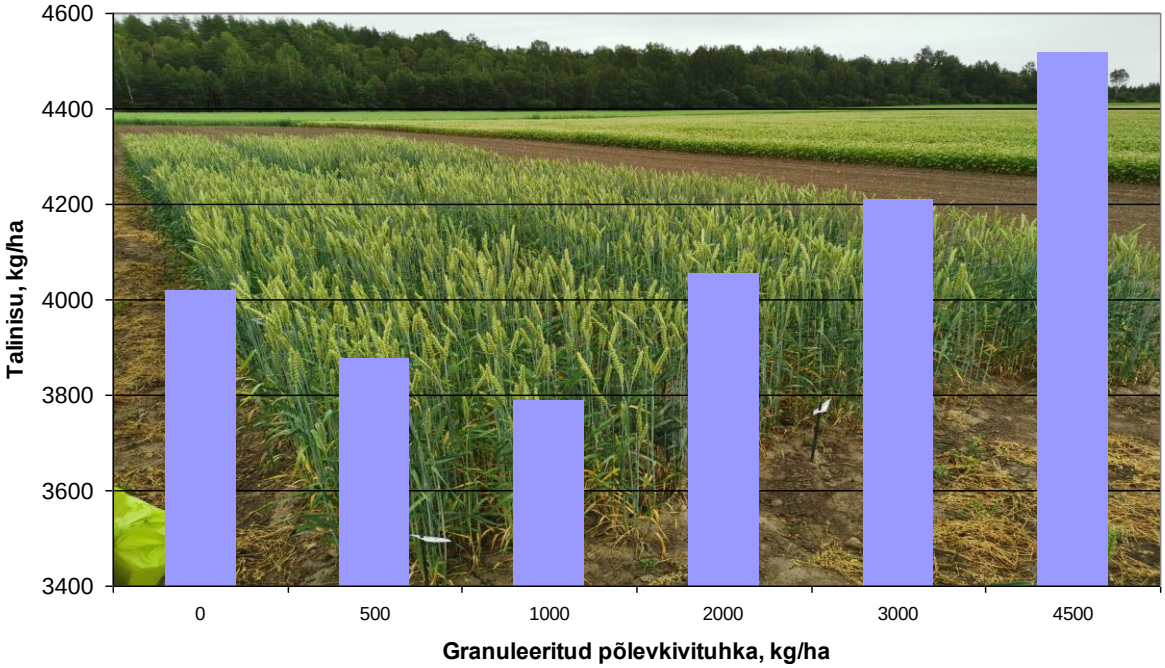
KESKKONNAINVESTEERINGUTE KESKUS

KBFI NICPB

Granuleeritud põlevkivituha kasutamine mahepõllumajanduses

Tulemuste aruanne



2019

Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut

Sisukord

1. Eessõna 3
2. Sisejuhatus 3
2.1 Varasemad tegevused 3
2.2 Projekti seotus ringmajanduse põhimõtetega 4
2.2 Olemasolev olukord 5
3. Graanulite tootmine 5
4. Algtuha ja graanulite analüüs 5
5. Välikatsed 6
5.1 Mulla analüüside tulemused 9
6. Välikatsete tulemused 11
7. Statistiline analüüs 13
8. Kokkuvõte 14

1. Eessõna

Sihtasutuse Keskkonnainvesteeringute Keskus (KIK) ja Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudi (KBFI) vahel sõlmiti 28.08.2018 leping "Granuleeritud põlevkivituha kasutamine mahepõllumajanduses" täitmiseks. Projekt on lülitatud KIKi 2018 aasta Ringmajanduse programmi projektina nr 13187.

Käesoleva projekti eesmärk on töötada välja mahepõllumajanduses kasutatav mullaparandaja põlevkivituhast ja hinnata selle mõju saagikusele. Selleks granuleeritakse keevkihtkatelde elektrifiltrite põlevkivituhk ja viiakse läbi välikatsed põllul.

Uuringu vastutav täitja on PhD Janek Reinik ja täitja PhD Natalja Irha KBFI Keemilise füüsika laborist.

Välikatsed viib läbi Eesti Taimekasvatuse Instituut.

Algmaterjali, graanulite ja mullaproovide analüüsi viib läbi Põllumajandusuuringute Keskus.

2. Sisejuhatus

Põlevkivituhk on hea toiteaineallikas ja happeliste põldude neutraliseerija. Selle põllule laotamine tuha kujul on tülikas ja tolmutamise tõttu ka ebaefektiivne.

Kui põlevkivituhk granuleerida, väheneb selle tolmnemine ja seda on võimalik põllule laotada väetiselaoturiga.

Eesti Energia on tegeleb põlevkivituhale mahesertifikaadi taotlemisega ja lähiajal on võimalik, et see taotlus ka rahuldatakse. Viimane annab võimaluse põlevkivituhka kasutada ka mahepõllumajanduses mullaparandajana.

