

LUBJAKIVI- JA KRUUSKILLUSTIKE KÜLMAKINDLUSE PARALLEELNE KATSETAMINE

AS Teede Tehnokeskus

2009



MAANTEEAMET

Tallinn 2009

LUBJAKIVI- JA KRUUSKILLUSTIKE KÜLMAKINDLUSE PARALLEELNE KATSETAMINE

Töös osalesid: Regina Jefremova
Märt Hain
Janek Hendrikson
Silver Siht

Sisukord

1	Uurimistöö eesmärk	4
2	Uurimistöö kirjeldus	5
2.1	Katseplaan.....	5
2.2	Katsetatavad tooted ja tootjad.....	5
2.3	Aruande koosseis	6
3	Katsetatud materjalid.....	7
4	Katsekirjeldused.....	9
4.1	Täitematerjalide purunemiskindlus Los Angelese katsel	9
4.2	Külmakindluse määramine destilleeritud vees	9
4.3	Külmakindluse määramine 1%-lises NaCl lahuses	11
5	Katsetulemused	12
6	Katsetulemuste analüüs	22
7	Lisad	29
7.1	Teede Tehnokeskus AS Laboratooriumi „Katseprotokoll nr 545/09“	
7.2	Proovivõtu protokollid.....	

1 Uurimistöö eesmärk

Uurimustöö eesmärk oli võrrelda lubjakivi- ja kruuskillustike külmakindlust katsetades proove paralleelselt destilleeritud vees vastavalt standardile EVS-EN 1367-1 ja 1%-ses NaCl lahuses vastavalt standardile EVS-EN 1367-6. Lisaks sellele katsetati lubjakivi- ja kruuskillustike Los Angelese katsel vastavalt standardile EVS-EN 1097-2.

Külmakindlust katsetati fraktsioonidele 8/16 mm ja 16/32 mm ning Los Angelese katse viidi läbi fraktsioonile 10/14 mm. Kui karjääris toodetav fraktsioon erineb meetodikohasest, siis sõeluti vajalik fraktsioon välja laboris.

2 Uurimistöö kirjeldus

2.1 Katseplaan

Uurimistöö eesmärk on võrrelda lubjakivi- ja kruuskillustike külmakindlust katsetades proove paralleelselt 1% NaCl lahuses vastavalt standardile EN 1367-6 ja destilleeritud vees vastavalt standardile EVS-EN 1367-1. Lisaks katsetatakse lubjakivi- ja kruuskillustike Los Angelese katsel vastavalt standardile EVS-EN 1097-2.

Iga punktis 2 loetletud karjääri toodangust võetakse katsetamiseks 2 fraktsiooni: 8/16 mm ja 16/32 mm. Külmakindlust katsetatakse fraktsioonidele 8/16 ja 16/32 mm ning Los Angelese katsel fraktsioonile 8/16 mm. Kui toodetav fraktsioon erineb meetodikohasest, siis sõelutakse katseks vajalik fraktsioon proovist välja laboris.

Proovivõtt ja proovide vähendamine teostatakse EVS-EN 932-1 kohaselt. Katsed sooritatakse standardite EN 1367-6, EVS-EN 1367-1 ja EVS-EN 1097-2 kohaselt.

2.2 Katsetatavad tooted ja tootjad.

Tabel 1 Kruuskillustikud

Jrk nr	Tootja	Karjäär
1	Kiviluks	Seli
2	Kiviluks	Vahelaane
3	Kiirkandur	Ambose
4	Kiirkandur	Kalda
5	Kiirkandur	Miti
6	Rapla Teed	Tiitsu-2
7	Krüüdneri Karjäär	Krüüdneri
8	Moreen	Siimusti
9	Põlva Teed	Kolleri
10	Valga Teed	Palupera
11	Level	Vanamõisa
12	Lääne Teed	Keedika
13	Sakala Teed	Välgita
14	Turgel Grupp	Toravere
15	Tartu Teedevalitsus	Põrgumäe

Tabel 2 Lubjakivikillustik

Jrk nr	Tootja	Karjäär
1	Väo Paas	Väo
2	Paekivitoodete tehas	Väo
3	Paekivitoodete tehas	Maardu
4	Paekivitoodete tehas	Eivere
5	Põltsamaa Graniit	Röstla
6	Kaltsiit	Otisaare
7	Luige Kivi	Sopimetsa
8	Nordkalk	Kurevere
9	Nordkalk	Rakke
10	Harku Karjäär	Harku Karjäär
11	Reiden Dolomiit	Anelema
12	Kunda Nordic Tsement	Lõuna-Aru
13	Eesti Põlevkivi	Estonia
14	Eesti Põlevkivi	Aidu
15	Rapla Teed	Reinu
16	Põlva Teed	Marinova

2.3 Aruande koosseis

- Proovivõtu protokollid;
- Katseprotokollid;
- Katsetulemuste koond.

3 Katsetatud materjalid

Vastavalt katseplaanile võeti igast karjäärast kaks fraktsiooni katsetatavat materjali: 8/16 mm ja 16/32 mm. Proovide võtmine ja vähendamine teostati vastavalt standardile EVS-EN 932-1. Lubjakivikarjäärdest on uurimistöö käigus välja langenud AS Nordkalki Kurevere ja Rakke karjäärid, mis asendati kokkuleppel tellijaga Vasalemma karjääriga. Kokku katsetati 30 lubjakivikillustiku proovi (15-st karjäärast). Tabelis 3 on toodud katsetatud lubjakivikillustike proovide tootjad ja nende karjäärid, samuti võetud materjalide fraktsioonid.

Tabel 3. Lubjakivikillustikud

Jrk nr	Tootja	Karjäär	Fraktsioon, mm	
1	OÜ Vao Paas	Vao	8/16	
			16/32	
2	OÜ Paekivitoodete Tehase	Eivere	4/16	
			16/32	
Vao		4/16		
		16/32		
Maardu		4/16		
		16/32		
5		OÜ Põltsamaa Graniit	Röstla	8/16
				16/32
6	AS Kaltsiit	Otisaare	8/16	
			16/32	
7	OÜ Luige Kivi	Sopimetsa	8/16	
			16/32	
8	AS Nordkalk	Vasalemma	4/16	
			16/32	
9	AS Harku Karjäär	Harku	8/16	
			16/32	
10	AS Reiden Dolomiit	Anelema	8/16	
			16/32	
11	AS Kunda Nordic Tsement	Lõuna-Aru	8/16	
			16/32	
12	AS Eesti Põlevkivi	Aidu karjäär	4/16	
			16/32	
Estonia		4/16		
		16/32		
14	OÜ Rapla Teed	Reinu	8/16	
			16/32	
15	AS Põlva Teed	Marinova	4/16	
			16/32	

Kruuskillustike karjäärdest on uurimistöö käigus välja langenud Valga Teed OÜ Palupera karjäär, Turgel Grupp AS Toravere karjäär ning Level AS Vanamõisa karjäär. Nimetatud karjäärdest oli uurimistöö ajal kas tootmine ajutiselt peatatud või lõpetatud. Samas lisandus uurimistöö käigus katsetatavate karjääride nimekirja Ooremaa karjäär. Tiitsu-2, Krüüdneri, Siimusti ja Kollerri karjäärdest võeti uurimistöö käigus ainult peenema fraktsiooni killustikku, kuna nõutud jämedamat fraktsiooni karjäär hetkel ei tootnud. Tabelis 4 on toodud katsetatud kruuskillustike proovide tootjad ja nende karjäärid, samuti võetud materjalide fraktsioonid. Tabelis 4 on toodud katsetatud kruuskillustike proovide tootjad ning proovivõtukohtad ehk karjäärid, samuti proovivõtu ajal karjäärdest olemasolevad fraktsioonid. Kokku katsetati 22 kruuskillustiku proovi (13-st karjäärist).

Tabel 4. Kruuskillustikud

Jrk nr	Tootja	Karjäär	Fraktsioon, mm
1	AS Kiviluks	Vahelaane	8/16
			16/32
2		Seli	8/16
			16/32
3	AS Kiirkandur	Ambrose	8/16
			16/32
4		Miti	8/16
			16/32
5		Kalda	4/16
			16/32
6	OÜ Rapla Teed	Tiitsu-2	8/12
7	AS Avraal	Krüüdneri	8/16
8	OÜ Moreen	Siimusti	8/12
9	AS Põlva Teed	Kollerri	8/12
10	AS Level	Ooremaa	8/16
			16/32
11	OÜ Lääne Teed	Keedika	4/16
			16/32
12	OÜ Sakala Teed	Välgita	*16/32
			16/32
13	Tartu Teedevalitsus	Põrgumäe	8/16
			16/32

*Välgita karjääris toodetakse ainult fraktsiooni 16/32 mm, väiksema fraktsiooni 8/16 mm saamiseks purustati proov laboratoorses lõugpurustis.

