



KOKSNES PELNU IZMANTOŠANAS EKSPERIMENTĀLAIS PAMATOJUMS

EXPERIMENTAL JUSTIFICATION USE OF WOOD ASH

Autors: **Dana Veselova**, e-pasts: dana.veselova@inbox.lv

Zinātniskā darba vadītājs: **Rasma Tretjakova, Dr.biol. docente**, e-pasts: rasma.tretjakova@rta.lv

Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Inženieru fakultāte, Atbrīvošanas aleja 115/K-4, Rēzekne

Abstract. *Biomass as a source of energy will reduce dependence on imported fossil fuels, but at the same time, we add value to countries where biomass fuel sources are just beginning to thrive, in addition to providing renewable energy sources. Biomass energy is recognized as an important component in many countries, as future energy scenario and could contribute significantly to the economic, social situation and environmental objectives. Therefore, the emphasis on biomass as an alternative to fossil fuels has increased in recent times. Research has been conducted for the determination of ash wood, wood ash adding soil, wood ash addition of concrete, but to results subdivisions include information on the quantity of wood ash, wood ash for the soil, concrete strength and determination of wood pellets ash compression.*

Keywords: *wood ash, ash impacts, concrete with ash admixture*

Ievads

Biomasa kā enerģijas avots samazinās atkarību no importētajiem fosilajiem kurināmā veidiem, bet tajā pašā laikā, mēs pievienojam vērtību valstīm, kur biomasas kurināmā avoti tikai sāk zelt, papildus nodrošinām atjaunojamās enerģijas avotus. Biomasas enerģija ir atzīta par svarīgu sastāvdaļu daudzās valstīs, kā nākamo enerģētikas scenāriju un varētu būtiski veicināt ekonomisko, sociālo stāvokli un vides mērķu sasniegšanu. Piemēram, biomasas patlaban ir aptuveni 8 – 15% no pasaules enerģijas piegādes – siltuma, elektrības, bet līdz 2050. gadam jāizpilda 33 – 50% no pasaules pašreizējā primārā enerģijas patēriņa. Turklāt, šķiet, aizstāšana fosilā kurināmā ar biomasu, ir efektīva stratēģija, lai apmierinātu ne tikai pasaules enerģijas pieprasījumu nākotnē, bet arī prasību, lai samazinātu siltumnīcefekta gāzu (SEG) un fosilā kurināmā sadegšanas oglekļa emisijas. Tāpēc uzsvars uz biomasas kā alternatīvu fosilās enerģijas ir pieaudzis pēdējā laikā. [7, 9]

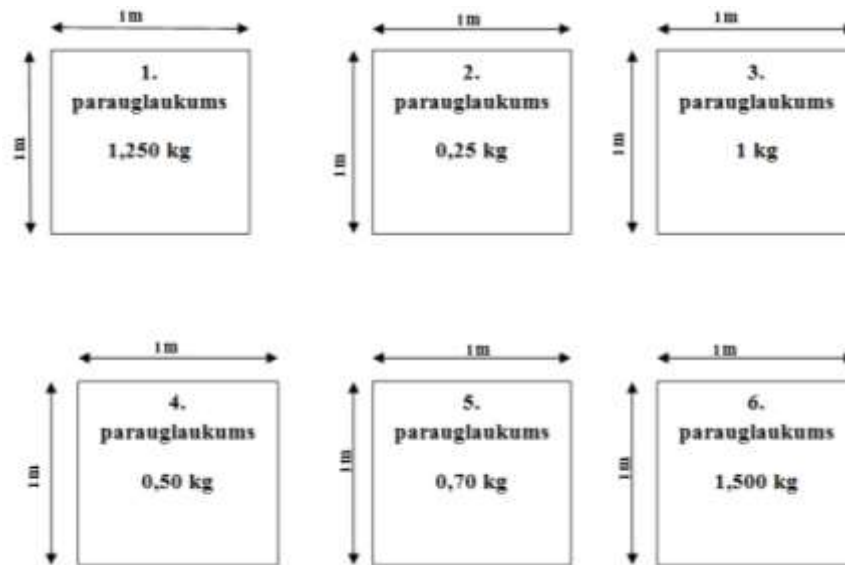
Biomassas apkures sistēmas ir lieliska atbilde ne tikai 2020. gadam, līdz kuram Latvija un daudzas citas valstis ir apņēmušās spert virkni soļu zaļākas un energoefektīvākas valsts virzienā. Tostarp palielināt atjaunojamo energoresursu izmantošanu par 8 procentpunktiem. Par izvirzītajiem mērķiem un veidiem, kā tos sasniegt ir runāts un rakstīts daudz, tāpēc ir svarīga šī procesa virzība, ir vietējās izcelsmes kurināmās koksnes produktiem. [10]

