmides on maisisilo sageli ka ainsaks koresöödaks lüpsilehmade ratsioonis.

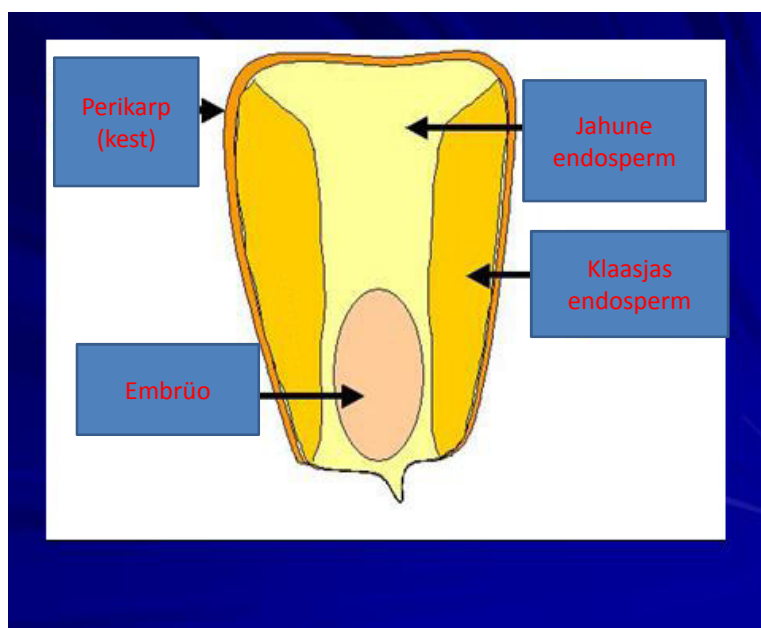
Maisisilo põhiliseks eeliseks rohusilo ees tuleb pidada selle suurt saagikust, suurt kuivainet energiasisaldust ja mõõdukat tärklisesisaldust, mis võimaldab asendada märkimisväärse osa teravilja tärklisest lehmade söödaratsioonides. Vähe olulised pole ka asjaolud, et mais sileerub kergesti, koristatakse ühe niitega, on hästi söödav ja kasvab hästi ka põuasel suvel kui heintaimede kasv ja saak on tagasihoidlikud.

Siiski ei saa pidada maisi meie kliimaatilistes tingimustes veel riskivabaks kultuuriks. Põhilisteks limiteerivateks teguriteks on ebasoodsatel aastatel maisi madal kuivainet- ja tärklisesisaldus (eriti siis kui külvi hilineetakse), samuti jahe kevad ja varajased öökülmad, mis vähendavad maisisilo kvaliteeti.

Kirjanduse ülevaade

Maisisilo väärtus lüpsilehmade söödana seisneb eelkõige selle tärklisesisalduses. Ka maisitärklise keemiline koostis erineb meil traditsiooniliselt kasvatatavate teraviljade tärklisest. Nimelt on maisis oluliselt enam amülopektiini kui odras, nisus või rukkis. Amülopektiin on hargnenud struktuuriga D-glükoosi molekuli jääke sisaldav polümeer, kus lineaarses osas on D-glükoosi molekuli jäägid omavahel seotud α 1-4 ja hargnemispunktides α 1-6 glükosiidsidemete abil. Bakteriaalsed ensüümid ei hüdrolüüsi α 1-6 glükosiidsidemeid, mistõttu arvestatav osa maisitärklisest möödub vatsast lõplikult hüdrolüüsivõimetu dekstriinidena. Küll aga hüdrolüüsib α 1-6 glükosiidsidemeid soole mukoosarakkudes toodetav isomaltas, mis koos maltaasiga lõplikult dekstriinid monosahhariidideks hüdrolüüsib (Harmon jt, 2004).

Maisitärklise hüdrolüüsi vatsas mõjutab peale α 1-6 glükosiidsidemete olemasolu tärklises ka maisitera eriline botaaniline ehitus ja selle seotus proteiinidega (joonis 1). Maisitera endosperm koosneb 80...85% ulatuses tärklisega graanulitest, millede diameeter ulatub 5...30 μ m (Holding, Larkins, 2006)



Joonis 1. Maisitera botaaniline ehitus

Maisi perikarbi (kesta) all asuva endospermi koostises olev tärklis on tugevasti seotus ühe erilise varuproteiini – zein'iga, mille osatähtsus moodustab maisi proteiinist üle 50% ja mida nimetatakse kõige sagedamini klaasjaks endospermiks (ka tugevaks või sarvestunud

endospermiks). Valkudega mitte seotud tärklis asub nn jahuse (nimetatakse ka pehme) endospermi koostises.

Maisitärklise seeduvust ja seede kohta seedekanalisis mõjutab eelkõige klaasja endospermi ja jahuse endospermi omavaheline suhe maisiteras. Klaasjas endospermis olev tärklis ei seedu või seedub vatsas väga vähe, kuna zein vatsavedelikus ei lahustu. Vaid maisijahu peene fraktsiooni korral pääsevad seedeensüümid klaasja endospermi koostises olevat tärklist lõhustama, mis suurendab selle seeduvust vatsas.

Kui traditsiooniliste söödateraviljade (oder, nisu, kaer) tärklis seedub põhiliselt vatsas, siis maisitärklisest seedub vatsas umbes 50% (sõltub maisitera töötlemisest), ülejäänud peensooles. Kui vatsas seedunud tärklis allutatakse mikroobsele fermentatsioonile ja fermentatsiooni käigus tekkinud propioonhapest sünteesib lehm vajaliku glükoosi maksas, siis mööduv tärklis hüdrolüüsitakse peensooles otse glükoosiks, mis imendub kergesti verre ja katab looma glükoosivajaduse energeetilises mõttes palju efektiivsemalt (kuni 42%) kui vatsas fermenteeruv tärklis. Suuretoodanguliste lehmade söötmisel teeb maisitärklise eriti väärtuslikuks just asjaolu, et mööduv tärklis ei fermenteeru vatsas ja vähendab vatsaatsidoosi esinemise riski (De Boever jt, 1993).

Teaduskirjanduses on diskuteeritavaks teemaks α -amülaasi aktiivsus ja mööduva tärklise kogus, mida lehmad suudavad hüdrolüüsida 12-sõrmikus. Reynolds jt (2001) infundeerisid 4x4 ladina ruudu põhimõttel korraldatud katses lüpsilehmadele 12-sõrmikusse maisitärklist kas 700, 1400 või 2100 g päevas ja leidsid, et lehmad on võimelised kasutama mööduvat tärklist efektiivselt küllalt suurtes kogustes (≥ 2100 g/päevas).

Samal ajal kui mööduv tärklis on lehmadele energeetilises mõttes väga kasulik, väheneb maisijahu söötmisel mikroobidele kättesaadava energia hulk, mille tõttu väheneb mikroobse proteiini sünteesi. Selleks, et maksimeerida mikroobse proteiini sünteesi ka maisijahu rikka ratsiooni söötmisel püütakse erinevate maisitera töötlemise viiside abil suurendada selle seeduvust vatsas. Enam levinud meetodid selleks on auruga kuumtöötlemine, helvestamine ja mikroniseerimine (Huntington, 1997).

Maisisilos oleva tärklise seeduvuse ja seede koha seedekanalisis määrab ära koristusaegne vegetatsioonistaadium. Koos maisitera bioloogilise arenguga tõlvikus suureneb ka selle tärklisesisaldus. Kui maisitera varases arengufaasis pole klaasja endospermi osatähtsus kogu endospermist kuigi suur, siis arengufaasi edenedes see pidevalt suureneb (ulatades olenevalt sordist üle 60%). Mida enam on klaasjat endospermi teras, seda väiksem on selle seeduvus vatsas, kuid seda suurem peensooles (Lopes jt, 2009).

Michalet-Doreau ja Philippeau (1997) ja Philippeau, Michalet-Doreau (1999) andmetel lõhustub vatsas üle 80% maisi tärklisest siis kui selle kuivainesisaldus on 25%, 50% siis kui selle kuivaine sisaldus on 36% ja 48% siis kui selle kuivaine sisaldus on 40% (tabel 1).

Tabel 1. Maisisilo oleva tärklise seeduvus vatsas sõltuvalt silo kuivainesisaldusest (Philippeau, Michalet-Doreau, 1999)

Maisisilo kuivainesisaldus, %	Maisisilo tärklise seeduvus <i>in sacco</i>
25	83
30	65
36	50
39	50
40	48

Maisitera botaanilise koostise tõttu tuleb maisisilo söötmisel tähelepanu pöörata ka sileerumise ajale. Maisisilo peaksime laskma ennem söötmist pikemat aega sileeruda kui rohusilo. Mida suurem on silo kuivaine- ja tärklisesisaldus, seda pikem peaks olema sileerumise aeg enne söötmist (tabel 2). Maksimaalne tärklise seeduvus saavutatakse Ameerika teadlaste Sniffen ja Ward (2011) järgi alles 7 kuud pärast maisi siloks koristamist, Newbold jt (2006) andmeil isegi pärast 10 kuud. 2...3 kuud pärast koristust on tärklise seeduvus autorite uuringute järgi märkimisväärselt madalam kui hiljem. Autorid hoiatavad farmereid isegi nn *värske silo piima depressiooni eest*. Kui maisisilo kuivainesisaldus on piisavalt suur (üle 35%), muutub maisitera silos niivõrd tugevaks ja klaasja endospermi osatähtsus niivõrd suureks, et tera jääb seedekanalisis seedumata.

Tabel 2. Maisitärklise seeduvus vatsas sõltuvalt silo sileerumise ajast (Newbold jt. 2006)

Sileerumise aeg, kuudes	Tärklise seeduvus, %	Proteiini seeduvus, %
2	53	39
4	54	36
6	59	34
8	64	43
10	69	47

Maisitera muutub sileerumise käigus pehmemaks, seda tänu fermentatsioonil tekkivatele hapetele. Kui klaasjas endospermis olev proteiin (zein) ei lahustu vatsavedelikus, siis maisisilos tekkiv piimhape ja äädikhape seda teevad. Just sellega on seletatav maisisilo pikema fermentatsiooni vajadus (Hoffman, Shaver, 2009).

Maisi sordiaretus on väga intensiivne, aretatud on palju hübriidsorte, millede zein'i sisaldus varieerub suurtes piirides (Sniffen jt, 2011).

Tabelis 3 on esitatud maisisortide klassifikatsioon prolamiini sisalduse alusel prolamiini-tärklise kompleksis. Nagu selgub toodud andmetest, võib erinevates maisisortides prolamiini sisaldus prolamiini-tärklise kompleksis erineda enam kui viis korda.

Tabel 3. Maisisortide klassifikatsioon prolamiinisisalduse alusel (Hoffman, Shaver, 2009)

Prolamiin, % tärklisest	Klassifikatsioon
>10,0	Äärmiselt kõrge
10,0	
9,0	Väga kõrge
8,0	
7,0	Kõrge
6,0	
5,0	Keskmine
4,0	
3,0	Madal
2,0	
<2,0	Väga madal

Eksperimentaalne osa

Projekti eesmärk ja ülesande püstitus

Projekti taotlemisel seati uurimistööle kolm üldisemat eesmärki:

1. Analüüsida maisisilo toiteväärtust ja keemilist koostist, arvestades kasvatatavaid sorte, kasvuperioodi pikkust ja efektiivsete temperatuuride summat.
2. Leida korrelatiivsed seosed maisisilo kuivaine-, tärklise-, proteiini-, NDF- ja ADF sisalduste ning seeduvuste vahel. Samuti leida nimetatud toitainete hüdrolyüsi kiirused vatsas *in sacco* sõltuvalt maisisilo kuivaine sisaldusest.
3. Leida, olenevalt maisisilo toiteväärtusest ja tärklisesisaldusest, optimaalsed rohusilo ja jõusööda asendamise määrad lüpsilehmade söödaratsioonis.

Uurimismaterjal

Projekt täitmiseks viidi läbi uuringud 2013. ja 2014. aastal. Esimesel aastal kasutati katsematerjaliks 2012. aastal kasvatatud ja sileeritud maisisilo, milledest võeti katsepartiid, analüüsiti partiide keemilise koostis ja määrati toiteväärtus (tabel 4). Lisaks sellele tehti rida täiendavaid laboratoorseid uuringuid, samuti uuriti *in vitro* orgaanilise aine seeduvust ja *in sacco* kuivaine, orgaanilise aine ja raku kestaainete hüdrolyüsi kineetikat. Efektiivsete temperatuuride summa määrati iga silopartii kohta lähima riikliku ilmavaatluspunkti andmeid kasutades. Arvestati maisi kasvuaegsete ööpäevaste temperatuuride summat, mis oli üle +5°C.

2013. aastal viidi Eesti Maaülikoolis, koostöös Baltic Agro AS, läbi maisisortide võrdluskatse, kus uuriti külviaja ja efektiivsete temperatuuride summa mõju maisisilo keemilisele koostisele ja toiteväärtusele. Katse külvati Rõhu Katsejaama põllule, katsesilod sileeriti ja analüüsiti Maaülikooli söötmise laboratooriumis (tabel 5).

