

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2024 020**
(22) Paraiškos padavimo data: **2024-12-16**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2025-06-25**
(45) Patento paskelbimo data: **2025-08-11**

(73) Patento savininkas:
**VŠĮ Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT**
(72) Išradėjas:
**Ina PUNDIENĖ, LT
Jolanta PRANCKEVIČIENĖ, LT
Modestas KLIGYS, LT
Giedrius GIRSKAS, LT
Darius BAČINSKAS, LT**

(54) Pavadinimas:

Riškis iš ekstraktinio pushidračio fosfogipso ir biokuro deginimo pelenų

(57) Referatas:

Išradimas priklauso statybinių medžiagų pramonei ir gali būti pritaikytas statybinių rišamųjų medžiagų nomenklatūrai išplėsti. Tai pasireiškia tuo, kad gautas riškis iš technogeninių atliekų užtikrina pakankamas riškliams keliamas savybes. Technogeninės atliekos – ekstraktinis pushidračio fosfogipsas ir biokuro pelenai – sudaro 70 % riškio masės, o aktyvatoriaus sudėtyje yra natrio karbonatas ir skystasis stiklas. Dėl savo savybių šis riškis gali suteikti statybiniams gaminiams reikalavimus atitinkančias savybes, tokias kaip tankis, gniuždymo stipris ir šilumos laidumo koeficientas. Pagaminti gaminiai, kurių pagrindas yra šis riškis, gali atlikti tiek konstrukcinio, tiek termoizoliacinio gaminio funkcijas. Riškis iš technogeninių atliekų sudarytas iš EF, BDA, skystojo stiklo ir natrio karbonato. Nustačius riškio iš technogeninių atliekų savybes, gauti šie rezultatai: tankis – 1280÷1360 kg/m³, gniuždymo stipris – 11,3÷13,4 MPa, šilumos laidumo koeficientas – 0,2110÷0,113 W/m·K. Šių rodiklių vertės yra pakankamos, kad gaminiai, kurių pagrindas yra šis riškis, atitiktų tiek konstrukcinių, tiek termoizoliacinių gaminių reikalavimus.

Išradimas priklauso statybinių medžiagų pramonei ir skirtas rišamųjų medžiagų nomenklatūrai praplėsti. Šiuolaikinė rišamųjų medžiagų pramonė plačiai naudoja gamtines žaliavas, kurių ištekliai senka, o didelę jų dalį būtų galima pakeisti technogeninėmis atliekomis. Tokios atliekos galėtų būti ekstraktinis pushidratis fosfogipsas (toliau – EF), kurio Lietuvoje kasmet susidaro daugiau kaip 1 mln. m³, bei vis plačiau naudojamo biokuro deginimo metu susidaranti pelenų atliekos.

Siūlomas rišiklis visiškai atitinka Lietuvos Respublikos Atliekų tvarkymo įstatymo trečiąjį atliekų tvarkymo prioritetą: „pagaminti iš susidariusių atliekų gaminius arba antrines žaliavas, tinkančias gaminiams gaminti.“ Šiuolaikinėje statyboje cementui kaip rišamajai medžiagai nėra alternatyvos. Cementas plačiai naudojamas tiek masyvioms konstrukcijoms, tiek mažiau atsakingiems konstrukciniams gaminiams gaminti, nors pastarųjų gamyboje galima naudoti rišamąją medžiagą su mažesnėmis mechaninėmis savybėmis.

Cemento gamyba reikalauja daug gamtinių žaliavų, kurių ištekliai senka, ir didelių energijos sąnaudų (žaliavos deginamos 1450 °C temperatūroje). Be to, cemento gamyba atsakinga už 9 % pasaulinės CO₂ emisijos. Todėl šiuo metu ypač aktualu kurti naujas, mažesniu gamtinių išteklių ir energijos imlumu pasižyminčias rišamąsias medžiagas. Vienas iš būdų šiam tikslui pasiekti – plačiau naudoti įvairių pramonės šakų atliekas.

