



**KAUNASE TEHNOLOOGIAÜLIKOOL
EHITUSE JA ARHITEKTUURI TEADUSKOND
EHITUSMATERJALIDE JA -KONSTRUKTSIOONIDE
UURIMISKESKUS**

Avalik asutus, K. Donelaičio g. 73, 44029 Kaunas.
Äriregistris kogutud ja talletatud andmed: kood 111950581, KMKR LT119505811.
Uurimiskeskuse andmed: Studentų g. 48, 51367 Kaunas, tel (837) 45 5120, e-post saf.smktc@ktu.lt

UAB Betono Mozaika

2020-07-22, No DV19-F-09-00051-26

**RE: BETOONIST SILLUTUSKIVIDE KÜLMUTUS-SULATUSKATSED
TOODETUD UAB BETONO MOZAIKA TEHASTES VILNIUSES, KAUNASES,
KLAIPĒDAS JA ŠIAULIAIS PÄRAST 28, 56 JA 72 KÜLMUTUS-SULATUSTSÜKLIT**

Kliendi UAB Betono Mozaika palvel tegi Kaunase Tehnoloogiaülikooli (KTU) ehitusmaterjalide ja -konstruktsioonide uurimiskeskus standardi LST EN 1338:2003 Lisa D kohaselt külmutus-sulatuskatsed saadetud betoontoodetel – betoonist sillutuskividel, mis olid toodetud Vilniuse, Kaunase, Klaipėda ja Šiauliai tehastes. Nii Vilniuse (nr VLN-1 ja VLN-2), Klaipėda (nr KL-1 ja KL- 2) kui ka Šiauliai tehastest (nr Šiau1 ja Šiau2) saadeti kaks betoonplokki. Kaunase tehastest saadeti kokku neli betoonplokki (nr K-1, K2, K3 ja K4). Pildid betoonplokkidest enne ja pärast külmutus-sulatuskatse tegemist on esitatud lisades. Külmutus-sulatuskatsete jaoks isoleeriti betoonploki kõik küljed 3 mm paksuse elastse kummikihiga, kuid katsekeha pealispind jäeti katmata (kummiümbrise serv ulatus umbes 20 mm üle katsekeha serva, et pealispinnale oleks hiljem võimalik valada külmutusainet või -lahust). Kummiga kaetud betoonbloki servad tihendati eriotstarbelise vee- ja külmakindla silikooniga. Katsekeha külgedele liimitud kummikiht kaeti samuti 20 mm paksuse vahtpolüstüreenist soojusisolatsioonikihiga. Sellega tagati, et betoonplokk on igast küljest ja põhjast ümbritsevast keskkonnast täielikult isoleeritud, erandina jäeti vabaks ainult pealispind, millel sooritati külmutus-sulatusstsüklid. Külmutusainena kasutatakse 3% NaCl vesilahust, mis valatakse betoonploki pealispinnale 5–7 mm paksuse kihina. Katsetamisel kasutati sellist lahuse kontsentratsiooni, kuna see on veest agressiivsem, st külmutamisel kahjustab selline lahus betooni rohkem. Külmutusaine aurumise vältimiseks kaeti betoonploki pealispind katse käigus vähemalt 200 µm paksuse polüetüleenkilega. Pärast ettevalmistusi asetati katsekehad automaatsesse külmutus-sulatuskambrisse, milles hoiti kindlat temperatuurirežiimi: päeva jooksul

muutus temperatuur kambris kohandatud ajakava alusel maksimaalses vahemikus +20 °C kuni –20 °C. Seda kutsutaksegi külmutus-sulatustsükliks. Külmutamisprotsessi käigus külmus betoonploki pinnal ja selle poorides olev NaCl vesilahus. Kuna jää maht on suurem kui vee oma, siis võib jäätumisel suurenev rõhk betoonploki poorides tekitada kahjustusi. Sulamise ajal jää sulab ja kahjustamisprotsess jätkub järgmise külmutamise ajal. Pärast teatavat arvu külmutus-sulatustsükleid võib betoonploki pinnal esineda

murenemist ehk massikadu. Standardite LST EN 1338:2003, LST EN 1338:2003/AC:2006 ja LST EN 1338:2003/P:2008 nõuete kohaselt loetakse halva kvaliteediga betoonist sillutuskivideks neid, mille massikadu on 28 külmutus-sulatustsükli möödudes suurem kui 1 kg/m². Katsetes kasutatud betoonplokkide külmutati kuni 72 päeva ja katsekeha pealispinnalt murenenud materjali kogus määrati pärast 28, 56 ja 72 külmutus-sulatustsükli. Katsetulemused on esitatud tabelites 1–3. Pildid betoonplokkidest enne ja pärast külmutamist on esitatud lisades.