4 Katsekirjeldused

Purunemiskindlus Los Angelese katsel määrati standardi EVS-EN 1097-2:2007 „Täitematerjalide mehaaniliste ja füüsikaliste omaduste katsetamine. Osa 2: Purunemiskindluse määramise meetod” järgi. Külmakindlus destilleeritud vees määrati standardi EVS-EN 1367-1:2007 „Täitematerjalide soojuslike omaduste ja ilmastikukindluse katsetamine. Osa 1: Külmakindluse määramine”. Külmakindlus 1% NaCl lahuses määrati standardi EVS-EN 1367-6:2008 „Täitematerjalide soojuslike omaduste ja ilmastikukindluse katsetamine. Osa 6: Külmakindluse määramine soolalahuses (NaCl)” järgi.

4.1 Täitematerjalide purunemiskindlus Los Angelese katsel

Meetodit kasutatakse kivimaterjali tugevusomaduste hindamiseks – iseloomustab materjali vastupanu purunemisel.

Katse põhimõte: kindla fraktsiooniga täitematerjali proov kulutatakse trumlis koos teraskuulidega. Pärast kulutamise lõpetamist määratakse materjali jääk 1,6 mm sõelal.

Los Angelese tegur (LA) on katseproovi osa protsentides, mis läbib pärast katsetamist 1,6 mm avaga sõela, tulemus antakse täisarvuna. Selleks, et katsete tulemused oleksid võrreldavad omavahel kasutati põhifraktsiooni 10/14 mm (kesksõel 12,5 mm).

Valmis katseproovi mass fraktsiooniga 10/14 mm peab olema (5000±5) g. Trumlis asetatakse esmalt kindla raskusega kuulid (põhifraktsiooni kasutamisel - 11 kuuli) ja siis katseproov. Trumli täiteava suletakse kaanega ja lastakse konstantsel pöörlemissagedusel teha 500 pööret. Pärast katseproovi kulutamist trummel tühjendatakse. Anumast võetud materjal analüüsitakse pesemise ja sõelumisega sõelal 1,6 mm. Jääk 1,6 mm sõelal kuivatatakse temperatuuril 110±5°C konstantse massini, kaalutakse ja mass registreeritakse (*m*). Seejärel arvutatakse LA tegur:

$$LA = \frac{5000 - m}{50}$$

m – jääk 1,6 mm sõelal grammides, tulemus antakse täisarvuna

LA – Los Angelese arv protsentides, tulemus antakse täisarvuna

4.2 Külmakindluse määramine destilleeritud vees

Meetodit kasutatakse täitematerjali vastupidavuse (ilmastikukindluse) hindamiseks läbi külmutus-sulatus tsükli.

Katse põhimõte: normaalsel atmosfäärsel rõhul destilleeritud vees immutatud ühtlase terasuurusega täitematerjali katseproov koos veega allutatakse 10 külmutus-sulatustsüklile. Tsükkel koosneb killustiku vees külmutamisest temperatuuril -17,5 °C ja sellele järgnevast sulatamisest temperatuuril +20 °C. Peale tsüklite lõppemist uuritakse täitematerjali omaduste muutumist.

Uurimistöö käigus katsetati fraktsioonid 8/16 mm ja 16/32 mm. Sõela 32 mm asemel kasutatakse laborites 31,5 mm sõela. Neli kolmeteistkümnest kruusakarjäärdest toodavad ainult peenemat killustiku fraktsiooni, seega nende kruuskillustike katsetusi fraktsioonile 16/32 mm ei olnud võimalik teostada. Tabelis 5 on toodud standardsed üksikkatseproovide kogused külmakindluse määramisel.

Tabel 5. Katseproovide kogus

Fraktsioon, mm	Kogus ühes katseanumas, g	Katseanumate arv
8/16	2000	3
16/31,5	2000	6

Ettevalmistatud katseproovidele lastakse seista atmosfäärsel rõhul (24±1) tundi destilleeritud veega. Veetase tuleb hoida kogu 24 tunnise immutuse vältel vähemalt 10 mm ülalpool katseproovide pinda.

Külmutuskatse kirjeldus: Suletud plekknõud koos katseproovidega asetatakse külmkappi nii, et plekknõude seinad on vähemalt 5 cm kaugusel külmkapi siseseintest ning nõud omavahel kokku ei puutu. Sellega tagatakse ühtlane soojusvahetus kõigis suundades.

Pärast 10 tsükli lõppemist kallatakse iga plekknõu sisu katseproovi ettevalmistamisel kasutatud väikseima katsesõela ava mõõdust poole väiksema avaga sõelale (nt 8/ 16 mm fraktsiooni puhul 4 mm avasuurusega sõelale). Katseproov pestakse ja sõelutakse läbi käsitsi. Jääk sõelal kuivatatakse temperatuuril 110±5°C konstantse massini, jahutatakse ja kaalutakse (M₂). Tulemus esitatakse kolme üksikkatseproovi esialgse summaarse massi massiprotsendina:

$$F = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

M₁ – kolme üksikkatseproovi esialgne summaarne mass g

M₂ – kolme üksikkatseproovi summaarne mass katsesõelal pärast katsetust g

F – kolme üksikkatseproovi massikadu protsentes pärast külmutus-sulatustsükleid

4.3 Külmakindluse määramine 1%-lises NaCl lahuses

Külmakindluse määramise 1%-lises NaCl lahuses toimub katsetamine sarnaselt destilleeritud vees külmakindluse määramisega, kuid destilleeritud vesi asendatakse 1%-lise soolalahusega (NaCl).

5 Katsetulemused

Katsetulemused on võetud Teede Tehnokeskus AS Laboratooriumi katseprotokollist nr 545/09 (esitatud uurimistöö lisas).

Tulemused on esitatud arvuliselt järgnevates tabelites:

Tabel 6 Lubjakivikillustike Los Angelese ja külmakindluse katsetulemused	13
Tabel 7 Lubjakivikillustike Los Angelese ja külmakindluse katsetulemused	14
Tabel 8 Kruuskillustike Los Angelese ja külmakindluse katsetulemused	15

Tulemused on esitatud graafiliselt järgnevatel joonistel:

Joonis 1 Lubjakivikillustike katsetulemused	16
Joonis 2 Kruuskillustike katsetulemused	17
Joonis 3 Lubjakivikillustike katsetulemused fr 8/16 mm	18
Joonis 4 Lubjakivikillustike katsetulemused fr 16/32 mm	19
Joonis 5 Kruuskillustike katsetulemused fr 8/16 mm	20
Joonis 6 Kruuskillustike katsetulemused fr 16/32 mm	21

