



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00499

(22) Data de depozit: 19/08/2019

(41) Data publicării cererii:  
26/02/2021 BOPI nr. 2/2021

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE ÎN  
CONSTRUCȚII, URBANISM ȘI  
DEZVOLTARE TERITORIALĂ DURABILĂ  
"URBAN - INCERC", ȘOS. PANTELIMON  
NR.266, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• LĂZĂRESCU ADRIAN-VICTOR,  
STR.OBORULUI NR.2, BL.80, SC.D, ET.4,  
AP.28, LIPOVA, AR, RO;

• SZILAGYI HENRIETTE, STR.ARINILOR  
NR.11, BL.H1, SC.1, ET.7, AP.25,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• BAERĂ CORNELIA, STR.PARIS NR.2,  
ET.5, AP.19, TIMIȘOARA, TM, RO;  
• HEGYI ANDREEA-CRISTINA,  
STR.BUCIUM NR.5, BL.D3, SC.3, ET.3,  
AP.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• MEIȚĂ VASILE, CALEA CĂLĂRAȘILOR  
NR. 174, BL. 58, ET. 7, AP. 19, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) **PROCEDEU DE REALIZARE ȘI SISTEM DE PAVELE, DALE  
ȘI BORDURI STRADALE DIN MICROBETON GEOPOLIMER  
ACTIVAT ALCALIN, FĂRĂ CONȚINUT DE CIMENT**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de realizare a unui microbeton geopolimer activat alcalin fără conținut de ciment și la elementele prefabricate cum sunt pavelele, dalele și bordurile stradale realizate cu acest microbeton, acestea fiind utilizate pentru amenajarea drumurilor pietonale, pistelor de biciclete, parcărilor, șoselelor, autostrăzilor spațiilor industriale, docurilor și porturilor, pistelor de avioane și altele asemenea. Procedeu conform invenției pentru realizarea microbetonului geopolimer constă în amestecarea următoarelor materii prime: maxim 40% cenușă de termocentrală clasa F existentă în România, cu finețea caracterizată ca rest pe sită de 0,045 mm, un activator alcalin pe bază de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  și NaOH și agregate naturale de râu cu granulația maximă de 8 mm, raportul masic dintre soluția de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  și soluția de NaOH utilizate pentru prepararea activatorului alcalin fiind cuprins între 0,5...2,5, iar raportul masic dintre activatorul alcalin și cenușa de termocentrală este cuprins între 0,5...1,0. Pavelele conform invenției au lungimea

cuprinsă între 200...250 mm $\pm$ 2 mm, lățimea totală de 80...110 mm $\pm$ 2 mm, înălțimea de 60...80 mm $\pm$ 3 mm și au după 7 zile de la turnare o rezistență la despicare de minim 3,6 MPa. Dalele conform invenției au o lungime cuprinsă între 200...1000 mm $\pm$ 5 mm, o lățime variabilă, înălțimea cuprinsă între 30...100 mm $\pm$ 5 mm și au după 7 zile de la turnare o rezistență la întindere prin încovoiere de minim 3,5 MPa. Bordurile conform invenției au o lungime cuprinsă între 500...1000 mm $\pm$ 3 mm, lățime de minim 200 mm $\pm$ 3 mm, înălțime de minim 200 mm $\pm$ 3 mm, și au la 7 zile de la turnare o rezistență la întinderea prin încovoiere de minim 3,5 MPa, toate aceste elemente prefabricate de pavaj având o densitate de 1600...1900 Kg/m<sup>3</sup>, absorbție de apă de max. 6%, rezistență la uzură Bohme de maxim 20000 mm<sup>3</sup>/5000 mm<sup>2</sup> și pierdere de masă după îngheț-dezghet de max. 1 Kg/m<sup>2</sup>.

Revendicări: 5

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## **Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment**

Invenția se referă la un *Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment*, utilizând ca materii prime cenușa de termocentrală disponibilă în România, un activator alcalin pe bază de silicat de sodiu ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) și hidroxid de sodiu ( $\text{NaOH}$ ) și agregate naturale de râu sort cu dimensiunea maximă de 8 mm, destinat realizării pavelelor.

În urma *Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment* se obțin pavele, dale și borduri nearmate, pentru utilizare pietonală (drumuri pietonale, zone pietonale), piste de biciclete, parcuri, șosele, autostrăzi, spații industriale (inclusiv docuri și porturi), piste de avioane, stații pentru mijloace de transport în comun, benzinării.

Pavelele, Dalele și Bordurile din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment sunt elemente prefabricate, gata pentru pus în operă, a căror structură este formată dintr-o matrice de liant geopolimer în care sunt înglobate agregate naturale de râu cu granula maximă de 8 mm.

Principala particularitate a *Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment* este utilizarea materiilor prime locale, a cenușii de termocentrală activată alcalin și agregatelor naturale de proveniență românească.

În principiu, materiile prime utilizate pentru producerea microbetonului geopolimeric sunt cenușa de termocentrală, activatorul alcalin și agregatele. Activatorul alcalin este o soluție realizată din amestecarea cantitativ controlată de soluție de silicat de sodiu  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  și o soluție de hidroxid de sodiu  $\text{NaOH}$ .

Așa cum arăta Davidovits încă din 1979, matricea liantului geopolimeric se bazează pe o structură Si-O-Al-O, prin alternarea tetraedrelor de  $\text{SiO}_4$  și  $\text{AlO}_4$ , unite între ele în trei direcții cu toți atomii de oxigen, numindu-le materiale geopolimere (Davidovits, 1979). Într-o metodă simplificată, se poate afirma că geopolimerii pot fi sintetizați prin activarea alcalină a unor materiale care sunt bogate în  $\text{SiO}_2$  și  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Al Bakri Abdullah et al., 2011b).

Aportul de oxizi necesar producerii liantului geopolimer al fiecărui material în parte este prezentat în figura 1. Agregatele naturale de râu formează un schelet "îmbrăcat" în matricea de liant geopolimeric.