2.1 Varasemad tegevused

Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut on aastaid tegelenud nii põlevkivituhale kui teistele tööstusjäätmetele keskkonnaohutu kasutuse leidmisega.

Aastal 2018 töötati välja Kalanduse Teabekeskuse abiga vetikaekstrakti filterkoogist ja rannalt korjatud vetikate tormiheitest granuleeritud väetise valmistamise protsess ning retseptuur.

Aastal 2016 hinnati KIKi projektiga nr. 9529 "Granuleeritud põlevkivi keevkihtkatla tuha kasutamine mullaparendajana - leostusuuring" granuleeritud põlevkivituha kasutamise keskkonnaohutust põlumajanduses, täpsemalt metsanduses. Töö tulemustena leiti, et granuleeritud põlevkivituhast ei leostu kahjulikke ühendeid keskkonda. Lisaks leiti, et väljatöötatud meliorant doosiga 2 kg/m^2 kiirendab arukase kasvu kuni 3 korda.

Aastal 2015 töötati välja põlevkivituha keemilise granuleerimise meetod KIK projektiga nr 8932 Narva elektrijaamade keevkihtkatelde tuha granuleerimine, sorbendi süntees ja kasutamine heitvee puhastamisel. Tulemused olid positiivsed - väljatöötatud graanulitega on võimalik fenoolset heitvett puhastada samaaegselt nii fenoolidest kui BTEX-ühenditest.

Aastal 2014 uuriti põlevkivi keevkihtkatelde tuha kasutamist tsemendi koostisosana: KIKi projekt nr. 7315 Narva Elektrijaama uute keevkihtkatelde lendtuha kasutamine tsemendi koostisosana - keskkonnaohutuse ja CEM II standardi nõuetele vastavus.

Hetkel osaleb KBFI Põllukultuuride Klastris erinevate maheväetiste väljatöötamise protsessis.

2.2 Projekti seotus ringmajanduse põhimõtetega

Projekt on seotud KKM 2006. a. määruse nr 13 paragrahv 7:
lg 1 ressursside tõhusam kasutamine, saaste vähendamist, keskkonnahoidlikke uuendusi;
- põlevkivituha kui saaste hulga vähendamine ja kasutamine mahepõllumajanduses;
- uue mahepõllumajanduses kasutatava väetise väljatöötamine.
lg 3 järgnevate punktidega:
1) tootmises heite- või jäätmeteket vähendavate või ringlusse võttu suurendavate terviklike tehniliste meetmete väljatöötamist või juurutamist;
2) toorainet või abimaterjale säästvate tehniliste meetmete väljatöötamine või juurutamine - granuleeritud väetise tootmine põlevkivitööstuse jäätmetest tooraine (lubjakivi) asemel;
3) tootmises jäätmeteket vähendavate tehniliste meetmete väljatöötamine või juurutamine, - põlevkivituha kasutamine väetise valmistamisel.

Projekti tulemusena töötatakse välja retseptid ja tehnilised lahendused, millega on võimalik kasutada põlevkivituhka mahepõllumajanduses kasutatavat granuleeritud väetist.

Käesolevas töös uuritakse põlevkivituha granuleerimist ja saadud graanulite mõju taimekasvule ühe vegetatsiooniperioodi jooksul. Projektiga tehakse eeltöö põlevkivituha granuleerimistehase rajamiseks Eestisse.

Töö lõpptulemus mõjutab järgmiste seaduste ja EL direktiivide kohustuste täitmist:
- ELi prügiladirektiivi 1999/31/EÜ alusel kehtivad olemasolevate prügilate jaoks nõuded vedelatele ja sööbivate jäätmetele, mis on sätestatud direktiivi artiklites 14(d)i) ja 5(a),(b)põlevkivituhale alates 16. Juulist 2009, arvestades kokkulepitud vahetähtaegu nõuetekohase põlevkivituha ladustamise osas.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu 15.03.2006 direktiiviga 2006/21/EÜ sätestatakse meetmed, kord ja juhised, et vältida või vähendada kaevandustööstuse jäätmete käitlemise tulemusel tekkivat kahjulikku mõju keskkonnale, eriti veele, õhule, pinnasele, loomastikule ja taimestikule, ning sellest tulenevat ohtu inimese tervisele.
- Tööstusheite seadus sätestab nõuded, mis esitatakse peamistes tööstusvaldkondades tegutsemiseks, et vähendada ja vältida tööstusest pärinevat saastet. THSi eesmärk on saavutada keskkonna kui terviku kaitse kõrge tase, minimeerides saasteainete heidet õhku, vette ja pinnasesse ning jäätmeteket.
- Jäätmeseadus määratleb jäätmekäitluses olulised mõisted (jäätmed, jäätmetekke vältimine, taaskasutamine, kõrvaldamine), sätestab jäätmehoolduse üldpõhimõtted (kohustuse käidelda jäätmeid viisil, mis ei sea ohtu inimese tervist ega ohusta keskkonda.