Žinomas gipsinės rišamosios medžiagos gavimo būdas (LT 4698). Gautos rišamosios medžiagos gniuždymo stipris (13,4–42,9 MPa) yra pakankamas konstrukciniams gaminiams, tačiau būtina paruošti arba importuoti specialius priedus (hidratinį magnio hidroksidą, SiO₂ mikrodulkes). Žinomas ir anhidritinio rišiklio gamybos būdas (LT 4050), tačiau šiuo atveju reikalingas deginimas 850–950 °C temperatūroje, kuris reikalauja didelių energijos sąnaudų.

Visų anksčiau aprašytų medžiagų trūkumas – didelės energijos sąnaudos.

Šiuolaikinėje Lietuvos statybinių medžiagų rinkoje trūksta alternatyvių rišiklių, kurie galėtų būti panaudoti sienų atitvaroms arba grindims įrengti. Mažomis energijos sąnaudomis pasižymintis rišiklis iš atliekinių žaliavų, galintis kietėti aplinkos sąlygomis, yra labai aktualus norint mažinti cemento naudojimą. Tokių medžiagų naudojimas padėtų spręsti dar vieną itin aktualią šių dienų problemą – mažinti gamtos taršą technogeninėmis atliekomis. Tokių rišiklių, kaip siūlomas šiame

patente, literatūroje neaptikta.

Yra žinoma sukurta konstrukcinė termoizoliacinė medžiaga (LT 5939B), iš technogeninės atliekos EF, cemento ir opokos. Ši medžiaga pasižymi pakankamomis stipruminėmis savybėmis (gniuždymo stipris $7,1 \div 8,9$ MPa), tankis $1150 \div 1450$ kg/m³ ir termoizoliacinėmis savybėmis (šilumos laidumo koeficientas – $0,3062 \div 0,3515$ W/m·K), kurios leistų ją panaudoti tiek kaip konstrukcinę, tiek ir kaip termoizoliacinę medžiagą.

Minėtos medžiagos trūkumas yra būtinybė naudoti opoką, kurios paruošimas yra brangus (išgavimas, džiovinimas, intensyvus malimas). Tai apsunkina tokių medžiagų gamybos technologiją, didina keliamus saugos reikalavimus ir didina medžiagos savikainą.

Žinomi keli bandymai iš fosfogipso atliekų ir įvairios kilmės pelenų gauti alternatyvius rišiklius. Yra žinoma medžiaga, sukurta iš fosfogipso ir sumalto granuliuoto aukštakrosnių šlako (GGBS), aktyvuota natrio šarmu arba natrio silikatu. Ši medžiaga pasižymi gniuždymo stipriu $10\text{--}12$ MPa, kai naudojamas tik natrio silikatas, ir $15\text{--}22$ MPa, jei naudojamas natrio šarmas. Medžiagos trūkumas yra sudėtinga gamybos technologija: reikalingas 24 valandų kietinimas $90\text{--}110$ °C temperatūroje. Tokios operacijos reikalauja didelių energijos ir laiko sąnaudų. Natrio šarmas – didelio energijos imlumo komponentas (žiūr. K. Gijbels, R.I. Iacobescu, Y. Pontikes, S. Schreurs, W. Schroeyers, Alkali-activated binders based on ground granulated blast furnace slag and phosphogypsum, *Constr. Build. Mater.* 2019, 215, 371–380. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.04.194>), o darbui su šiuo komponentu būtina imtis papildomų saugumo priemonių.

Žinoma medžiaga, sukurta iš fosfogipso, dugno pelenų ir lakiųjų pelenų, aktyvuota natrio šarmu ir natrio silikatu. Sukurta medžiaga pasižymi gniuždymo stipriu $3\text{--}14$ MPa (žiūr. K. Boonserm, V. Sata, K. Pimraksa, P. Chindaprasirt, Improved geopolymers of bottom ash by incorporating fly ash and using waste gypsum as additive, *Cem. Concr. Compos.* 34 (2012) 819–824. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2012.04.001>). Medžiagos tankis ir džiūstamasis susitraukimas yra svarbūs jos savybių rodikliai. Natrio šarmas, kuris yra viena iš medžiagos sudedamųjų dalių, yra didelio energijos imlumo komponentas, pasižymintis cheminiu agresyvumu.