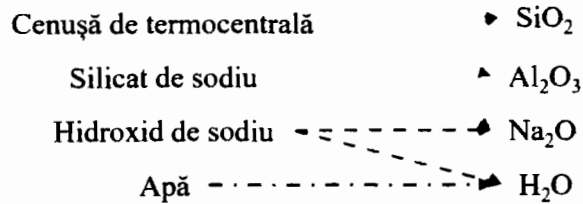


Fig. 1. Originea elementelor molare care compun pasta geopolimeră activată alcalin

Formula empirică pentru întregul proces de geopolimerizare a liantului este (Davidovits, 1988):



unde: M – reprezintă elementul alcalin, care poate fi: K (potasiu); Na (sodiu); Ca (calciu);

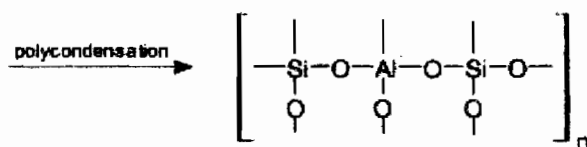
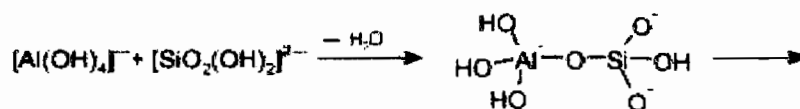
Simbolul “-” indică prezența unei legături;

n – reprezintă gradul de policondensare (sau polimerizare);

z – este 1, 2, 3 sau mai mare, până la 32;

w - reprezintă numărul moleculelor de apă legată.

În momentul în care cele două componente ale materialului geopolimer (solidele reactive și soluția alcalină) reacționează, se formează o rețea alumino-silicată, rezultând un produs dur, rezistent la apă (Duxon et al., 2007). Reacția de geopolimerizare mai poate fi exprimată chimic și conform sirului de ecuații chimice (2).



(2)

Reacția de geopolimerizare (Duxon et al., 2007)

În prezent, aceste materiale sunt în curs de dezvoltare, cercetările fiind încurajate preponderent de nevoia de a reduce emisiile de CO<sub>2</sub> la nivel global. Având excelente proprietăți mecanice și rezistențe în medii agresive, aceste materiale reprezintă o oportunitate atât pentru mediul înconjurător, cât și pentru inginerie, o alternativă la tehnologia tradițională (Lloyd și Rangan, 2010). Trebuie totuși ținut cont și de faptul că producerea de activatori pe baza de silicat de sodiu sau hidroxid de sodiu produce emisii care nu sunt de tipul “gazelor cu efect de seră” (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>,

fosfați, etc.), însă pot deveni problematici dacă nu se continuă dezvoltarea unor metode riguroase de producere a acestora (Herbert et al., 2011).

La nivel mondial, cercetări cu privire la materialele geopolimere activate alcalin există, dar punerea în operă a acestora diferă foarte mult, datorită unor factori care influențează foarte mult acest tip de material liant. Parametrii care influențează caracteristicile finale ale liantului geopolimer sunt:

- Caracteristicile fizico-chimice ale cenușii de termocentrală
- Proprietățile activatorului alcalin
- Raportul dintre Soluția  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  și Soluția  $\text{NaOH}$
- Raportul dintre activatorul alcalin și materialul sursă
- Raportul dintre materiile prime solide și apa
- Parametrii tratamentului termic

Cantitatea mare de cenușă de termocentrală rezultată în urma arderilor cărbunilor pentru producerea de energie electrică, pe teritoriul României, poate crea noi oportunități de realizare a acestui tip de materiale inovative, cu durabilitate satisfăcătoare și cu impact negativ asupra mediului, redus. În România există multe centrale termoelectrice ale căror cenușă, rezultată ca subprodus/deșeu ar putea fi exploatată pentru producerea de beton geopolimer bazat pe cenușă de termocentrală (Figura 2).



Fig. 2. Repartiția geografică a centralelor din România (CEPROCIM, 2009)

În brevetul de invenție cu numărul RO00121965 se menționează o invenție referitoare la o compoziție de ciment ecologic cu conținut de 35-40% cenușă de termocentrală. Acest material se deosebește de liantul geopolimer care face obiectul prezentei solicitări prin aceea că are un conținut

de ciment de 6-8% și soluție apoasă de ester a unei rășini modificate, rezultată din conifere de 0,18-0,22 l și este destinat realizării construcțiilor rutiere hidrotehnice.

În brevetul de invenție cu numărul RO00123502 se menționează o invenție referitoare la o compoziție pentru beton macroporos polimeric destinat construcțiilor civile și industriale. Compoziția betonului macroporos polimeric este constituită din agregate polimerice sub formă de cuburi având laturi de 25 mm, 15 mm și 10 mm, și sub formă de sfere cu diametrul de 3 mm, agregat mineral, cu o granulație de 0,05...0,1 mm, liant mineral, rășină acrilică, rășină epoxidică bisfenolică, întăritor și apă, ceea ce îl diferențiază net de microbetonul geopolimer care face obiectul prezentei solicitări.

În brevetul de invenție cu numărul RO00125903 se menționează o invenție referitoare la o compoziție și un procedeu de obținere a unui amestec ciment-polimer precum și procedeu de aplicare a compoziției la pavat drumuri și șosele. Acest amestec ciment - polimer se diferențiază net de microbetonul geopolimer care face obiectul prezentei solicitări deoarece se utilizează ca materii prime cenușă de termocentrală dar și ciment negru de fum și oxid de zinc.

În brevetul de invenție cu numărul RO00106126 se menționează o invenție referitoare la un procedeu de obținere a unor produse din betoane pe bază de cenușă de termocentrală. Conținutul de activator chimic calcic și de deșeuri din fibră de sticlă, precum și întărirea realizată 15 °C - 30°C și umiditate de 70 - 100% sau prin efect de seră diferențiază acest procedeu de cel de realizare a microbetonului geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment care face obiectul prezentei solicitări.

În brevetul de invenție cu numărul RO00118459 se menționează o invenție referitoare la pavea realizată însă din beton.

În brevetul de invenție cu numărul RO00122269 se menționează o invenție referitoare la un procedeu și un produs stratificat pentru dale, pavele și borduri realizate însă dintr-un strat inferior de beton și un strat superior din granule de cauciuc.

În brevetul de invenție cu numărul RO00120718 se menționează o invenție referitoare la un sistem de pavare a cărui inovativitate constă însă în caracteristicile dimensionale și de formă, respectiv modul de punere în operă.

În brevetul de invenție cu numărul RO00116792 se menționează o invenție referitoare la un procedeu și instalație de obținere a pavelelor, realizate însă din beton.

În brevetul de invenție cu numărul EP2852562, publicat și sub numerele UAa201413803, CA2874234, CN104781209, US20150321960, AU2013264456, DK2852562, BR112014029174, ES2625015, ID2015/01680, MYPI 2014003224, IN2396/MUMNP/2014, PT2852562, WO2013/176545 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține zahăr, derivați ai acestuia, acizi organici și sare.