Katsesse võeti 7 erinevat sorti: **DKC 3014, ES Bodyguard, ES Ardent, ES Regain, Crescendo, Drim, Avenir**. Sorti **ES Regain** külvati kahes korduses, nendest ühe variandi puhul kasutati fungitsiiti Opera, mille mõju antud uurimuses ei analüüsitud, selle mõju uurimine oli Baltic Agro AS erihuvi.

Katses olnud maisisorte külvati kahel erineval ajal, 08.05 ja 23.05. Koristus toimus kõigi katsevariantide puhul üheaegselt – 16.09. Efektiivseid temperatuure kogunes kasvuperioodi jooksul varase külvi korral 1464°C ja hilise külvi korral 1344°C.

Tabel 4. 2012. aastal sileeritud katsesilode keemiline koostis ja toiteväärtus ning kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa

Ettevõte	Maisi sort	Efektiivsete temp. summa	Kuivaine, g/kg	Toorproteiin, g/kg KA	Tärklis, g/kg KA	NDF	ADF	ME, MJ/kg KA
Haage Agro	Crescendo	1392	266	79	433	432	262	10,8
Vorbuse	Crescendo	1448	264	85	314	430	259	10,3
Peri	Regain	1428	242	103	295	462	281	10,5
Kesa-Agro	Ardent/Artist	1430	268	81	396	474	293	10,9
Karpo	Ixxes	1304	241	84	247	503	322	10,4
Massiaru	Vilga	1405	249	94	317	416	268	10,4
Pae Farmer	Regain/Crescendo	1338	179	108	219	588	372	10,0
Hummuli	Pavarotti	1327	202	93	286	-	-	10,1
Vetiku	Pavarotti	1329	264	91	252	422	266	10,3
Sadala	Crescendo, Abbot, Artist	1291	186	96	315	584	350	10,4

Tabel 5. 2013. aastal sileeritud katsesilode keemiline koostis ja toiteväärtus ning kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa

Sort	Efektiivsete temp. summa	Kuivaine, g/kg	Toorproteiin, g/kg KA	Tärklis, g/kg KA	NDF	ADF	ME, MJ/kg KA
Varane külv							
DKC 3014	1464	361	74	377	421	254	10,4
Es Bodyguard	1464	342	80	339	419	208	10,4
As Ardent	1464	386	70	469	359	198	10,4
Crescendo	1464	371	66	454	417	193	10,3
Es Regain	1464	397	71	466	348	190	10,3
Es Regain Opera*	1464	385	72	367	340	187	10,4
Drim	1464	362	69	427	413	210	10,3
Avenir	1464	401	78	462	409	188	10,3
Hiline külv							
DKC 3014	1344	288	79	395	403	224	10,4
Es Bodyguard	1344	295	80	410	463	230	10,4
As Ardent	1344	313	71	387	443	209	10,4
Crescendo	1344	328	78	288	412	231	10,5
Es Regain	1344	306	77	439	425	207	10,4
Es Regain Opera*	1344	299	73	461	420	218	10,4
Drim	1344	279	73	381	421	232	10,3
Avenir	1344	332	77	408	397	19,8	10,3

*Kasutatud kasvuajal fungitsiiti Opera

Katsepõllule anti külvi alla põhiväetis (NPK 18-8-16) arvestusega 600 kg/ha. Pealt väetamine (NS 26-14), arvestusega 50 kg lämmastikku hektari kohta, tehti varase külvi korral 04.06. ja hilise külvi korral 18.06. Külvisenormiks arvestati 9 idanevat tera ühe m² kohta.

Kõik katsevariandid sileeriti kolmes korduses laboratoorsetes tingimustes ja avati analüüsiks peale 90 päevast fermentatsiooniperioodi.

Kasutatud analüüsimetoodikad

Keemilise koostise määramise metoodikad

Uurimuses kasutatavad söödaproovid analüüsiti EMÜ Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi söötmissosakonna sööda ja ainevahetuse uurimise laboratooriumis üldtunnustatud metoodikate järgi (AOAC, 2005). Söödaproovidest määrati kuivaine-, toorproteiini-, toortuha-, toorkiu-, toorrasva-, kaltsiumi- ja fosforisisaldus. Silo kuivainesisalduse määramiseks kuivatati eelkuivatatud (60°C 24 h) söödaproov termostaadis 105°C juures 6 tundi konstantse kaaluni. Toorproteiinisisaldus määrati analüsaatoriga FOSS Kjeltex™ 2300 Kjeldahli meetodil (N x 6,25). Toortuhasisaldus leiti peale proovi 6-tunnist põletamist muhvelahjus temperatuuril 500...550°C. Kaltsium määrati tuhalahusest trilonomeetriliselt ning fosfor kolorimeetriliselt kollase kompleksühendi põhjal. Toorkiusisaldus määrati Fibretex süsteemiga ja toorrasvasisaldus FOSS Soxtec™ 2043 analüsaatoriga. Võttes aluseks saadud toitainete sisaldused, arvutati söötade metaboliseeruva energia sisaldus.

In sacco katse metoodika

In sacco katse viidi läbi kahe vatsafistuliga varustatud lehmaga vastavalt NorFor (Nordic feed evaluation system) protseduurile (Volden, 2011).

Lõhustuvuse määramiseks jahvatati uuritavad söödaproovid eelnevalt veskis ning kaaluti seejärel polüesterriidest kotikestesse. Kasutatud kotikeste mõõtmed olid 110 x 85 mm, silma suurus 38 µm ning avatud pindala suurus kogupinnast 31%. Igasse kotti kaaluti ligikaudu 4 grammi uuritavat sööta, arvestatuna kuivaines.

Lahustuvuse määramiseks leotati kotikesi 20 minutit 39°C vees ning seejärel pesti 45 minutit pesumasinas tsentrifuugimata.

Lõhustuvuse määramiseks kinnitati kotikesed spetsiaalse plastikust vooliku e „kuusekese“ külge, mis oli otsast ühendatud vastupidavast materjalist nõoriga, mille küljes oli väike metallist karabiin. Ühe „kuusekese“ küljes oli vastavalt inkubatsiooni ajale 5...6 kotikest. Vahetult enne kotikeste vatsa viimist leotati neid 20 minutit 39°C vees ning peale seda kinnitati need vatsa mineva metallist rõngastega varustatud plastvooliku külge. Vooliku mõlemas otsas oli metallist

raskus (200 grammi) ja vastupidavast materjalist 50 cm nõör, et paremini stabiliseerida vatsa viidud proovide asukoht. Nööride otsas olid ka eri värvi plastmassist rõngad, mis võimaldasid kergemini leida lühema inkubatsiooniajaga kotikesi.

Pärast vatsast eemaldamist pandi kotikesed kohe külma vette, et lõpetada mikrobiaalne fermentatsioon. Seejärel loputati kotikesi ettevaatlikult käsitsi külmas vees vatsasisu jääkide eemaldamiseks. Loputatud kotikesed asetati sügavkülmikusse (-22°C), et nende sisu säiliks kõikide kotikeste inkubeerimise lõpuni.

Järgmine etapp oli kotikeste üles sulatamine ja pesumasinas pesemine. Kotikesi hoiti külmas kraanivees seni, kuni nende sisu oli ühtlaselt sulanud. Siis asetati kotikesed automaatpesumasinasse ning pesti ja loputati külma veega 45 minutit. Peale pesemist proovid kuivatati 24 tunni jooksul sundventilatsiooniga kuivatuskapis 45°C juures õhkuivaks ning jahutati 1 tund eksikaatoris. Kuivad ja jahutatud proovid kaaluti ning ühe inkubatsiooniajaga kotikeste sisu segati kokku üheks prooviks. Sellest proovist määrati kuivaine-, toorproteiini-, NDF-i, ADF-i ning tärklisesisaldus. Enne vatsas inkubeerimist kotikestes sisaldunud ja pärast inkubeerimist järele jäänud toitainete vahe kaudu leiti nende lõhustuvus vatsas.

Tulemuste esitamisel ja interpreteerimisel lähtuti kahest toitainete hüdrolüüsi ajast vatsas: 8 tundi kõikide uuritud fraktsioonide puhul ning 96 tundi kuivaine, NDF ja ADF, 72 tundi tärklise ja 48 tundi proteiini puhul. Kui valitud inkubatsiooniaegadest esimene näitab kiiresti lõhustuvate fraktsioonide osatähtsust söödas, siis viimane potentsiaalselt lõhustuva fraktsiooni osatähtsust, mis tuleneb NorFor hindamissüsteemist (Volden, 2011).

Katsetulemused

In sacco katsete tulemused

In sacco katsete tulemused on toodud tabelis 6 ja toitainete hüdrolyüsi kiiruste seosed kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa vahel tabelis 7. Kui kuivaine potentsiaalsest lõhustuvusest lõhustus vatsas 8 tunni jooksul keskmiselt 47,7%, proteiini potentsiaalsest lõhustuvusest 71% ja tärklise potentsiaalsest lõhustuvusest 61,7%, siis NDF ja ADF fraktsioonidest vaid vastavalt 9,4% ja 9,5%.

In sacco katsete eesmärgiks oli eelkõige selgitada maisisilo kuivaine ja efektiivsete temperatuuride summa mõju olulisemate toitefaktorite hüdrolyüsi kiirusele vatsas.

Tabel 6. Kuivaine, proteiini, tärklise, NDF ja ADF *in sacco* katsete tulemused

Proovi nr	Ef. temp. sum.*	Kuivaine		Toorproteiin		Tärklis		NDF		ADF	
		8h	96h	8h	48h	8h	72h	8h	96h	8h	96h
566	1328,5	50,3	74,2	70,7	76,2	70,9	80,4	4,2	48,5	7,4	46,1
565	1338,3	37,2	70,4	66,6	76,2	65,8	82,0	8,7	56,7	6,4	53,3
535	1327,1	36,4	68,9	57,6	69,9	61,2	80,9	-	-	-	-
564	1290,5	38,5	69,9	65,8	74,1	56,1	70,2	9,0	56,6	6,6	52,9
532	1448,2	57,0	77,5	78,0	82,7	53,3	81,4	13,7	54,7	15,0	53,4
428	1430,1	51,2	72,4	74,8	79,7	75,6	85,2	11,0	49,3	10,0	47,1
413	1405,2	55,0	74,4	77,2	83,5	60,1	80,7	14,4	46,2	16,6	46,9
417	1391,2	55,4	73,9	78,5	82,5	69,5	83,4	9,9	46,8	6,6	43,0
324	1428,3	51,2	73,9	74,6	85,3	57,5	84,1	8,4	50,0	11,5	48,8
340	1304,4	45,4	71,5	66,4	80,9	46,8	64,3	6,5	50,0	5,5	47,8
Keskmine	1369,2	47,7	72,7	71,0	79,1	61,7	79,3	9,5	51,0	9,5	48,8
SD**	57,7	7,9	2,6	6,8	4,9	8,8	6,7	3,2	4,0	4,1	3,6

*Ef. temp. sum. – efektiivsete temperatuuride summa

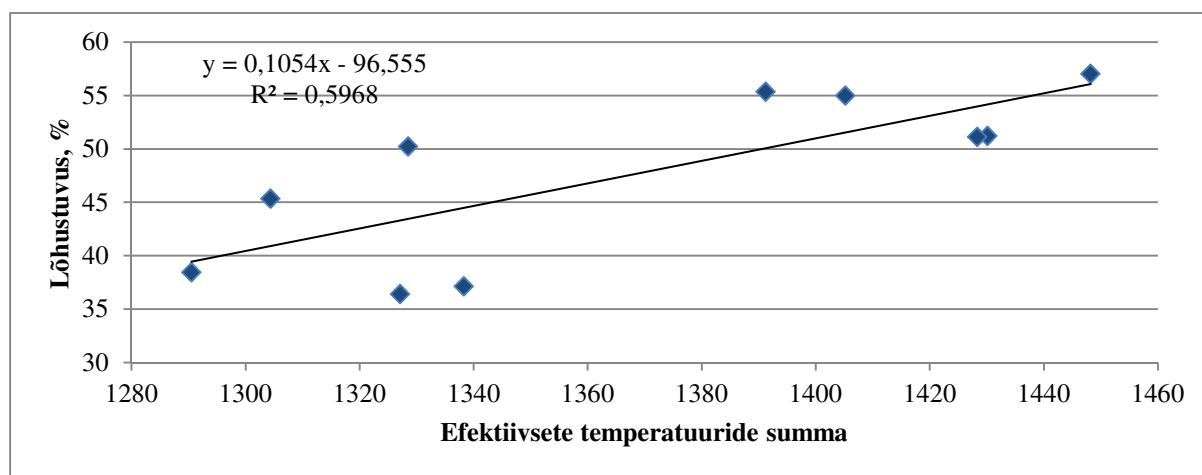
**SD – standard hälve

Tabel 7. Seosed uuritud maisisilode kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa ja toitainete hüdrolüüsi kiiruse vahel ning seoste erinevuste olulisus *in sacco*.