Bendras minėtų medžiagų trūkumas yra būtinybė naudoti natrio šarmą. Tai apsunkina tokių medžiagų gamybos technologiją, didina saugos reikalavimus.

Artimiausia pagal paskirtį ir savybes rišamoji medžiaga (prototipas) aprašyta D. Vaičiukynienės darbe (žiūr. D. Vaičiukynienė, D. Nizevičienė, A. Kantautas, V. Bocullo, A. Kiele, Alkali Activated Paste and Concrete Based on Biomass Bottom Ash with Phosphogypsum, Appl. Sci. 10 (2020) 5190. <https://doi.org/10.3390/APP10155190>). Rišamoji medžiaga pagaminta iš fosfogipso, biokuro pelenų atliekų, natrio šarmo arba skystojo stiklo ir jų mišinio. Aprašytas rišiklis pasižymi dideliu tankiu ($1880\text{--}2020\text{ kg/m}^3$) ir gniuždymo stipriu ($9\text{--}24\text{ MPa}$). Tačiau rišiklio sudėtyje yra natrio šarmas – komponentas, pasižymintis dideliu energijos imlumu ir cheminiu agresyvumu.

Prototipas (analogas) pasižymi dideliu tankiu (1880 kg/m^3), tačiau, atsižvelgus į tankį, santykinai mažu gniuždymo stipriu. Jo sudėtyje naudojamas didelio energijos imlumo ir agresyvus komponentas – natrio šarmas. Taip pat gamyba yra sudėtinga dėl technologijos, reikalaujančios specialaus 24 valandų terminio apdorojimo $90\text{--}110\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūroje, o tai gali lemti mažesnį patvarumą. Be to, bandiniuose nėra įvertintas šilumos laidumo koeficientas.

Šiuolaikinėje Lietuvos statybinių medžiagų rinkoje trūksta rišamųjų medžiagų, leidžiančių taupyti gamtines žaliavas, jas iki 70 % pakeičiant technogeninėmis atliekomis. Taip pat trūksta medžiagų, pasižyminčių paprastu gamybos procesu, geromis mechaninėmis savybėmis, lengvumu, mažu šilumos laidumu ir mažomis energijos sąnaudomis gamybai.

Aprašyti pavyzdžiai rodo, kad iki šiol sukurtos rišamosios medžiagos pasižymi gana sudėtinga gamybos technologija arba komponentais, kuriems būdingas didelis energijos imlumas.

Išradimo tikslas – panaudojant gausias Lietuvoje susidarantiąs technogenines atliekas (EF ir biokuro deginimo pelenų atliekas (BDA)), sukurti rišiklį, kuris užtikrintų pakankamas mechanines savybes ir galėtų būti naudojamas gyvenamųjų bei pramoninių pastatų atitvarų (sienų, stogų ir grindų) gamybai. Minėtos atliekos sudaro iki 70 % alternatyvaus statybinio rišiklio sudėties, o likusią dalį – Lietuvoje gaminamas skystasis stiklas ir lengvai išgaunama gamtinė žaliava – natrio karbonatas.

Sukurto rišiklio savybės yra pakankamos ir atitinka gyvenamųjų bei pramoninių pastatų atitvarų (sienų, stogų ir grindų) gaminiams keliamus reikalavimus. Sukurtas rišiklis nereikalauja naudoti energijai imlaus ir agresyvaus komponento – natrio šarmo – bei specialaus 24 valandų terminio apdorojimo 90–110 °C temperatūroje, kad būtų užtikrintos jo savybės.