Biomassas katlumājās saražoto pelnu apjoms atkarīgs no šķeldu kvalitātes, gaisa temperatūras un ražošanas režīma. Visi pelni tiek deponēti izgāztuvē, kas pats par sevi ir maksas pakalpojums. Līdzīgi rīkojas arī daudzas citas katlumājas, kaut gan daļa industriālo šķeldu patērētāju atraduši iespēju pelnus atdot vai par simbolisku cenu pārdot zemniekiem lauksaimniecības zemju mēslošanai, tādā veidā atbrīvojot sevi no izmaksām par atkritumu apsaimniekošanu. Ņemot vērā, ka B kategorijas piesārņojošās darbības atļaujās pelni norādīti kā nebīstami atkritumi, nav īsti skaidrs kāpēc tā nedara visas katlumājas. Kas attiecas uz kokapstrādes uzņēmumiem, tie rīkojas līdzīgi, vai arī pelnus no apkures katliem vienkārši deponē turpat uz vietas savā teritorijā. Ir arī tādi, kas atraduši veiksmīgu sadarbības modeli ar vietējo pašvaldību, kas pelnus izmanto savām vajadzībām. [5]

Materiāli un metodes

Pelnu daudzuma noteikšana koksnei tika veikta balstoties uz LVS CEN/TS 14775 “Cietās biodeģvielas. Pelnu satura noteikšanas metode”. [4]

Tika ierīkoti seši parauglaukumi, kur tika izkliedēti pelni, kas tika ņemti no “Newfuels” granulu ražotāja, uz to brīdi, kad tika ņemti pelni koksnes sastāvs – 33,4% lapu koks, 33,4% skujkoks, 33,4% bērzs. Pirmajā parauglaukumā tika izkliedēti 1,250 kg pelnu un 1m² augsnes, otrajā parauglaukumā tika izkliedēti 0,25g pelnu uz 1m² augsnes, trešajā parauglaukumā tika izkliedēti 1 kg pelnu uz 1m² augsnes, ceturtajā parauglaukumā tika izkliedēti 0,50kg pelnu uz 1m² augsnes, piektajā parauglaukumā tika izkliedēti 0,70 kg pelnu uz 1m² augsnes, sestajā parauglaukumā tika izkliedēti 1,500 kg pelnu uz 1 m² augsnes. Pirms pelnu izkliešanas no šiem parauglaukumiem tika ievākti augsnes paraugi 30 – 40 cm dziļumā. Pelni pa parauglaukumiem tika izkliedēti ar sieta palīdzību, izkliešana notika 2016. gada maija mēnesī, un paraugu atkārtota ņemšana notika 2016. gada oktobra mēnesī (*skat. 1. attēlu*).