2.2 Olemasolev olukord

Põlevkivituhk ladestatakse peamiselt tuhaväljadele - ca 6 milj. t a. Põllumajanduses kasutatakse tuhka vähe kuna tuha laotamine on ebaefektiivne.

Eestis põlevkivituhka ei granuleerita. Mahepõllumajanduses kasutatavate väetiste valik on väike ja need on suhteliselt kallid võrreldes tavaväetistega. Seega on nõudlus odava ja efektiivse maheväetise järele.

3. Graanulite tootmine

Käesoleva töö eesmärkide täitmiseks valmistati ca 20 kg põlevkivituha valmistati Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudi Keemilise Füüsika laboratooriumi taldrikgranulaatoril (Pilt 1). Sideainena kasutati melassi - ca 5-massi% kuivaines.

Pilt 1. Põlevkivituha graanulite valmistamine välikatseteks ja analüüsideks.

4. Algtuha ja graanulite analüüs

Töös kasutatud algtuha ja granuleeritud tuha keemilised analüüsid viidi läbi Eesti Põllumajandusuuringute keskuse laboris. Tulemused on esitatud Tabelis 1 ja 2.

Tabel 1. Töös kasutatud Narva elektrijaama põlevkivituha ja põlevkivituha graanulite keemilise analüüsi tulemused

Parameeter	Ühik	Väärtus	
		Põlevkivituhk	Granuleeritud põlevkivituhk
Niiskus	%	0.85	1.4
pH		13.2	13.2
Neutraliseerimisvõime Ca $CaCO_3$	 % %	 24.5 61.2	 23.9 59.8
Kaltsium - Ca	%	28.4	27.6
Väävel - S	%	3.9	3.6
Kloriidid - Cl^-	%	0.25	0.2
Mangaan - Mn	$mg/kg_{kuivaine}$	226	225
Raud - Fe	$mg/kg_{kuivaine}$	15 180	15 740
Tsink - Zn	$mg/kg_{kuivaine}$	40	45
Vask - Cu	$mg/kg_{kuivaine}$	2.7	1.95
Boor - B	$mg/kg_{kuivaine}$	100	100
Arseen - As	$mg/kg_{kuivaine}$	20.8	21.4
Elavhõbe - Hg	$mg/kg_{kuivaine}$	0.015	0.018
Kaadmium - Cd	$mg/kg_{kuivaine}$	0.375	0.405
Plii - Pb	$mg/kg_{kuivaine}$	43	43.3
Kroom - Cr	$mg/kg_{kuivaine}$	30	29.5
Nikkel - Ni	$mg/kg_{kuivaine}$	18.3	16.6

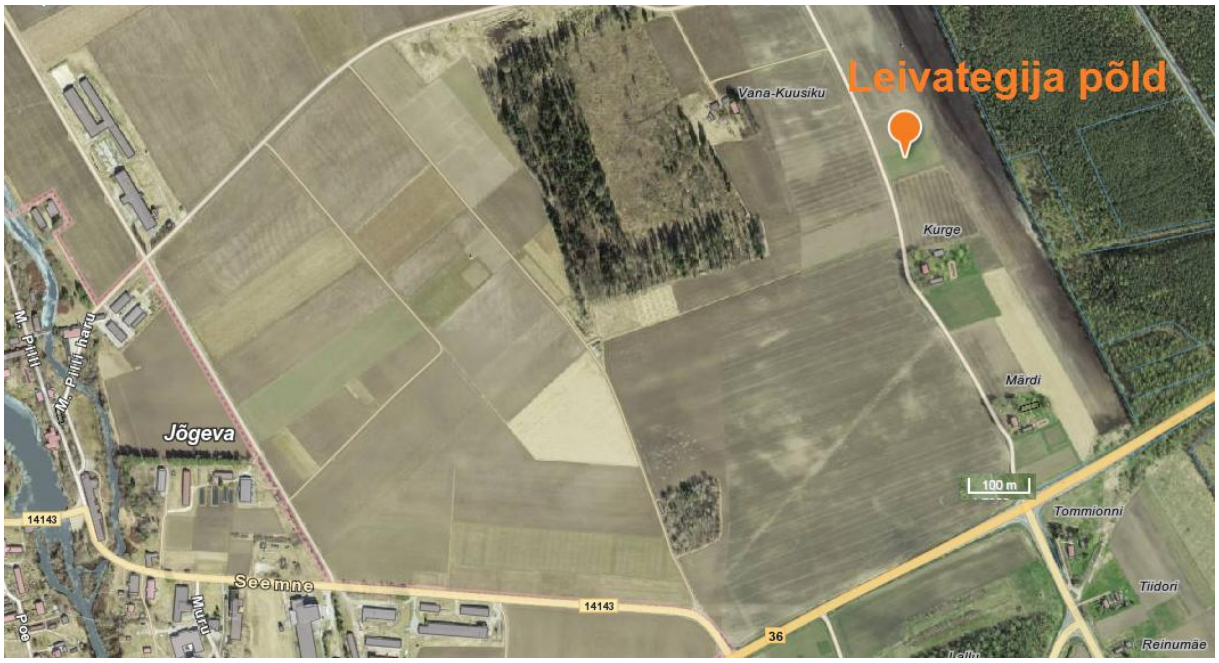
Tabel 2. Graanulite omadused

Side-aine	Kate	Tihedus, kg/m^3	Läbimõõt, mm	Tugevus, N	Vastupidavus	Vees lahustuvus
Melass	EI	0.97	3-5	Üle 30	HEA	KIIRE (ca 50% 24 h)