Tabel 6 Lubjakivikillustike Los Angelese ja külmaskindluse katsetulemused

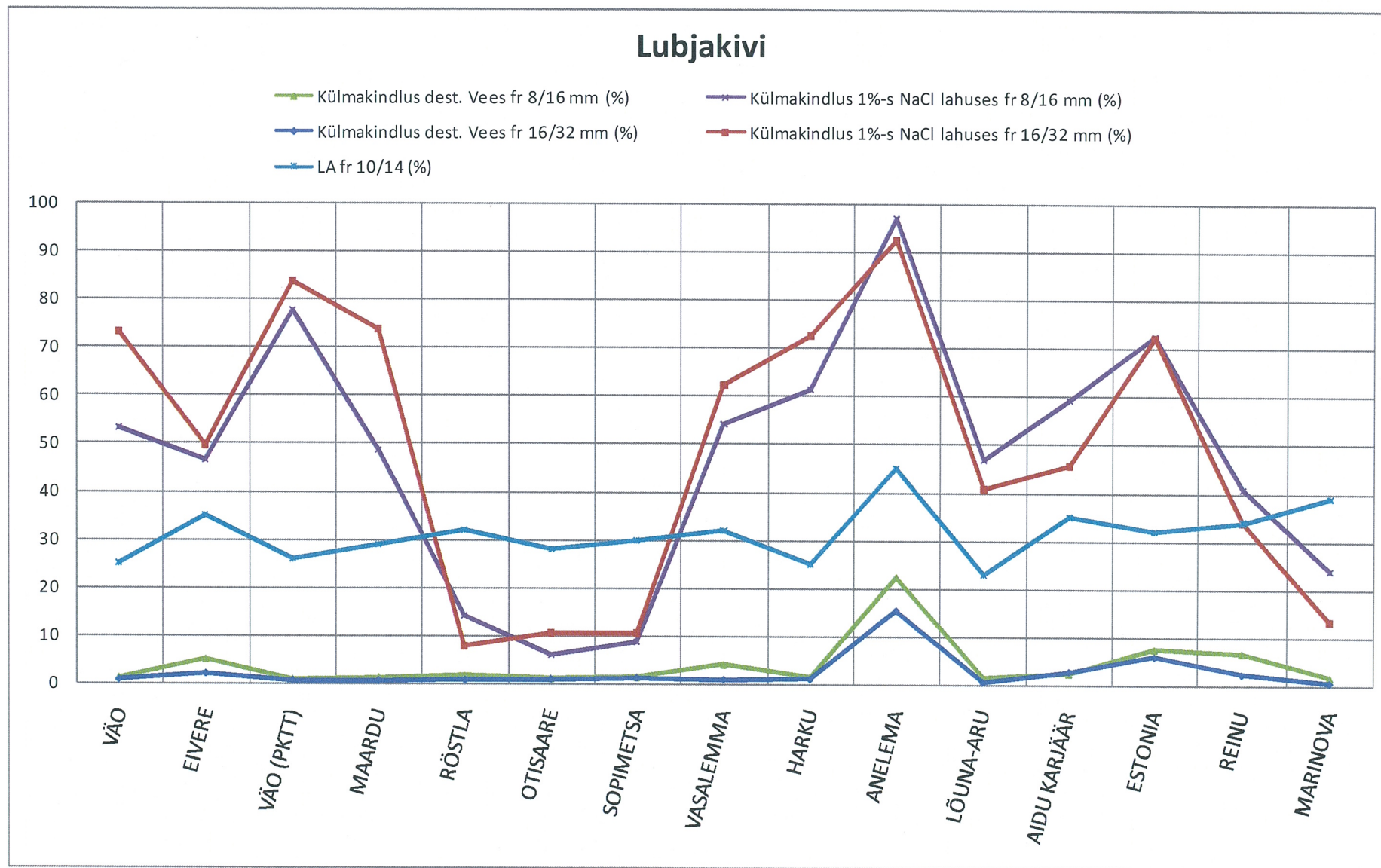
Jrk nr	Tootja	Karjäär	Proovi		Los Angeles (LA) EVS-EN 1097-2:2007		Külmakindlus destilleeritud vees (F) EVS-EN 1367-1:2007		Külmakindlus 1%-s NaCl lahuses (F) EVS-EN 1367-6:2008	
			nr	fr mm	fr mm	tulemus (%)	fr mm	tulemus (%)	fr mm	tulemus (%)
1	OÜ Vão Paas	Vão	2935	8/16	10/14	25	8/16	1,1	8/16	53,1
			2936	16/32	-	-	16/31,5	0,9	16/31,5	72,9
2	OÜ Paekivitoodete Tehase	Eivere	4069	4/16	10/14	35	8/16	5,0	8/16	46,5
			4070	16/32	-	-	16/31,5	2,2	16/31,5	49,4
Vão		4598	4/16	10/14	26	8/16	0,8	8/16	77,7	
		4599	16/32	-	-	16/31,5	0,8	16/31,5	83,6	
4		Maardu	4600	4/16	10/14	29	8/16	1,2	8/16	48,6
			4601	16/32	-	-	16/31,5	0,8	16/31,5	73,7
5	OÜ Põltsamaa Graniit	Röstla	5188	8/16	10/14	32	8/16	1,6	8/16	14,1
			5189	16/32	-	-	16/31,5	0,9	16/31,5	7,7
6	AS Kaltsiit	Otisaare	5192	8/16	10/14	28	8/16	1,0	8/16	5,9
			5193	16/32	-	-	16/31,5	1,1	16/31,5	10,5
7	OÜ Luige Kivi	Sopimetsa	5186	8/16	10/14	30	8/16	1,3	8/16	8,7
			5187	16/32	-	-	16/31,5	1,4	16/31,5	10,3
8	AS Nordkalk	Vasalemma	805	4/16	10/14	32	8/16	4,0	8/16	54,1
			806	16/32	-	-	16/31,5	1,1	16/31,5	62,0
9	AS Harku Karjäär	Harku	760	8/16	10/14	25	8/16	1,4	8/16	61,4
			761	16/32	-	-	16/31,5	1,2	16/31,5	72,3

Tabel 7 Lubjakivikillustike Los Angelese ja külmakindluse katsetulemused

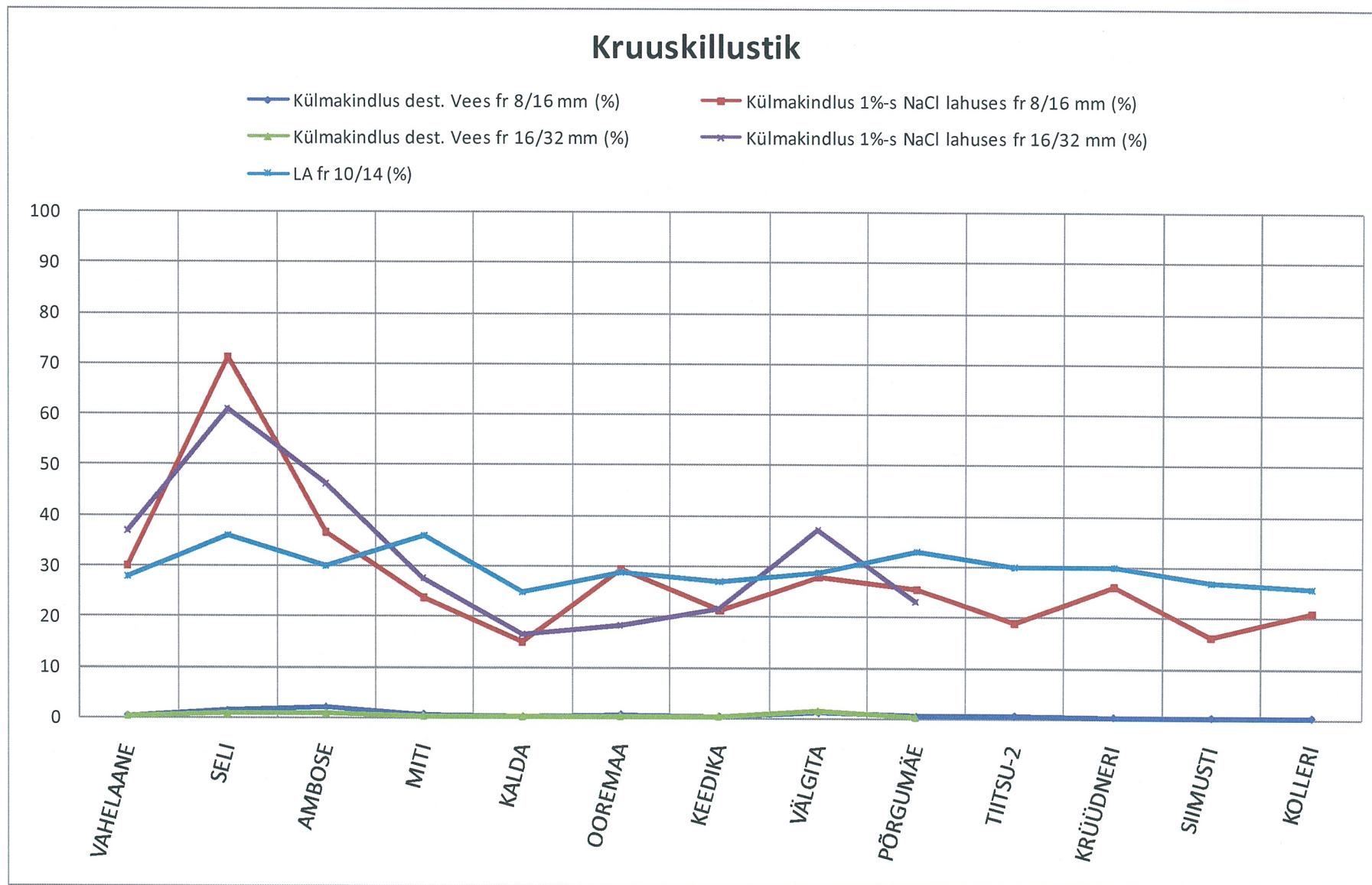
Jrk nr	Tootja	Karjäär	Proovi		Los Angeles (LA) EVS-EN 1097-2:2007		Külmakindlus destilleeritud vees (F) EVS-EN 1367-1:2007		Külmakindlus 1%-s NaCl lahuses (F) EVS-EN 1367-6:2008	
			nr	fr mm	fr mm	tulemus (%)	fr mm	tulemus (%)	fr mm	tulemus (%)
10	AS Reiden Dolomiit	Anelema	700	8/16	10/14	45	8/16	22,4	8/16	97,0
			701	16/32	-	-	16/31,5	15,5	16/31,5	92,4
11	AS Kunda Nordic Tsement	Lõuna-Aru	6017	8/16	10/14	23	8/16	1,3	8/16	46,8
			6018	16/32	-	-	16/31,5	0,7	16/31,5	40,8
12	AS Eesti Põlevkivi	Aidu karjäär	3288	4/16	10/14	35	8/16	2,3	8/16	59,2
3289			16/32	-	-	16/31,5	2,9	16/31,5	45,6	
13		Estonia	812	4/16	10/14	32	8/16	7,4	8/16	72,4
			813	16/32	-	-	16/31,5	6,0	16/31,5	72,0
14	OÜ Rapla Teed	Reinu	3101	8/16	10/14	34	8/16	6,6	8/16	40,7
			3102	16/32	-	-	16/31,5	2,4	16/31,5	33,8
15	AS Põlva Teed	Marinova	3546	4/16	10/14	39	8/16	1,6	8/16	23,9
			3547	16/32	-	-	16/31,5	0,7	16/31,5	13,1