1. att. Parauglaukumu izvietojums

Elektrovadītspējā noteikt balstoties uz ISO 11265:1994 Soilquality – Determination of the specific electrical conductivity. [3]

pH lieluma noteikšana paraugos tika balstīta uz ISO 10390:2005 Soilquality – Determination of H. [2]

Hlorīd – jonu saturs noteikšana augsnē. Jāņem 20 ml ūdens izvilkuma no augsnes, ielej kolbā, tad pievieno 3 pilienus kālija hromāta (K₂CrO₄). Hermētiski aizkorķē kolbu un sakrata, lai samaisītos šķidrums. Kolbas šķidrumu titrē ar AgNO₃ (0,1 N), kamēr šķidruma krāsa mainās, līdz brūni pelēkai krāsai, kas nepazūd vienas minūtes laikā. Nosaka AgNO₃ daudzumu, kurš izmantots titrēšanai.

Kalcija un magnija kopējā saturs noteikšana augsnē. Jāņem 50 ml izvilkuma, jāielej koniskā kolbā pievienojot 5 ml amonija buferšķidrums (1 mols NH₄OH + 1 mols NH₄CL) buferšķidrums pH = 9,3. Ienes neredz (~ 20 – 30 mg) indikatora homogēna melnā līdz šķidrums paliek vīna – sarkana krāsā. Titrē analizējamo izvilkumu ar 0,05 N kompleksona III šķidrumu līdz kamēr šķidruma vīna – sarkanā krāsa pāriet zilajā krāsā. Nosaka kompleksona daudzumu, kurš bija izmantots titrēšanai.

Kalcija saturs noteikšana augsnē. Jāņem 50 ml ūdens izvilkuma no augsnes, ielej kolbā un pielej klāt 2,5 ml 2N NaOH (vai KOH) šķidruma, pievieno neredz (~ 30 mg) indikatora mureksīda, līdz šķidruma krāsa pāriet rozā krāsā. Lēnām titrē šķidrumu ar 0,05 N kompleksona šķidrumu līdz momentam, kad rozā šķidruma krāsa pāriet zilivioletā krāsā, kura nepazūd 1 min laikā. Nosaka titranta daudzumu.

Vieglie pelni ir galvenais blakusprodukts, kas rodas biomasas sadedzināšanā, ko var izmantot kā minerālu piejaukumu betonā. Liela apjoma vieglie pelni, kas ir tipiski 50 – 60%

pelnu kā kopējo cementēšanas materiāla satura, tiek plaši izmantots, lai sasniegtu ilgtspējīgu attīstību betona nozarē. [11]

Tika izveidotas formiņas no koka 5 cm x 5cm lielas. Katrā no formiņām tika saliets betona sajaukums dažādās proporcijās – grants, cements, pelni. Proporcijas attēlotas tabulā (skat. 1. tabulu).

1. tabula

Betona proporcijas

Cements, g	Pelni, g	Grants, g
100	0	400
90	10	400
80	20	400
70	30	400
60	40	400
50	50	400
40	60	400
30	70	400
20	80	400
10	90	400

Rezultāti un to izvērtējums

Katram koksnes paraugam tika veikti mērījumi, lai noteikt pelnu saturu katrā no koksnes veidiem. Katram koksnes paraugam tika veikti trīs mērījumi un tabulās apkopots rezultātu vidējais rādītājs (skat. 2. tabulu). Lielākais pelnu saturs tika noteikts apsei – 1%, bet pats mazākais pelnu saturs tika noteikts ozolam – 0,31%, savukārt vidējais pelnu saturs sanāk – 0,53 %.

2. tabula

Pelnu saturs koksnē

Koksnes veids	Pelnu daudzums, %
Apse	1,00
Melnalksnis	0,88
Bērzs	0,59
Priede	0,66
Egle	0,41
Osis	0,35
Ozols	0,31
Lazda	0,36
Baltalksnis	0,43
Ieva	0,45
Kārklis	0,39
Kļava	0,50

Elektrovadītspēja pelniem ir 4,94 mS, pH lielums ir 12,989, hlorīdjonu daudzums pelnos ir 2,15 g/ml, kalcija un magnija kopējais daudzums pelnos ir 0,03g/ml, kalcija daudzums pelnos ir 0,090 g/ml (skat. 3. tabulu).