În brevetul de invenție cu numărul EP2951133, publicat și sub numerele KR1020150118969, US20150376060, RU2015133906, ID2017/00351, TH160513, BR112015018590, IN2336/KOLNP/2015, RU0002664723, WO2014/118242, se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer rezistent la foc, cu compuși pe bază de magneziu.

În brevetul de invenție cu numărul US09290416 se menționează o invenție referitoare la un procedeu de realizare a unui material geopolimer pe bază de cenușă de termocentrală, dar principiul de realizare este bazat pe metodă de calcul teoretic al compoziției. Un procedeu asemănător este prezentat și în brevetul de invenție cu numărul WO2005049522, publicat și sub numerele ZA2006/04360, EP1689691, US20070125272, CN1882516, CA2545407, NZ547756, AU2004290614, IN1311/KOLNP/2006, EP1689691, a cărui principală diferență față de propunerea prezentată este conținutul de 40-60% agregate, iar activatorul alcalin poate conține un silicat a metalelor din grupa alcalino-pământoase, nu neapărat silicatul de sodiu.

În brevetul de invenție cu numărul CN106630903 se menționează o invenție referitoare la fundații cu durabilitate ridicată realizate din beton geopolimer în a cărui compoziție se regăsește cenușă de termocentrală dar și zgură.

În brevetul de invenție cu numărul WO2011135584, publicat și sub numărul IN1365/MUM/2010, se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer activat alcalin, dar în compoziția căruia se regăsește și hidroxid de calciu și ciment Portland.

În brevetul de invenție cu numărul IN1830/CHE/2015 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer dar pe bază de cenușă de vatră (cenușă grea) activată alcalin, cu întărire la temperatura normală, fără tratament termic.

În brevetul de invenție cu numărul CN104529300 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer cu conținut de pulbere de sticlă, zgură, caolin, oxid de zinc, dioxid de titan etc.

În brevetul de invenție cu numărul IN6203/DELNP/2011, publicat și sub numerele EP2385966, US20110271876, CN102325736, WO2010/079414 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține zgură de furnal și bauxită.

În brevetul de invenție cu numărul NZ707001, publicat și sub numerele US20150321954, AU2013344816, WO2014/075134 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține și carbonat de sodiu.

În brevetul de invenție cu numărul CN103172295 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziția activatorului conține trietanolamina, a reducător de apă naftalinic, pudră de cuarț și lapte de var.

În brevetul de invenție cu numărul IN7105/CHE/2015 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține și nisip cu curbă granulometrică controlată.

În brevetul de invenție cu numărul CN109437701 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține și argilă și pubră de cristobalit.

În brevetul de invenție cu numărul CN106336158 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține și pudră de deșeuri minerale, silice ultrafină, agent reducător de apă și agregate.

În brevetul de invenție cu numărul CN106082927 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține și zgură, micro-pudră din deșeuri din construcții și pudră de hidroxid de sodiu.

În brevetul de invenție cu numărul JP2016005994 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține și zgură de furnal și silice ultrafină.

În brevetul de invenție cu numărul RU0002599742 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține și hidroxid de potasiu și silice ultrafină, iar activatorul alcalin conține și silicat de potasiu..

În brevetul de invenție cu numărul WO2016030904 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție nu conține hidroxid de sodiu, în schimb conține zgură de furnal.

În brevetul de invenție cu numărul RU0002517729 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține un aditiv intensificator de gelifiere pe bază de minerale argiloase (montmorilonit), iar temperatura de tratament termic este cuprinsă în intervalul 25°C -75°C.

În brevetul de invenție cu numărul IN201841008645 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține zgură de furnal, nanosilice, apă de mare și praf de marmură.

În brevetul de invenție cu numărul CN101891498 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține praf de aluminiu.

În brevetul de invenție cu numărul IN201737001848, publicat și sub numerele AU2015303826, US20170204008, CN107074651, WO2016/023073 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține fie cenușă de termocentrală, fie un filo-silicat de aluminiu ca înlocuitor al acesteia.

În brevetul de invenție cu numărul WO2014141051, publicat și sub numărul EP2970003 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer celular, cu densitate aparentă de 400 kg/m<sup>3</sup> - 1200 kg/m<sup>3</sup> și rezistență la compresiune la 28 zile de la turnare de 3 - 17 MPa și care în



compoziție conține ciment Portland, zgură de furnal, meta-caolin, praf de cuptor, aluminosilicați puzzolanici bogați în oxid de calciu și agent de gelifiere.

În brevetul de invenție cu numărul WO2012083255, publicat și sub numerele CA2821512, EP2651846, JP2013545714, MX342948, RU2013132983, KR1020140010018, RU0002599742, BR112013014685, VN35844 TH147136, CN107265937, IN5571/CHENP/2013, EG27474 se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține aditiv puzzolanic, nanosilice, iar temperatura de tratament termic este 90-150 °C.

În brevetul de invenție cu numărul IN9721/DELNP/2014, publicat și sub numerele UAa201412514, CA2871577, CN104245621, EP2841390, JP2015514675, KR1020150006855, RU2014146785, NZ702224, AU2013252686, RU0002622263, BR112014025056, MYPI 2014703079, WO2013/163010, se menționează o invenție referitoare la un material geopolimer, dar care în compoziție conține și sulfat de calciu.

În brevetul de invenție cu numărul CN106854045, publicat și sub numerele CN106854072, CN106854059 se menționează o invenție referitoare la o metodă de realizare a unui material geopolimeric care, însă, utilizează zgură și agregate reciclate.

În brevetul de invenție cu numărul US20180015515, publicat și sub numerele SG11201607307Q, MYPI 2017702815, CA2976409, CN107249765, KR1020170116086, PH1/2017/501408, ID2018/01002, WO2016/128994, se menționează o invenție referitoare la o metodă de realizare a elementelor de pavaj utilizând deșeuri municipale. Principala diferență față de prezenta solicitare este realizarea unui geopolymer utilizând nu cenușa de termocentrală ci, cenușa rezultată din arderea deșeurilor municipale solide.

În brevetul de invenție cu numărul IN201841049049 se menționează o invenție referitoare la o metodă de realizare a elementelor de pavaj din material geopolimeric dar, acestea se raportează la condițiile de testare și admisibilitate conf. IS 15658:2006, mai permisiv din punct de vedere al limitelor de acceptabilitate și care prevede testarea la 28 de zile de la turnare, iar în compoziția geopolimerului se utilizează zgură de furnal.