1 Tabel. Betoonist sillutuskivi külmutus-sulatuskatse andmed pärast 28 külmutus-sulatustsükli

Katsekeha nr	Katse pindala A, mm ²	Murenenud materjali kogumass M, mg	Katsekeha massikadu pinnaühiku kohta L, kg/m ²	Katsekehade keskmine massikadu, kg/m ²	LST EN 1338:2003, LST EN 1338:2003/AC:2006, LST EN 1338:2003/P:2008 nõuded
VLN-1	15470	120	0,008	0,009	≤ 1,0 kg/m ²
VLN-2	15480	150	0,010		
KL-1	16150	140	0,009	0,009	≤ 1,0 kg/m ²
KL-2	16235	160	0,010		
Šiau1	16095	170	0,011	0,012	≤ 1,0 kg/m ²
Šiau2	15725	190	0,012		
K-1	16095	110	0,007	0,007	≤ 1,0 kg/m ²
K2	17290	120	0,007		
K3	16920	100	0,006		
K4	16095	110	0,007		

2 Tabel. Betoonist sillutuskivi külmutus-sulatuskatse andmed pärast 56 külmutus-sulatustsükli

Katsekeha nr	Katse pindala A, mm ²	Murenenud materjali kogumass M, mg	Katsekeha massikadu pinnaühiku kohta L, kg/m ²	Katsekehade keskmine massikadu, kg/m ²	LST EN 1338:2003, LST EN 1338:2003/AC:2006, LST EN 1338:2003/P:2008 nõuded
VLN-1	15470	160	0,010	0,012	≤ 1,0 kg/m ²
VLN-2	15480	210	0,014		
KL-1	16150	200	0,012	0,013	≤ 1,0 kg/m ²
KL-2	16235	220	0,014		
Šiau1	16095	330	0,021	0,022	≤ 1,0 kg/m ²
Šiau2	15725	350	0,022		
K-1	16095	200	0,012	0,015	≤ 1,0 kg/m ²
K2	17290	210	0,012		
K3	16920	220	0,013		
K4	16095	330	0,021		

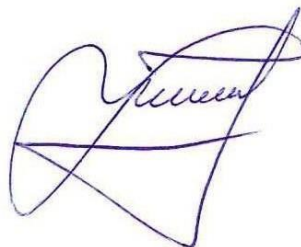
3 Tabel. Betoonist sillutuskivi külmutus-sulatuskatse andmed pärast 72 külmutus-sulatustsüklit

Katsekeha nr	Katse pindala A, mm ²	Murenenud materjali kogumass M, mg	Katsekeha massikadu pinnaihiku kohta L, kg/m ²	Katsekehade keskmine massikadu, kg/m ²	LST EN 1338:2003, LST EN 1338:2003/AC:2006, LST EN 1338:2003/P:2008 nõuded
VLN-1	15470	170	0,011	0,013	≤ 1,0 kg/m ²
VLN-2	15480	220	0,014		
KL-1	16150	240	0,015	0,015	≤ 1,0 kg/m ²
KL-2	16235	250	0,015		
Šiau1	16095	440	0,027	0,029	≤ 1,0 kg/m ²
Šiau2	15725	470	0,030		
K-1	16095	240	0,015	0,018	≤ 1,0 kg/m ²
K2	17290	270	0,016		
K3	16920	280	0,017		
K4	16095	430	0,027		

Järeldused:

- 1 Pärast 28 külmutus-sulatustsüklit vastasid kõik AB Betono Mozaika neljast tehasest saadetud betoonist sillutuskivid külmakindluse nõuetele ja kuulusid standardi LST EN 1338:2003 Lisa D kohaselt klassi 3 tähisega D. Kõik betoonblokid vastasid nendele nõuetele ka pärast 72 külmutus-sulatustsüklit.
- 2 Betoonplokkide vaatlusel pärast 72 tsüklit selgus, et kõige vähem muutusid Vilniuse tehasest pärit betoonplokid ja kõige rohkem Šiauliai tehasest pärit betoonplokid. Ainult ühel neljast Kaunase tehasest pärit betoonplokist esines pealispinnas väikesi muutusi (nr K4). Pildid kõikidest KTU ehitusmaterjalide ja -konstruktsioonide uurimiskeskusesse saadetud betoonplokkidest enne ja pärast külmutus-sulatuskatse tegemist on esitatud lisades.