3. tabula

Pelnu ūdens izvilkuma fizikāli – ķīmiskie parametri

Mērījums	Rezultāts
Elektrovadītspēja, mS	4,94
pH	12,989
Hlorīdjoni, g/ml	2,15
Ca un Mg kopējais saturs, g/ml	0,03
Ca, g/ml	0,090

Campbell A. G. un Etiegni L (2014) pētīja temperatūras ietekmi uz pelnu daudzuma veidošanās un pelnu ķīmiskās īpašības. Rezultāti parādīja ka koksnes pelnu daudzums samazinājās par 45%, ja degšanas temperatūra bija pieaugusi aptuveni 550 līdz 1100 °C. Daļiņu vidējais lielums, tika konstatēts, ka 230 mikroniem. Arī pelnu pH tika konstatēts, ka mainīgs lielums starp 9 un 13,5.

Elektrovadītspēja tika noteikta pirms pelnu pievienošanas un pēc pelnu pievienošanas (*skat. 4. tabulu*) laika starpība ir pieci mēneši. Pirms pelnu pievienošanas elektrovadītspēja ir lielāka nekā pēc pelnu pievienošanas. Pirmajā paraugā elektrovadītspēja bija 3,27 mS, bet pēc pelnu pievienošanas elektrovadītspēja samazinājās līdz 3,14 mS. Otrajā paraugā elektrovadītspēja bija 3,23 mS, bet pēc pelnu pievienošanas elektrovadītspēja samazinājās līdz 3,08 mS. Trešajā paraugā elektrovadītspēja bija 3,18 mS, bet pēc pelnu pievienošanas elektrovadītspēja samazinājās līdz 3,05 mS. Ceturtajā paraugā elektrovadītspēja bija 3,24 mS, bet pēc pelnu pievienošanas elektrovadītspēja samazinājās līdz 3,07 mS. Piektajā paraugā elektrovadītspēja bija 3,97 mS, bet pēc pelnu pievienošanas elektrovadītspēja samazinājās līdz 3,12 mS. Sestajā paraugā elektrovadītspēja bija 3,28 mS, bet pēc pelnu pievienošanas elektrovadītspēja samazinājās līdz 3,14 mS.

4. tabula

Elektrovadītspēja augsnes – ūdens izvilkumā

Nr.p.k.	Pirms pelnu pievienošanas, mS	Pēc pelnu pievienošanas, mS
1.	3,27	3,14
2.	3,23	3,08
3.	3,18	3,05
4.	3,24	3,07
5.	3,97	3,12
6.	3,28	3,14

pH lielums tika noteikta pirms pelnu pievienošanas un pēc pelnu pievienošanas (*skat. 5. tabulu*) laika starpība ir pieci mēneši. Pirmajā paraugā pirms pelnu pievienošanas pH lielums ir 7,312, bet pēc pelnu pievienošanas pH lielums ir 7,404. Pēc pelnu pievienošanas pH lielums ir lielāks nekā pirms pelnu pievienošanas. Otrajā paraugā pirms pelnu pievienošanas pH lielums ir 7,340, bet pēc pelnu pievienošanas pH lielums ir 7,955. Pēc pelnu pievienošanas pH lielums ir lielāks nekā pirms pelnu pievienošanas. Trešajā paraugā pirms pelnu pievienošanas pH lielums ir 6,660, bet pēc pelnu pievienošanas pH lielums ir 7,063. Pēc pelnu pievienošanas pH lielums ir mazāks nekā pirms pelnu pievienošanas. Ceturtajā paraugā pirms pelnu pievienošanas pH lielums ir 6,893, bet pēc pelnu pievienošanas pH lielums ir 7,164. Pēc pelnu pievienošanas pH lielums palielinās un ir lielāks nekā pirms pelnu pievienošanas. Piektajā paraugā pirms pelnu pievienošanas pH lielums ir 6,684, bet pēc pelnu pievienošanas pH lielums