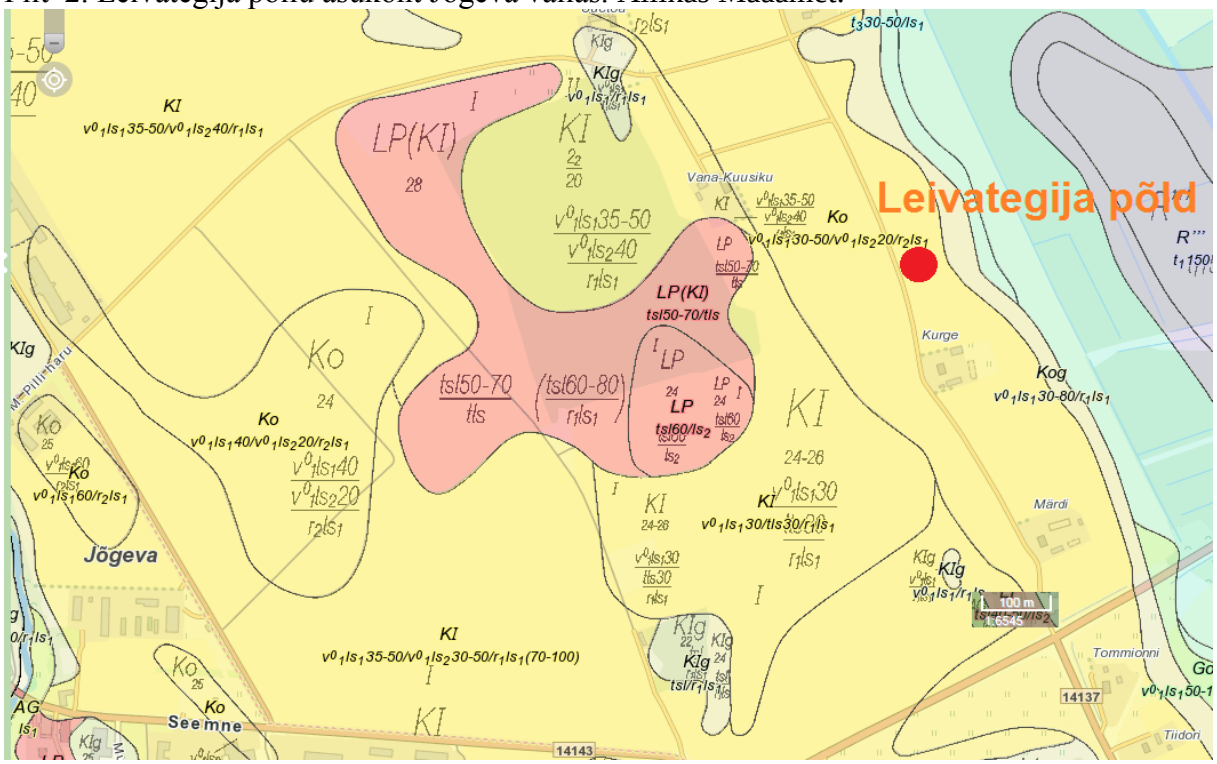
* üle 50 kukkumise 1 m kõrguselt

5. Välikatsed

Välikatsed toimusid Jõgeva Sordiaretuskeskuse Leivategija põllul 10.09.2018-01.08.2019 (Pilt 2, 3 ja 4). Leivategija põld asub tee nr 14137 ääres, Jõgeva-Mustvee maanteest ca 0.5 km põhjas.



Pilt 2. Leivategija põllu asukoht Jõgeva vallas. Allikas Maaamet.



Pilt 3. Leivategija põllu mullastiku kaart. Allikas Maaamet

Pilt 4. Katselapid talinisuga Leivategija põllul Jõgevamaal.

Granuleeritud põlevkivituha proov ca 15 kg anti Jõgeva Sordiaretuskeskusele üle 30.08.2018.

Talinisu "Kallas" külv Leivategija põllule toimus 10.09.2018. Katse toimus 5 m^2 põllulappidel kahe kordusega. Tuhk pandi lappidele 02.10.2018 talinisu 2. lehe kasvufaasis (BBCH 12). Katseplaan on toodud Tabelis 3.