În brevetul de invenție cu numărul US20100058957 se menționează o invenție referitoare la o metodă de realizare a unui material geopolimeric care se poate folosi la fabricarea elementelor de pavaj dar în compoziția acesteia utilizându-se agregate reciclate iar activatorul alcalin putând conține hidroxizi, carbonați, aluminați, silicați ai metalelor alcalino-pământoase sau combinații ai acestora.

Cu toate că în documentele prezentate mai sus există elemente comune cu **Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment** - în general prezența cenușii de termocentrală și utilizarea metodei de activare alcalină a acesteia, nici unul dintre ele nu face referire la un produs sau procedeu de



obținere a unui microbeton geopolimer utilizând exclusiv cenușă de termocentrală disponibilă în România și fiecare dintre cele anterior prezentate au cel puțin o particularitate care le diferențiază. Așa cum s-a prezentat anterior, caracteristicile generale, compoziția oxidică și finețea cenușii de termocentrală, precum și etapele tehnologice de preparare a activatorului alcalin sunt esențiale pentru realizarea liantului geopolimer, respectiv a produsului finit - pavla, dala sau bordura din microbeton geopolimer, și diferențiază evident procedeul de realizare a microbetonului geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment care face obiectul prezentei solicitări, în raport cu documentele prezentate și analizate mai sus.

**Scopul** acestei invenții este de a oferi, utilizând materiale locale din România, o soluție completă și prietenoasă cu mediul pentru realizarea de pavele din materiale de construcții alternative, cu impact redus asupra mediului prin aplicarea conceptului de economie circulară pentru cenușa de termocentrală care dintr-un sub-produs industrial devine materie primă în proiectarea și realizarea materialelor geopolimere activate alcalin, prevenind astfel conversia sa în deșeu haldat.

**Inovativitatea** acestei invenții constă în valorificarea materialelor locale prin dezvoltarea de compoziții noi de materiale activate alcalin doar pe bază de cenușă de termocentrală și proiectarea specifică a compozițiilor potrivite pentru realizarea elementelor prefabricate pentru pavaj cu caracteristici fizico-mecanice satisfăcătoare domeniului de utilizare preconizat.

**Problema** pe care o rezolvă acest **Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment**, prin concepți sa, este oferirea unei posibilități de realizare a unui material fără conținut de ciment care reintroduce în circuitul economic un subprodus/deșeu - cenușa de termocentrală, care până în prezent este haldat. Prezenta solicitare este fundamental motivată pe necesitatea, identificată atât la nivel global, cât și la nivel național, de a implementa principiile unei dezvoltări durabile, cu consum sustenabil a resurselor, de valorificare a deșeurilor existente și prevenție a generării unora noi, în contextul ecologic mondial de reducere drastică a efectelor cu caracter nociv referitor la poluarea, destabilizarea ecosistemelor, încălzirea globală și toate elementele conexe acestora. În acest sens prezenta propunere abordează cercetarea în profunzime a potențialului valorificării cenușii de termocentrală, ca materie primă.

**Dificultatea** realizării microbetonului geopolimer constă în aceea că caracteristicile fizico-chimice ale cenușii de termocentrală variază în funcție de parametrii tehnologici ai termocentralei, tipul de cărbune ars, tipul instalației de captare, modalitățile de prelucrare post-captare a cenușii etc. Astfel, cenușa de termocentrală poate prezenta variații ale compoziției oxidice, granulozitate, suprafață specifică etc., toate acestea influențând evoluția mecanismului de geopolimerizare. De asemenea, raportul liant - agregate naturale și distribuția granulometrică a agregatelor influențează

definitoriu distribuția agregatelor în matricea geopolimerică și caracteristicile fizico-mecanice, de rezistență și durabilitate a pavelor.

**Avantajele** utilizării **Procedului de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment** sunt posibilitatea reintroducerii în circuitul economic a unui subprodus/deșeu haldat, poluant - cenușa de termocentrală și posibilitatea de realizare a unor elemente prefabricate mici (pavele, dale, borduri) care pot fi utilizate după 7 zile de la turnare, reducând astfel durata de depozitare în vederea maturării, durată care în cazul prefabricatelor similare din beton este de 28 de zile de la turnare. Mai mult, elementele prefabricate pentru pavaj realizate din microbetonul geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment, maturate mai repede decât cele din beton, prezintă la maturitate caracteristici de rezistență mecanică comparabile cu cele din beton și o densitate a materialului mai mică, ceea ce reduce inclusiv efortul de depozitare, transport, manipulare și punere în operă. Pe de altă parte, **Procedul de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment** contribuie la reducerea emisiilor de carbon ca urmare a faptului că nu utilizează ciment - cunoscut fiind faptul că industria producătoare de ciment este puternic poluatoare.

### *Exemplu de realizare*

**Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment** utilizează următoarele materii prime:

- I. cenușa de termocentrală - material pulverulent, cu finețea caracterizată ca rest pe sita de 0,045 mm, maxim 40%. Se utilizează cenușă de termocentrală Clasa F, conform ASTM C618/2019 cu următoarele condiții impuse pentru compoziția oxidică:  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 70\%$ ;  $\text{SO}_3 < 5\%$ ;  $\text{PC} < 6\%$ .
- II. activatorul alcalin - soluție preparată prin amestecarea în proporții cunoscute a soluției de silicat de sodiu ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) și hidroxid de sodiu ( $\text{NaOH}$ ).
- III. agregate naturale de râu cu granula maximă de 8 mm.

Parametrii tehnologici impuși pentru **Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment** și etapele procesului tehnologic sunt:

- Proprietățile materiilor prime de preparare ale activatorului alcalin
  - soluția de silicat de sodiu ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) este produs comercializat și cunoscută și sub numele de "apă de sticlă", cu un raport între concentrațiile molare procentuale  $\text{SiO}_2 / \text{Na}_2\text{O}$  în intervalul 1,5 și 3,5 și se utilizează ca atare;

- soluția de hidroxid de sodiu (NaOH) se prepară prin dizolvarea în apă a fulgilor de hidroxid de sodiu (NaOH), astfel încât să se obțină concentrații molare de 8M, 10M sau 12M. Soluția de hidroxid de sodiu (NaOH) se utilizează după 24 h de la preparare și păstrare în recipiente închise.

➤ Raportul masic dintre soluția  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  și soluția NaOH utilizat pentru prepararea activatorului alcalin este cuprins în intervalul 0,5 - 2,5.

