

Põlevkivi aherainest killustiku kasutamine betoonitööstuses on tõsiselt piiratud

Täitematerjal on betooni oluline koostisosa, moodustades betooni mahust kuni 85%. Selle terastikuline koostis valitakse minimaalset tühiklikkust taotlevalt. Nii kujutab täitematerjal endast kindlat karkassi, mis aitab kaasa betooni vajalike omaduste – tugevuse, pikaalisuse, pragunemiskindluse jm – saavutamisele. Aherainest toodetud killustiku tehnilised omadused võimaldavad seda kasutada vaid XO kesk-konnaklassiga betoonides.

TOOMAS LAUR, PHD

TTÜ ehitustootluse instituudi erakorraline dotsent, Eesti Betoonühingu juhatuse liige

Siintoodud seisukoht käsitleb killustikust täitematerjalide kasutamist betoonitööl ja betoonvalmistoodete valmistamiseks, järgides standardi EVS-EN 12620 [1] nõudeid.

Alltoodud arvestades on mõnevõrra hämmastav AS-i Eesti Põlevkivi põlevkivi aherainest lubjakivikillustiku tootmise käivitamine ilma eelnevaid uurin-
guid tegemata killustiku kasutamise võimaluste kohta ehitustegevuses ja eriti betoonide valmistamiseks. Seejuures

levitati veel meedia kaudu avalikkusele eksitavat informatsiooni killustiku-probleemide (ehk killustikupuuduse) kohese lahendamise kohta.

Täitematerjalide standardid annavad üldised suunad

Eesti on teatavasti üks väheseid (kui mitte ainus) Euroopa riike, kus puuduvad rahvuslikud ehitusnormid. Üle võetud Euroopa standardid ei lahenda kõiki tehnilisi küsi-

musi, mis on seotud ehitusmaterjalide ja -toodete kasutamisega konkreetsetes olukordades (keskkonnamõjurid jne), ehitustööde teostamise tavade, ehitiste kvaliteedinõuetega. Samas on Euroopa Liidu standardimise poliitika deklareeritud üldjuhul standardite rakendamise vabatahtlikkus. Harmoneeritud standardite kasutamine muutub aga seadusandluse tõttu igal juhul kohustuslikuks nende standardite kohaste ehitusmaterjalide ja -toodete vastavushindamisel.

Mis puutub täitematerjalide standardi-



FOTO: VIIVIMAA TEATAJA / SCANPIX

tesse EVS-EN 12620, EVS-EN 13242 [2] jt, siis nendes antakse üldised suunad materjalide kasutamiseks. Standardites antakse materjalide tehniliste näitajate vastavuskriteeriumid. Nende alusel on vastavalt katsetulemustele võimalik klassifitseerida täitematerjali konkreetseid fraktsioonid vastavatesse kategooriatesse või deklareerida täitematerjalide omaduste piirväärtused.

Samas on näiteks betooni täitematerjalide standardi EVS-EN 12620 käsitlusalas (jaotis 1, märkus 1) antud hoiatus selliste materjalide kasutamiseks, mis on saadud ümbertöötusega või tekkinud tööstuses kõrvalproduktina, aga antakse ka üksikud konkreetse soovitused kasutuskoha keskkonnamõjurite arvestamiseks (nt külma-kindlus).

CE-märgistus ei taga pääsu ehitustööstusse

Betooni standard EVS-EN 206-1 [3] (jaotis 5.2.3.1) määratleb täitematerjali valiku kahjuks väga üldsõnaliselt:

“Täitematerjali liik, terastikuline koostis ja kategooriad... tuleb valida, arvestades:

- ehitusel rakendatavat tehnoloogiat;
- betooni kasutusotstarvet;
- konstruktsioonile mõjuvaid keskkonnatingimusi;
- ...”

Erinevate betoonvalmistoodete (varaselemendid, vundamendid, ribipaneelid, seinaelemendid, vaiad jt) standardid refereerivad nendes toodetes kasutatava betooni osas algselt standardit EVS-EN 13369 [4] ja see omakorda standardit EVS-EN 206-1, millega olukord jääb tegelikult samaks.

Põlevkivi Kaevandamise AS on AS-i Teede Tehnokeskus väljastatud tootmisohje sertifikaatide 1403-CPD-0004 ja 1403-CPD-0005 alusel vastavalt standarditele EVS-EN 12620 ja EVS-EN 13242 koostanud Aidu karjääris ja AS-i Estonia kaevanduses toodetud põlevkivi aherainest lubjakivikillustiku vastavusdeklaratsioonid ja teinud CE-märgistuse.