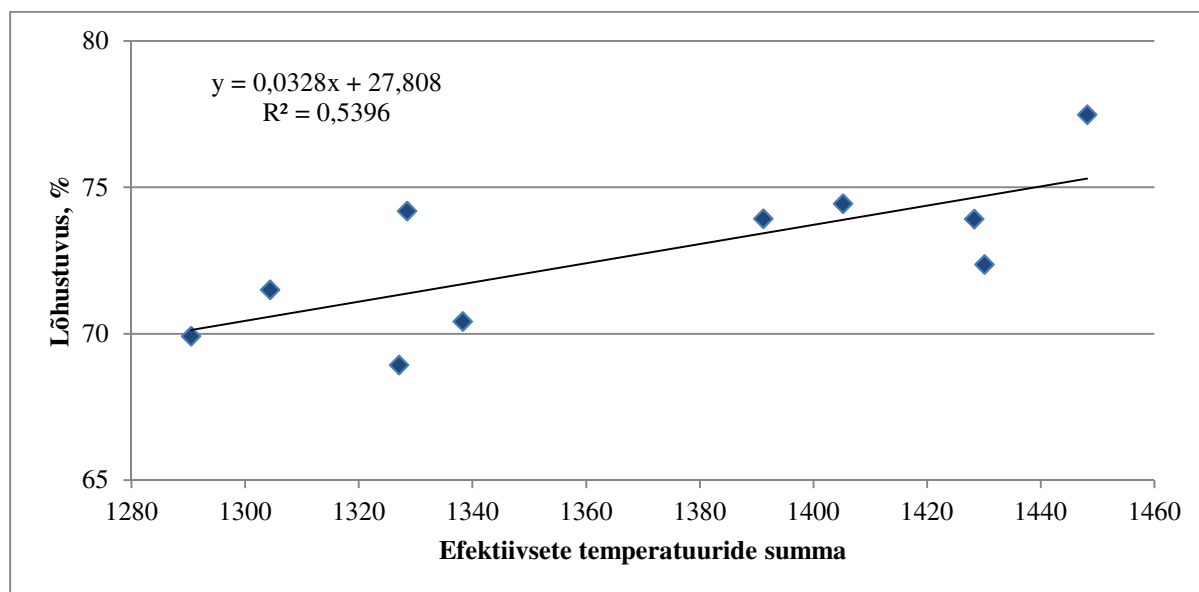
Ef. temp. sum.		Ef. temp. sum.	Kuivaine		Toorproteiin		Tärklis		NDF		ADF	
			8h	96h	8h	48h	8h	72h	8h	96h	8h	96h
		1										
KA	8h	r=0,77; p=0,009	1									
	96h	r=0,73; p=0,017	r=0,89; p=0,001	1								
TP	8h	r=0,88; p=0,001	r=0,93; p=0,001	r=0,82; p=0,004	1							
	48h	r=0,75; p=0,013	r=0,76; p=0,011	r=0,65; p=0,042	r=0,75; p=0,013	1						
Tärklis	8h	r=0,22; p=0,541	r=0,13; p=0,720	r= -0,03; p=0,934	r=0,27; p=0,451	r= -0,23; p=0,523	1					
	72h	r=0,75; p=0,013	r=0,48; p=0,160	r=0,46; p=0,181	r=0,68; p=0,031	r=0,33; p=0,352	r=0,70; p=0,024	1				
NDF	8h	r=0,67; p=0,034	r=0,46; p=0,181	r=0,43; p=0,215	r=0,64; p=0,046	r=0,47; p=0,171	r= -0,07; p=0,848	r=0,35; p=0,322	1			
	96h	r= -0,31; p=0,383	r= -0,68; p=0,031	r= -0,37; p=0,293	r= -0,56; p=0,092	r= -0,55; p=0,100	r= -0,30; p=0,400	r= -0,24; p=0,504	r= -0,02; p=0,956	1		
ADF	8h	r=0,75; p=0,013	r=0,65; p=0,042	r=0,71; p=0,021	r=0,69; p=0,027	r=0,60; p=0,067	r= -0,12; p=0,741	r=0,43; p=0,215	r=0,78; p=0,008	r= -0,22; p=0,541	1	
	96h	r= -0,13; p=0,720	r= -0,53; p=0,115	r= -0,18; p=0,619	r= -0,43; p=0,215	r= -0,36; p=0,307	r= -0,44; p=0,203	r= -0,19; p=0,599	r=0,18; p=0,619	r=0,93; p=0,001	r=0,10; p=0,783	1

Maisisilo kuivaine lõhustuvus in sacco sõltuvalt kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summast

Maisisilo kuivainest hüdrolüüsus vatsas 8-tunnise inkubatsiooniperioodi jooksul 47,7% (joonis 2). Kuna maisisilo kuivaine potentsiaalne lõhustuvus vatsas on 71% (joonis 3) siis näeme, et 8-tunnise inkubatsiooniperioodi jooksul hüdrolüüsub põhiline osa maisisilo kuivainest ning see suureneb koos maisisilo kuivainesisalduse suurenemise ja kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa tõusuga. Statistilise analüüsi tulemusena leiti, et maisisilo kuivaine 8-tunnise lõhustuvuse ja kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa vahel on keskmisest tugevam, statistiliselt oluline seos ($R^2 = 0,60$; $P = 0,0092$).



Joonis 2. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa seos kuivaine lõhustuvusega 8 tunni jooksul *in sacco*



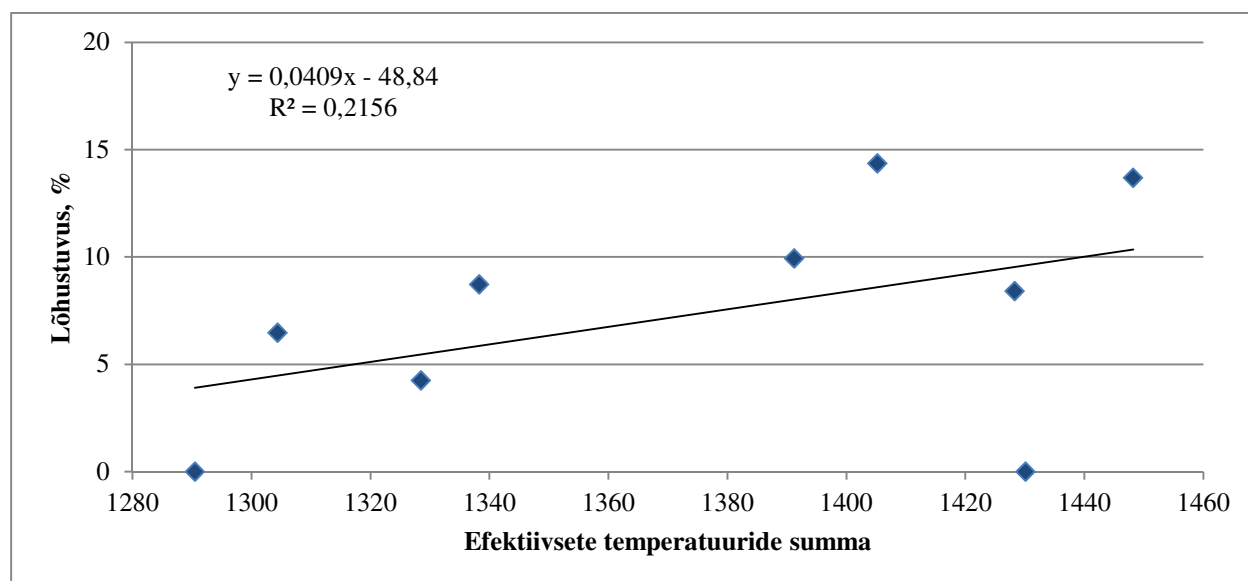
Joonis 3. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa seos kuivaine potentsiaalse lõhustuvusega *in sacco*

Kuna maisisilo kuivainesisalduse ja kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa vaheline seos on piisavalt tugev, siis edasises analüüsis keskendutakse põhiliselt kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa mõju selgitamisele maisisilo erinevate toitainete hüdrolüüsi kineetikale *in sacco*.

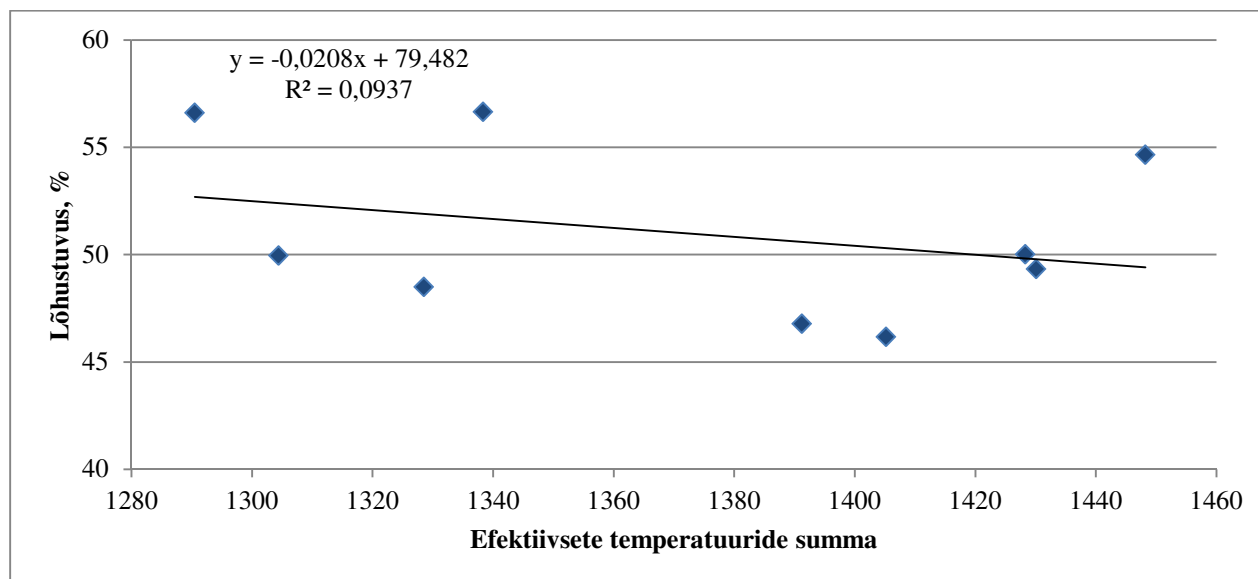
Maisisilo NDF lõhustuvus in sacco sõltuvalt kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summast

Kiufraktsioonide lõhustuvus vatsas jäi antud katsetes väga tagasihoidlikuks. 8-tunnise inkubatsiooniperioodi jooksul hüdrolüüs maisisilo NDF-ist vaid 4,2...14,4%, mis teeb hüdrolüüsi kiiruseks 0,53...1,8% tunnis. Kuna erinevates maisisilo partiides oli NDF lõhustuvus väga erinev, oli ka maisisilo NDF 8-tunnise lõhustuvuse ning kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa vahel seos nõrk (joonis 4), kuigi statistiliselt usutav ($R^2 = 0,22$; $P = 0,0340$).

NDF potentsiaalne lõhustuvus kõikus 46,8...56,7% piires, olles keskmiselt 51%. Nagu jooniselt 5 selgub puudub antud uurimismaterjali puhul efektiivsete temperatuuride summa ja NDF potentsiaalse lõhustuvuse vahel märkimisväärne seos ($R^2 = 0,09$; $P = 0,3834$).