➤ Vârsta activatorului alcalin - activatorul alcalin se utilizează după 24 h de la preparare și păstrare în recipiente închise.

➤ Raportul masic dintre activatorul alcalin și cenușa de termocentrală este cuprins în intervalul 0,5 - 1,0.

➤ Distribuția granulometrică a agregatelor naturale de râu - amestec realizat din proporții masice de sort 0-4 mm : sort 4-8 mm curpinse în intervalul 1:1 - 1:2.

➤ Raportul procentual masic dintre agregatele naturale de râu și liantul geopolimeric este 50% - 50%, 60% - 40%, 65% - 35% sau 70% - 30%.

➤ Tehnologia de preparare - amestecarea componentelor se realizează la o temperatură de  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , în următoarele etape:

- realizarea amestecului de sorturi de agregate naturale de râu (1 parte sort 0/4 mm și 1-2 părți sort 4/8 mm) prin malaxare la viteză redusă, timp de 30 de secunde.

- realizarea amestecului uscat prin adăugarea în amestecul de agregate a cantității prestabilite de cenușă de termocentrală și omogenizarea materiei uscate (agregat + cenușă) prin malaxare la viteză redusă pentru încă 30 de secunde.

- adăugarea activatorului alcalin cu o viteză astfel încât întreaga cantitate de soluție să fie introdusă în cuva de malaxare pe durata a 90 de secunde.

- malaxarea la viteză redusă a amestecului proaspăt de microbeton geopolimer timp de 3 minute.

➤ Turnarea în tipare - microbetonul geopolimer proaspăt se toarnă în tipare de polipropilenă, cu forme și geometrie uzuale pentru elementele de pavare. Astfel, pentru realizarea pavelelor se utilizează matrițe cu lungime de 200-250 mm, lățime totală de 80-110 mm și înălțime de 60-80 mm. Pentru ca produsul final să poată fi încadrat ca pavelă, conform SR EN 1338:2004, se impun concomitent următoarele condiții dimensionale:

- la o distanță de 50 mm de orice margine, orice secțiune transversală nu prezintă o dimensiune mai mică de 50 mm.

- raportul dintre lungimea totală și grosime este mai mică sau egală cu 4.

Pentru realizarea dalelor se utilizează matrițe cu lungime de 200-1000 mm, lățime variabilă și înălțime de 30-100 mm. Pentru ca produsul final să poată fi încadrat ca dală, conform SR EN 1339:2004, se impun concomitent următoarele condiții dimensionale:

- lungimea totală nu depășește 1000 mm.
- raportul dintre lungimea totală și grosime este mai mare ca 4.

Pentru realizarea bordurilor se utilizează matrițe cu lungime de 500-1000 mm, lățime maximă min. 200 mm și înălțime de minim 200 mm. Matrițele utilizate pot fi alese fie corespunzătoare tipului de bordură teșită, fie tipului de bordură curbată, cu raza de curbură 0,5-15 m.

➤ Vibrarea - după turnarea în tipare, acestea se vibrează timp de 5 minute pentru omogenizare și eliminarea eventualelor bule de aer incluse în masa de microbeton geopolimer în procesul de preparare sau turnare.

➤ Procedura de tratament termic - microbetonul geopolimer preparat se întărește prin păstrare la temperatura de 50°C -80°C, timp de 4-48 h.

În figura 3 este prezentat schematic fluxul tehnologic pentru ***Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment.***

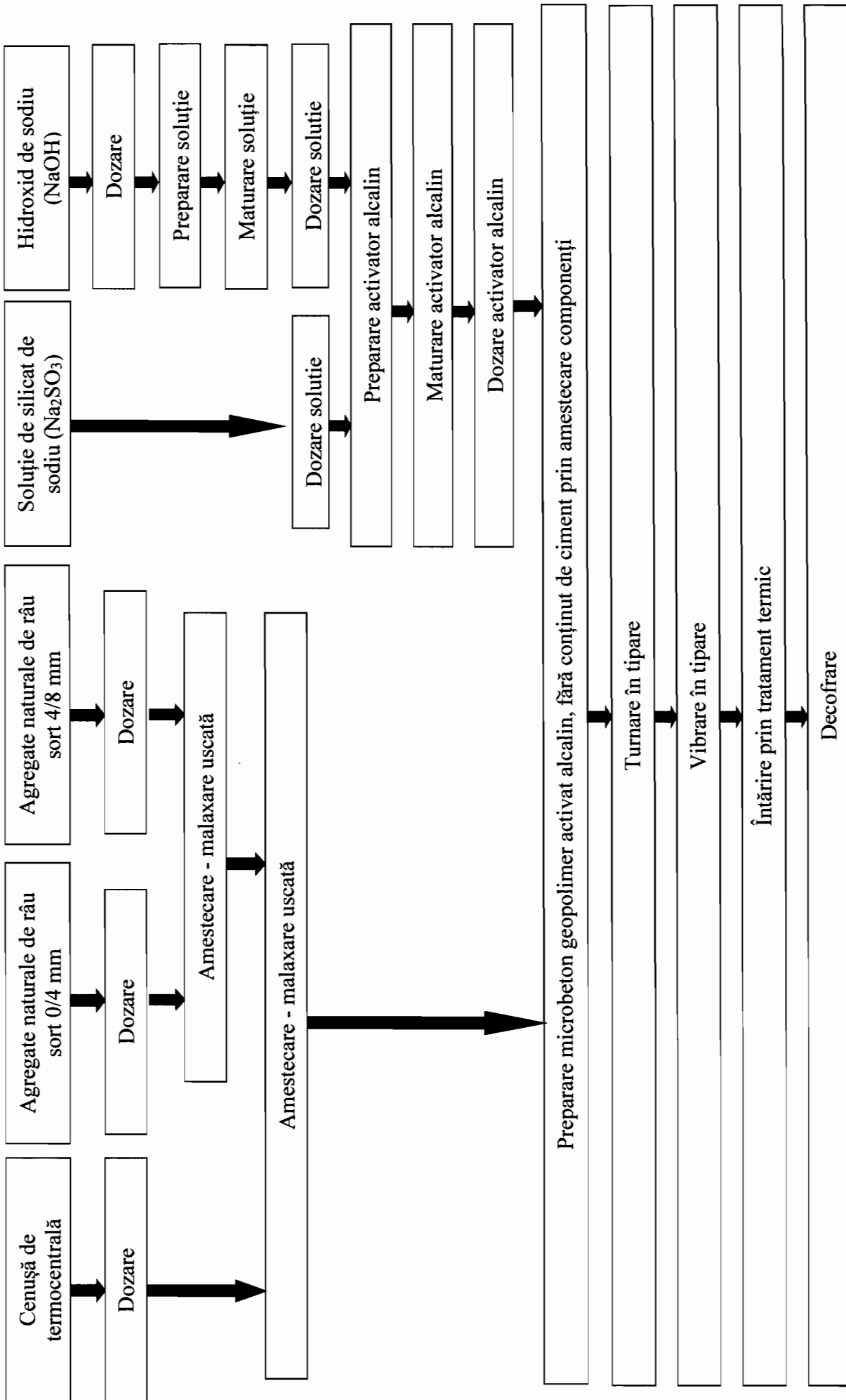


Figura 3. Fluxul tehnologic pentru *Procedeu de realizare și sistem de realizare și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment*