Sukurtas rišiklis gali būti naudojamas gyvenamųjų ir pramoninių pastatų atitvarų gamybai. Priklausomai nuo sudėties, alternatyvaus statybinio rišiklio gniuždymo stipris svyruoja nuo 10 iki 20 MPa, o tankis – nuo 1300 iki 1600 kg/m³. Šilumos laidumo koeficientas siekia 0,227–0,211 W/(m·K). Siūlomas rišiklis, pagamintas iš technogeninių atliekų, visiškai atitinka Lietuvos Respublikos Atliekų tvarkymo įstatymo trečiąjį atliekų tvarkymo prioritetą: „pagaminti iš susidariusių atliekų gaminius arba antrines žaliavas, tinkančias gaminiams gaminti“.

Šis tikslas buvo pasiektas parinkus dviejų dalių rišiklio medžiagos sudėtį:

Rišamosios medžiagos kietoji dalis sudaryta iš EF (10–20 masės %) ir BDA (15–50 masės %);

Aktyvatorius – skystasis stiklas (10–15 masės %), natrio karbonatas (5 masės %) ir vanduo (15–20 masės %).

Optimalūs komponentų, įeinančių į rišiklį kiekiai nustatyti atliekant eksperimentinius tyrimus. Išradime pateikiamas rišiklis iš technogeninių atliekų iliustruojamas pavyzdžiais.

1 rišiklio iš technogeninių atliekų pavyzdys

Rišiklio iš technogeninių atliekų sudėtis (masės %) yra tokia:

ekstrakcinis pushidratės fosfogipsas – 18,0

biokuro pelenai – 50,0

skystasis stiklas – 10,0

natrio karbonatas – 5,0

vanduo – 17,0

2 rišiklio iš technogeninių atliekų pavyzdys

Rišiklio iš technogeninių atliekų sudėtis (masės %) yra tokia:

ekstrakcinis pushidratis fosfogipsas – 15,0

biokuro pelenai – 45,0

skystasis stiklas – 15,0

natrio karbonatas – 5,0

vanduo – 20,0

Esant mažesniai nei 10 % EF kiekiui, rišiklis pasižymi dideliu tankiu ir mažu gniuždymo stipriu, todėl tampa netinkamas minimalioms stiprio reikšmėms užtikrinti. Esant mažesniai nei 50 % BDA kiekiui, taip pat neužtikrinamas pakankamas rišiklio gniuždymo stipris. Iš aprašyto rišiklio pagaminti gaminiai gali būti naudojami gyvenamųjų ir pramoninių pastatų atitvaroms bei grindims įrengti. Pagrindiniai išradimo esmę apibūdinantys požymiai ir privalumai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Pagrindiniai išradimo esmę apibūdinantys požymiai ir privalumai

Savybė	Nustatyta vertė	
	1 pavyzdys	2 pavyzdys
Tankis, kg/m ³	1360	1280
Gniuždymo stipris, MPa	13,4	11,3
Šilumos laidumo koeficientas, W/m·K	0,2113	0,2110

Siūlomas gaminti rišiklis iš technogeninių atliekų visiškai atitinka Lietuvos Respublikos Atliekų tvarkymo įstatymo trečiąjį atliekų tvarkymo prioritetą: „pagaminti iš susidariusių atliekų gaminius arba antrines žaliavas, tinkamas gaminiams gaminti.“

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Rišiklis iš technogeninių atliekų, kurį sudaro rišiklio kietoji dalis, sudaryta iš ekstrakcinio pushidračio fosfogipso ir biokuro pelenų, bei aktyvatorius, turintis skystojo stiklo, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad aktyvatoriuje yra natrio karbonato; rišamoji medžiaga sudaryta iš šių komponentų tokiu masės santykiu (%):

ekstrakcinis pushidračio fosfogipsas – 10–20,

biokuro pelenai – 15,0–50,0,

skystasis stiklas – 10,0–15,0,

natrio karbonatas – 5,0,

vanduo – 15–20.

2. Rišiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad technogeninės atliekos – ekstrakcinis pushidratis fosfogipsas ir biokuro pelenai – sudaro 70 % rišiklio masės.