Siinjuures tuleb märkida, et Euroopa Liidu turumajanduse põhimõtete alusel on CE-märgistatud toodetel vaba pääs iga liikmesriigi turule, kuid see ei tähenda, et oleks automaatne pääs ka ehitustööstuses kasutamiseks. Sama olukord peaks kehtima ka Eestis.

Võrreldes põlevkivi aherainest lubjakivikillustiku vastavusdeklaratsioonides toodud tehnilisi näitajaid seni toodetud ja -kasutatud traditsiooniliste lubjakivikillustike omadustega, on

betooni täitematerjali osas suuremad erinevused killustiku terade tiheduses, veeimavuses, külma-kindluses. Madalamad näitajad on oluliseks ohu märgiks, tähendades lühema kestusega betooni.

Aherainekillustiku tehnilised näitajad pole ehitamiseks piisavad

Monograafia “Eesti põlevkivi” [5] alusel moodustavad Eesti põlevkivimaardla tootsa kihindi Kukruse lademe Kiviõli kihistiku seitse kukersiitpõlevkivi (alt üles A, A', B, C, D, E, F1) ja kuus lubjakivi vahekihti (A/A', A'/B, B/C, C/D, D/E, E/F1). Kukersiitkihid sisaldavad ka läätsjaid kerogeense lubjakivi mugulaid, mis esinevad kihtides erinevatel tasemetel ja väga erinevas mahus.

Lubjakivi vahekihtidest on kõige paksemad (10...30 cm) A'/B ja C/D, milles on orgaanilise aine sisaldus madal – enamasti alla 5%. Teised vahekihid on mõnevõrra kõrgema kerogeeni sisaldusega (kuni 12%), mis väljendub ka vahekihi kütteväärtuses.

Joonisel 1 on esitatud tootsa kihindi tüüpiline struktuur.

Aidu kaevevälja tootsa kihindi A-F1 üldpaksus on vahemikus 2,7...2,9 m.

Meid huvitavate lubjakivi vahekihtide tehnilised näitajad on toodud tabelis 1.

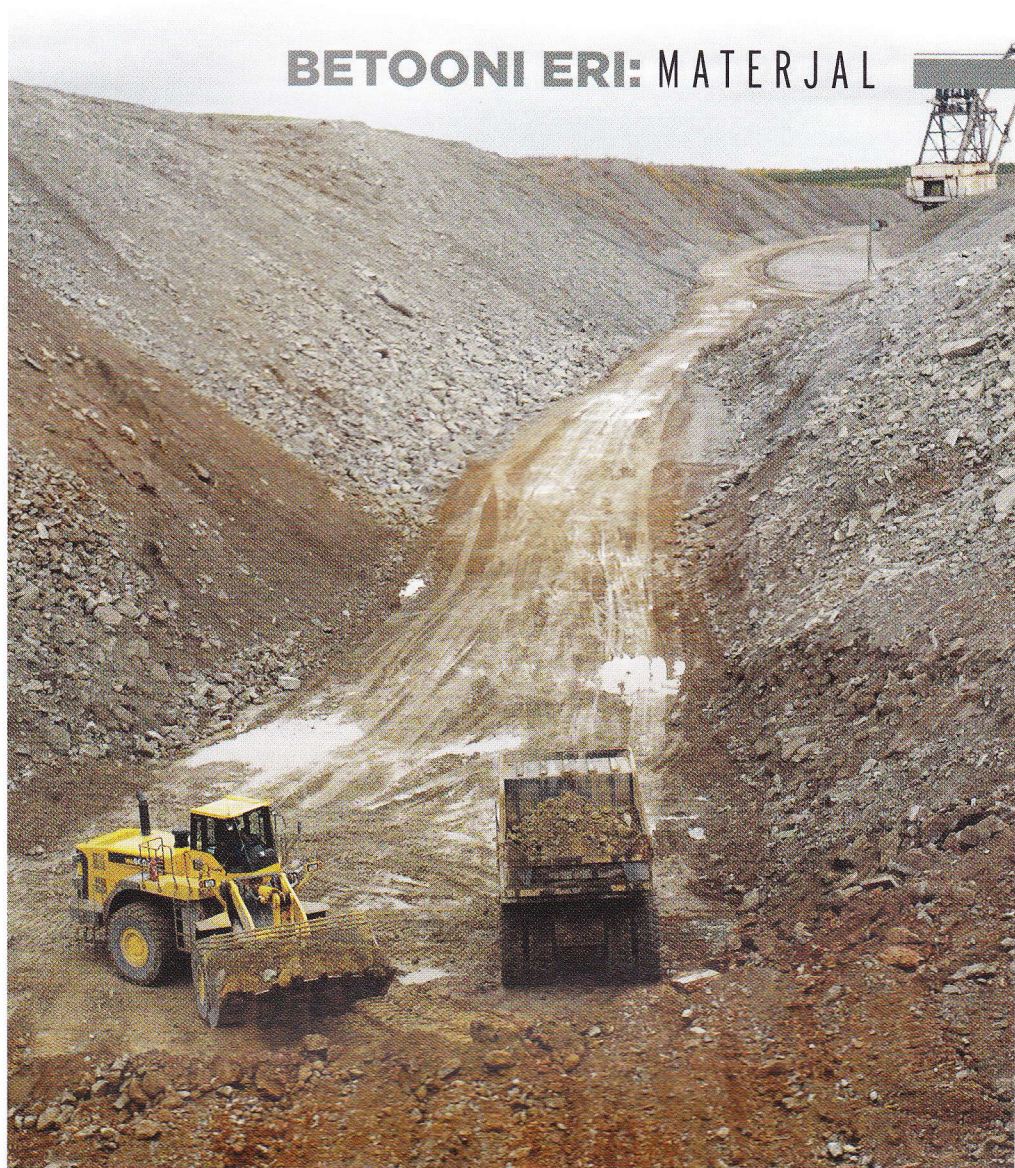
On ilmne, et kaevandatud mäemass on väga komplitseeritud koostisega ja gravitatsiooniline rikastamine ei võimalda puhast lubjakivi eraldada. Eraldatud lubjakivi tehnilised omadused jäävad madalamaks kui traditsioonilisel ehitustegevuses kasutataval lubjakivil.

