

# KLAIDŽIAME APLINKOSAUGOS KELYJE: BETONINIAI LIETAUS NUOTEKŲ LATAKAI

AUKŠTŲ TECHNOLOGIJŲ MEDŽIAGŲ ĮTAKA APLINKĄ TAUSOJANČIŲ NUOTEKŲ LATAKŲ GAMYBAI



**Dr. Ing. Berndas SCHILLERIS**  
**Dipl. Ing. (FH) M. Eng. Rolandas COERTAS**

Ypač stiprus, atsparus, nelaidus vandeniui, nedegus, neyrantis ir išskirtiniu ilgaamžiškumu pasižymintis betonas yra plačiai pritaikoma statybinė medžiaga. Tačiau svarbiausia, kad vertinant pagal aplinkosaugos standartus betonas nepralenkiamas palyginti su kitomis statybinėmis medžiagomis. Cemento pramonė sugebėjo smarkiai pagerinti savo įvaizdį gamyboje panaudodama vis daugiau antrinių žaliavų ir įgyvendindama aplinkosauginius standartus. Šiuo metu betono, naudojamo latakų gamyboje, kokybė yra tokia aukšta, kad net verta pažiūrėti pro mikroskopą.

Pirminė trijų sudedamųjų dalių – cemento, vandens ir užpildo mišinio – betono formulė šiandien naudojama retai. Jis išstisus dešimtmečius buvo tobulinamas dėl išskirtinių naudojimo galimybių. Šiandien tai yra aukštų technologijų gaminy, į kurio sudėtį įeina ir nemažai papildomų komponentų: superplastiklių, porodarių, taip pat cemento priedų – pavyzdžiui, lakiųjų pelenų. Visi jie keičia specifines betono ypatybes ir leidžia patenkinti specifinius gamybos, naudojimo poreikius.

Pastaraisiais metais paviršinių nuotekų rinkimo sistemų kainų lygis Vakarų Europos šalyse ima panašėti. Lyginant atskiras sistemas dėmesys kreiptinas ne tik į eksploatacijos poreikius, bet ir į produkto poveikį aplinkai. Tenka apgalvoti, kad neretai žodžių junginys „tausojančias aplinką“ tampa bereikšmis. Didelė dalis gamintojų nesivaržo savo gaminius apibūdinti kaip tausojančius aplinką negalėdami to pagrįsti jokiais duomenimis, nepateikdami specifinių pirminės energijos sąnaudų arba poveikio klimato atšilimui rodiklių. O kaip tik tai turi būti naudojama lyginant skirtingas statybines medžiagas ekologiniu aspektu.

Šioje situacijoje galima remtis ekologinio balanso vertinimo metodika. Ekologinio balanso metodas pagal ISO 14040 ir 14044 yra taikomas produktų, procesų bei paslaugų poveikiui aplinkai visu būvio ciklo (ang. Life-cycle) laikotarpiu nustatyti – nuo žaliavų gavybos, pritaikymo iki utilizavimo.

Straipsnio tikslas yra aplinkosauginiu aspektu, vertinant pirminės energijos sąnaudas ir klimato kaitos potencialą (palyginimui naudojamas CO<sub>2</sub> ekvivalentas), palyginti dvi plačiai paplitusias medžiagas – betoną ir polimerbetonį. Tyrimas atliktas naudojantis lietaus nuotekų latakų elementų pavyzdžiu, lyginant tokių pat hidraulinių pajėgumų, skirtingos masės nuotekų latakus. Siekiant kuo objektyvesnio palyginimo buvo pasirinkti

Paviršinių lietaus nuotekų rinkimo latakas	Betonas C50/60	Polimerbetonis (dervos kiekis – 10 %)	Polimerbetonis (dervos kiekis – 15 %)
Latakų svoris	110 kg	64 kg	64 kg
Rišklio kiekis	18 kg	6,4 kg	9,6 kg
Pirminės energijos poreikis Riškis	2,6 MJ/kg	80,4 MJ/kg	
Pirminės energijos poreikis Smėlis	0,09 MJ/kg Drėgnas	0,29 MJ/kg Džiovintas	
<b>Pirminės energijos sąnaudos</b>			
• Riškis	46,8 MJ latakui	515 MJ latakui	771,8 MJ latakui
• Smėlis	8,3 MJ latakui	16,7 MJ latakui	15,8 MJ latakui
• Gamybos procesas	5,4 MJ latakui	12,5 MJ latakui*	12,5 MJ latakui*
<b>Iš viso</b>	<b>60,5 MJ latakui</b>	<b>544,2 MJ latakui</b>	<b>800,1 MJ latakui</b>

1 lentelė. Pirminės produkto ir gamybos technologijos energijos sąnaudos, \*apskaičiuota vertė.