Joonis 4. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa seos NDF lõhustuvusega 8 tunni jooksul *in sacco*

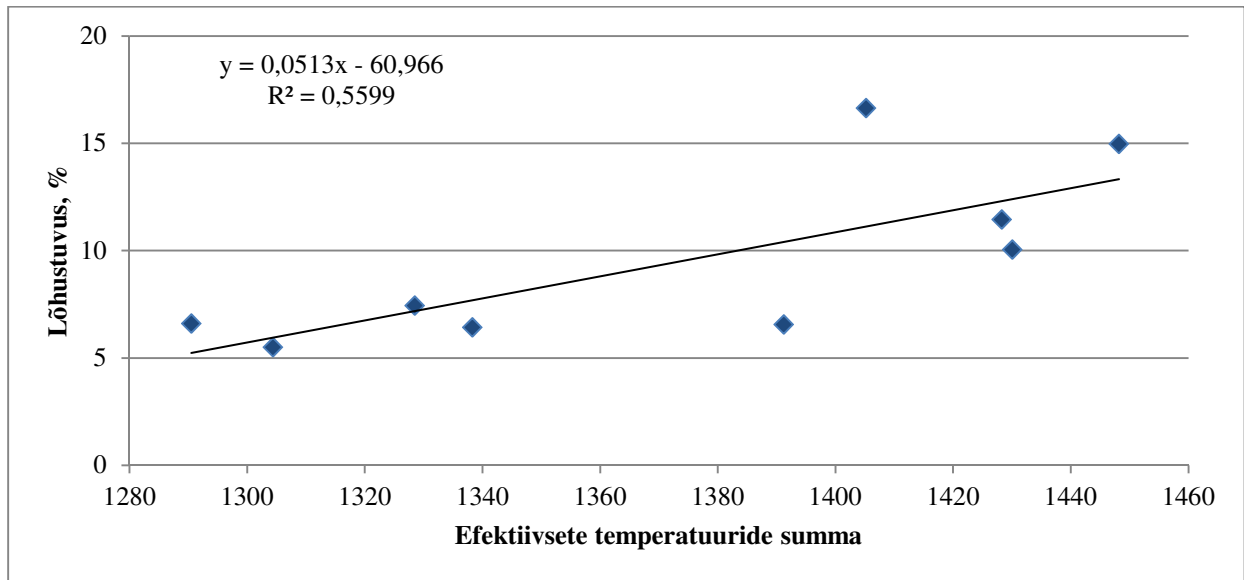


Joonis 5. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa seos NDF potentsiaalse lõhustuvusega *in sacco*

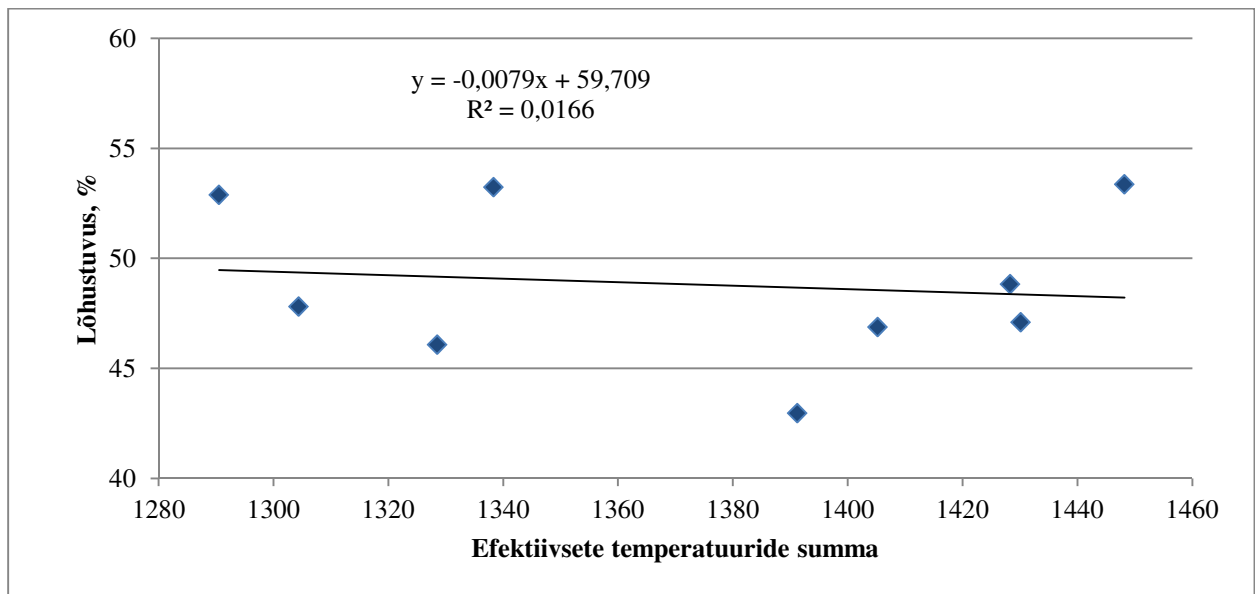
Maisisilo ADF lõhustuvus in sacco sõltuvalt kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summast

ADF hüdrolyüsi kineetika *in sacco* on väga sarnane NDF hüdrolyüsi kineetikale vatsas. Ka maisisilo ADF lõhustuvus 8-tunnise inkubatsiooniperioodi jooksul suurenes antud uurimuses koos efektiivsete temperatuuride summa suurenemisega sarnaselt NDF lõhustuvusega 8-tunnise inkubatsiooniperioodi jooksul (joonis 6). Kuna tulemuste hajuvus oli väiksem kui NDF lõhustuvusel sama inkubatsiooniperioodi jooksul, siis osutus seos efektiivsete temperatuuride summaga tugevamaks ja statistiliselt olulisemaks kui NDF lõhustuvusel ($R^2 = 0,56$; $P = 0,0125$).

Ka ADF potentsiaalset lõhustuvust efektiivsete temperatuuride summa ei mõjutanud (joonis 7) ning nende omavaheline seos oli sama nõrk ($R^2 = 0,02$; $P = 0,7204$) kui efektiivsete temperatuuride summa ja NDF potentsiaalse lõhustuvuse vahel.



Joonis 6. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa seos ADF lõhustuvusega 8 tunni jooksul *in sacco*

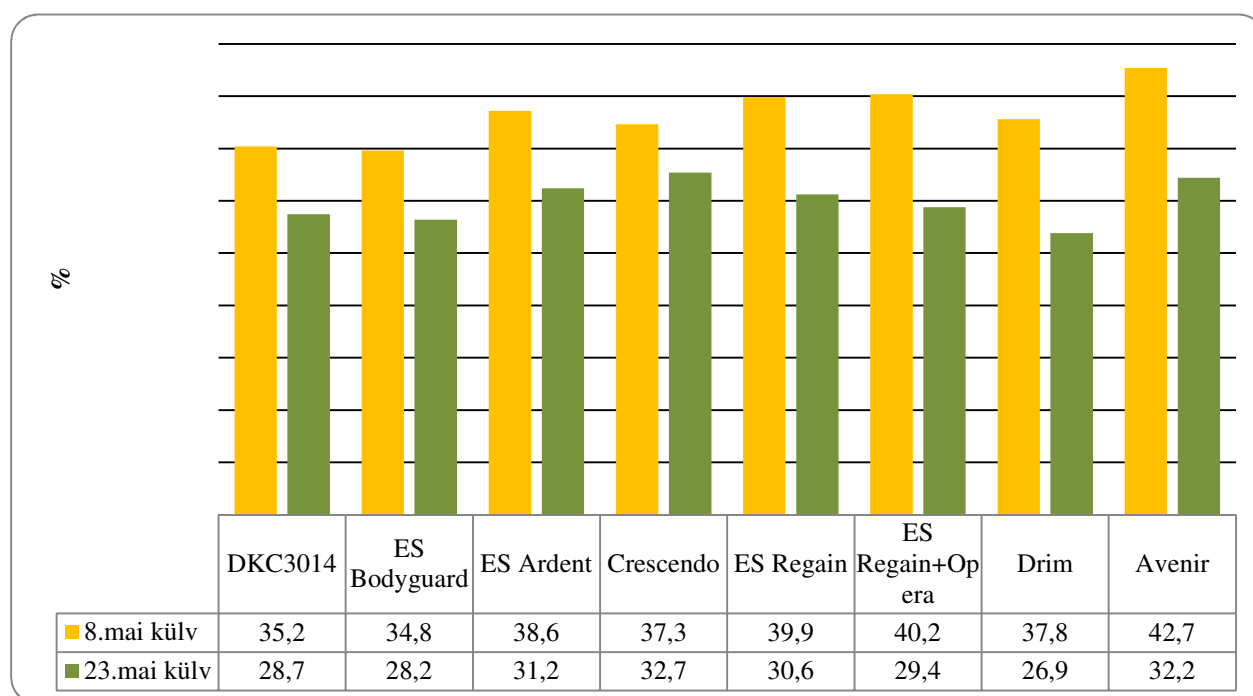


Joonis 7. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa seos ADF potentsiaalse lõhustuvusega *in sacco*

Külviaja mõju tervikkoristatud maisi keemilisele koostisele ja toiteväärtusele

Kuna katses olnud maisisorte külvati kahel erineval ajal (08.05 ja 23.05. 2013) kuid koristati samaaegselt (16.09. 2013), kogunes kasvuaegseid efektiivseid temperatuure erinevalt – varase külvi korral 1464°C ja hilise külvi korral 1344°C.

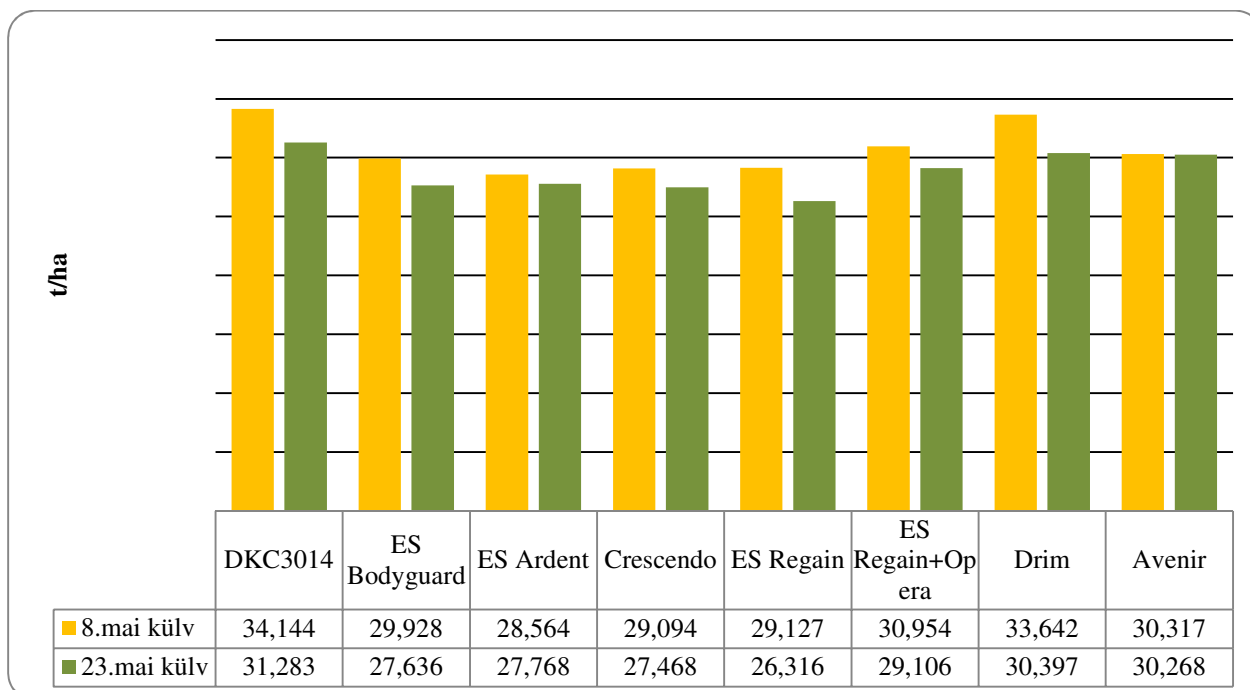
Tervikkoristatud maisi kuivainesisaldus kõikus varase külvi puhul 34,8%-st kuni 42,7%-ni, hilise külvi puhul 26,9%-st kuni 32,7%-ni, olles keskmiselt vastavalt 38,3 ja 30,0% (joonis 8).



Joonis 8. Sileeritava maisi kuivainesisaldus sõltuvalt külvi ajast ja sordist

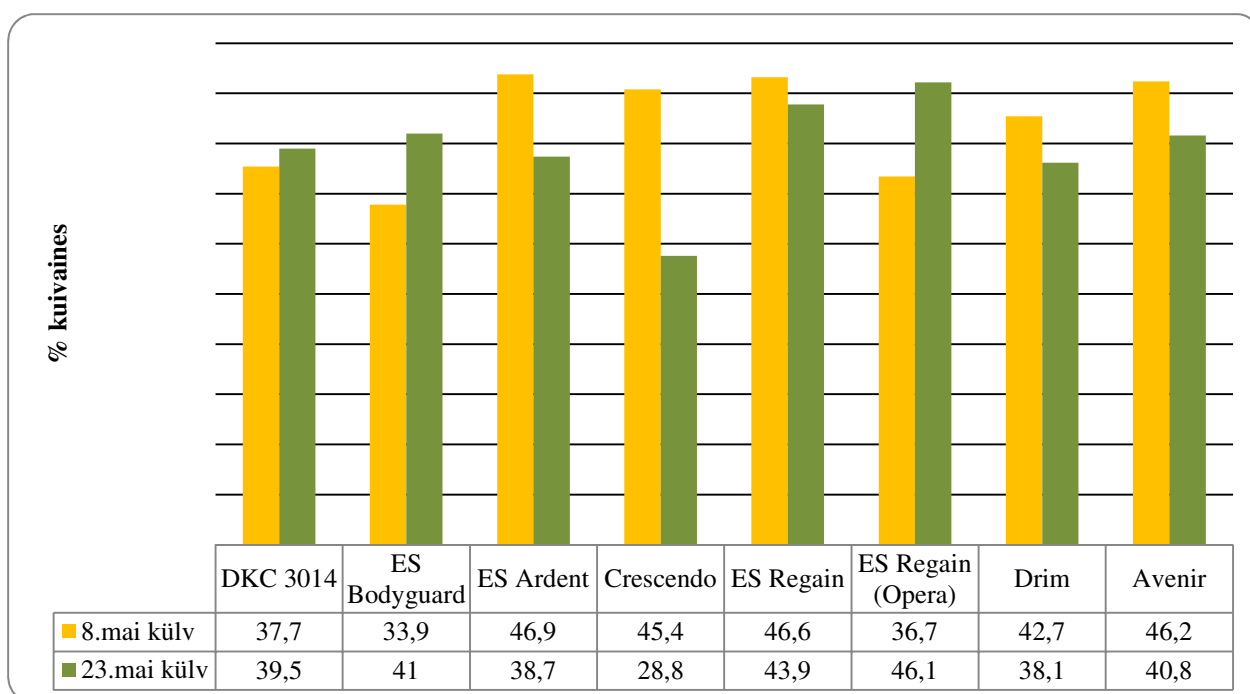
Varase külvi puhul andis suurima kuivainesisaldusega massi sort Avenir (42,7%) ja madalaima sort ES Bodyguard (34,8%). Hilise koristuse korral andsid suurima kuivainesisaldusega massi sordid Crescendo ja Avenir, vastavalt 32,7 ja 32,2%, madalaima aga sort Drim.