ir 7,028. Pēc pelnu pievienošanas pH lielums ir lielāks, nekā pirms pelnu pievienošanas. Sestajā paraugā pirms pelnu pievienošanas pH lielums ir 7,178, bet pēc pelnu pievienošanas pH lielums ir 7,347. Pirms pelnu pievienošanas pH lielums ir mazāks trešajā, ceturtajā, piektajā paraugā, bet pēc pelnu pievienošanas pH lielums palielinās pirmajā, otrajā un sestajā paraugā.

Zviedrijas dabaszinātņu, inženierzinātņu un matemātikas institūtā tika veikti pētījumi par novāktās koksnes atgriešanu atpakaļ mežā, ar galvenajiem ieguvumiem tiek palielināts pH un barības vielu reciklēšana no koksnes pelniem. Šajā izmeklēšanā Zviedrijas centrālajā daļā tika pētīti divus gadus pirms pelnu izklīdes mežā un divu gadus pēc pelnu izklīdes mežā. Salīdzinot starp šiem diviem gadiem netika novērotas būtiskas izmaiņas, apgalvojums tam ir koksnes pelnu pielietošanas metode, lai uzlabotu augsnes kvalitāti sākotnējā fāzē ir nepietiekama. Bet trešajā un ceturtajā gadā izmaiņas tika konstatētas pH lielums bija palielinājies, bet dziļākos augsnes slāņos. [6]

5. tabula

pH lielums augsnes – ūdens izvilkumā

Nr.p.k	Rādītāji pirms pelnu pievienošanas	Rādītāji pēc pelnu pievienošanas
1.	7,312	7,404
2.	7,340	7,955
3.	6,660	7,063
4.	6,893	7,164
5.	6,684	7,028
6.	7,178	7,347

Hlorīdjonu saturs augsnē tika noteikts pirms pelnu pievienošanas un pēc pelnu pievienošanas ar laika starpību 5 mēneši (*skat. 6. tabulu*). Pirmajā paraugā hlorīdjonu daudzums ir 0,002 g/ml un pēc pelnu pievienošanas hlorīdjonu daudzums palielinās līdz 0,005 g/ml. Otrajā paraugā hlorīdjonu daudzums ir 0,002 g/ml un pēc pelnu pievienošanas hlorīdjonu daudzums palielinās līdz 0,004 g/ml. Trešajā paraugā hlorīdjonu daudzums ir 0,002 g/ml un pēc pelnu pievienošanas hlorīdjonu daudzums palielinās līdz 0,003 g/ml. Ceturtajā paraugā hlorīdjonu daudzums ir 0,002 g/ml un pēc pelnu pievienošanas hlorīdjonu daudzums palielinās līdz 0,003 g/ml. Piektajā paraugā hlorīdjonu daudzums ir 0,003 g/ml un pēc pelnu pievienošanas hlorīdjonu daudzums palielinās līdz 0,005 g/ml. Sestajā paraugā hlorīdjonu daudzums ir 0,003 g/ml un pēc pelnu pievienošanas hlorīdjonu daudzums palielinās līdz 0,002 g/ml. Apkopojot iegūtos rezultātus hlorīdjonu daudzums pēc pelnu pievienošanas augsnei visos sešos paraugos palielinās.