Energijos potencialas	Betonas C50/60	Polimerbetonis (dervos kiekis – 10 %)	Polimerbetonis (dervos kiekis – 15 %)
Dyzelinio kuro kiekis 1 latakui	1,73 l	15,55 l	22,86 l
Dyzelinio kuro kiekis 100 latakų	173 l	1555 l	2286 l

2 lentelė. Dyzelinio kuro ekvivalentai.

tokią pat apkrovos klasę pagal EN1433 ir analogiškas naudojimo bei montavimo charakteristikas turintys latakai.

Studijoje lyginama 100 vienetų 300 mm nominalaus vidinio pločio latakų gamyba. Stabilių latakų, pagamintų iš C50/60 stiprio klasės betono, svoris yra 110 kg, rišiklio dalis – 18 kg (CEMII B-S) latakui. Atitinkamas iš 90 kN/mm<sup>2</sup> stiprio polimerbetonio pagamintas latakas sveria 64 kg.

Mažesnį polimerbetoninių latakų svorį lemia plonesnės latakų sienelės, kurios esą galimos esant didesnei medžiagos gniuždymo stiprio vertei. Mažą latakų svorį polimerbetoninių latakų gamintojai pažymi kaip svarbų veiksnį aplinkai vertinant transportavimo aspektu. Optimaliomis gamybos sąlygomis rišiklio kiekis sudaro 10 proc. latakų svorio, arba 6,4 kg vienam latakui. Priklausomai nuo technologijos ir naudojamų žaliavų, gamintojai naudoja iki 15 proc. rišiklio. Vertinant realistiškai, rišiklio (įprastai tai – nesociji poliesterio derva arba duroplastas) kiekis sudaro apie 12 proc.

### Betoninių latakų gamyboje pirminės energijos sąnaudos – iki 13 kartų mažesnės

Atliekant būvio ciklo vertinimą pagal ISO 14040 standartą lyginami balansai. Vertinant betoninių ir polimerbetoninių latakų gamybos procesą nuo lopšio iki gamyklos vartų (ang. from cradle-to-gate) atsižvelgiama į naudojamas žaliavas. Betoninių latakų cemento energijos balansas vertinamas pagal Vokietijos cemento gamintojų asociacijos pateiktus duomenis. Pagal šį šaltinį pirminės energijos sąnaudos cemento gamyboje yra 2,6 MJ kilogramui cemento. Analizėje naudojami nesocijos poliesterio dervos duomenys, gauti iš Amerikos kompozitinių medžiagų gamintojų asociacijos. Pirminės energijos sąnaudos pagal šį šaltinį yra 80,4 MJ kilogramui poliesterio dervos. Analogiškos vertės nurodomos ir kituose šaltiniuose, todėl jas galima laikyti patikimomis.

Betonas ir polimerbetonis yra mišiniai, todėl kitos pagrindinės sudedamosios dalys taip pat turi būti įtraukiamos į analizę. Energijos sąnaudos šioms sudedamosioms dalims paruošti yra sąlygiškai nedidelės, vidutiniškai – 0,09 MJ kilogramui (drėgnas smėlis – betonui) ir 0,29 MJ kilogramui (džiovintas smėlis – polimerbetoniui). Priedai nebuvo įtraukiami į balansą, nes jų indėlis, vertinant bendrą sumą, yra mažesnis negu 1 proc.