Tabel 8 Kruuskillustike Los Angelese ja külmakindluse katsetulemused

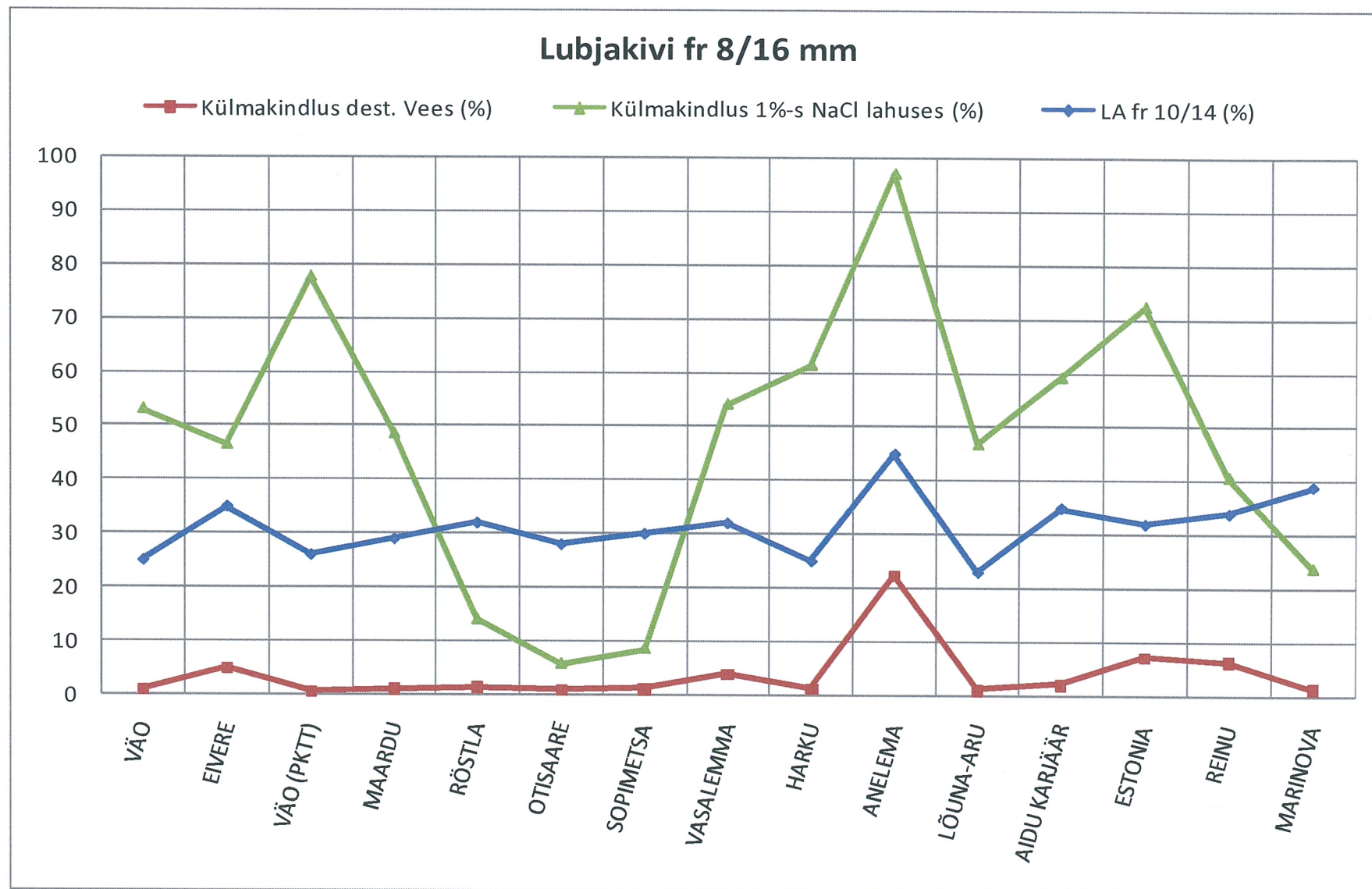
Jrk nr	Tootja	Karjäär	Proovi		Los Angeles (LA) EVS-EN 1097-2:2007		Külmakindlus destilleeritud vees (F) EVS-EN 1367-1:2007		Külmakindlus 1%-s NaCl lahuses (F) EVS-EN 1367-6:2008	
			nr	fr mm	fr mm	tulemus (%)	fr mm	tulemus (%)	fr mm	tulemus (%)
1	AS Kiviluks	Vahelaane	4389	8/16	10/14	28	8/16	0,4	8/16	29,9
			4391	16/32	-	-	16/31,5	0,4	16/31,5	36,9
2		Seli	4390	8/16	10/14	36	8/16	1,3	8/16	71,0
			4392	16/32	-	-	16/31,5	0,8	16/31,5	60,8
3	AS Kiirkandur	Ambose	3099	8/16	10/14	30	8/16	2,0	8/16	36,5
			3100	16/32	-	-	16/31,5	0,9	16/31,5	46,2
4		Miti	3548	8/16	10/14	36	8/16	0,7	8/16	23,6
			3549	16/32	-	-	16/31,5	0,4	16/31,5	27,6
5		Kalda	4452	4/16	10/14	25	8/16	0,3	8/16	14,9
			4453	16/32	-	-	16/31,5	0,3	16/31,5	16,4
6	OÜ Rapla Teed	Tiitsu-2	3103	8/12	10/14	30	8/16	0,6	8/16	18,8
7	AS Avraal	Krüüdneri	3550	8/16	10/14	30	8/16	0,4	8/16	25,9
8	OÜ Moreen	Siimusti	5185	8/12	10/14	27	8/16	0,4	8/16	16,2
9	AS Põlva Teed	Kolleri	3551	8/12	10/14	26	8/16	0,4	8/16	20,8
10	AS Level	Ooremaa	3694	8/16	10/14	29	8/16	0,7	8/16	29,3
			3695	16/32	-	-	16/31,5	0,4	16/31,5	18,3
11	OÜ Lääne Teed	Keedika	4454	4/16	10/14	27	8/16	0,4	8/16	21,2
			4455	16/32	-	-	16/31,5	0,4	16/31,5	21,5
12	OÜ Sakala Teed	Välgita	5191	16/32	10/14	29	8/16	1,1	8/16	27,9
			5190	16/32	-	-	16/31,5	1,5	16/31,5	37,1
13	Tartu Teedevalitsus	Põrgumäe	4230	8/16	10/14	33	8/16	0,5	8/16	25,4
			4231	16/32	-	-	16/31,5	0,3	16/31,5	23,1