6. tabula

Hlorīdjonu saturs augsnes – ūdens izvilkumā

Nr.p.k.	Pirms pelniem, g/ml	Pēc pelniem, g/ml
1.	0,002	0,005
2.	0,002	0,004
3.	0,002	0,003
4.	0,002	0,003
5.	0,003	0,005
6.	0,002	0,003

Kalcija un magnija kopējais saturs augsnē tika noteikts pirms pelnu pievienošanas un pēc pelnu pievienošanas ar laika perioda starpību – pieci mēneši (*skat. 7. tabulu*). Analizējot iegūtos rezultātus kalcija un magnija kopējais saturs pirms pelnu pievienošanas ir mazāks, bet

pēc pelnu pievienošanas augsnei kalcija un magnija kopējais saturs visos paraugos palielinās no 0,0012 līdz 0,0032 g/ml. Pirmajā paraugā kalcija un magnija kopējais saturs augsnē ir 0,0013 mg/l, bet pēc pelnu pievienošanas kopējais kalcija un magnija saturs augsnē palielinās līdz 0,0025 g/ml. Otrajā paraugā kalcija un magnija kopējais saturs augsnē ir 0,0016 mg/l, bet pēc pelnu pievienošanas kopējais kalcija un magnija saturs augsnē palielinās līdz 0,0035 g/ml. Trešajā paraugā kalcija un magnija kopējais saturs augsnē ir 0,0013 mg/l, bet pēc pelnu pievienošanas kopējais kalcija un magnija saturs augsnē palielinās līdz 0,0017 g/ml. Ceturtajā paraugā kalcija un magnija kopējais saturs augsnē ir 0,0012 mg/l, bet pēc pelnu pievienošanas kopējais kalcija un magnija saturs augsnē palielinās līdz 0,0035 g/ml. Piektajā paraugā kalcija un magnija kopējais saturs augsnē ir 0,0014 mg/l, bet pēc pelnu pievienošanas kopējais kalcija un magnija saturs augsnē palielinās līdz 0,0045 g/ml. Sestajā paraugā kalcija un magnija kopējais saturs augsnē ir 0,0013 mg/l, bet pēc pelnu pievienošanas kopējais kalcija un magnija saturs augsnē palielinās līdz 0,0055 g/ml.

7. tabula

Kalcija un magnija kopējais saturs augsnes – ūdens izvilkumā

Nr.p.k.	Pirms pelniem, g/ml	Pēc pelniem, g/ml
1.	0,0013	0,0025
2.	0,0016	0,0035
3.	0,0013	0,0017
4.	0,0012	0,0035
5.	0,0014	0,0045
6.	0,0013	0,0055

Kalcija saturs augsnē tika noteikts pirms pelnu pievienošanas un pēc pelnu pievienošanas ar laika periodu – pieci mēneši (skat. 8. tabulu).

8. tabula

Kalcija saturs augsnes – ūdens izvilkumā

Nr.p.k.	Pirms pelniem, g/ml	Pēc pelniem, g/ml
1.	0,003	0,035
2.	0,002	0,006
3.	0,003	0,024
4.	0,004	0,009
5.	0,004	0,011
6.	0,003	0,048

Pirmajā paraugā pirms pelnu pievienošanas kalcija saturs augsnē bija 0,003 g/ml, bet pēc pelnu pievienošanas kalcija saturs augsnē bija 0,035 g/ml. Otrajā paraugā pirms pelnu pievienošanas kalcija saturs augsnē bija 0,002 g/ml, bet pēc pelnu pievienošanas kalcija saturs augsnē bija 0,006 g/ml. Trešajā paraugā pirms pelnu pievienošanas kalcija saturs augsnē bija 0,003 g/ml, bet pēc pelnu pievienošanas kalcija saturs augsnē bija 0,024 g/ml. Ceturtajā paraugā pirms pelnu pievienošanas kalcija saturs augsnē bija 0,004 g/ml, bet pēc pelnu pievienošanas kalcija saturs augsnē bija 0,009 g/ml. Piektajā paraugā pirms pelnu pievienošanas kalcija saturs augsnē bija 0,004 g/ml, bet pēc pelnu pievienošanas kalcija saturs augsnē bija 0,011 g/ml. Sestajā paraugā pirms pelnu pievienošanas kalcija saturs augsnē bija 0,003 g/ml, bet pēc pelnu pievienošanas kalcija saturs augsnē bija 0,048 g/ml. Izvērtējot iegūtos rezultātus kalcija saturs

augsnē pirms pelnu pievienošanas ir mazāks, bet pēc pelnu pievienošanas augsnei kalcija saturs visos paraugos palielinās.