Pirmoje lentelėje pateikiamos analogiškų latakų gamybai reikalingos pirminės energijos ir kartu – gamybos proceso sąnaudos. Polimerbetonio latakų gamybos vertės apskaičiuotos įvertinant dozavimo, maišymo ir tankinimo technologijos sąnaudas. Į skaičiavimus įtrauktos vėdinimo siste-

mos sąnaudos (gamyboje naudojamas stirenas). Kritinė rezultatų dedamoji ir betono, ir polimerbetonio gamyboje yra rišiklio gamybos sąnaudos. Užpildų gavyba ir latakų gamybos sąnaudos daro sąlygiškai nedidelę įtaką rezultatams. Energijos sąnaudos polimerbetonio latakų gamybos procese sudaro tik apie 2 proc., todėl į jas galima neatsižvelgti.

Iš pateiktų duomenų matyti, kad pirminės energijos sąnaudos polimerbetonio latakų gamyboje, nepaisant mažesnio latakų svorio, yra mažiausiai 9 kartus didesnės palyginti su analogiškais betoniniais latakais. Sąnaudos kaip dyzelinio kuro ekvivalentas gali būti išreiškiamos dyzelinio kuro litrais. Dyzelinio kuro kaloringumas yra 42,5 MJ kilogramui arba 35 MJ litrui. 100 vienetų latakų gamybos dyzelinio kuro ekvivalentas pateikiamas 2 lentelėje.

Polimerbetonio latakų gamybos energijos sąnaudos, palyginti su betonu, yra aukštesnės. 100 latakų gamyboje sunaudojama daugiau energijos, kurios ekvivalentas yra 1380 litrų dyzelinio kuro. Sunkvežimis su tokiu kiekiu dyzelio gali nuvažiuoti apie 4600 kilometrų. Jeigu vidutiniškai skaičiuotume 12 proc. poliesterio dervos sąnaudas, nuvažiuojamas atstumas išaugtų iki apytiksliai 5800 kilometrų.

### Betoninių latakų klimato kaitos potencialas – keliskart mažesnis

Lyginant gaminius buvo pasitelktas ir CO<sub>2</sub> ekvivalento parametras (ang. greenhouse warming potential, GWP), nusakantis produkto poveikį šiltnamio efektui. Buvo pasirinkta anglies dvideginio lyginamoji vertė. Pavyzdžiui, metano dujų CO<sub>2</sub> ekvivalentas 100 metų laikotarpiu yra 21. Vadinasi, išmestas į atmosferą vienas kilogramas metano dujų per 100 metų prisideda prie šiltnamio efekto 21 kartą daugiau nei kilogramas CO<sub>2</sub>.

CO<sub>2</sub> ekvivalentas yra labai svarbus cemento gamyboje dėl žaliavų apdirbimo deginimo krosnyse gaminant klinkerį ir dekarbonizacijos. Šie procesai reikalauja daug energijos. Taigi mažesnės cemento sąnaudos gaminiuose smarkiai atsispindi šiltnamio efekto potencialo skaičiavimuose.

Šie duomenys gauti atlikus būvio ciklo vertinimą. Nesocijos poliesterio dervos gamyboje vieno kilogramo dervos CO<sub>2</sub> ekvivalentas yra 3,2 kg. Cemento (CEM II B) apskaičiuota vertė yra 0,59 kg CO<sub>2</sub> ekvivalento. Iš jų 0,4 kg CO<sub>2</sub> ekvivalento susidaro žaliavų dekarbonizacijos proceso metu.

Vieno betoninio latakų gamybos CO<sub>2</sub> ekvivalentas yra 13 kg, polimerbetonio latakų priklausomai nuo dervos kiekio CO<sub>2</sub> ekvivalentas yra nuo 26,5 iki 47,5 kg.

Kad būtų lengviau įsivaizduoti, pasitelksime sunkvežimio pavyzdį. Teigiama, kad dėl lengves-

nio polimerbetonio latakų svorio sunkvežimis išmeta mažiau CO<sub>2</sub>. Tačiau vertinant išmetamo CO<sub>2</sub> ekvivalento skirtumus 100 m latakų gamyboje, minėto kiekio betoninių latakų gabenimas iki 3100 km atstumu vis tiek turi mažesnį nepageidaujamą šiltnamio efekto poveikį nei polimerbetonio. Skaičiavimams naudojama formulė: 60 g CO<sub>2</sub>/t\*km.