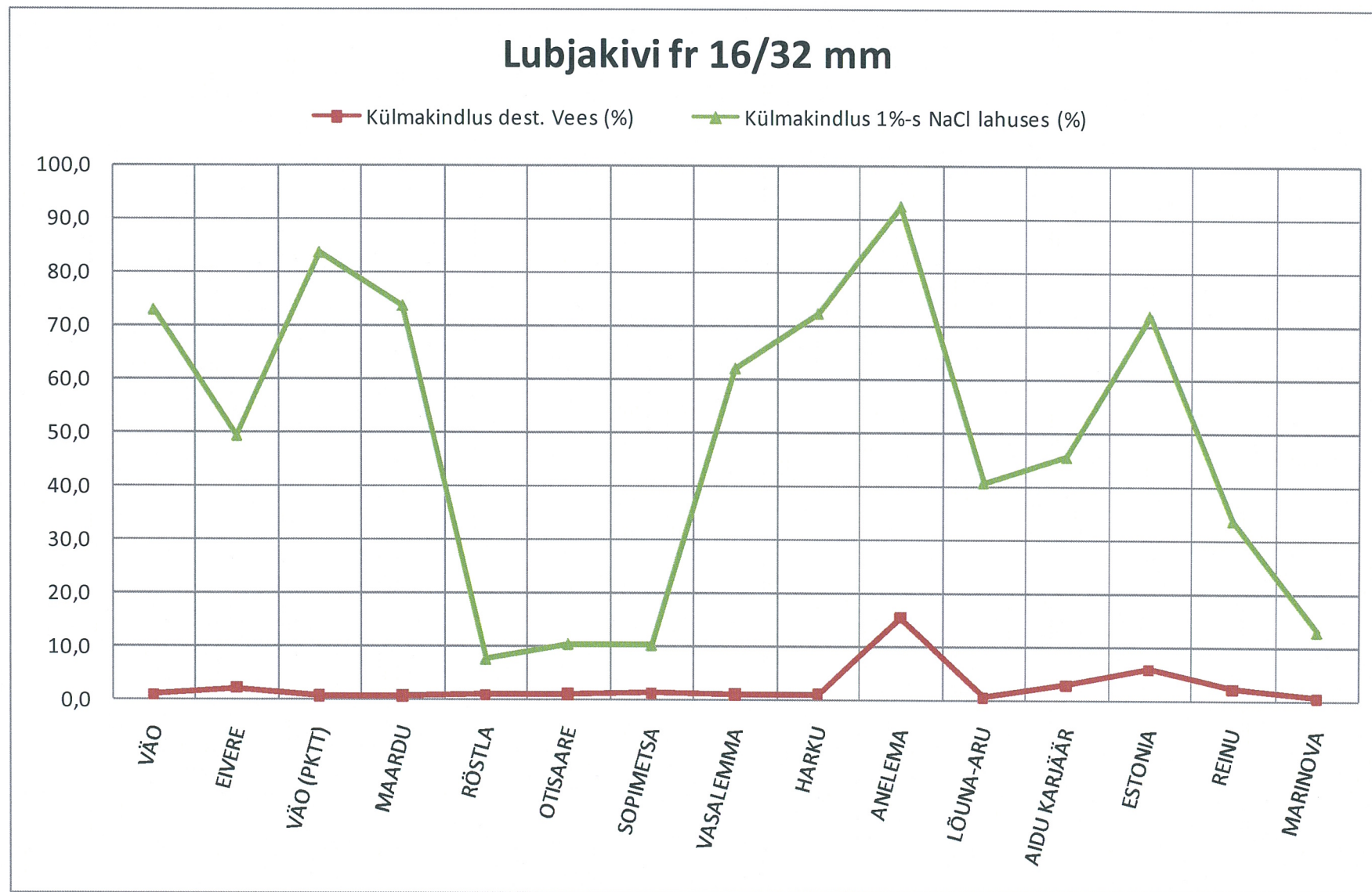
Joonis 1 Lubjakivikillustike katsetulemused



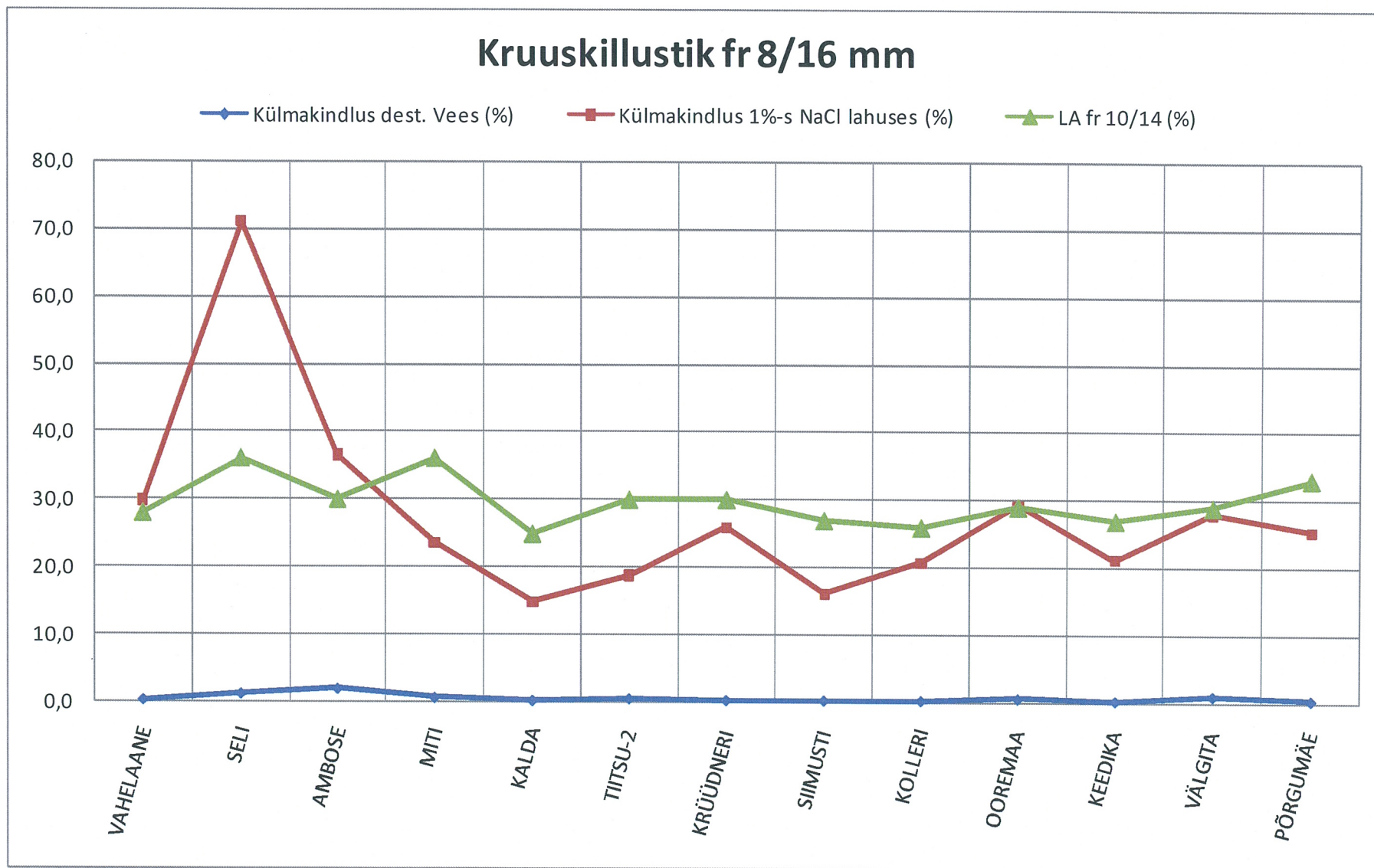
Joonis 2 Kruuskillustike katsetulemused



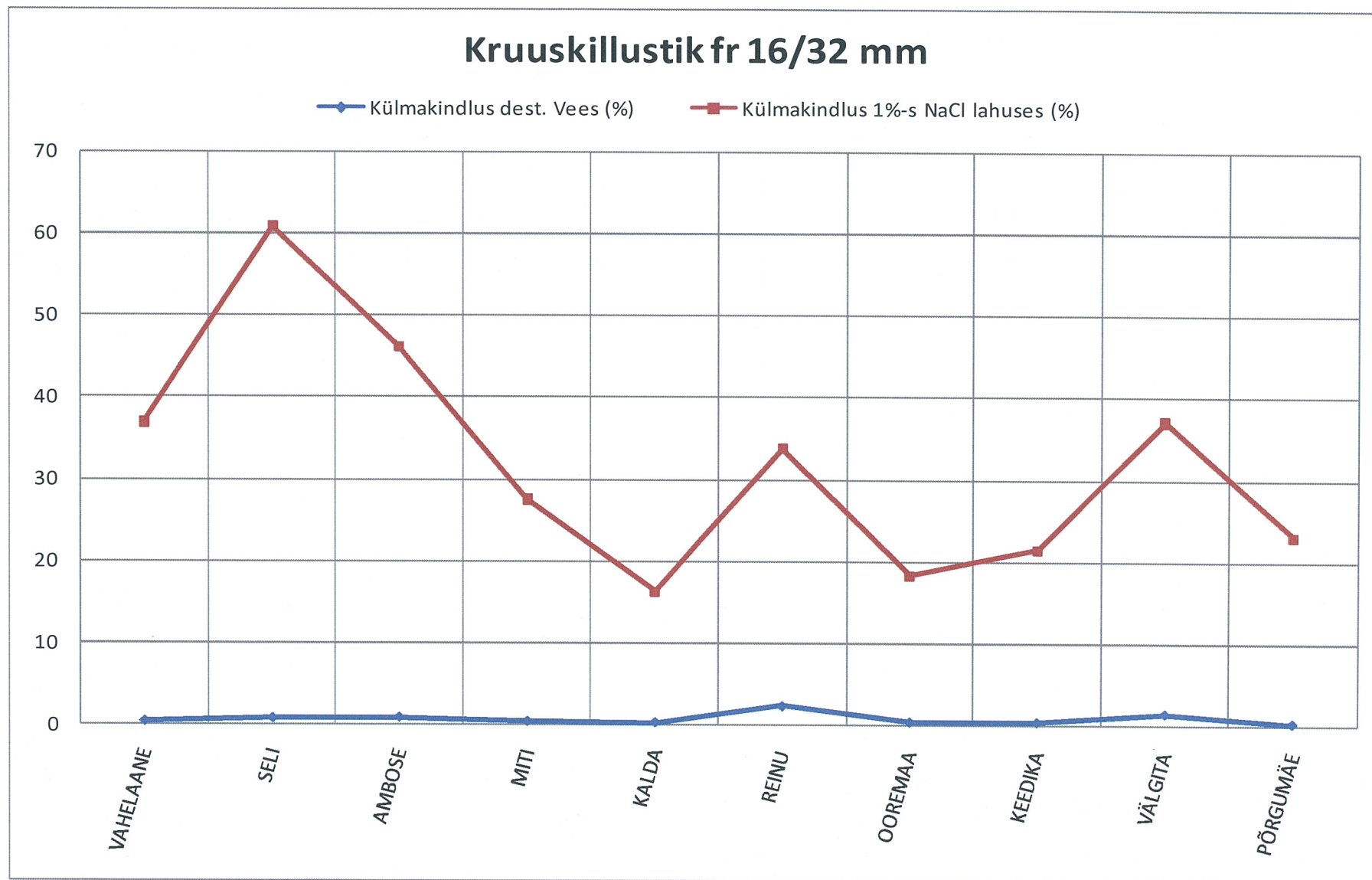
Joonis 3 Lubjakivikillustike katsetulemused fr 8/16 mm