Juhataja

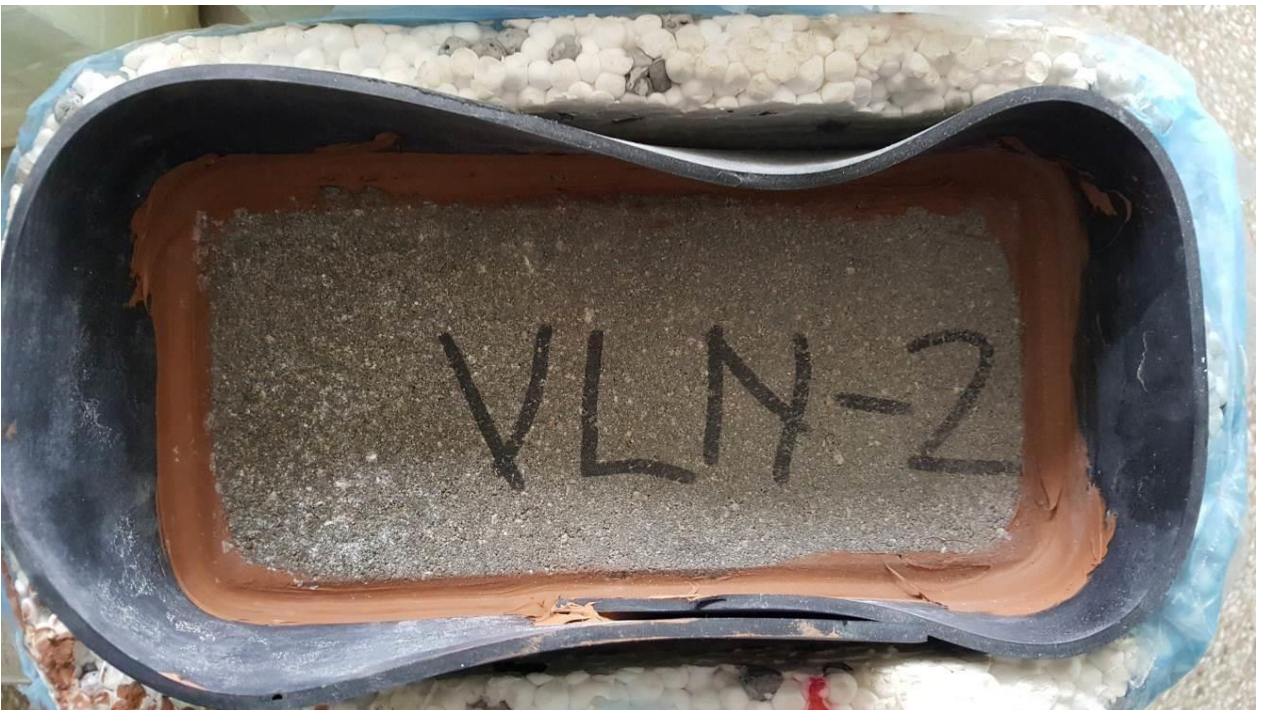
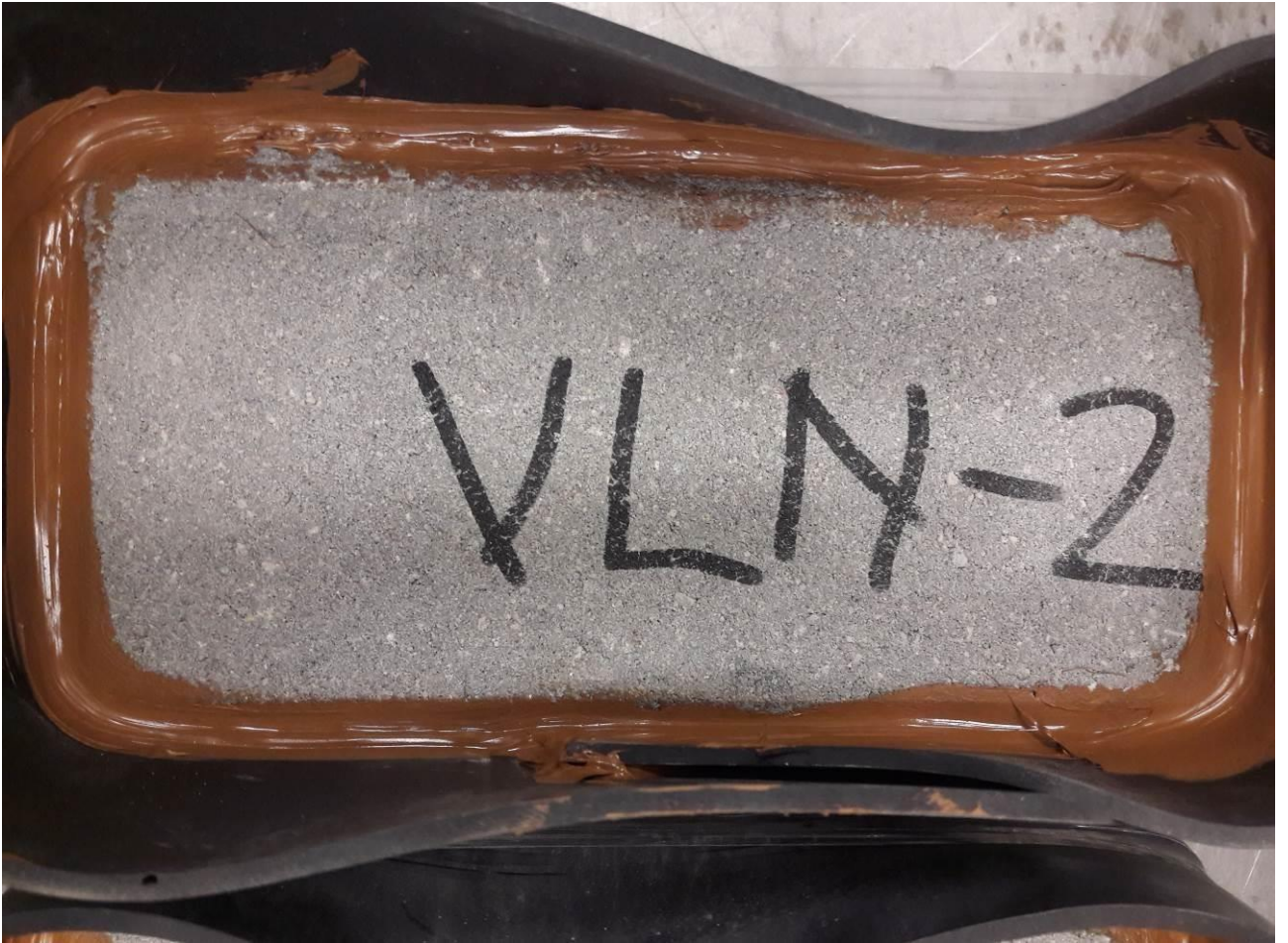