Vertinant CO<sub>2</sub> emisijas, iš skaičiavimų matyti, kad nepaisant cemento gamybos technologijos ir didesnio latakų svorio betonas vis vieną daro gerokai mažesnę įtaką aplinkai nei polimerbetonis.

### Antrinių pramonės žaliavų įtaka būvio ciklui įvertinti

Betonas gaminamas iš natūralių medžiagų. Sudedamosios dalys: smėlis, skalda, vanduo ir cementas – yra gaunamos iš gamtos ir panaudojamos vietoje, išvengiant ilgų transportavimo kelių. Taip pat ir cementas daugeliu atvejų gaminamas lokaliai. Vien Vokietijoje yra 58 cemento gamyklų. Kitaip nei polimerbetonio gamyboje, smėlio nereikia džiovinti.

Svarbu paminėti, kad į šiuolaikinio cemento sudėtį įeina dideli kitų pramonės šakų antrinių žaliavų kiekiai. Siekiant pagerinti cemento ypatybes naudojamas latentinis hidraulinis šlakinis smėlis, susidarantis geležies arba plieno gamybos procese; lakieji pelenai, naudojami kaip pucolaninis rišiklis ir susidarantys anglies deginimo metu; mikrosilika – šalutinis silicio pusmetalo produktas; FGD gipsas (kūryklų dūmų desulfurizacijos gipsas), naudojamas kaip cemento konservantas ir gaunamas šalinant sierą iš kaminų dujų.

Antrinių žaliavų kiekis cemento ir betono gamyboje nuolat didėja. Portlandcemenčio (CEM I) naudojimas per pastarąjį dešimtmetį sumažėjo perpus ir šiuo metu sudaro 32 proc. Šių pokyčių siekiama ne tik saugant natūralius išteklius, bet ir dėl geresnių kompozitinio cemento (CEM II, CEM III) ypatybių.

Tinkamai pasirinkus cemento mišinį ir kitas sudedamąsias betono dalis galima pagaminti betoną, pasižymintį specifiniais ypatumais, pavyzdžiui, hidrotechninį betoną, betoną, atsparesnį rūgštinei aplinkai arba atitinkantį specialius hidratacijos temperatūros reikalavimus. Pasirinkus tinkamą receptą, betonas gali atlaikyti ypač aukštą gniuždymo jėgą – 100 kN/mm<sup>2</sup> ir daugiau. Aukštas gniuždymo sipris nėra tik išskirtinis polimerbetonio gaminių bruožas – reikia pastebėti, aukštas gniuždymo stipris kartu su plonomis latakų sienelėmis gali būti didesnio tų gaminių jautrumo dinaminėms jėgoms priežastis.

Antrinių žaliavų naudojimas gamyboje yra dar vienas betono privalumas aplinkos tausojimo požiūriu. Betono pramonėje sunaudojama mažiau

žaliavų, kartu – mažiau pramonės atliekų patenka į šiukšlynus. Vokietijoje kasmet pakartotinai panaudojama 10 mln. tonų antrinių žaliavų.

Daug energijos eikvojančio cemento klinkerio pakeitimas latentiniu hidrauliniu šlakiniu smėliu yra vienas pagrindinių skirtumų tarp energiją taupančio ir mažesnę įtaką klimato kaitai turinčio CEM II bei CEM I cemento.

### Antrinių energijos šaltinių įtaka betono gamybos balansui

Alternatyvių energijos šaltinių naudojimas cemento gamyboje keičia pirminės energijos poreikius. Pirminės energijos, išgaunamos iš mazuto, naftos ir anglių, kiekis per 15 pastarųjų metų dėl antrinių energijos šaltinių plėtos ženkliai sumažėjo. Deginant atliekas tenkinama 60 proc. ir daugiau energijos poreikio. Deginant atliekas išlakose nesusidaro kenksmingų aplinkai teršalų, nes degimas vyksta +1450°C temperatūroje. Aplinkai ir žmonėms kenksmingi furanai ir dioksinai suskyla esant +1000°C temperatūroje. Todėl antrinių energijos šaltinių naudojimas cemento pramonėje yra visiškai saugus.