După întărirea sub tratament termic, produsul finit se decofrează cu ușurință deoarece microbetonul geopolimeric nu are aderență mare la polipropilena din care sunt realizate matrițele. La decofrare se poate realiza o ușoară debavurare, acolo unde este cazul, după care elementele prefabricate se depozitează pe paleți din lemn, în condiții normale de temperatură și umiditate, ferite de acțiunea directă a razelor solare, ploii, gerului sau altor condiții extreme de mediu, până la atingerea vârstei de 7 zile de la turnare. La atingerea acestei vârste produsele îndeplinesc cerințele necesare punerii în operă facile și de durabilitate.

Punerea în operă a pavelor, dalelor și bordurilor din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment se realizează fără dificultăți particulare, de către personal calificat pentru lucrări de pavare, pe pat de nisip, în mod similar cu punerea în operă a pavelor, dalelor și bordurilor clasice din beton.

Pavelele din microbeton geopolimeric rezultate ca urmare a parcurgerii procesului tehnologic prezentat în diagrama din figura 3 sunt produse prefabricate care, la vârsta de 7 zile de la turnare, prezintă următoarele caracteristici fizico-mecanice și de aspect (determinate conf. SR EN 1338):

- Aspect - culoare gri-maro închis, aspect neted, fără porozitate deschisă la suprafață.
- Forma - variabilă, în funcție de forma matriței.
- Dimensiuni - lungime de (200-250) mm  $\pm$  2 mm, lățime totală de (80-110) mm  $\pm$  2 mm, înălțime de (60-80) mm  $\pm$  3 mm.
- Densitate aparentă - 1600 - 1900 kg/m<sup>3</sup>.
- Absorbție de apă - maxim 6%.
- Rezistența la întindere prin despicare - minim 3,6 MPa.
- Rezistența la uzură prin abraziune Bohme - pierdere de volum după 16 cicluri a 22 de rotații, maxim 20000 mm<sup>3</sup> / 5000 mm<sup>2</sup>.
- Rezistența la îngheț-dezghet - pierdere de masă maxim 1 kg/m<sup>2</sup>.

Dalele din microbeton geopolimeric rezultate ca urmare a parcurgerii procesului tehnologic prezentat în diagrama din figura 3 sunt produse prefabricate care, la vârsta de 7 zile de la turnare, prezintă următoarele caracteristici fizico-mecanice și de aspect (determinate conf. SR EN 1339):

- Aspect - culoare gri-maro închis, aspect neted, fără porozitate deschisă la suprafață.
- Forma - variabilă, în funcție de forma matriței.
- Dimensiuni - lungime de (200-1000) mm  $\pm$  5 mm, lățime variabilă, înălțime de (30-100) mm  $\pm$  5 mm.
- Densitate aparentă - 1600 - 1900 kg/m<sup>3</sup>.
- Absorbție de apă - maxim 6%.
- Rezistența la încovoiere - minim 3,5 MPa.

- Rezistența la uzură prin abraziune Bohme - pierdere de volum după 16 cicluri a 22 de rotații, maxim  $20000 \text{ mm}^3 / 5000 \text{ mm}^2$ .
- Rezistența la îngheț-dezghet - pierdere de masă maxim  $1 \text{ kg/m}^2$ .

Bordurile din microbeton geopolimeric rezultate ca urmare a parcurgerii procesului tehnologic prezentat în diagrama din figura 3 sunt produse prefabricate care, la vârsta de 7 zile de la turnare, prezintă următoarele caracteristici fizico-mecanice și de aspect (determinate conf. SR EN 1339):

- Aspect - culoare gri-maro închis, aspect neted, fără porozitate deschisă la suprafață.
- Forma - variabilă, în funcție de forma matriței.
- Dimensiuni - lungime de  $(500-1000) \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ , lățime min.  $200 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ , înălțime de min.  $200 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ .
- Densitate aparentă -  $1600 - 1900 \text{ kg/m}^3$ .
- Absorbție de apă - maxim 6%.
- Rezistența la încovoiere - minim 3,5 MPa.
- Rezistența la uzură prin abraziune Bohme - pierdere de volum după 16 cicluri a 22 de rotații, maxim  $20000 \text{ mm}^3 / 5000 \text{ mm}^2$ .
- Rezistența la îngheț-dezghet - pierdere de masă maxim  $1 \text{ kg/m}^2$ .

Aceste caracteristici fizico-mecanice pot varia în funcție de tipul și caracteristicile cenușii de termocentrală, concentrația molară a soluției de NaOH, raportul masic dintre soluția  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  și soluția NaOH utilizat pentru prepararea activatorului alcalin, raportul masic dintre activatorul alcalin și cenușa de termocentrală, temperatura și durata tratamentului termic, valorile prezentate mai sus fiind nivelul minim de performanță atins.

În figurile 4 și 5 sunt prezentate, exemplificativ, fără a fi considerate semnificativ din punct de vedere al formei și dimensiunilor, pavelele din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment.