Kui vegetatsiooniaegne efektiivsete temperatuuride summa avaldab olulist mõju tervikkoristatud maisi kuivainesisaldusele, siis saagile oli selle mõju antud katses tühine. Sordi Avenir puhul külvi aeg saaki ei mõjutanud (joonis 9).



Joonis 9. Sileeritava maisi saagikus sõltuvalt maisi külvi ajast ja sordist, t/ha

Ebaloogiline olid antud katses seos tervikkoristatud maisi kuivaine- ja tärkliisisalduse vahel. Mitmel juhul sisaldas maisi koristamisel kuivaine hilisema külvi korral tärklist enam kui varase külvi korral (joonis 10).



Joonis 10. Tärkliisisaldus sõltuvalt külvi ajast ja maisi sordist, % kuivaines

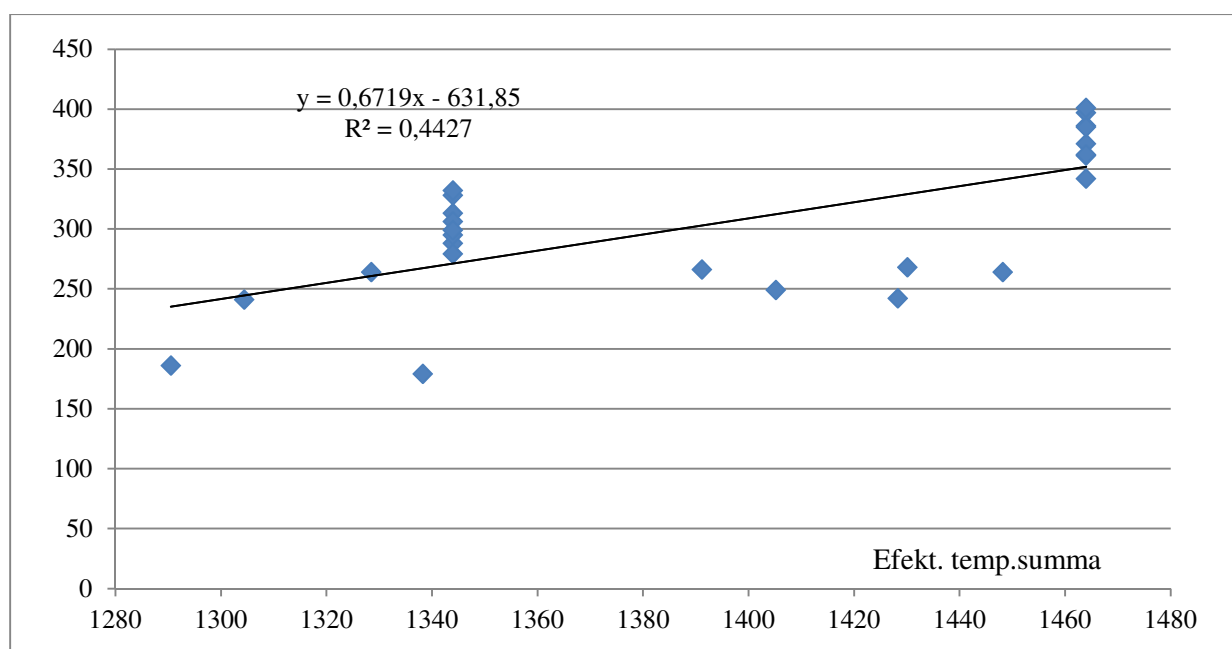
Vegetatsioonistaadiumi mõju maisisilo keemilisele koostisele ja toiteväärtusele

Tulemuste analüüsiks ühendati kahe katseaasta uurimismaterjali andmed ja koostati ühine andmebaas. Kuna 2012 oli maisi kasvuks ebasoodne ja 2013 soodne aasta, kajastavad tulemused ka suurt varieeruvust.

Efektiivsete temperatuuride summa mõju maisisilo kuivainesisaldusele

Mida soojem on maisi kasvuperioodil ilmastik, mida enam koguneb efektiivseid temperatuure, seda kuivainerikkam on maisisilo. Efektiivsete temperatuuride summa ja maisisilo kuivainesisalduse vaheline seos jäi aga oodatust nõrgemaks (joonis 11), seda eelkõige 2012. aastal kogutud proovide suure kuivainesisalduse hajuvuse tõttu.

Kuivaine, g/kg

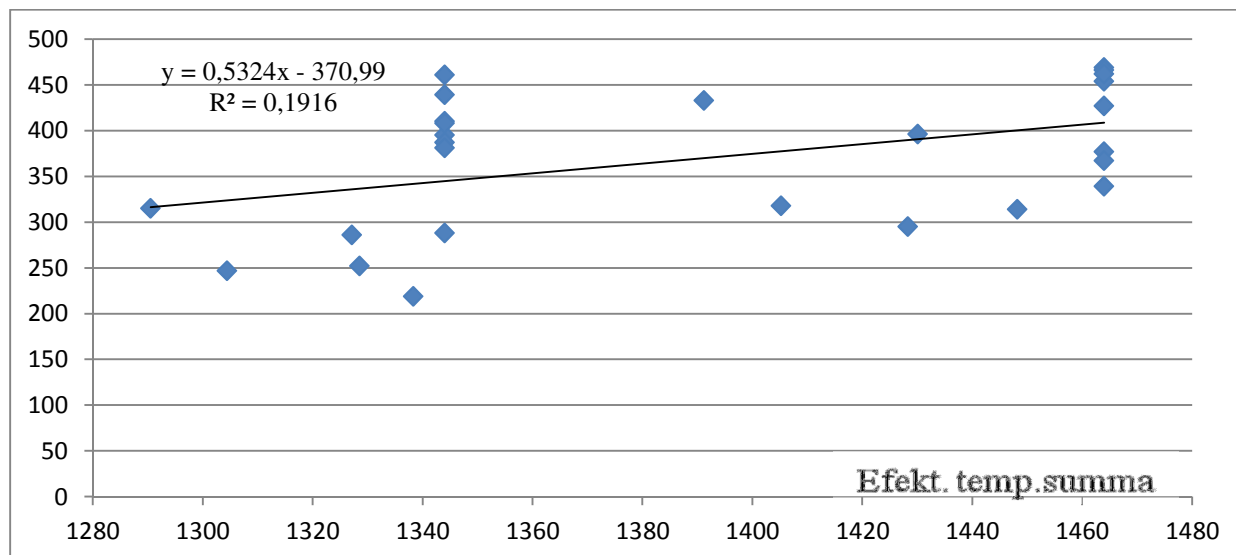


Joonis 11. Efektiivsete temperatuuride summa ja maisisilo kuivainesisalduse vaheline seos

Efektiivsete temperatuuride summa mõju maisisilo tärklikesisaldusele

Uuritud silode tärklikesisalduste varieeruvus oli veelgi suurem kui kuivainesisalduste varieeruvus. Maisisilo tärklikesisaldust ei saa ennustada kasvuaegsete temperatuuride summa kaudu, selle nõrga statistilise seose tõttu (joonis 12).

Tärklis, g/kg KA-s

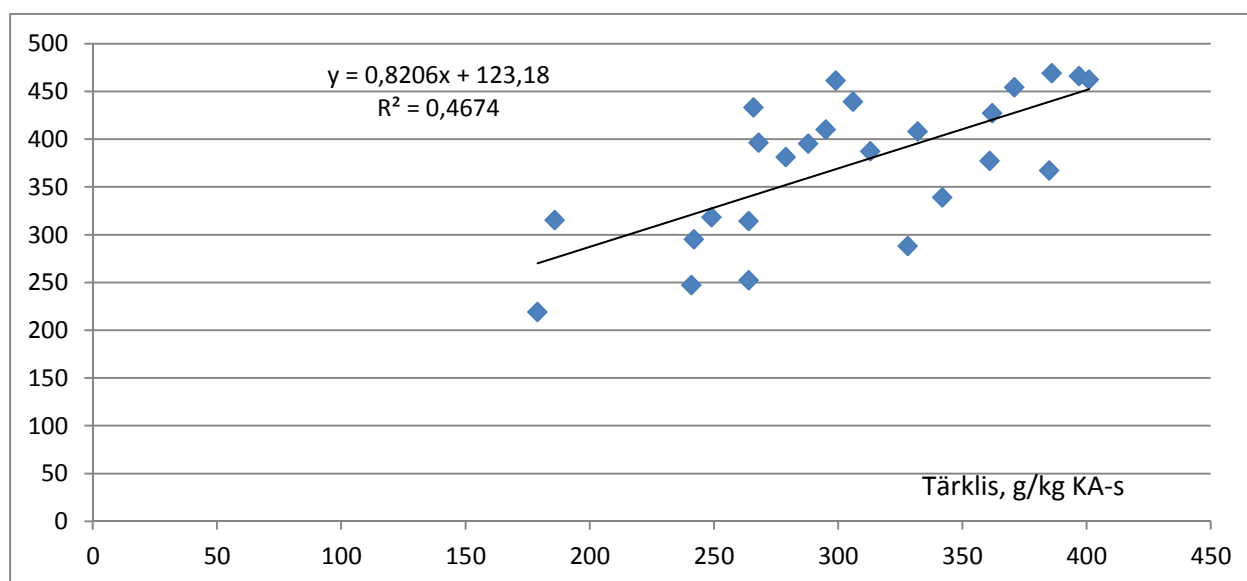


Joonis 12. Efektiivsete temperatuuride summa ja maisisilo tärklikesisalduse vaheline seos

Kuivainesisalduse mõju maisisilo tärklikesisaldusele

Koos maisisilo kuivainesisalduse suurenemisega suureneb ka maisisilo tärklikesisaldus (joonis 13), nende vaheline seos on mõõdukalt tugev ($R^2 = 0,4674$).