dr Ernestas Ivanauskas

LISAD



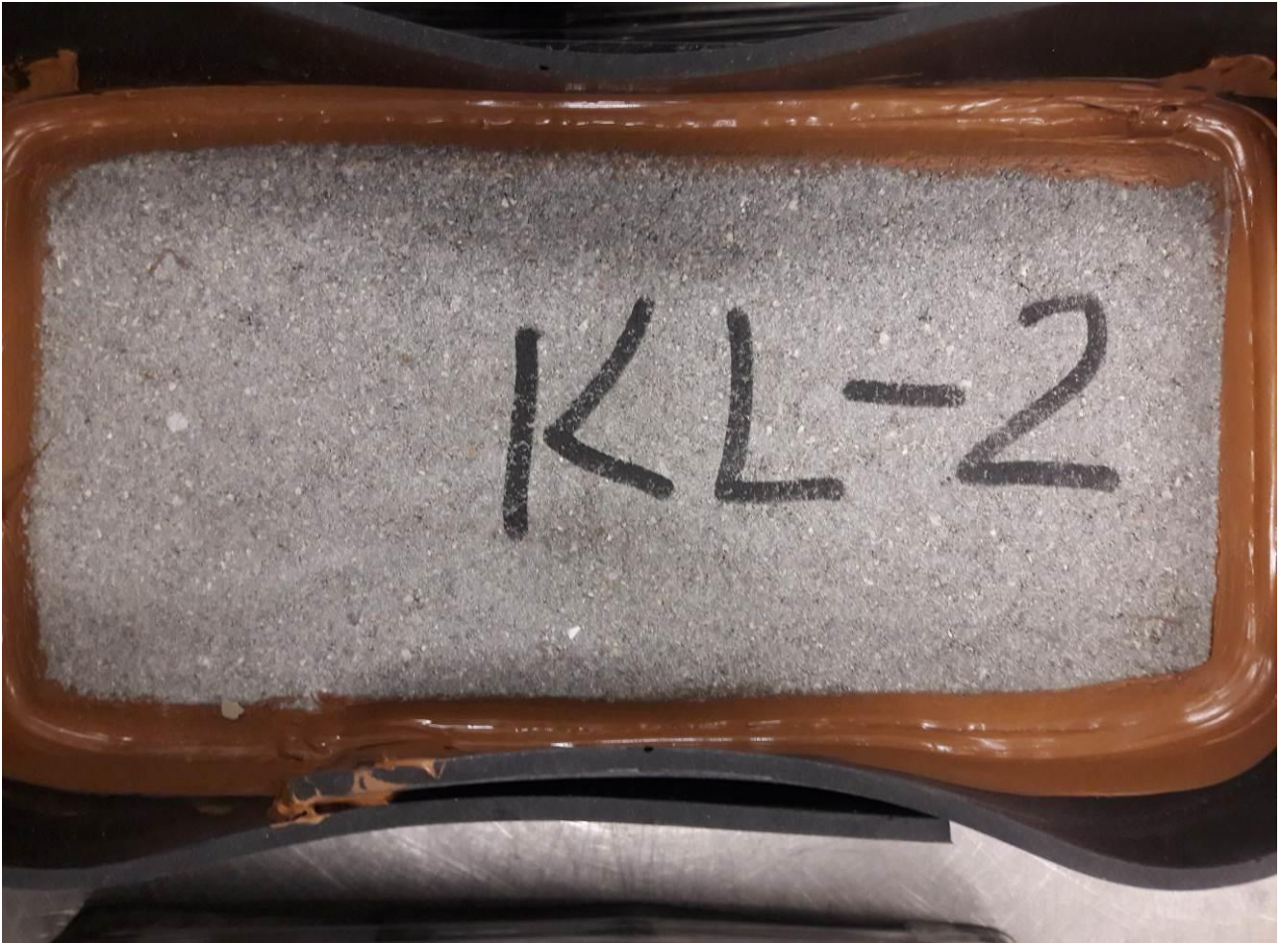
1 Joonis Betoonplokk VLN-1 enne külmutus-sulatuskatset (ülal) ja pärast 72 katsepäeva (all)