Fig. 4. Pavelă din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment  
( $23,7 \times 10,3 \times 6,0 \text{ cm}$ )

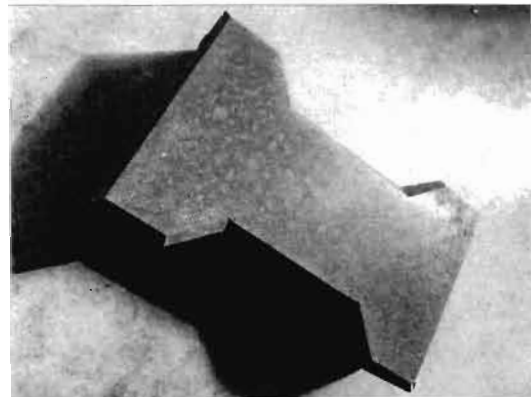


Fig. 5. Pavelă din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment  
( $22,5 \times 8,8 \times 6,0 \text{ cm}$ )



**Bibliografie**

1. Nagy G. L., Brevet de invenție nr. RO00121965 Compoziție de beton ecologic, <http://online.osim.ro/cgi-bin/invsearch8> (accesat august 2019).
2. Stănculescu M., Brevet de invenție nr. RO00123502 Beton macroporos polimeric, <http://online.osim.ro/cgi-bin/invsearch8> (accesat august 2019).
3. Voina N., Brevet de invenție nr. RO00106126 Procedeu de obținere a unor produse din betoane pe bază de cenușă de termocentrală, <http://online.osim.ro/cgi-bin/invsearch8> (accesat august 2019).
4. Iorgoiu C.-D., Velcea M., Brevet de invenție nr. RO00125903 Compoziție și procedeu de obținere a unui amestec ciment-polimer precum și procedeu de aplicare a compoziției la pavat drumuri și șosele, <http://online.osim.ro/cgi-bin/invsearch8> (accesat august 2019).
5. Abagiu T. A. et al., Brevet de invenție nr. RO00129872 Procedeu de obținere a betoanelor termoizolatoare pe bază de cenușă grea de termocentrală, <http://online.osim.ro/cgi-bin/invsearch8> (accesat august 2019).
6. Kortmann K., Brevet de invenție nr. RO00118459 Pavea de beton, <http://online.osim.ro/cgi-bin/invsearch8> (accesat august 2019).
7. Duca A., Stroe M., Brevet de invenție nr. RO00122269 Produs stratificat pentru dale, pavele și borduri stradale, și procedeu de realizare a acestuia, <http://online.osim.ro/cgi-bin/invsearch8> (accesat august 2019).
8. Oltăcan D. D., Brevet de invenție nr. RO00120718 Sistem de pavare, <http://online.osim.ro/cgi-bin/invsearch8> (accesat august 2019).
9. Nicolaescu S., Brevet de invenție nr. RO00116792 Procedeu pentru obținerea pavelelor de beton și instalație pentru aplicarea procedeuului, <http://online.osim.ro/cgi-bin/invsearch8> (accesat august 2019).
10. Kakebeeke P., Izaak J., Keulen A., EP2852562 Geopolymer activator composition and geopolymer binder, paste and concrete prepared therewith (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
11. Werz J., Kesselheim B., Rudert D., Beimdick K., EP2951133 Geopolymer-binder system for fire concretes, dry fire concrete mix containing the binder system and also the use of the mix (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
12. Allouche E. N., Diaz-Loya E. I., US09290416 Method for geopolymer concrete (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
13. Shudong C., Tianting D., Qihua L., J., Kai K., Jianfeng Y., Miaochen L., Maolin H., CN106630903 High-durability geopolymer concrete foundation (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
14. Varma A., Qayyumi M., INWO2011135584 Geopolymer concrete (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
15. Revathi V., Saravankumar R., IN1830/CHE/2015 Innovative bottom ash geopolymer concrete blocks (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
16. Haifeng L., Qin Z., Feng C., CN104529300 Geopolymer-base sea-base concrete protective coating (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
17. Alter S., Wright M., IN6203/DELNP/2011 Geopolymer compositions (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
18. Chalmers D. P., Kidd P. G., Sleep P. D., NZ707001 Geopolymer cement (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
19. Weijin J., Fazhi N., Zhanxing S., CN103172295 Compound activator and geopolymer cement concrete prepared from same (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
20. Aleem M. I. A., Uma R. N., IN7105/CHE/2015 Environmental friendly zero cement geopolymer concrete using flyash and manufactured sand (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
21. Feng R., Xing L., CN109437701 Corrosion-resistant geopolymer concrete and preparation method thereof (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
22. Shaojie J., Hansheng S., Xinwei L., CN106336158 Geopolymer concrete prefabricated part and production method thereof (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
23. Qiong L., Shuangli X., Dongsheng X., Cao Li C., CN106082927 Alkali-activated slag geopolymer concrete and preparing method thereof (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
24. Kazuo I., Koji H., Shunji T., Osamu I., JP2016005994 Geopolymer composition and mortar or concrete or secondary concrete produCT (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
25. Gong W., Lutz W., Pegg I., RU0002599742 Geopolymer composite for ultra-high quality concrete (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
26. Parvatam S. P., Manmohan S. J., WO2016030904 A process for geopolymer concrete making with curing at ambient temperature and without using sodium hydroxide (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
27. Gong W., Lutz W., Pegg I., RU0002517729 Geopolymer composite binders with given properties for cement and concrete (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
28. Tirupathi V. M., IN201841008645 Geopolymer concrete composition and method of producing the same using marine water (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
29. Peiming L., Qin L., Lifeng S., Jianping Z., Chen C., CN101891498 Method for preparing fly ash-based geopolymer aerated concrete (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)

30. Willis N. J., IN201737001848 Geopolymers and geopolymer aggregates (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
31. Gong W., Lutz W., Pegg I., WO2014141051 High-strength geopolymer composite cellular concrete (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
32. Gong W., Lutz W., Pegg I., WO2012083255 Geopolymer composite for ultra high performance concrete (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
33. Dubey A., IN9721/DELNP/2014 Dimensionally stable geopolymer compositions and method (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
34. Sheng S., CN106854045 Method for preparing concrete from geopolymer and recycled aggregate (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
35. Sivakumar S. K., US20180015515 A novel method and an apparatus in converting unsorted municipal solid waste into geo-polymer pellets/briquettes and geo-polymer bricks/paver blocks (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
36. Partheeban P., IN201841049049 A geopolymer concrete with ggbs paver block (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
37. Chett B., US20100058957 Pervious concrete comprising a geopolymerized pozzolanic ash binder (<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> accesat august 2019)
38. Davidovits J. (1979), *Synthesis of new high-temperature Geopolymers for reinforced plastics and composites*, SPE PACTE'79, Costa Mesa, California, Society of Plastics Engineers, SUA pp:151-154
39. Al Bakri Abdullah A.M.M., Hussin K., Bnuhussain M., Ismail K.N., Ahmad M.I. (2011b), Chemical Reactions in the Geopolymerisation Process Using Fly Ash-Based Geopolymer: A review, Australian Journal of Basic and Applied Sciences.
40. Davidovits J. (1988), Geopolymers of the first generation: SILIFACE-Process, Geopolymer '88, First European Conference on Soft Mineralogy, Compiègne, France pp:49-67.
41. Duxon P., Provis J.L., Lukey G.C., van Demeter J.S.J. (2007), The role of inorganic polymer technology in the development of 'green concrete', Cement Concr. Res 37:1590-1597.
42. Lloyd N.A., Rangan B.V. (2010), Geopolymer concrete with fly ash, Second International Conference on Sustainable Materials and Technologies, Italia.
43. Herbert G., d'Espinose de Lacaillerie J.B, Roussel N. (2011), An environmental evaluation of geopolymer based concrete production: reviewing current research trends, J.Cleaner Prod. 19(11): 1229-1238.
44. CEPROCIM, (2009), C439 - Utilizarea cenușii zburătoare (adaos de tip II) în betoane, în vederea îmbunătățirii caracteristicilor de durabilitate conform cu standardele și/sau reglementările corespunzătoare, armonizate cu directiva europeană produse pentru construcții, Ministerul Dezvoltării Regionale și Turismului, București, România