Joonis 4 Lubjakivikillustike katsetulemused fr 16/32 mm



Joonis 5 Kruuskillustike katsetulemused fr 8/16 mm



Joonis 6 Kruuskillustike katsetulemused fr 16/32 mm

6 Katsetulemuste analüüs

Järgnevalt vaadeldi katsetatud materjalidel määratud omaduste omavahelisi seoseid. Seoseid on otsitud kolme katsetatud omaduse vahel:

- Purunemiskindlus (LA)
- Külmakindlus destilleeritud vees
- Külmakindlus 1%-lises NaCl lahuses

Nimetatud omaduste vahelisi seoseid uurides (joonised 7 kuni 16) võib öelda antud töös saadud erinevate karjäärade katsetulemuste kohta:

1. Lubjakivikillustike puhul

- a. külmakindluse destilleeritud vees ja soolalahuse vahel seos puudub
- b. esineb suund, kus parema purunemiskindlusega materjalidel on ka kõrgem külmakindlus destilleeritud vees
- c. 1%-lise NaCl külmakindluse sõltuvus Los Angelese tulemusest puudub

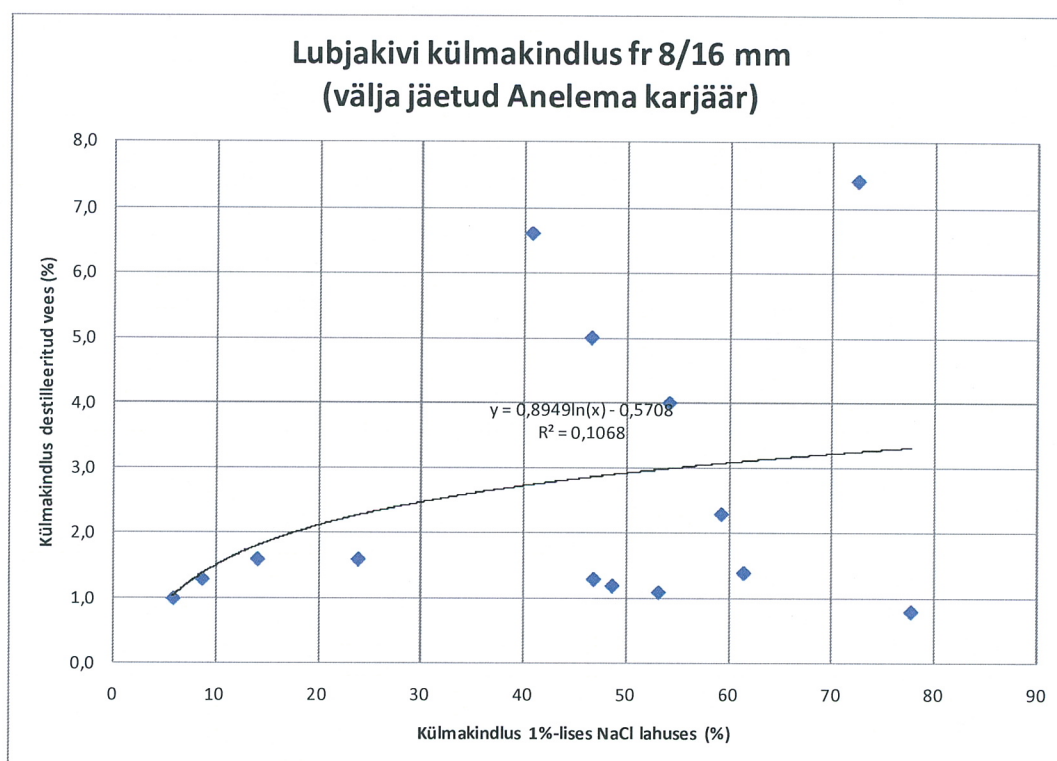
2. Kruuskillustike puhul

- a. Esineb tendents, kus parem külmakindlus destilleeritud vees annab ka parema tulemuse 1%-lise NaCl külmakindluse puhul. Fr 16/32 mm puhul (ühe väljajätuga) saime tugeva seose (determinatsioonikordaja $R^2=0,76$).
- b. parem kivimaterjali vastupanu purunemisele annab ka paremaid eeliseid heale külmakindlusele destilleeritud vees (fr 8/16 mm puhul (ühe väljajätuga) on determinatsioonikordaja $R^2=0,46$)
- c. 1%-lise NaCl külmakindluse sõltuvus Los Angelese tulemusest puudub

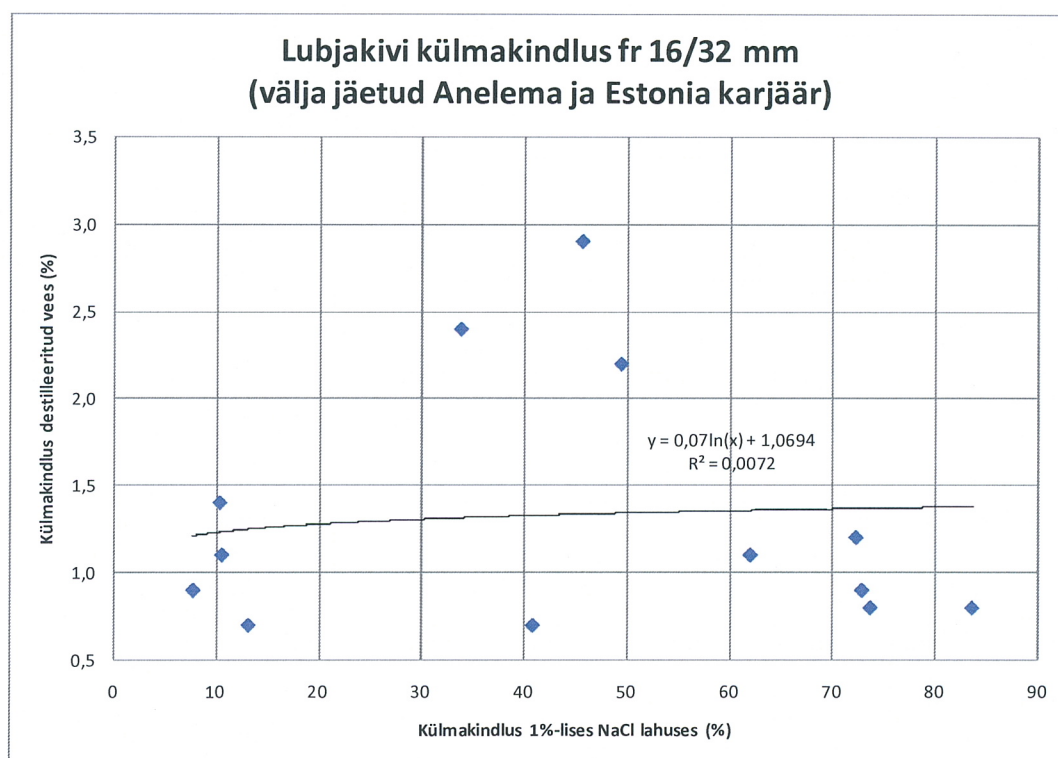
Seoste analüüsimisel jäeti välja ekstreemsed katsetulemused.