Kuivaine, g/kg

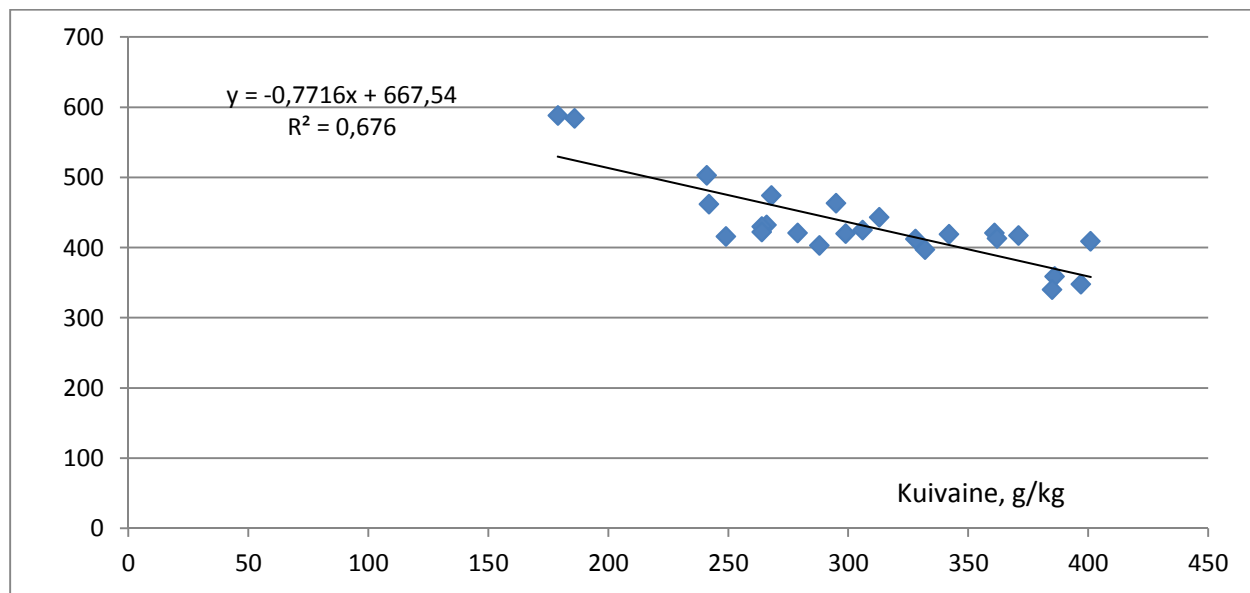


Joonis 13. Maisisilo kuivaine- ja tärklikesisalduse vaheline seos

Kuivainesisalduse mõju maisisilo NDF ja ADF sisaldusele

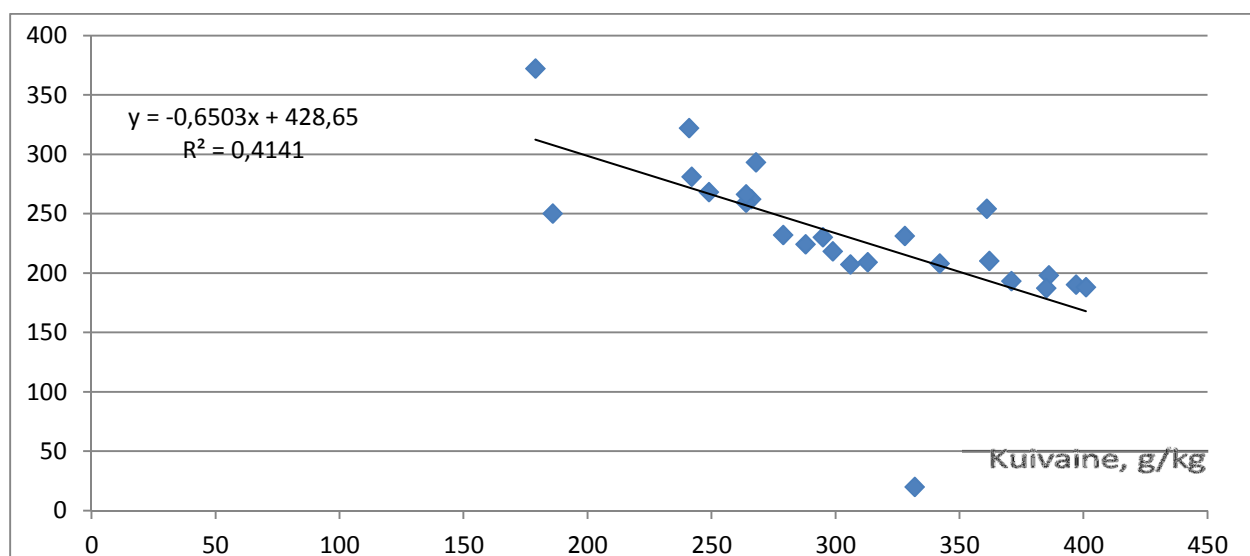
Kuivainesisalduse suurenedes maisisilos raku kestaainete sisaldus väheneb. NDF sisalduse ja kuivainesisalduse vahel (joonis 14) on tugevam seos ($R^2 = 0,676$) kui kuivainesisalduse ja ADF sisalduse vahel ($R^2 = 0,414$, joonis 15).

NDF, g/kg KA-s



Joonis 14. Maisisilo kuivaine- ja NDF sisalduse vaheline seos

ADF, g/kg KA-s

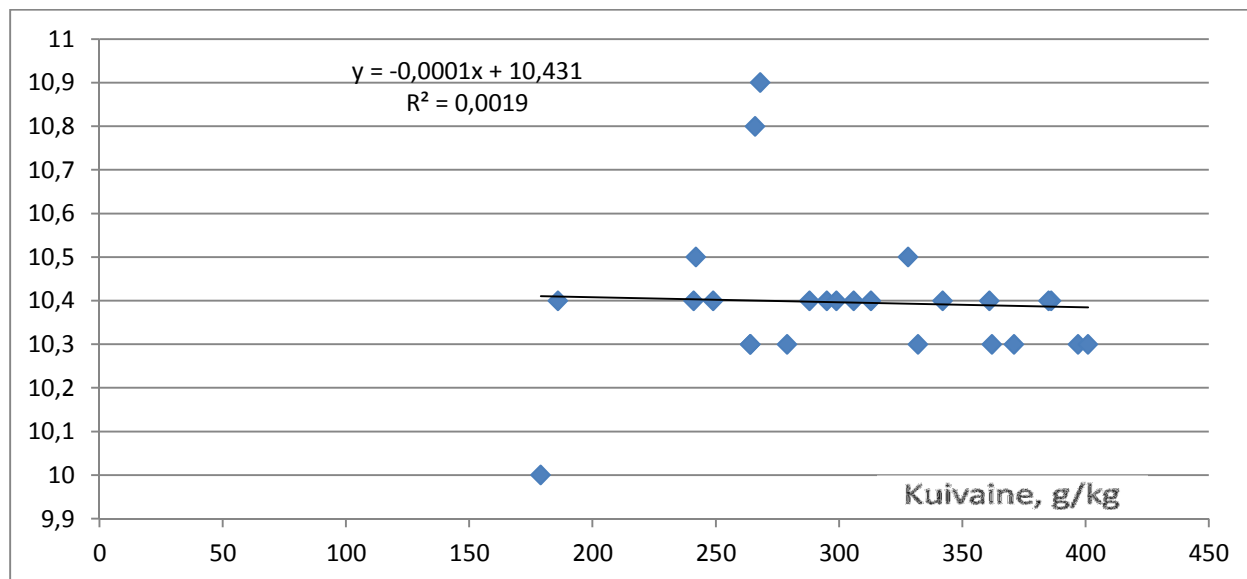


Joonis 15. Maisisilo kuivaine- ja ADF sisalduse vaheline seos

Kuivainesisalduse mõju maisisilo metaboliseeruva energia sisaldusele

Maisisilo on energiarikas sööt. Maisisilo sisaldab üle 10 MJ metaboliseeruvat energiat ühes kilogrammis kuivaines. Maisisilo kuivaine energiasisaldus ei sõltunud antud uurimuses silo kuivainest (joonis 16).

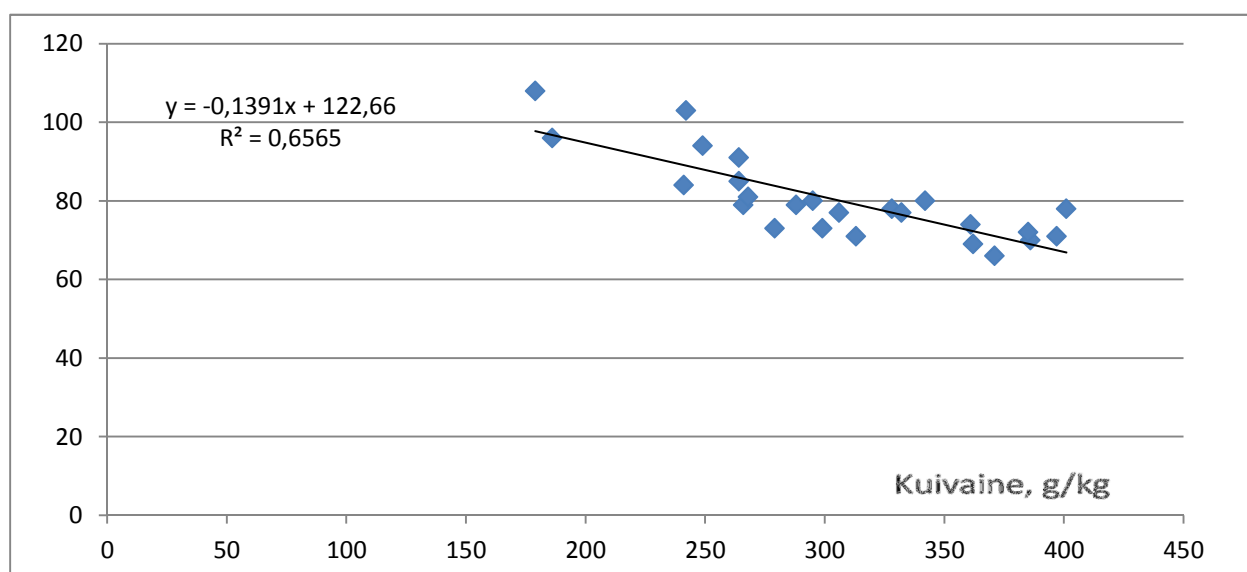
ME, MJ kg KA-s



Joonis 16. Maisisilo kuivaine- ja energiasisalduse vaheline seos

Kuivainesisalduse mõju maisisilo proteiinisaldusele

Kui maisisilo energiasisaldus kuivainesisaldusest ei sõltu, siis proteiinisaldus sõltub maisisilo kuivainesisaldusest otseselt (joonis 17).



Joonis 17. Maisisilo kuivaine- ja proteiinisalduse vaheline seos

Maisisilo kuivainesisalduse suurenedes selle proteiinisaldus väheneb. Kui väikese kuivainesisaldusega maisisilo sisaldav toorproteiini üle 100 g/kg kuivaines, siis suure kuivainesisaldusega maisisilo alla 70 g/kg kuivaines

Katsetulemuste arutelu

Heintaimede arengut mõjutavad kliimaatilised tingimused, milledest üks olulisemaid on vegetatsiooniperioodi ajal valitsev õhutemperatuur. Katses oli maisi kasvuaegsete temperatuuride summa ja maisisilo kuivainesisalduse vahel mõõdukalt tugev korrelatsioon ($R^2 = 0,4427$), kuid samas ei leitud nii tugevat korrelatsiooni efektiivsete temperatuuride summa ja tärklisesisalduse ($R^2 = 0,192$) vahel.

Kui Eestis võetakse efektiivsete temperatuuride arvestamisel aluseks ööpäeva keskmiste temperatuuride summa üle $+5^{\circ}\text{C}$, siis mitmetes maades on kasutusel Kanadas välja töötatud nn *Ontario Crop Heat Units* (OCHU) skeem, kus arvesse võetakse ka kasvu pärssivaid (liiga madalaid või kõrgeid) temperatuure.

$\text{OCHU} = (Y_{\max} + Y_{\min})/2$, kus $Y_{\max} = 3,33 \cdot (T_{\max} - 10) - 0,084 \cdot (T_{\max} - 10)^2$ ja $Y_{\min} = 1,8 \cdot (T_{\min} - 4,4)$. Antud valemis on T_{\max} ööpäevased keskmised temperatuurid üle 10°C ja T_{\min} ööpäeva keskmised temperatuurid alla $4,4^{\circ}\text{C}$.

Mõnevõrra täpsemat efektiivsete temperatuurise summat on otstarbekas arvestada seetõttu, et maisi kasv peatub siis kui ööpäevane keskmine temperatuur langeb alla $+10^{\circ}\text{C}$ (Mikkelsen, Halling, 2014).

Halling (2014) kasutas samuti Kanadas, pisut varem välja töötatud valemit ($\text{CHU} = 9/5 \cdot (T_{\min} - 4,4\text{C}) + (3,33(T_{\max} - 10,0) - 0,084(T_{\max} - 10,0)^2)/2$) ja leidsid samuti tihedama korrelatsiooni efektiivsete temperatuurides summa ja kuivainesisalduse ($R^2 = 0,721$) ning efektiivsete temperatuuride ja tärklisesisalduse ($R^2 = 0,731$) vahel kui meie läbiviidud uurimuses.

Pilipavicius ja Mikulioniene (2010) uurisid maisisilo toiteväärtust olenevalt selle kuivainesisaldusest ja leidsid, et madala kuivainesisaldusega maisisilo (15% kuivainet) sisaldas metaboliseeruvat energiat 9,85 MJ/kg, kõrge kuivainesisaldusega (40% kuivaines) maisisilo aga 11,32 MJ/kg (tabel 8). Kui autorite uurimuse järgi korreleerus maisi kuivainesisaldus tärklisesisaldusega väga tugevasti ($r = 0,983$), siis käesoleva uurimistöö raames läbi viidud katsetes väga nõrgalt. Põhiliseks katsetulemuste erinevuseks tuleb pidada sordi mõju. Kui nimetatud autorid korraldasid katse ühe maisisordiga (sort „Ulla“), siis meie katses oli tegemist mitme erineva sordiga. Sordi mõju maisisilo tärklisesisaldusele on suur, mida kinnitavad väga erinevad uurijad (Hoffman, Shaver, 2009; Oba, Allen, 1999; Sniffen ja Ward, 2011).

Tabel 8. Maisisilo söödaväärtus olenevalt kuivainesisaldusest (Pilipavicius ja Mikulioniene, 2010) järgi

Kuivaine sisaldus, %	Tärklise sisaldus, % kuivaines	Metaboliseeruva energia sisaldus, MJ kg kuivaines	Toorkiu sisaldus, % kuivaines
15	8,57	9,85	25,03
20	15,09	10,14	23,44
25	21,62	10,44	21,84
30	28,14	10,73	20,25
35	34,66	11,03	18,67
40	41,18	11,32	17,06

Sordi mõju maisisilo keemilisele koostisele ja seeduvusele *in vivo* selgitasid ka Hungari teadlased (Lehel jt, 2013), kes võrdlesid samades tingimustes kasvatatud ja koristatud 16 erinevat maisi hübriidsorti. Autorite katsetes varieerus kuivaine seeduvus 54,0%-st kuni 64,2%-ni, proteiini seeduvus 19,1%-st kuni 42,2%-ni, toorkiu seeduvus 28,9%-st kuni 60,7%-ni. NDF ja ADF seeduvused kõikusid vastavalt 26,6...59,4% ja 24,0...50,3%.