### Revendicare 1

**Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment**, utilizând ca materii prime cenușa de termocentrală Clasa F, conform ASTM C618/2019, cu finețea caracterizată ca rest pe sita de 0,045 mm, maxim 40% disponibilă în România, un activator alcalin pe bază de silicat de sodiu ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) și hidroxid de sodiu (NaOH) și agregate naturale de râu cu granula maximă de 8 mm, destinat realizării elementelor prefabricate de pavaj (pavele, dale, borduri) nearmată, pentru utilizare pietonală (drumuri pietonale, zone pietonale), piste de biciclete, parcări, șosele, autostrăzi, spații industriale (inclusiv docuri și porturi), piste de avioane, stații pentru mijloace de transport în comun, benzinării. Raportul masic dintre soluția  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  și soluția NaOH utilizat pentru prepararea activatorului alcalin este cuprins în intervalul 0,5 - 2,5, iar raportul masic dintre activatorul alcalin și cenușa de termocentrală este cuprins în intervalul 0,5 - 1,0.

### Revendicare 2

**Microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment**, realizat ca urmare a aplicării **Procedului de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment**, utilizând ca materii prime cenușa de termocentrală Clasa F, conform ASTM C618/2019, cu finețea caracterizată ca rest pe sita de 0,045 mm, maxim 40% disponibilă în România, un activator alcalin pe bază de silicat de sodiu ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) și hidroxid de sodiu (NaOH) și agregate naturale de râu cu granula maximă de 8 mm, destinat realizării realizării elementelor prefabricate de pavaj (pavele, dale, borduri) nearmată, pentru utilizare pietonală (drumuri pietonale, zone pietonale), piste de biciclete, parcări, șosele, autostrăzi, spații industriale (inclusiv docuri și porturi), piste de avioane, stații pentru mijloace de transport în comun, benzinării. Caracteristicile fizico-mecanice ale **Microbetonului geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment**, la vârsta de 7 zile de la turnare sunt: densitate aparentă în stare uscată 1600-1900  $\text{kg/m}^3$ , absorbție de apă max. 6%, rezistența la întindere prin încovoiere 2,6-5,0  $\text{N/mm}^2$  și rezistența la compresiune 15 -30  $\text{N/mm}^2$ .

### Revendicare 3

**Pavelă din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment**, produsă prin **Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment**, nearmată, pentru utilizare pietonală (drumuri pietonale, zone pietonale), piste de biciclete, parcări, șosele, autostrăzi, spații industriale (inclusiv docuri și porturi), piste de avioane, stații pentru mijloace de transport în comun, benzinării, cu următoarele

caracteristici fizico-mecanice (valori înregistrate la vârsta de 7 zile după turnare): lungime de (200-250) mm  $\pm$  2 mm, lățime totală de (80-110) mm  $\pm$  2 mm, înălțime de (60-80) mm  $\pm$  3 mm, densitate aparentă în stare uscată 1600-1900 kg/m<sup>3</sup>, rezistența la despicare min. 3,6 MPa, absorbție de apă max. 6%, rezistența la uzură Bohme max. 20000 mm<sup>3</sup> / 5000 mm<sup>2</sup> și pierdere de masă după îngheț-dezgheț max. 1 kg/m<sup>2</sup>.

#### Revendicare 4

***Dală din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment***, produsă prin ***Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment***, nearmată, pentru utilizare pietonală (drumuri pietonale, zone pietonale), piste de biciclete, parcări, șosele, autostrăzi, spații industriale (inclusiv docuri și porturi), piste de avioane, stații pentru mijloace de transport în comun, benzinării, cu următoarele caracteristici fizico-mecanice (valori înregistrate la vârsta de 7 zile după turnare): lungime de (200-1000) mm  $\pm$  5 mm, lățime variabilă, înălțime de (30-100) mm  $\pm$  5 mm, densitate aparentă în stare uscată 1600-1900 kg/m<sup>3</sup>, rezistența la întindere prin încovoiere min. 3,5 MPa, absorbție de apă max. 6%, rezistența la uzură Bohme max. 20000 mm<sup>3</sup> / 5000 mm<sup>2</sup> și pierdere de masă după îngheț-dezgheț max. 1 kg/m<sup>2</sup>.

#### Revendicare 5

***Bordură din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment***, produsă prin ***Procedeu de realizare și sistem de pavele, dale și borduri stradale din microbeton geopolimer activat alcalin, fără conținut de ciment***, nearmată, pentru utilizare pietonală (drumuri pietonale, zone pietonale), piste de biciclete, parcări, șosele, autostrăzi, spații industriale (inclusiv docuri și porturi), piste de avioane, stații pentru mijloace de transport în comun, benzinării, cu următoarele caracteristici fizico-mecanice (valori înregistrate la vârsta de 7 zile după turnare): lungime de (500-1000) mm  $\pm$  3 mm, lățime min. 200 mm  $\pm$  3 mm, înălțime de min. 200 mm  $\pm$  3 mm, densitate aparentă în stare uscată 1600-1900 kg/m<sup>3</sup>, rezistența la întindere prin încovoiere min. 3,5 MPa, absorbție de apă max. 6%, rezistența la uzură Bohme max. 20000 mm<sup>3</sup> / 5000 mm<sup>2</sup> și pierdere de masă după îngheț-dezgheț max. 1 kg/m<sup>2</sup>.