Tabel 3. Põlevkivituha välikatse plaan

Lapi number	Variant	Tuha kogus 5 m^2 lapile	I	II	
1	Kontroll	0 g	1	4	äär
2	50 g/m2	250 g	2	6	äär
3	100	500 g	3	1	äär
4	200	1000 g	4	2	äär
5	300	1500 g	5	3	äär
6	450	2250 g	6	5	äär

2 kordust = 11 kg

Esimene umbrohutõrje herbitsiidiga Boxter toimus 15.10.2018 (3 L/ha). Taimekaitsevahendit Fung., Input lisati samuti lipulehe kasvufaasis (BBCH 39) 30.05.2019 1 L/ha.

Katselappide väetamine toimus 2019 aasta kevadel järgnevalt:
- 10.04.2019 AN 34.4 (N50 kg/ha)
- 08.05.2019 YaraBela Axan N7,S4 (N50 kg/ha)

5.1 Mulla analüüside tulemused

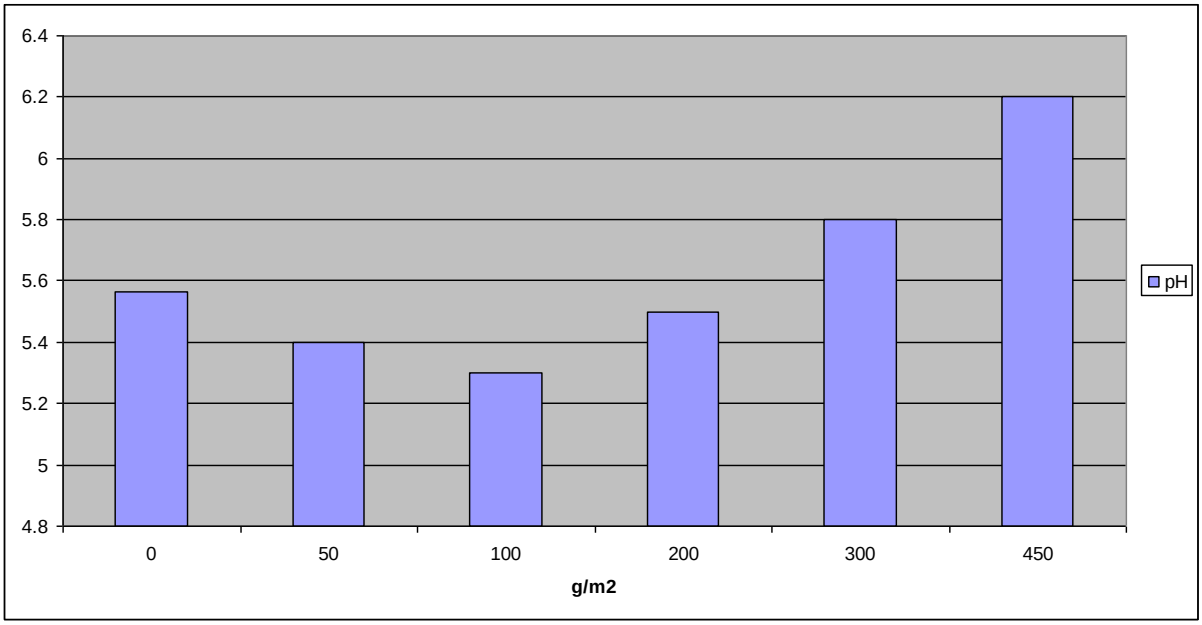
Esimesed mullaproovid võeti enne tuha lisamist 20.09.2018. Teised mullaproovid võeti 26.06.2019. Mullaproovide analüüsitulemused on toodud Tabelis 4 ja piltlikult Joonistel 1-4.

Tabel 4. Katselappide mullaproovide analüüsitulemused (I ja II enne tuha lisamist)