Kirjandusest leiame ka vastupidiseid tulemusi, kus maisi vegetatsioonistaadium ei mõjuta orgaanilise aine seeduvust ja toiteväärtust. Di Marko jt (2002) poolt läbi viidud katsetes uuriti kolmes erinevas vegetatsioonistaadiumis (kuivaine sisaldus kas 200, 260 või 320 g/kg) koristatud maisi seeduvust nii *in vivo* kui *in vitro*. Vegetatsioonistaadiumi arenedes suurenes tärklise sisaldus 20-lt g/kg kuni 280 g/kg kuivaines, NDF sisaldus vähenes 600-lt kuni 410 g/kg ja NDF seeduvus *in sacco* 48-lt 24%-ni. See aga ei mõjutanud antud katses kuivaine seeduvust. Kiu seeduvuse vähenemist kompenseeris autorite arvates tärklise sisalduse suurenemine maisisilos. Oluline on teinegi autorite põhijäreldus, et võrreldes omavahel *in vitro* ja *in vivo* katsete tulemusi selgus, et *in vitro* meetod hindab maisisilo seeduvust kõrgemalt kui *in vivo* meetod. See, et meie katsetes NDF ja ADF potentsiaalset seeduvust efektiivsete temperatuuride summa statistiliselt oluliselt ei mõjutanud, saame selgitada katses olnud erinevate maisisortide ja suhteliselt madalate silo kuivainesisaldustega esimesel katseaastal.

Ka Doreau ja Phillippeaus (1999) katsed demonstreerivad, et maisisilo tärklisesisalduse ja orgaanilise aine seeduvuse vahel on väga nõrk korrelatsioon. Sellega on seletatav miks meie uurimustes puudus statistiliselt oluline seos kuivaine- ja energiasisalduse vahel. Sordi mõju on siinjuures seletatav vaid osaliselt, kuigi katses olnud sortidel valmis vegetatsiooniperioodil erinev arv tõlvikuid. Tõlvikute arvule ja küpsusastmele avaldab mõju agrotehnika ja väetamisrežiim (Lithourgidis jt, 2007). Ka see, et maisisilo proovid koguti esimesel katseaastal väga erinevatest majanditest, kus oli kasutusel ka erinev agrotehnika, on seletatav katsetulemuste hajuvus .

See, et sordil on suur mõju maisisilo keemilisele koostisele ja toiteväärtusele tõestavad ka Barriere ja Argillier (1998) uuringud, kus tehakse kokkuvõtte Prantsusmaal, aastatel 1958 kuni 1994 registreeritud maissortide keemilise koostise ja toiteväärtuse *in vivo* uuringute kohta. Uuritud maisisortidest valmistatud silo orgaanilise aine seeduvus kõikus piirides 65,1...73,5%, toorkiu seeduvus 45,4...60,0% ja energiasisaldus 0,79...0,95 UFL (Prantsusmaal kasutatav energia arvestuse ühik).

Maisisilo lüpsilehmade söödaratsioonid

Antud uurimuses katseid maisisilo söötmise efektiivsuse kohta lüpsilehmadele ei korraldatud, mis polnud ka antud projekti eesmärgiks. Seepärast piirdub alljärgnev kirjanduse ülevaatel ja maisisilo söötmise praktilistele kogemustele meie farmides.

Teaduskirjanduses on üheks diskuteeritavamaks küsimuseks maisisilo optimaalne sisaldus lehmade söödaratsioonides ja selle mõju produktiivsusele ning piima koostisele. Keady (2005) leidis metaanalüüsi põhjal, et maisisilo söötisel on kõige suurem mõju piimatoodangule siis kui söödava maisisilo kuivainesisaldus on 330 g/kg kuivaines. Oluliselt väiksem pole maisisilo mõju piimatoodangule ka siis kui selle kuivainesisaldus on 250 või 400 g/kg kuivaines.

Rohusilo osalisel asendamisel maisisilo vastu sõltub maisisilo mõju piimatoodangule eelkõige rohusilo kvaliteedist ja energiasisaldusest. Keady (2014) poolt läbiviidud uurimistulemused kinnitavad, et maisisilo positiivne mõju piimatoodangule on suurem rohusilo madalama energiasisalduse korral ja väiksem rohusilo kõrge energiasisalduse korral. Maisi- ja rohusilo vahekorra 40:60 puhul, lüpsid lehmad 1,08 kg piima enam siis kui rohusilo energiasisaldus oli 9,8 MJ/kg kuivaines ja 0,54 kg piima enam siis kui rohusilo energiasisaldus oli 11,8 MJ/kg kuivaines võrreldes ratsiooniga kus koresöödaks oli ainult rohusilo.

Üheks maisisilo söötmise eeliseks piimalehmadele peetakse selle suurt tärglisesisaldust, mis võimaldab kokku hoida inimtoiduks kasutatavat toiduteravilja. Kuna ratsioonide tasakaalustamisel arvestatakse üha enam ratsiooni tärglise ja kergesti hüdrolyüsuvate suhkrute sisaldusega, et vältida vatsaatsidoosi ja sellega seotud ainevahetushaigusi, peame seda eriti arvestama maisisilo sisaldavate ratsioonide puhul. Tabelis 9 on toodud mõningate meil enam kasutatavate tärglise-rikaste söötade tärglise- ja suhkrusisaldused.

Tabel 9. Tärklise- ja suhkrusisaldusi mõnedes enamkasutatavates söötades (NorFor, Taani tabelandmed, 2014).

Sööt	Tärklis	Suhkur	Tärklis+suhkur
Oder	609	20	629
Nisu	680	32	712
Rukis	620	70	690
Mais	712	1	713
Maisisilo, 32% KA	305	15	320
Maisisilo, 34% KA	346	15	360
Maisisilo, 31% KA	259	16	275
Rapsikook, 13% rasva	25	101	126

Kui arvestada, et optimaalses vegetatsioonistaadiumis koristatud maisisilo sisaldab kuivaines 320...360 g tärklist ja suhkrut kilogrammi kohta, saab lihtsa aritmeetika põhjal iga söödaratsiooni lülitatud maisisilo kuivaine kilogrammiga asendada umbes 0,5 kg nisu, rukist või otra. Kui lüpsilehmade ratsioonis on rohusööda osatähtsus 50%, millest maisisilo moodustab omakorda 50%, saame kokku hoida 2...3 kg teravilja lehma kohta päevas. Sarnasele tulemusena jõudis ka Keady (2003) oma katsetes, kes söötis lehmadele erineva kuivainesisaldusega maisisilo arvestusega 40% koresööda kuivainest ratsioonis. Kui maisisilo kuivainesisaldus oli 189 g/kg, säästeti teravilja 2,8 kg, maisisilo kuivainesisalduse 249 g/kg korral 3,1 kg, kuivainesisalduse 362 g/kg korral 2,6 kg ja kuivainesisalduse 429 korral 2,6 kg teravilja lehma kohta päevas.

Keady (2008) eestvedamisel korraldati katset, kus lüpsilehmade täisratsioonilise segasööda koostisesse lülitati maisisilo kas 202, 280, 298 või 384 g/kg kuivaine kohta. Autorid kalkuleerisid potentsiaalseks jõusööda säästuks (arvestades muutusi piima rasva- ja valgusisalduses) vastavalt 2,1; 3,4; 2,1 ja 2,0 kg lehma kohta päevas. Läbiviidud katsetulemustest selgus, et kõige enam saame teravilja kokku hoida siis kui lüpsilehmade söödaratsiooni lülitame 6 kg maisisilo kuivainet päevas.

Optimaalsel ajal koristatud maisisilos on raku kestaaineid vähem kui rohusilos. Peale selle hekseldatakse tervikkoristatud mais peenemaks (heksli pikkus soovitatavalt kuni 15 mm) kui rohusilo, mistõttu on maisisilos ka efektiivset kiudu vähem ja valitseb suurem vatsaatsidoosi ja nihkunud libediku oht kui rohusilo söötmise korral. Simões jt (2013) uurisid kommertskarjades maisisilo heksli pikkuse ja nihkunud libediku esinemissageduse vahelisi seoseid. Vaatluse all oli 13 karja, kus oli kokku 1150 lüpsvat lehma. Nihkunud libediku esinemissageduseks registreeriti 9,1%. Autorid leidsid tugeva negatiivse korrelatsiooni ($r = -0,90$) nihkunud libediku esinemissageduse ja efektiivse kiu sisalduse vahel ratsioonis. Kompenseerimaks maisisilo vähest efektiivset kiu sisaldust, lisatakse ratsioonidele enamasti põhku.

Maisi koristusaegsel heksli pikkusel on selgelt kahepoolne mõju. Mida peenem on heksel ja mida enam on koristamise käigus maisitera purustatud, seda enam lõhustub fermentatsioonikäigus tärklise-proteiini maatriks ja seda paremini see seedub. Teisalt mõjutab heksli pikkus süsivesikute seedet vatsas. Heksli pikkusel on oluline mõju ka sellele kas lehmad sorteerivad söödalaval segasöödast jõusööta välja või mitte. Zebeli jt (2009) soovivad seda silmas pidades mais pigem peenemaks hekseldada. Efektiivse kiu puudust saab kompenseerida põhu lisamisega ratsiooni, kuid sööda seeduvuse vähenemine põhjustab otsest majanduslikku kahju.

De Boever jt (1993) selgitasid maisisilo füüsikalise struktuuri mõju lehmade mäletsemise aktiivsusele ja söömusele. Nad söötsid lehmadele 4 päeva jooksul erinevas vegetatsioonistaadiumis koristatud maisisilo *ad libitum*, mille heksli pikkus oli 4 kuni 16 mm ja lisaks sellele sojasrotti 2 kg päevas. Autorid leidsid, et maisi koristusaegse vegetatsioonistaadiumi arenedes lehmade mäletsemise aktiivsus väheneb ja maisisilo heksli pikenedes suureneb. Kuivaine söömus oli samuti suurem pikema maisisilo heksli korral. Tulemuste interpreteerimisel rõhutavad autorid maisisilo raku kestaainete sisalduse muutuse ja efektiivse kiu sisalduse mõju söömusele ja mäletsemise aktiivsusele.

Raku kestaainete sisaldus nii maisi- kui rohusilos olid olulisteks kriteeriumideks ka Mulligan jt (2002) katses, mis korraldati laktatsiooni lõpetavate lehmadega ja kelledele söödeti kas maisi- või rohusilol põhinevat ratsiooni. Lisaks silole said kõik lehmad 4 kg jõusööta päevas, maisisilo saanud lehmad ka pisut põhku (45 g/kg kuivaine kohta). Maisisilo saanud lehmade söömus oli oluliselt suurem kui rohusilo saanud lehmadel (vastavalt 17,69 ja 13,35 kg kuivainet päevas). See ei avaldanud statistiliselt usutavat mõju piimatoodangule, küll aga rasva- ja valgutoodangule, mis olid maisisilo saanud lehmadel oluliselt suuremad kui rohusilo saanud lehmadel. See, et maisisilo söötmisel suureneb piima valgusisaldus ja -toodang on kinnitust leidnud ka teistes katsetes (Fernandez jt, 2004), kuid piima rasvasisalduse suurenemist enamasti analoogsetes katsetes ei ole täheldatud (Keady 2014).

Piima rasvasisalduse langust saab ära hoida maisisilo söötmisel just piisava koguse efektiivse kiu lisamisega ratsiooni. Mulligan jt (2002) katses, kus lisati lüpsilehmade söödaratsiooni 45 g kg⁻¹ kuivaine kohta põhku, põhjendatakse põhu lisamise vajadust sellega, et põhu lisamisel ratsiooni aeglustub sööda liikumise kiirust seedekanalisis, suurendas vatsa täituvust ja pikeneb mäletsemise aeg. Mäletsemise aja pikenedes suureneb sülje produktsioon, väheneb vatsa happesus ja piimarasva sünteesi depressiooni oht.

Kui lüpsilehmade söödaratsioonis on maisisilol piima rasvasisaldusele pigem negatiivne mõju, mida on võimalik kõrvaldada täiendava efektiivse kiu lisamisega ratsiooni, siis arvestada tuleks

sellega, et maisisilo lülitamise korral lüpsilehmade söödaratsioonis muutub piima rasvhappeline koostis pigem ebasoovitavas suunas.

Khan jt (2012) uurisid maisisilo koristusaegse vegetatsioonistaadiumi mõju, lisaks kuivaine söömusele, ka mõju piimatoodangule, lehmade kehakonditsioonile ja piimarasva rasvhappelise koostise muutustele. Katsesilod sisaldasid kas 300, 340, 380 või 420 g kuivainet kilogrammis. Lisaks söödeti lehmadele kas vatsas kergesti või raskesti lõhustuvaid süsivesikuid sisaldavat jõusööta. Antud katses ei mõjutanud tähtsusesisaldus kuivaine söömust, piimatoodangut ja kehakonditsiooni, kuid mõjutas piima rasvhappelise koostist. Kuivainesisalduse suurenedes maisisilos vähenes piimarasvas C18:3n-3 ja n-3 rasvhapete summaarne sisaldus ja suurenes *trans* isomeeride, C18:2 *cis*-9, *trans*-11, C18:2 *trans* 10, *cis* 12 ja *trans* rasvhapete summaarne sisaldus piimarasvas.