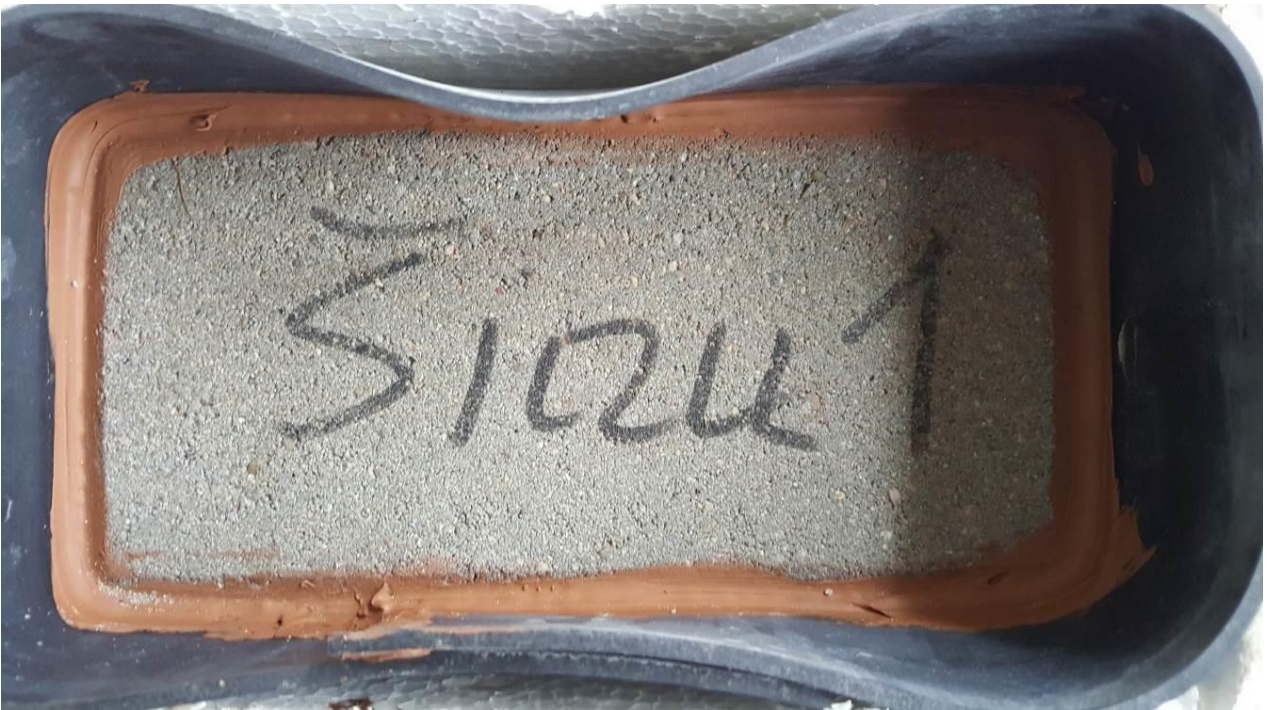
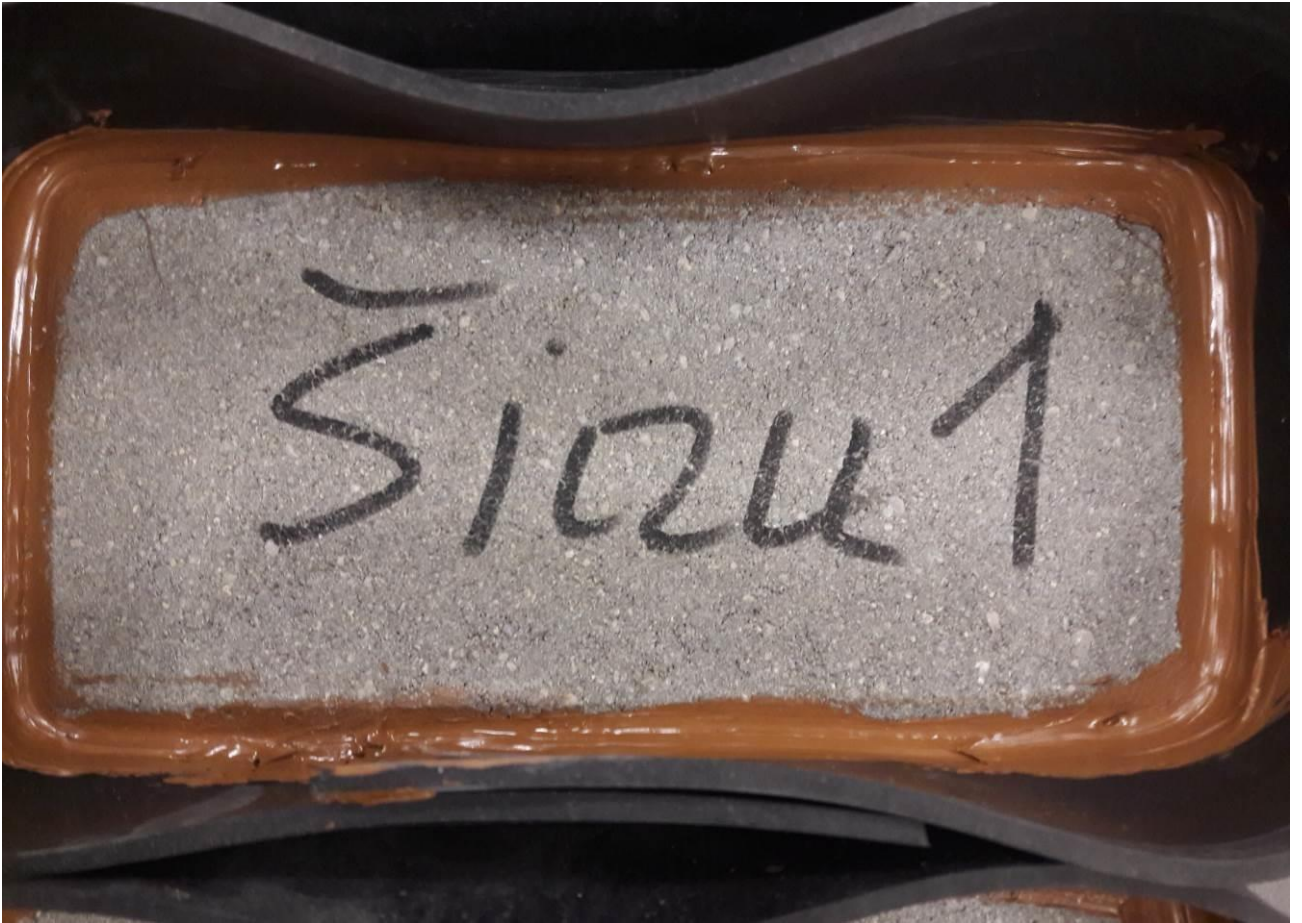
2 Joonis Betoonplokk VLN-2 enne külmutus-sulatuskatset (ülal) ja pärast 72 katsepäeva (all)