Eksperimentālie paraugi tika saspīesti ar testēšanas mašīnu Zwick/Roell testXpert II. Tika testēti 9 paraugi, bet sagatavoti tika desmit paraugi, desmitais paraugs sabira ņemot laukā no formiņas. Pirmais paraugs tika saspīests ar 35400 N spēku, maksimālā izturība sasniegta pie 1,4 mm, bet pie 3,2 mm paraugs sabira un spēks pie sabiršanas bija 7090 N. Otrais paraugs tika saspīests ar 19800 N spēku, maksimālā izturība sasniegta pie 1,1 mm, bet pie 4,1 mm paraugs sabira un spēks pie sabiršanas bija 3970 N. Trešais paraugs tika saspīests ar 16400 N spēku, maksimālā izturība sasniegta pie 2,0 mm, bet pie 4,2 mm paraugs sabira un spēks pie sabiršanas bija 3270 N. Ceturtais paraugs tika saspīests ar 24700 N spēku, maksimālā izturība sasniegta pie 1,3 mm, bet pie 2,9 mm paraugs sabira un spēks pie sabiršanas bija 4930 N. Piektais paraugs tika saspīests ar 16500 N spēku, maksimālā izturība sasniegta pie 1,2 mm, bet pie 2,9 mm paraugs sabira un spēks pie sabiršanas bija 3290 N. Sestais paraugs tika saspīests ar 8830 N spēku, maksimālā izturība sasniegta pie 0,8 mm, bet pie 3,8 mm paraugs sabira un spēks pie sabiršanas bija 1760 N. Septītais paraugs tika saspīests ar 5240 N spēku, maksimālā izturība sasniegta pie 0,7 mm, bet pie 3,4 mm paraugs sabira un spēks pie sabiršanas bija 1050 N. Astotais paraugs tika saspīests ar 2640 N spēku, maksimālā izturība sasniegta pie 0,8 mm, bet pie 2,7 mm paraugs sabira un spēks pie sabiršanas bija 526 N. Devītais paraugs tika saspīests ar 947 N spēku, maksimālā izturība sasniegta pie 1,4 mm, bet pie 4,0 mm paraugs sabira un spēks pie sabiršanas bija 189 N (*skat.9. tabulu*).

[Lateef N. Assi](#) , [Edward \(Eddie\) Deaver](#) , [Mohamed K. ElBatanouny](#), [Paul Ziehl](#) savā pētījumā par pelnu pievienošanu betonam secina, ka pelniem ir potenciāls daļēji aizstāt cementu un šis betons iztur augstu spiedes stiprību. Kā arī B. Singh, M.R. Rahman, R. Paswan, S.K. Bhattacharyya secināja, ka pīdes stiprība, elastīgs modulis un triecienizturību palielinājās un Puasona koeficients samazinājās, pieaugot aktivatora koncentrācijai. [1, 8]

Pirms betona pārbaudes uz spiedi, tika nosvērts, katrs paraugs: pirmā parauga tilpummasa – 276g, otrā parauga tilpummasa – 273g, trešā parauga tilpummasa – 270g, ceturta parauga tilpummasa – 269g, piektā parauga tilpummasa – 264g, sestā parauga tilpummasa – 259g, septītā parauga tilpummasa – 247g, astotā parauga tilpummasa – 229g, bet devītā parauga tilpummasa – 218g.