Maisi sort mõjutab maisisilo keemilist koostist ja üksikute toitainete seeduvust, kuid ei mõjuta lehmade piimatoodangut, piima koostist ja lehmade tervist (Calsamiglia jt, 2007; Faust jt, 2007).

Maisisilo söötmise majanduslikule tasuvusele avaldab negatiivset mõju maisisilo madal proteiinisaldus, mida tuleb lehmade söödaratsioonides kompenseerida kallite proteiinsöötadega. Eriti palju tuleb lisada proteiinsöötasid ratsioonidesse siis kui rohusilo proteiinisaldus on madal. Rohusilo suur proteiinisaldus ja positiivne vatsa proteiinibilanss kompenseerivad maisisilo madala proteiinisalduse ja negatiivse vatsa proteiinibilansi.

Tabelis 10 on kalkuleeritud orienteeruv ratsiooni maksumus lüpsilehmadel kui ratsiooni koresööda kuivainest moodustab maisisilo kuivaine kas 40 või 50%, kusjuures rohusööda ja jõusööda kuivaine vahekorraks on kalkulatsioonides võetud 60:40.

Tabel 10. Ratsioonide võrdlev hind rohusilo erineva proteiinisalduse ja maisisilo erineva osatähtsuse korral ratsioonis

Maisisilo:rohusilo	40:60		50:50	
Rohusilo prot. sisaldus, g/kg KA	110	170	110	170
Rohusilo, kg KA	8,2	8,2	6,6	6,6
Maisisilo, kg KA	5,0	5,0	6,6	6,6
Odrajahu, kg	8,0	7,4	5,1	6,8
Rapsikook, kg	3,0	1,4	4,7	2,0
Kokku kuivaine, kg	22,0	22,0	22,0	22,0
Ratsiooni hind, EUR	3,49	3,22	3,46	3,29

Kalkulatsioonides kasutati odrajahu ja rapsikoogi turuhindasid, mis on momendil vastavalt 0,160 ja 0,260 EUR/kg. Nii rohu- kui maisisilo kuivaine omahinnaks võeti 0,10 EUR/kg, mis on küsitluste põhjal kesmine omahind. Ratsioonid balansseeriti toorproteiini sisalduse alusel. Kuivaine proteiinisalduseks võeti 167 g ja energiasalduseks 11,2 MJ kg⁻¹ kuivaines.

Kuna rapsikook on kallim sööt kui odrajahu, kujunevad rohusööda madala proteiinisalduse korral ratsioonid kallimaks kui proteiinirikka rohusilo korral. Maisisilo osatähtsuse suurendamine ratsioonis selle hinda oluliselt ei mõjuta. Rohusilo kvaliteedi mõju tasuvusele võib praktikas olla veelgi suurem, sest rohusilo madala proteiinisalduse korral on reeglina madalam ka selle energiasaldus.

Kokkuvõte ja järeldused

Katseaastaid võib pidada teatud mõttes maisi kasvuks ekstreemseteks aastateks. 2012 oli maisi karvuks väga ebasoodne aasta, 2013 aga suurepärane. Kui 2012. aastal mais ei saavutanud isegi oktoobri lõpuks soovitud kuivainesaldust, siis 2013. aastal saavutasid selle septembri keskpaigaks ka mai teisel poolel (23.05) külvatud maisisordid. Sellelaadne uuring on Eestis esmakordne. Arvestades selle kestvust saab projekti pidada pilootprojektiks, mis võiks olla edasiste uuringute aluseks. Läbiviidud katsete tulemuste ja teaduskirjanduses leiduva informatsiooni põhjal saame teha järgmisi üldistusi:

- Maisisilo hüdroliüüsi kiirus vatsas sõltub selle kuivainesaldusest, mis omakorda sõltub kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summast.
- Eestis kasutusel olev vegetatsiooniaegsete efektiivsete temperatuuride summa arvutamise meetodika pole piisavalt hea maisisilo bioloogilise küpsuse prognoosimiseks, kuigi mõõdukalt usutavaid seoseid leiti ka olevasolevat meetodikat kasutades.
- Selleks, et vähendada maisi kasvatamisega seotud riske tuleks mais külvata kevadel võimalikult vara, kuigi soodsate ilmastikutingimuste korral saavutatakse soovitatav maisisilo kuivainesaldus meil kasvatatavate maisisortide (FAO 180 ja FAO 200) puhul juba septembri lõpus ka siis kui külv tehakse mai kuu teisel poole.
- Kui koristada mais optimaalses vegetatsioonistaadiumis saame asendada lehmade söödaratsioonis maisisiloga, olenevalt selle tärglisesisaldusest, 3...4 kg inimtoiduks kasutatavat teravilja.
- Meie tingimustes oleks soovitatavaks maisisilo osatähtsuseks lüpsilehmade söödaratsioonis 40...50% rohusööda kuivainest. Nii saame parimal viisil balansseerida vatsa proteiinibilanssi ja ratsiooni efektiivse kiu sisaldust. Väga kvaliteetse (varajases arengu-

faasis koristatud) silo kasutamise korral osutub siiski vajalikuks teraviljapõhu lisamine söödaratsioonidesse.

- Kuigi maisisilo saavutab vajaliku stabiilsuse kolme nädala pärast peale hoidla sulgemist, sõltub maisisilo söötmise optimaalne algus silo kuivainesisaldusest ja koristamisel kasutatavast tehnoloogiast. Ka hästi peenestatud silomaterjali korral ei soovitata alustada maisisilo söötmist enne kolme kuud alates hoidla sulgemisest.

Kasutatud kirjandus

- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18th ed. – Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, USA.
- Barriere, Y., Argillier, O. 1998. In vivo silage feeding value of early maize hybrids registered in France between 1958 and 1994. *Euphytica*. Vol. 99, issue 3, 175-182.
- Calsamiglia, S., Hernandez, B., Hartnell, G.F., Phipps, R. 2007. Effects of corn silage derived from a genetically modified variety containing two transgenes on feed intake, milk production, and composition, and the absence of detectable transgenic deoxyribonucleic acid in milk in holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* Vol.90, 4718-4723.
- De Boever, J.L., De Brabander, D.L., De Smet, A.M., Vanacker, J.M., Boucque, C.V. 1993. Evaluation of physical structure. 2. Maize silage. *J. Dairy Sci.* Vol. 76, Nr. 6, 1624–1634.
- Di Marco, O.N., Aello, M.S., Nomdedeu, M., Van Houtte, S. 2002. Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and in vitro). *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 99, 37–43.
- Faust, M., Smith, B., Rice, D., Owens, F., Hinds, M., Dana, G., Hunst, P. 2007. Performance of lactating dairy cows fed silage and grain from a maize hybrid with the *cry1F* trait vVersus its Nonbiotech Counterpart. *J. Dairy Sci.* Vol. 90, 5706–5713.
- Fernandez, I., Martin, C., Champion, M., Michalet-Doreau, B. 2004. Effect of corn hybrid and chop length of whole-plant corn silage on digestion and intake by dairy cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 87, p. 1298–1309.
- Halling, M.A. 2014. Methods for characterizing earliness of maize variety in Sweden. In: *Maize in a cooler climate – from seed to feed*. NJF Report, Vol. 10, Nr. 6, 49...50.
- Harmon, D.L., Yamka, R.M., Elam, N.A. 2004. Factors affecting intestinal starch digestion in ruminants: A review. *Canadian Journal of Animal Science*, 2004, Vol. 84, Nr.3, 309-318.
- Holding, D.R., Larkins, B.A. 2006. The development and importance of zein protein bodies in maize endosperm. *Maydica*, Vo. 51, 243-254.
- Hoffman, P.C. and R.D. Shaver. 2009. A Guide to understanding prolamins. Department of Dairy Science University of Wisconsin-Madison [http://www.rockriverlab.com/lib/content/default/feed_guidelines_faq/5e391840c7c691aa52f85d1ae83b126d/FGES_ProlaminGuide.pdf]
- Huntington, Gerald B. 1997. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* Vol. 75, 852-867.
- Kedy, T.W.J. 2003. Maize silage in the diet of beef and dairy cattle – the influence of maturity at harvest and grass silage feed value, and feeding value relative to whole crop wheat. 76th Annual Report, Agricultural Research Institute of Northern Ireland, 43-54.
- Keady, T.W.J. 2005. Ensiled maize and whole crop wheat forages for beef and dairy cattle: effect on animal performance. In: R.S.Park and M.D.Stronge, editors, *Silage production and utilisation*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 65-82.

- Keady, T.W.J., Kilpatrick, D.J., Mayne, C.S., Gordon, F.J. 2008. Effects of replacing grass silage with maize silages, differing in maturity, on performance and potential concentrate sparing effect of dairy cows offered two feed value grass silages. *Livestock Science*, Vo. 119, Nr. 1-3, 1-11.
- Keady, T.W.J. 2014. Maize silage for dairy cow, beef cattle, pregnant ewes and finishing lambs – effect on animal performance. In: *Maize in a cooler climate – from seed to feed*. NJF Report, Vol. 10, Nr. 6, 73 – 89.
- Khan, N.A., Tewoldebrhan, T.A., Zom, R.L.G., Cone, J.V., Hendriks, W.H. 2012. Effect of corn silage harvest maturity and concentrate type on milk fatty acid composition of dairy cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 95, 1472–1483.
- Lehel, L., Hajda, Z., Orosz, S., Febel, H. 2013. Comparative description of apparent nutrient digestibility of maize silage derived from 16 different maize hybrids (*in vivo* methods). In: 15th international conference proceedings „Forage conservation“, Slovak Republic, 143-144.
- Lithourgidis, A.S., Matsi, T., Barbayiannis, N., Dordas, C.A. 2007. Effect of liquid cattle manure on corn yield, composition, and soil properties. *Agronomy Journal*. Vol. 99, No. 4, 1041-1047.
- Lopes, J. C., R. D. Shaver, P. C. Hoffman, M. S. Akins, S. J. Bertics, H. Gencoglu, and J. G. Coors. 2009. Type of corn endosperm influences nutrient digestibility in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 92, 4541–4548.
- Michalet-Doreau, M. B., Philippeau, C. 1999. Maize silage genotype and ruminant digestion. *Zootehnika*. Vol. 74, 37-46.
- Mikkelsen, M., Halling, M.A. 2014. Cultivation of maize in cooler climates. In: *Maize in a cooler climate – from seed to feed*. NJF Report, Vol. 10, Nr. 6, 35...44.
- Mulligan, F.J., Quirke, J., Rath, M., Caffrey, P.J., O’Mara, F.P. 2002. Intake, digestibility, milk production and kinetics of digestion and passage for diets based on maize or grass silage fed to late lactation dairy cows. *Livestock Production Science*. Vol. 74 , 113–124.
- Newbold, J.R.; Lewis, E.A.; Lavrijssen, L.; Brand, H.J.; Vedder, H., and Bakker, J. 2006. Effect of storage time on ruminal starch degradability in corn silage, *J. Dairy Sci.* 89, 190.
- Oba, M. and M.S. Allen. 1999. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 82, 135-142.
- Philippeau, C.; Michalet-Doreau, B. 1997. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation, *Anim. Feed Sci. Technol.* 68, 25-35.
- Pilipavicius, V., Mikulioniene, S. 2010. Effects of maize aetage and concentration of dry matter on maize silage fodder value. *J. of Food, Agriculture and Environment*. Vol. 8, 691-694.
- Reynolds, C.K., Cammell, S.B., Humphries, D.J. Beever, D.E., Sutton, J.D., Newbold, J.R. 2001. Effects of postrumen starch infusion on milk production and energy metabolism in dairy cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 84, 2250-2259.

- Simões, J., Teixeira, V., Silva, S.R., Gomes, A., Ventura, A. (2013). Relationship between dietary particle size and the incidence of displaced abomasum on Holstein-Friesian dairy farms that feed diets high in maize silage. *Livestock Science*. Vol. 157, 478–481.
- Sniffen, C.J. and Ward, R. 2011. Using starch digestibility information in ration balancing. *WCDS Advances in Dairy Technology*. Vol. 23, 121-133.
- Swensson, C. 2014. Use of maize in the Nordic and Baltic countries. In: *Maize in a cooler climate – from seed to feed*. NJF Report, Vol. 10, Nr. 6, 9 – 15.
- Volden, H ed, 2011. *Nordic feed evaluation system*. EAAP publication No. 130, 180 pp
- Zebeli, Q., Ametaj, B.N., Junck, B., Drochner, W. 2009. Maize silage particle length modulates feeding patterns and milk composition in loose-housed lactating Holstein cows. *Livestock Science*. Vol. 124, p. 33–40.