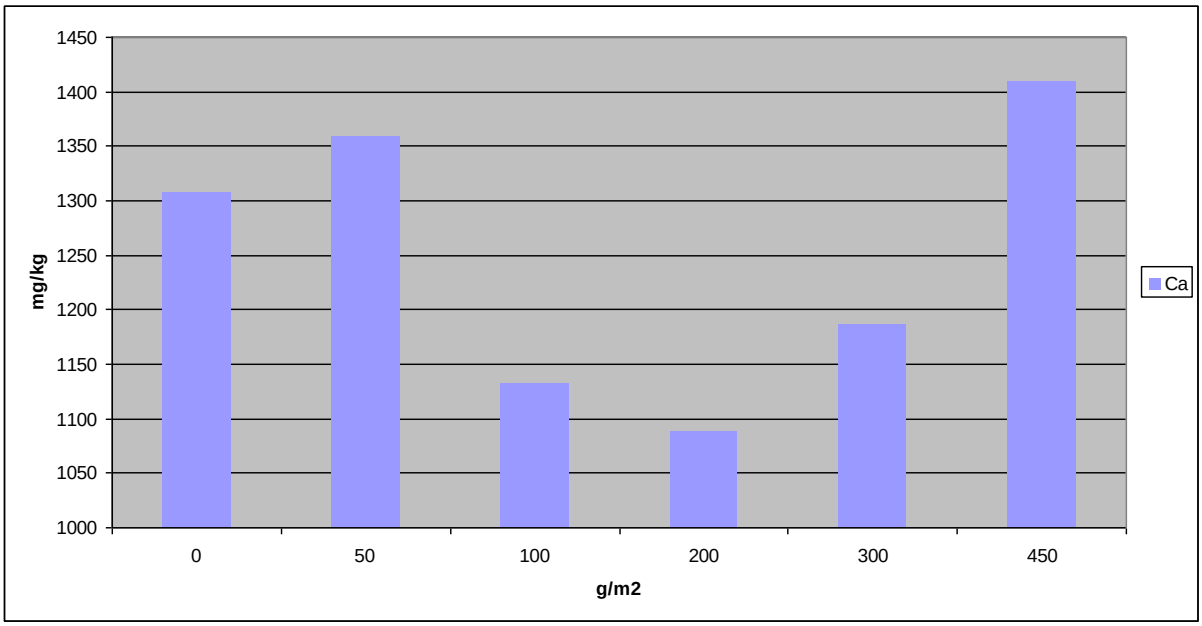
Lapp	I	II	1	2	3	4	5	6
Kuupäev	20.09.2018		26.06.2019					
Tuhka, g/m^2	0	0	0	50	100	200	300	450
Parameeter								
pH	5.6	5.6	5.5	5.4	5.3	5.5	5.8	6.2
P, mg/kg	176	171	188	180	174	164	167	170
K, mg/kg	159	150	201	198	152	138	143	142
Ca, mg/kg	1342	1293	1283	1359	1132	1087	1186	1409
Mg, mg/kg	106	105	100	90	82	78	96	127
Cu, mg/kg	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8
Mn, mg/kg	78	79	75	73	80	80	87	99
B, mg/kg	0.55	0.54	0.77	0.73	0.58	0.55	0.60	0.57
OrgC,%	2.7	2.3	na	na	na	na	na	na
Üld-N, %	0.21	0.21	na	na	na	na	na	na
SO4, mg/kg	9.8	na	na	na	na	na	na	na

na - pole analüüsitud

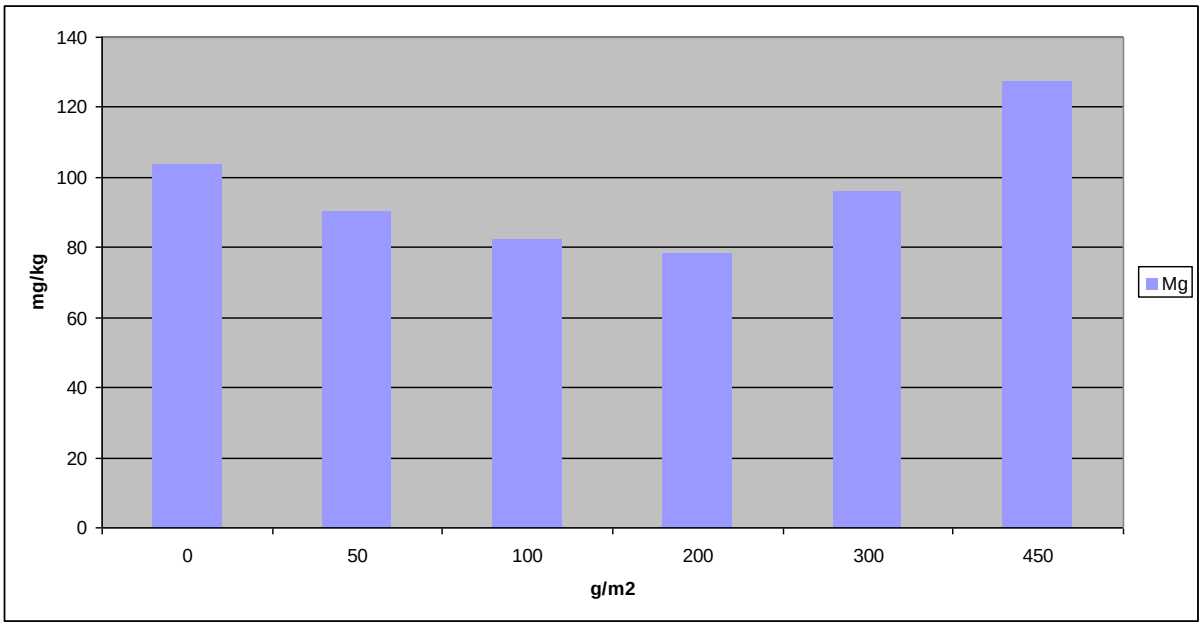
Tabelist 4 on näha, et tuha lisamine põllulapile avaldab mõju mulla pH-le ja suurendab Ca, Mg ja Mn sisaldust algse mullaprooviga võrreldes. Teistele analüüsitud parameetritele tuha lisamine mõju ei avalda.