9. tabula

Betona paraugu mehāniskie raksturotāji

Nr	Specimen no.	h ₀ mm	L ₀ mm	F _{max} N	dL at F _{max} mm	F _{break} N	dL at break mm	a ₀ mm	b ₀ mm	S ₀ mm ²
21	1	52,5	52,50	35400	1,4	7090	3,2	49,8	52,3	2604,54
22	2	51,1	51,10	19800	1,1	3970	4,1	52,1	51,8	2698,78
23	3	50,6	50,60	16400	2,0	3270	4,2	52,8	52,6	2777,28
24	4	50,1	50,10	24700	1,3	4930	2,9	52,6	52,8	2777,28
25	5	50,6	50,60	16500	1,2	3290	2,9	51,4	52,2	2683,08
26	6	51,4	51,40	8830	0,8	1760	3,8	52	51,5	2678,00
27	7	53,3	53,30	5240	0,7	1050	3,4	51,5	50,6	2605,90
28	8	50,7	50,70	2640	0,8	526	2,7	52,3	51	2667,30
29	9	50,4	50,40	947	1,4	189	4,0	50	52,3	2615,00

Secinājumi

1. Līdz šim pelnu pielietošana lauksaimniecībā maz ieviesta. To kavēja mazie pelnu daudzumi un neatrisinātā pielietošanas tehnoloģija (pelnu savākšana un sijāšana, frakcionēšana, izsēja, novērtēšana u.t.t.);

2. No noteiktajiem koksnes veidiem vislielākais pelnu saturs ir apsei – 1,00 %, bet mazākais pelnu saturs ir ozolam – 0,31%;

3. Optimālākais variants pelnu izkliedei ir granulas, noteikts, ka mazākais spiediens pie kura turas kopā granula ir 500 kg;
4. Piemērotākā pelnu deva ir ceturtajā (0,50 kg uz 1m²) un piektajā (0,70 kg 1m²) parauglaukumā;
5. Visoptimālākais pelnu piejaukums betonam ir paraugā, kur cements – 70g, pelni – 30g, grants – 400g, paraugs iztur 24700 N un sabrūk pie 4930 N.

Literatūra

1. Assi Lateef N., Deaver Edward (Eddie), ElBatanouny Mohamed K., Ziehl Paul, *Investigation of early compressive strength of fly ash-based geopolymer concrete*, Construction and Building Materials, Volume 112, 1 June 2016
2. ISO 10390:2005 Soilquality – Determination of pH
3. ISO 11265:1994 Soilquality – Determination of the specific electrical conductivity
4. LVS CEN/TS 14775 “Cietās biodeģvielas. Pelnu saturs noteikšanas metode”
5. Makovskis K., Latvijas Valsts mežzinātnes institūta "Silva", *Potenciāli risinājumi pelnu utilizācijai*. 2015.gads 20.marts
6. Norström Sara H., Bylund Dan, Vestin Jenny L.K., Lundström Ulla S., *Initial effects of wood ash application to soil and soil solution chemistry in a small, boreal catchment*, Geoderma, Volumes 187–188, October 2012
7. Nunes L.J.R., Matias J.C.O., Catalão J.P.S., *Biomass combustion systems: A review on the physical and chemical properties of the ashes*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 53, January 2016
8. Singh B., Rahman M.R., Paswan R., Bhattacharyya S.K., *Effect of activator concentration on the strength, ITZ and drying shrinkage of fly ash/slag geopolymer concrete*, Construction and Building Materials, Volume 118, 15 August 2016
9. Stanislav V. Vassilev, Christina G. Vassileva, *Composition, properties and challenges of algae biomass for biofuel application: An overview*, Fuel Volume 181, 1 October 2016
10. Yliniemi Juho, Nugteren Henk, Illikainen Mirja, Tiainen Minna, Weststrate Rick, Niinimäki Jouko, *Lightweight aggregates produced by granulation of wood fly ash with alkali activator*, International Journal of Mineral Processing Volume 149, 10 April 2016
11. Wang Xiao-Yong, Park Ki-Bong, *Analysis of compressive strength development of concrete containing high volume fly ash*, Construction and Building Materials, Volume 98, 15 November 2015