Vaadeldud seosed on esitatud graafiliselt järgnevatel joonistel:

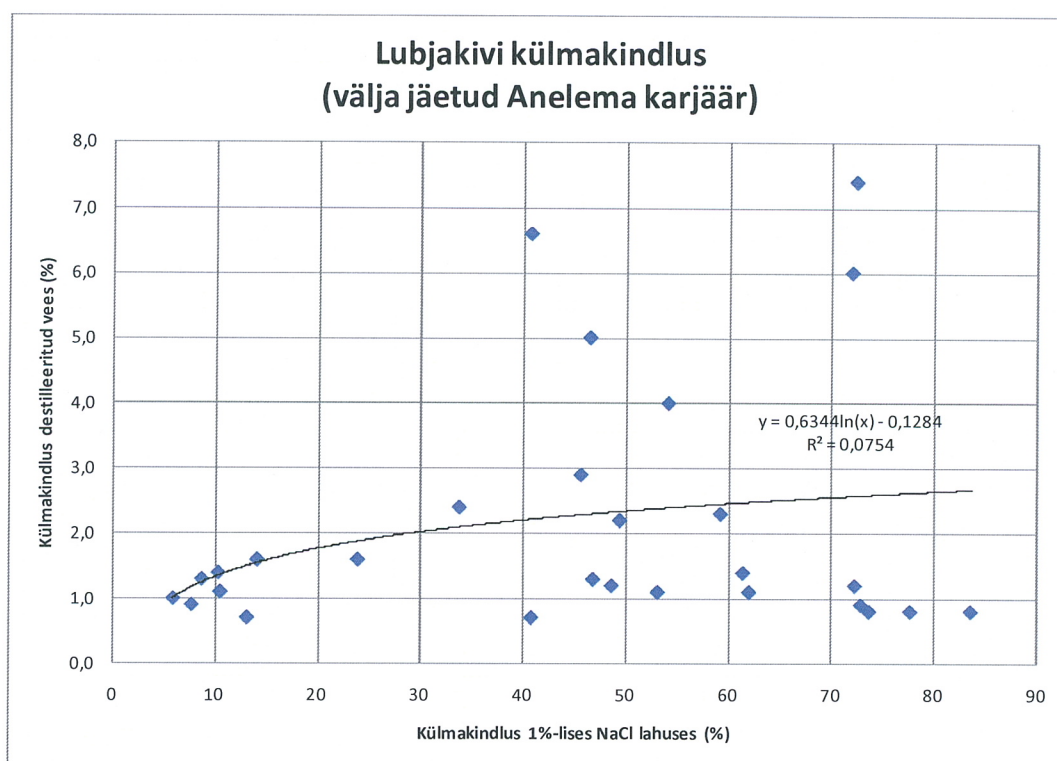
Joonis 7 Lubjakivi fr 8/16 mm külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt külmakindlusega soolalahuses.....	24
Joonis 8 Lubjakivi fr 16/32 mm külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt külmakindlusega soolalahuses.....	24
Joonis 9 Lubjakivi (fr 8/16 ja 16/32 mm) külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt külmakindlusega soolalahuses	25
Joonis 10 Lubjakivi fr 8/16 mm külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt LA-st	25
Joonis 11 Lubjakivi fr 8/16 mm külmakindlus soolalahuses sõltuvalt LA-st.....	26
Joonis 12 Kruuskillustiku fr 8/16 mm külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt külmakindlusega soolalahuses	26
Joonis 13 Kruuskillustiku fr 16/32 mm külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt külmakindlusega soolalahuses	27
Joonis 14 Kruuskillustiku (fr 8/16 ja 16/32) külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt külmakindlusega soolalahuses	27
Joonis 15 Kruuskillustiku fr 8/16 mm külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt LA-st.....	28
Joonis 16 Kruuskillustiku fr 8/16 mm külmakindlus soolalahuses sõltuvalt LA-st.....	28



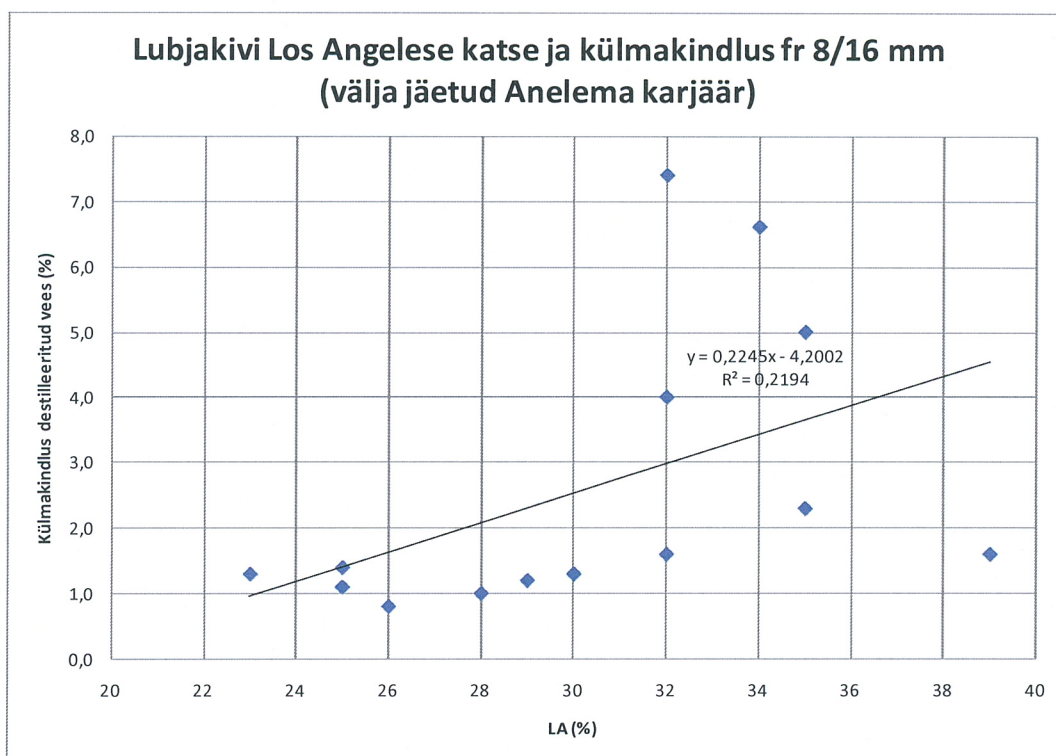
Joonis 7 Lubjakivi fr 8/16 mm külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt külmakindlusega soolalahuses



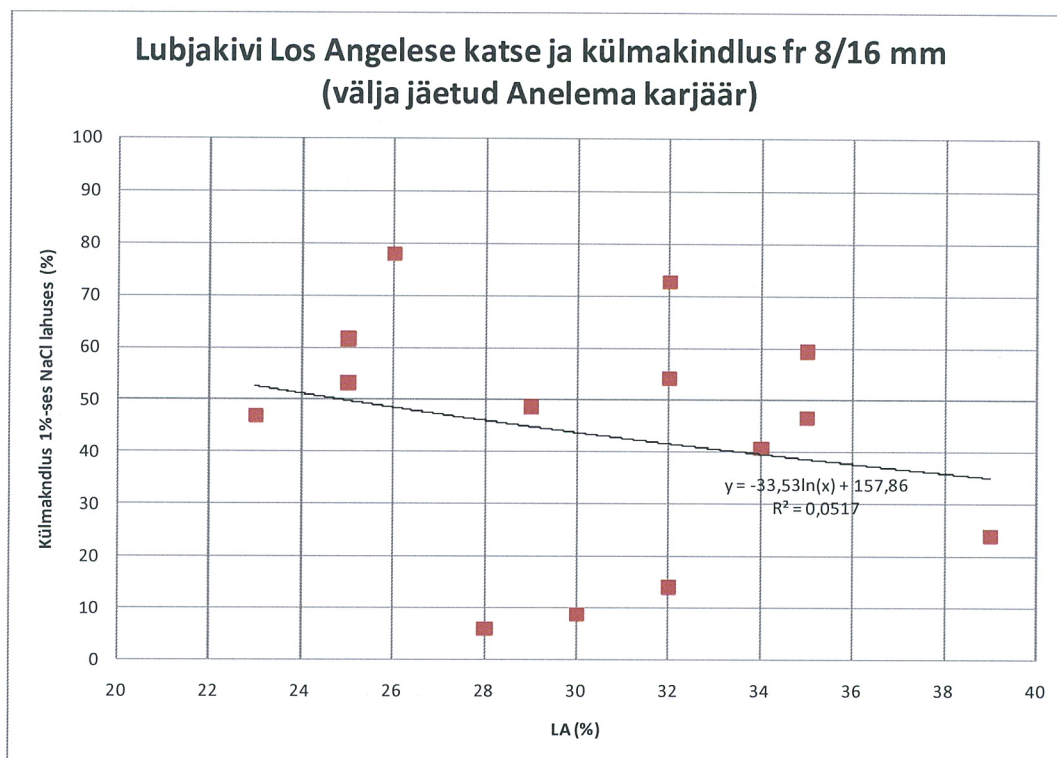
Joonis 8 Lubjakivi fr 16/32 mm külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt külmakindlusega soolalahuses