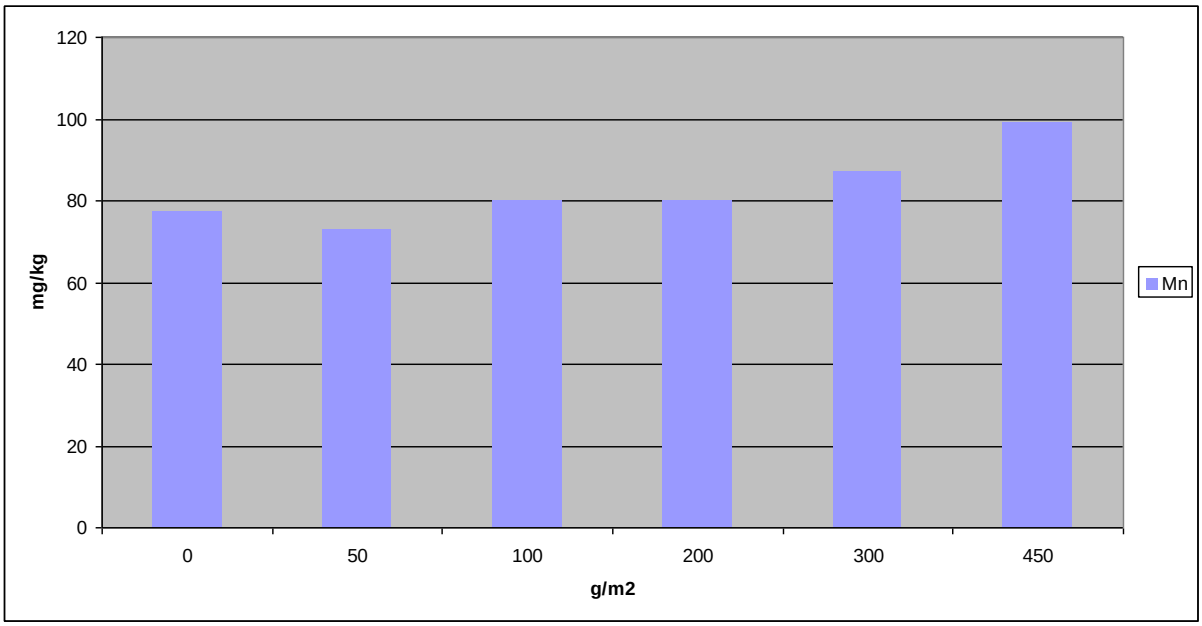
Joonis 1. Tuha lisamise mõju mulla pH-le



Joonis 2. Tuha lisamise mõju mulla kaltsiumisisaldusele



Joonis 3. Tuha lisamise mõju mulla magneesiumisisaldusele



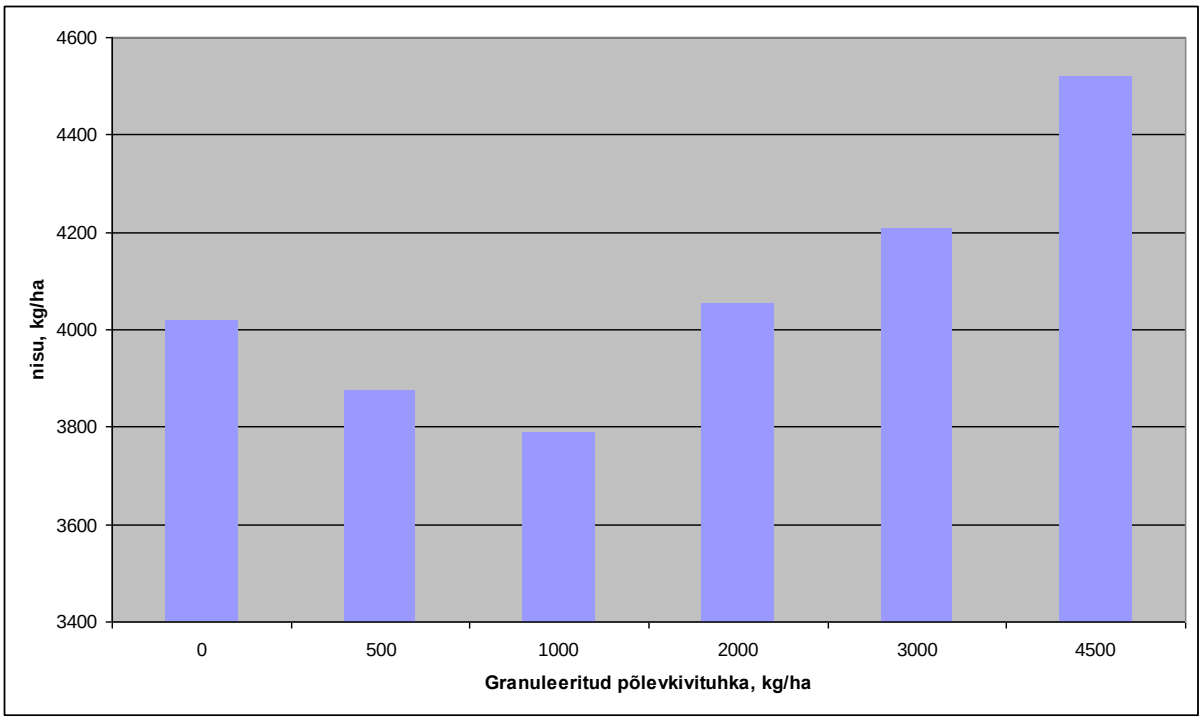
Joonis 4. Tuha lisamise mõju mulla mangaanisisaldusele