Iki šiol daugiausia vertintos sudedamosios gamybos proceso dalys. Kad būtų galima iki galo įvertinti gaminių poveikį aplinkai, reikia atsižvelgti į produkto patvarumą ir jo perdirbimo galimybes. Taip pat vertinamas gamybos proceso išbaigtumas ir galima žala aplinkai bei žmonėms.

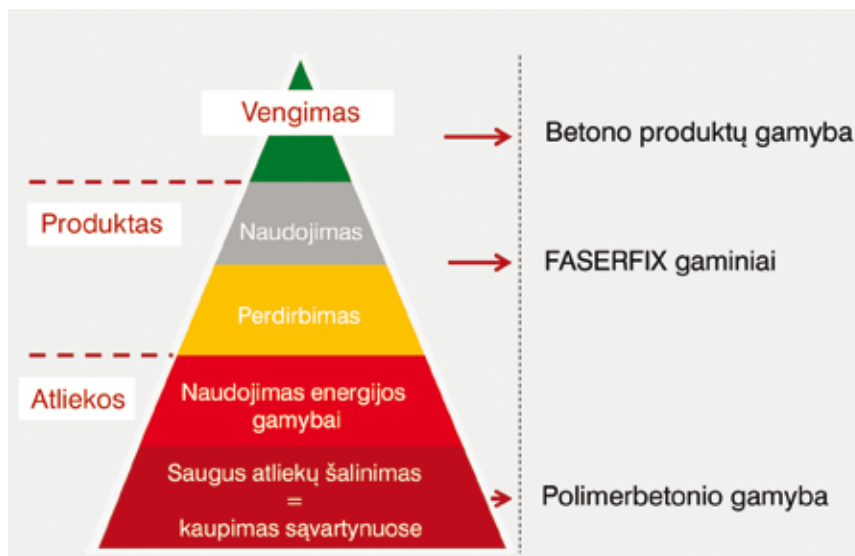
### Romėnų laikų pastatai iš deginto kalkakmenio – patvarumo įrodymas

Tuo, kad betonas yra ypač tvirtas ir atsparus, galime įsitikinti iš tebestovinčių romėnų laikų pastatų. Nors latakus iš betono nenumatoma eksploatuoti šimtmečius kaip kultūros paveldo objektus, jie yra gerai žinomi dėl išskirtinio ilgaamžiškumo. Tai galima pasiekti teisingai parinkus betono sudėtį. Tada jis išlaiko būtiną stabilumą ir patvarumą net esant ekstremalioms dinaminėms apkrovoms. Betono naudojimas oro uostuose, pramonės parkuose ir tankų poligonuose yra išskirtinio jo atsparumo įrodymas. Betono konstrukcijos atitinka ir griežtus Vokietijos Vandens išteklių įstatymo reikalavimus. Praktikoje numatoma, kad paviršinių nuotekų drenažo sistemos tarnaus iki 40–60 metų. Betoniniai latakai tiek metų eksploatuojami be trikdžių ir pažeidimų.

Apibendrinami palyginkime: didelį kiekį iššamosios medžiagos turintys polimerbetoniniai gaminiai yra gana stabilūs. Tačiau betoniniai produktai, palyginti su šiais nesučiūšusiu poliesterio dervos pagrindu pagamintais gaminiiais, yra ypač stabilūs ir atsparūs apkrovoms, be to, jų sudėtyje nėra aplinkai žalingų komponentų.

### Betonas visiškai perdirbamas bet kurioje produkto būvio ciklo stadijoje

1996 metais patvirtintas Perdirbimo aktas (vok. Kreislaufwirtschaftsgesetz) yra pagrindinis federalinis įstatymas, reglamentuojantis atliekų tvarkymą Vokietijoje. Šio akto tikslas – smarkiai suma-



1 pav. Atliekų hierarchijos piramidė.

žinti atliekų kiekius – bent jau tų, kurios keliauja į sąvartynus. Aukščiausiu prioritetu laikoma atliekų susidarymo prevencija (1 pav.)