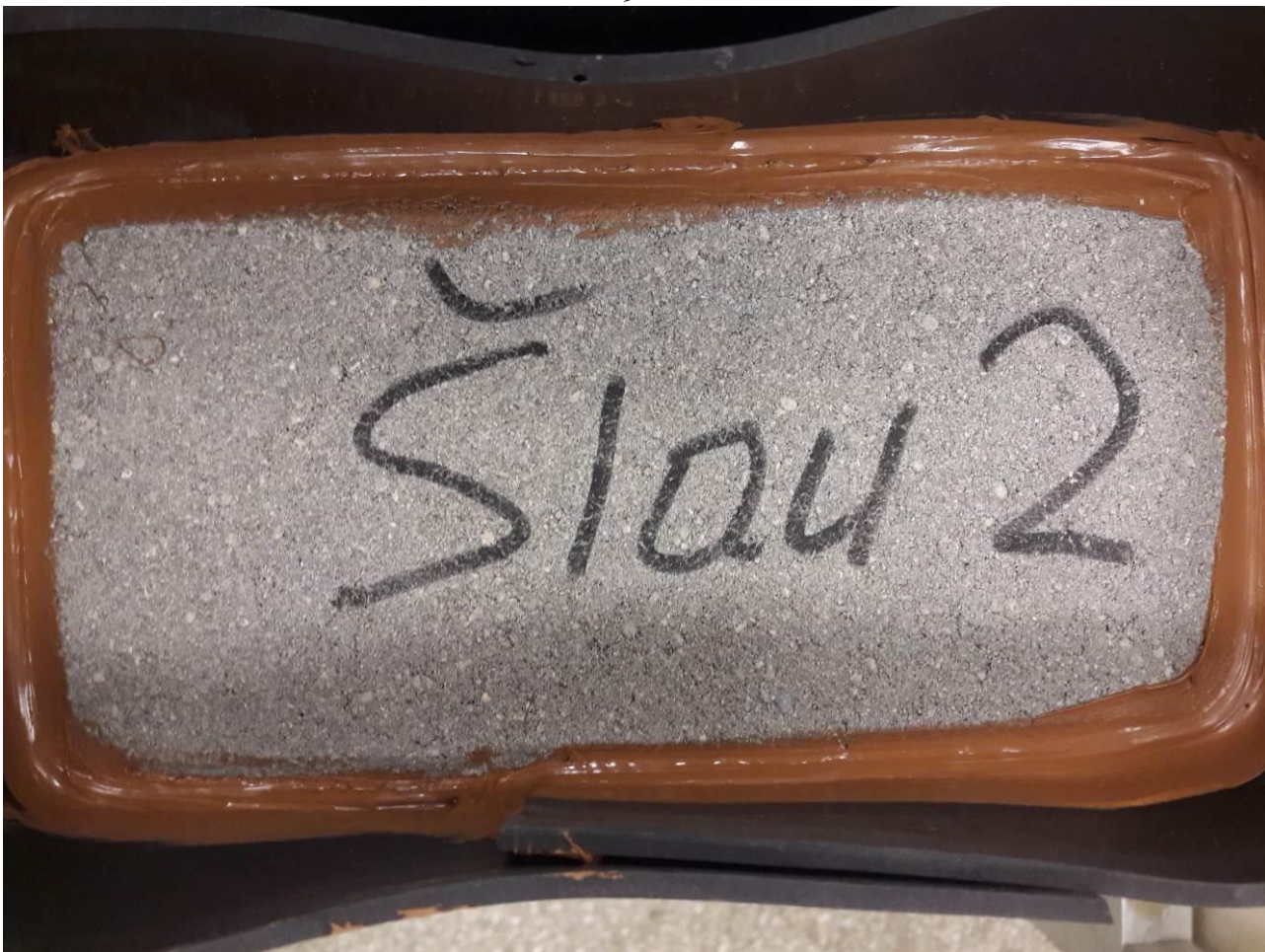
3 Joonis Betoonplokk KL-1 enne külmutus-sulatuskatset (ülal) ja pärast 72 katsepäeva (all)