See olukord on tegelikult olnud teada juba pikka aega. Võtnud aluseks kauaegseid uuringuid, on **Anto Raukas** ja **Aada Teedumäe** oma monograafias [6] märkinud, et:

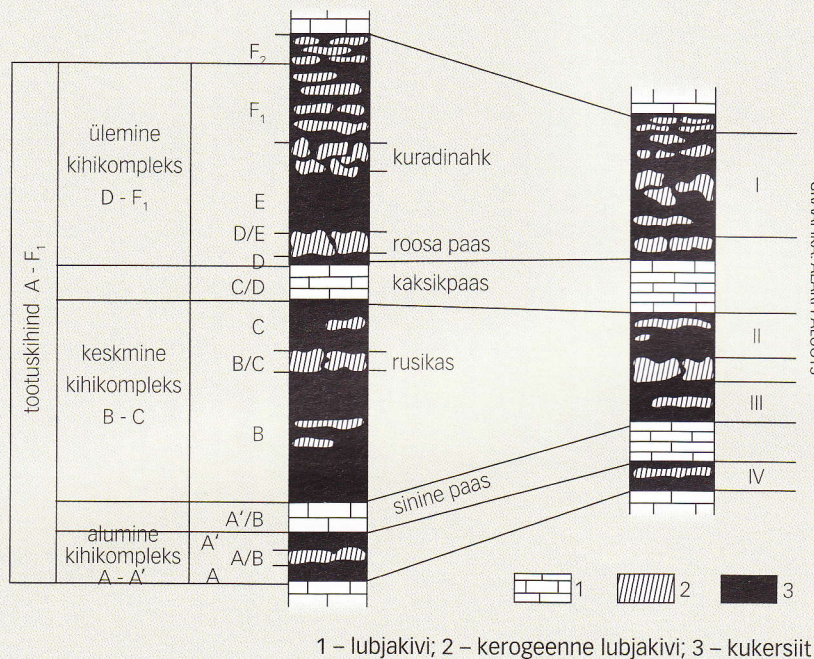
“... kui kukersiit-põlevkivi kogu tootne kihind A-F1 kaevandatakse korraga (Aidu karjääri lahtine kaevandamine), järgneb sellele põlevkivi rikastamine. Peenendamise ja rikastamise (põhineb põlevkivi ja lubjakivi tiheduste erinevusel) tulemusena saadakse järgmise terasuurusega materjalid:

- 0...25 mm – tolm põletamiseks soojuselektrijaamades;
- 25...125 mm – õli tootmiseks;
- 20...300 mm – aheraine (lubjakivi-täitematerjal).

Lubjakivist aheraine võib leida kasutust tee-ehituses ja ehitustööstuses,



Joonis 1. Põlevkivimaardla tootsa kihindi struktuur.