Suprantama, kad visiškai išvengti atliekų neįmanoma, bet jas galima panaudoti kuriant naujus produktus. Nepanaudojamos atliekos deginamos arba saugomos sąvartynuose.

Betonas bet kurioje naudojimo fazėje išlieka naudinga žaliava. Jo perdirbamumas yra aukštesnis net už stiklo duženų ar plastiko. Tai visiškai perdirbama žaliava. Vokietijoje jau prieš dešimt metų buvo perdirbama iki 60 proc. griovimo atliekų ir daugiau kaip 90 proc. kelio ardymo atliekų.

Medžiaga	Perdirbtas kiekis 2011 m., %
Betonas iš kelių	92,2
Betonas iš kitų šaltinių	63,7
Stiklas	87,7
Plastikas	89,8
Popierius ir kartonas	82,6

3 lentelė. Perdirbamas įvairių medžiagų kiekis Vokietijoje.

Šis faktas labai svarbus tiems, kurie planuoja miestus. Keliai ir pastatai yra nuolat renovuojami, perstatomi ar paprasčiausiai nugriaunami. Betono atliekos palyginti lengvai perdirbamos smulkinant ir sijojant. Betono skalda ir smėlis pakartotinai naudojami betono gamybos ir kelių tiesimo darbuose.

Betoninių latakų gamyba taip pat pasižymi patikima gamybos technologija, kuri daro teigiamą įtaką būvio ciklo vertinimui. Presuoto betono gaminių gamyba yra patikimas ir techniškai išbaigtas procesas, kurio metu atliekų nesusidaro. Nesukietėjęs betonas, liekantis valant prietaisus ar pastebėjus defektą, grąžinamas atgal į gamybos liniją, o sukietėjęs betonas gali būti perdirbamas. Polimerbetonis gali būti tik kaupiamas sąvartynuose arba panaudojamas kelių statyboje kaip pagrindas, jei pavyksta užtikrinti,

kad organinių junginių yra mažiau nei 10 proc. Kitų polimerbetonio perdirbimo ar panaudojimo galimybių nėra. Daugelis perdirbimo įmonių atliekų iš polimerbetonio žaliavos net nepriima.

### „Faserfix“ betonas ir nesučiūšusiu poliesterio dervos produktai

Lyginant latakų žaliavų (betono ir polimerbetonio) naudojimo ypatybes matyti, kad jos panašios, abiem būdinga ir aukšta kokybė. Latakai turi būti funkcionalūs ir, žinoma, saugiai, patikimai surinkti lietaus nuotekų vandenį. Latakai iš „Faserfix“ betono ir polimerbetonio pasižymi vienodomis geromis hidraulinėmis ypatybėmis. Visų latakų gamybai naudojamų medžiagų Manningo-Stricklerio koeficientas yra 90–100. Vadinas, skirtingos medžiagos neturi įtakos hidraulinėms latakų ypatybėms. Tačiau vertinant pirminės energijos sąnaudas, šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekius ir perdirbimo galimybes betonas yra gerokai pranašesnis medžiaga.

Redukuoti aplinkosauginį aspektą tik iki mažesnio gaminių svorio yra nepriimtina. Pateisinti polimerbetoninių latakų naudojimą lietaus nuotekų surinkimo sistemose dėl tariamo geresnio ekologinio balanso būtų neteisinga. Betoniniai latakai turi aiškų pranašumą dėl gamtinę aplinką mažiau veikiančių medžiagų.

Yra projektų, kai polimerbetonio latakai yra visiškai pateisunami, pavyzdžiui, skysčių su agresyviomis rūgštimis surinkimas. Tačiau kai latakai naudojami įprastai paskirčiai – lietaus vandeniui surinkti ir nuvesti, nėra jokio polimerbetonio pranašumo prieš betoną. Kai kalbama apie aplinkos tausojimą, modernus plaušu armuotas betonas – aiškus lyderis.

### Apie straipsnio autorius

*Dr. Ing. Berndas Schilleris specializuojasi tyrimų ir technologijų plėtos srityje.*

*Dipl.-Ing. (FH) M. Eng. Rolandas Coerdas specializuojasi betono gamybos technologijose ir yra produktų grupės vadovaujamas inžinierius.* ♣