4 Joonis Betoonplokk KL-2 enne külmutus-sulatuskatset (ülal) ja pärast 72 katsepäeva (all)



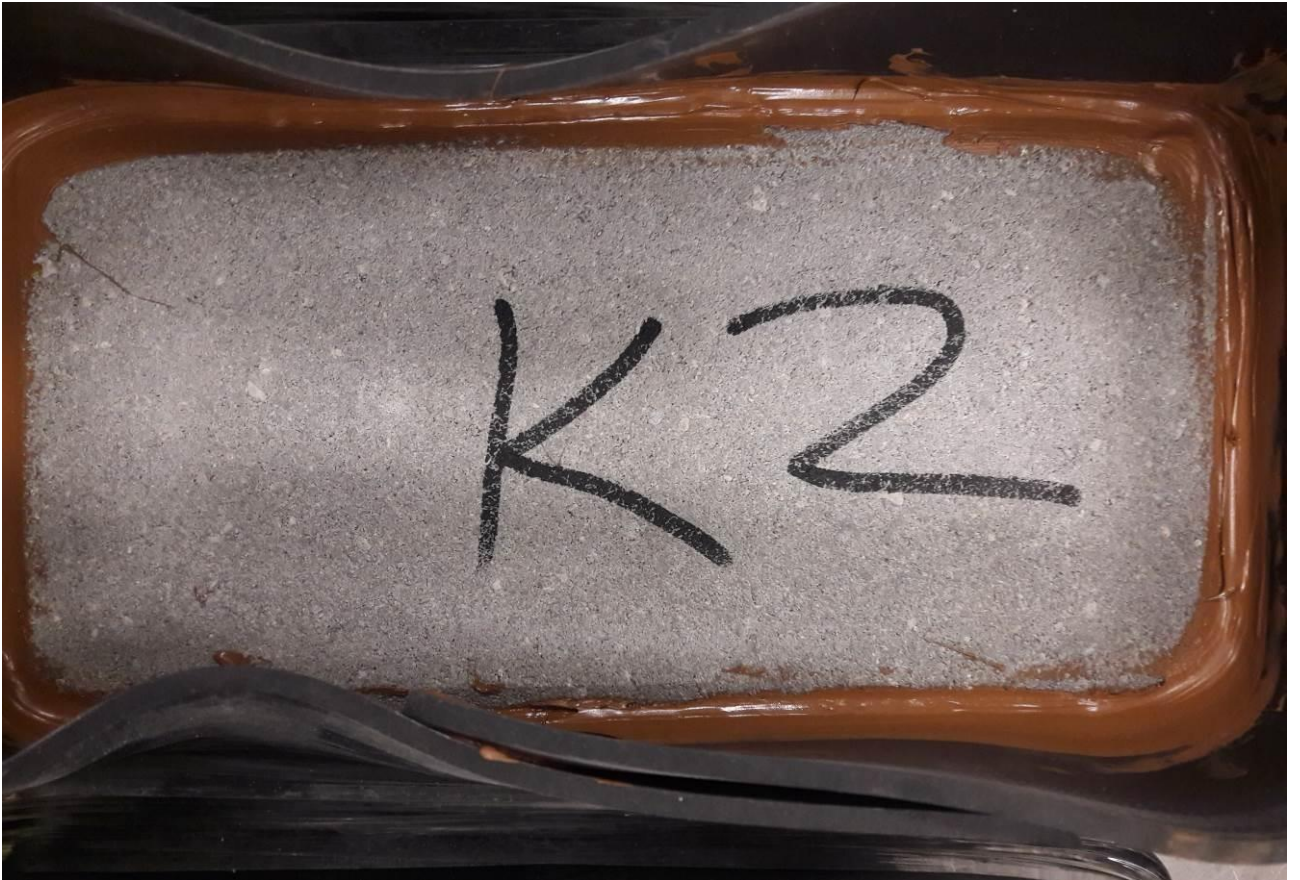
5 Joonis Betoonplokk Šiau1 enne külmutus-sulatuskatset (ülal) ja pärast 72 katsepäeva (all)



6 Joonis Betoonplokk Šiau2 enne külmutus-sulatuskatset (ülal) ja pärast 72 katsepäeva (all)



7 Joonis Betoonplokk K-1 enne külmutus-sulatuskatset (ülal) ja pärast 72 katsepäeva (all)



8 Joonis Betoonplokk K2 enne külmutus-sulatuskatset (ülal) ja pärast 72 katsepäeva (all)



9 Joonis Betoonplokk K3 enne külmutus-sulatuskatset (ülal) ja pärast 72 katsepäeva (all)



10 Joonis Betoonplokk K4 enne külmutus-sulatuskatset (ülal) ja pärast 72 katsepäeva (all)