Tabel 1. Aidu kaevevälja tootsa kihindi lubjakivi vahekihtide tehnilised näitajad.

Kihi indeks	Paksus, m	Kütteväärtus, MJ/kg	Mahumass, t/m ³
D/E	0,11	3,1	2,09
C/D	0,22	0	2,41
B/C	0,11	3,1	2,09
A'/B	0,12	1,5	2,25
A/A'	0,03	3,0	2,11

Tabel 2. Standardi EVS-EN 12620 lisa F tabel F.1: külmakindluse kategooriad sõltuvalt kliimast ja lõppkasutusest (koos EVS-EN 206-1 keskkonnaklassidega).

Keskkonnatingimused	Kliima		
	Vahemereline	Atlantiline	Kontinentaalne ^a
Külmumisvaba või kuiv keskkond	Nõue puudub	Nõue puudub	Nõue puudub
Osaline küllastatus, soolavaba (XF1)	Nõue puudub	F ₄ või MS ₃₅	F ₂ või MS ₂₅
Küllastatud, soolavaba (XF3)	Nõue puudub	F ₂ või MS ₂₅	F ₁ või MS ₁₈
Sool (merevesi või teekatted) (XF4)	F ₄ või MS ₃₅	F ₂ või MS ₂₅	F ₁ või MS ₁₈
Lennuvälja kate (XF4)	F ₂ või MS ₂₅	F ₁ või MS ₁₈	F ₁ või MS ₁₈

^a Kontinentaalset kategooriat võib rakendada ka Islandil, Skandinaavias ja mägiipiirkondades, kus esinevad karmid talvetingimused.

Märkus: Oma vahelduva sulamise-külmumise tingimuste järgi talveperioodil kuulub Eesti vaieldamatult esitatud tabeli jaotuses kontinentaalsesse kategooriasse.

kuid oma madala külmakindluse tõttu leiab see vähest kasutamist.”

Analüüsitud Aidu karjääri aherainest killustiku vastavusdeklaratsiooni nr 2/06, on selle kohta järgmised märkused ja kommentaarid:

■ deklareeritud terade tihedus (on selgusetu, kas näivtihedus, tihedus väljakuivatatud olekus või küllastatud, pindkuivas olekus) $2,5 \pm 0,1 \text{ Mg/m}^3$ jääb oluliselt väiksemaks kui näiteks Eesti nelja suurema killustikutootja traditsioonilisel lubjakivikillustikul, mis 2007. aasta kontrollkatsetuste järgi oli piirides 2600...2700 kg/m³ ehk 2,60...2,72 Mg/m³ (võrdluseks kaltsiidi CaCO₃ tihedus on 2710 kg/m³ (2,71 Mg/m³), dolomiidi CaMg(CO₃)₂ tihedus on 2850 kg/m³ (2,85 Mg/m³) [7];

■ veeimavus 4...6% on märgatavalt kõrgem kui traditsioonilisel lubjakivikillustikul, mis samade katsetuste järgi oli piirides 1,5...2,5%;

■ külmakindlus F4 on astme võrra väiksem kui traditsioonilisel lubjakivikillustikul – F2. Lähtudes standardi EVS-EN 12620 lisa F tabel F.1 soovist koos EVS-EN 206-1 keskkonnaklassidega (vt tabel), saaks külmakindluse seisukohast Aidu karjääri killustikku kasutada ainult betoonides, millel puudub külmakindluse nõue.

■ Standard EVS-EN 206-1 annab soovitusel keskkonnaklasside XF1–XF4 korral kasutada külmakindlaid täitematerjale (standardi lisa F). Näited nimetatud keskkonnaklasside rakendamise kohta on toodud standardi EVS 814 [8] tabelis 1.

Soome juhend by 43 määratleb täitematerjali külmakindlaks kui massikadu katsetamisel 1% naatriumkloriidi lahuses ei ületa 1,0% [9].

■ Senine praktika võimaldab lubjakivikillustikku kasutada betoonides keskkonnaklasside XF1 ja XF3 korral. Keskkonnaklasside XF2 ja XF4 korral tuleks igal juhul kasutada tardkivimist täitematerjale [8].

■ Deklareerimata on jäänud kloriidide sisaldus, mille sisaldus betoonides on limiteeritud (EVS-EN 206-1, tabel 10).

■ Deklareerimata on jäänud mitmed tehnilised näitajad, mis iseloomustavad pinna tugevust.