6. Välikatsete tulemused

Välikatsete tulemused tabeli kujul on toodud tabelis 5 ja graafiliselt Joonisel 5.

Tabel 5. Katse saagid ja kvaliteet

Tuhka, g/m^2	Saak kg/ha	Mahukaal g/l	1000 tera kaal g	Proteiin %	Kleepvalk %
0	4018	846.5	50.6	9.6	17.7
50	3875	852.1	51.1	9.9	18.4
100	3788	849.4	52.0	10.0	18.7
200	4054	848.8	52.8	10.1	19.3
300	4209	846.9	53.8	9.9	20.0
450	4519	829.2	53.0	9.8	18.3



Joonis 5. Granuleeritud põlevkivituha lisamise mõju talinisu saagikusele

7. Statistiline analüüs

Saagikuse statistiliseks analüüsiks võrreldi igas katselapis määratud näitajate paare omavahel, kasutades selleks Pearsoni korrelatsioonikordajat. Väga olulised seosed toodi välja 99%-se tõenäosusega ja olulised 95%-se tõenäosusega. Tabelis 6 on toodud määratud näitajate omavahelised seosed. Sinise värviga on välja toodud oluline sõltuvus (95%), punaselt väga oluline sõltuvus ehk 99% tõenäosusega ei ole näitajate korrelatsioon juhuslik.

Tabel 6. Välikatsetel mõõdetud parameetrite omavaheline sõltuvus (sinisega 95%, punasega 99%)

	Saak	*Tuhk*	*pH*	*P*	*K*	*Ca*	*Mg*	*Cu*	*Mn*	*B*
Saak	1.000									
Tuhk	**0.881**	1.000								
pH	**0.989**	**0.863**	1.000							
P	-0.475	-0.679	-0.371	1.000						
K	-0.520	-0.686	-0.452	**0.893**	1.000					
Ca	0.437	0.156	0.521	0.558	0.493	1.000				
Mg	**0.816**	0.567	**0.878**	0.097	-0.097	**0.804**	1.000			
Cu	-0.023	-0.307	0.100	0.727	0.450	0.573	0.488	1.000		
Mn	**0.908**	**0.940**	**0.920**	-0.514	-0.668	0.287	0.747	-0.035	1.000	
B	-0.402	-0.517	-0.333	0.773	**0.955**	0.506	-0.067	0.385	-0.565	1.000

Tulemustest on näha, et saagikusel on väga oluline positiivne sõltuvus mulla pH-st ja mangaani sisaldusest. Tuha lisamisel on samuti oluline positiivne efekt mulla pH-le ja teravilja saagikusele. Kuigi tuha lisamine peaks tõstma kaltsiumi sisaldust mullas, ei leitud käesolevas töös olulist sõltuvust mulla kaltsiumi sisalduse ja tuha sisalduse vahel. Samas on magneesiumi ja kaltsiumi vahel oluline sõltuvus. Mullaproovid võeti pinnase seest ca 10 cm sügavuselt keraamilise lusikaga.

8. Kokkuvõte

- Käesolevas töös näidati, et põlevkivituhast on võimalik granuleerida mullaparandajat, mis on tugev, puistetihedusega ca 1 kg/L, vastupidav, lahustub kiiresti vees ja tõstab mulla pH-d.

- Käeolevas töös tõusis mulla pH 5.6-st 6-2-ni kui lisati tuhagraanuleid 4.5 kg/m^2 (4500 kg/ha).

- Happelise mulla pH tõstmine on oluline tegur, mis tõstab teravilja saagikust.

- Talinisu saagikuse ja mulla pH vahel leiti väga oluline positiivne sõltuvus.

- Käesolevas töös tõusis talinisu saagikus 500 kg/ha põlevkivituha lisamisel (0 kg tuhka /ha=4018 kg talinisu/ha vs. 4500 kg tuhka/ha=4519 kg talinisu/ha).

- Tuha lisamine annab mullale ka mikroelemente juurde, nt mangaan ja magneesium. Mõlemal elemendil on positiivne mõju teravilja saagikusele.