Kasutusvõimaluste laiendamine nõuab ulatuslikku uurimistööd

Kuna killustik on sisuliselt toodetud aherainest, pole selged väiksemat tihedust põhjustanud tegurid: milline roll on kivimi poorsusel, milline orgaanilise osise hulgal. Vastavusdeklaratsioonides

puuduvad andmed orgaanilise osise sisalduse kohta, mille tihedus on piirides 980...1100 kg/m³ [6] ja mis on ilmselt üks oluline killustikuterade väikese tiheduse põhjustaja.

Täitematerjalist tingitud betooni suurenend poorsus põhjustab kaitsekihi kiiremat karboniseerumist ja seejärel kujutab see otsest ohtu raudbetooni sarruse varasemaks korrosiooniks.

Täitematerjali väiksem mehaaniline tugevus nõuab sama tugevusklassiga betooni tootmiseks tsemendihulga suurenendamist betoonis, mis põhjustab betooni mahu kahanemise suurenemist. Täitematerjali suurenend poorsus võib tingida ka suuremat veehulka betoonsegu valmistamisel, mis omakorda mõjub betooni kestusele negatiivselt.

Standard EVS-EN 1992-1-1 (jaotis 3.1.3) [10] määratleb betooni elastsusmooduli vähendamise vajaduse lubjakivist täitematerjali korral betoonis 10% võrra ja liivakivi korral 30% võrra, võrreldes tardsivimist täitematerjali kasutamisega, mis on esitatud sama standardi tabelis 3.1 [10].

Kui suur elastsusmooduli vähendamine on vajalik põlevkivi aherainest lubjakivi killustiku korral, pole teada. Betooni elastsusmoodulit on vaja sar-

ruse pingekadude hindamisel pingebetooni korral. Sellega seoses on vaja hinnangut ka betooni roomavuse muutmisele.

Lähtudes eeltoodust, saab kokkuvõtteks märkida:

- põlevkivi aherainest lubjakivikillustiku kasutamine betoonides on võimalik ainult keskkonnaklassi XO korral;

- killustikukasutusvõimalustelaidamine konkreetsete betoonitarindite valmistamiseks teiste keskkonnaklasside korral kui XO ja püüdes seejuures lisaks väljuda ka standardites limiteeritud tehniliste näitajate piirväärtustest, nõuab laiaulatuslikku uurimistööd;

- omaette ülesandeks kujuneb materjali omaduste stabiilsuse hindamine, kuna tootmistingimustelt on tegemist tõepoolest kõrvalproduktiga, mille tehniliste omaduste kõikumine sõltub peale eraldatava kivimi lademe koostise varieerumise ka inimfaktorist tootmisprotsessis;

- vastavusdeklaratsioonides on materjali kohta esitatud liiga vähe tehnilisi näitajaid ja arvestades kogu tehnoloogilise protsessi komplitseeritust, ei ole toodud piirväärtused siinjuures täielikult usaldusväärsed. ■

KASUTATUD KIRJANDUS:

- EVS-EN 12620:2005 "Betooni täitematerjalid"

- EVS-EN 13242:2006 "Ehitustöödel ja tee-ehituses kasutatavad sidumata ja hüdraailiselt seotud täitematerjalid"

- EVS-EN 206-1:2002 "Beton. Spetsifitseerimine, toimivus, tootmine ja vastavus"

- EVS-EN 13369:2004 "Betonvalmistoodete üldeskirjad"

- Vello Kattai, Tõnis Saadre, Leonid Savitski. Eesti põlevkivi, geoloogia, ressurss, kaevandamistingimused. Tallinn. 2000.

- A. Raukas, A. Teedumäe. Geology and Mineral Resources of Estonia. Estonian Academy Publishers. Tallinn. 1997.

- A. Ots. Põlevkivi põletustehnika. Tallinn. 2004.

- EVS 814:2003 "Normaalbetooni külmakindlus. Määratlused, spetsifikatsioonid ja katsemeetodid"

- By 43, Betonin kiviainekset 2007. Suomen Betoniyhdistys.

- EVS-EN 1992-1-1:2007 "Eurokoodeks 2: Raudbetoonkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks" (sisaldab rahvuslikku lisa)



HENCO
MADE IN BELGIUM

MIS KESTAB LÄBI AEGADE, SELLEST SAAB
KLASSIKA. OLGU SELLEKS MUUSIKALINE
SUURVORM VÕI HENCO TORUSTIKUD.

www.henco.be www.hencovision.be www.begores.com AS Begores toetab Tallinna Jaani kiriku oreli taastamist.