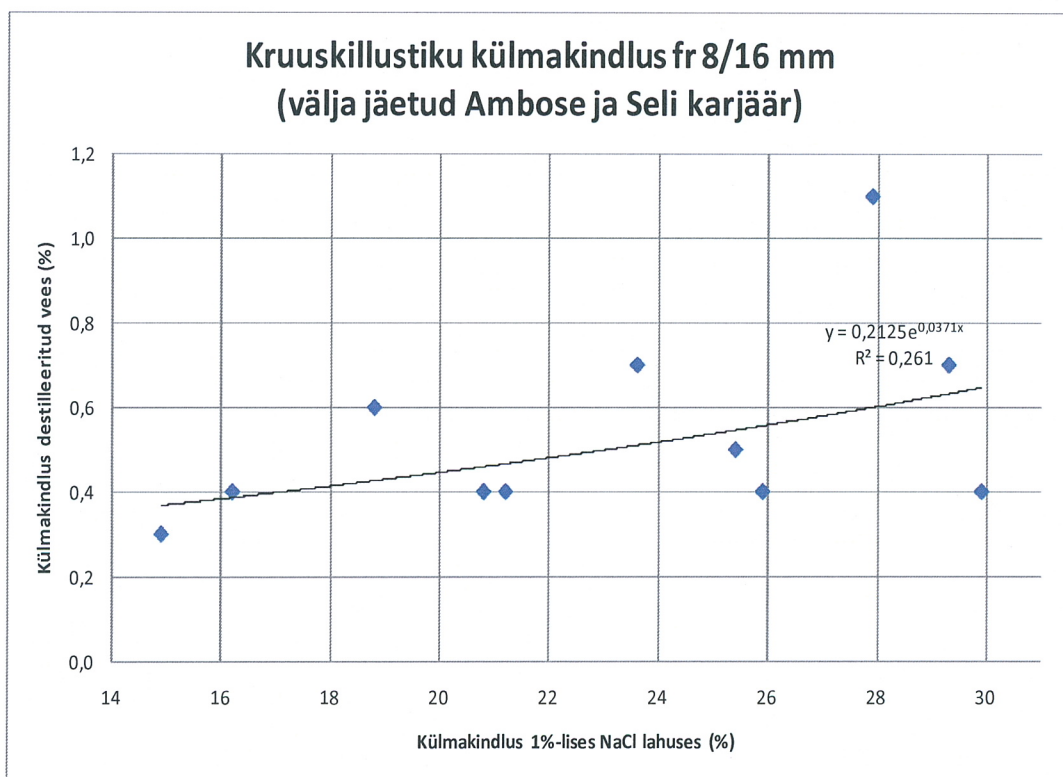
Joonis 9 Lubjakivi (fr 8/16 ja 16/32 mm) külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt külmakindlusega soolalahuses



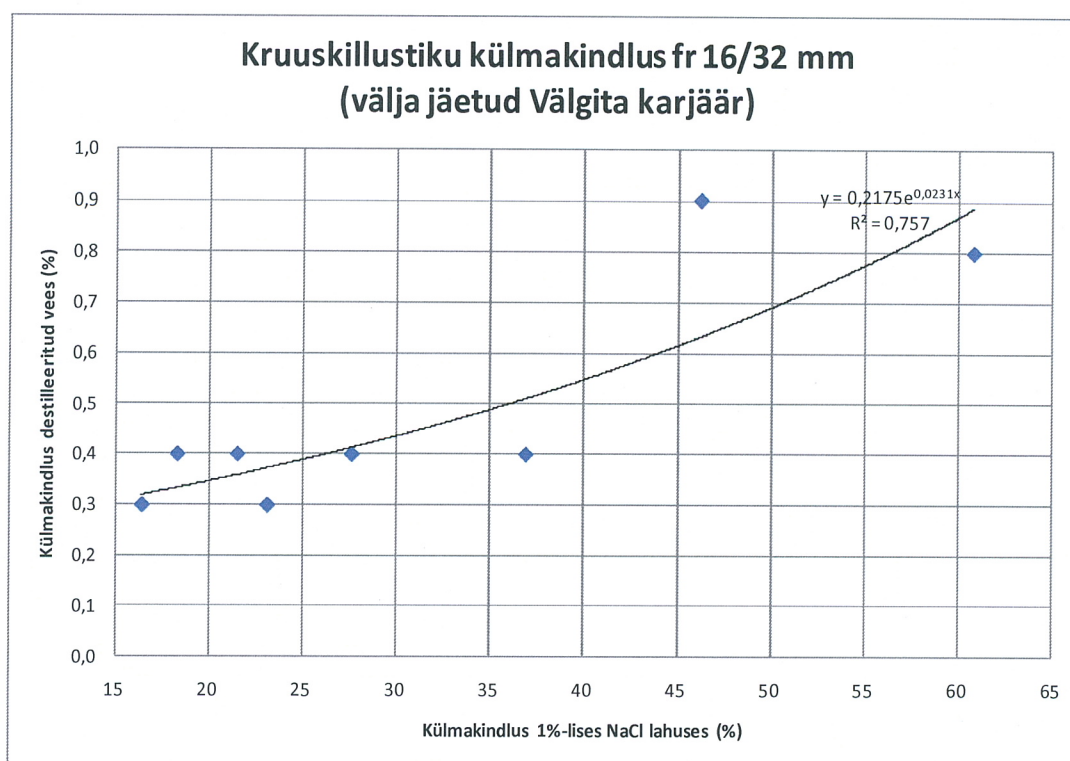
Joonis 10 Lubjakivi fr 8/16 mm külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt LA-st



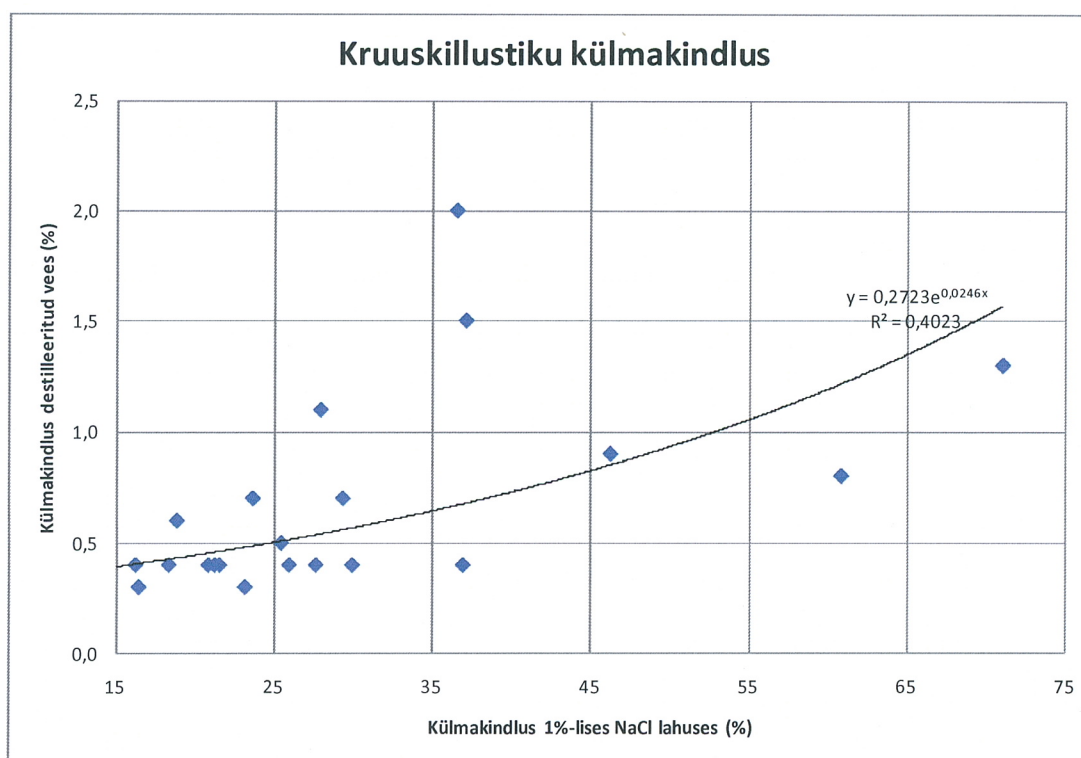
Joonis 11 Lubjakivi fr 8/16 mm külmakindlus soolalahuses sõltuvalt LA-st



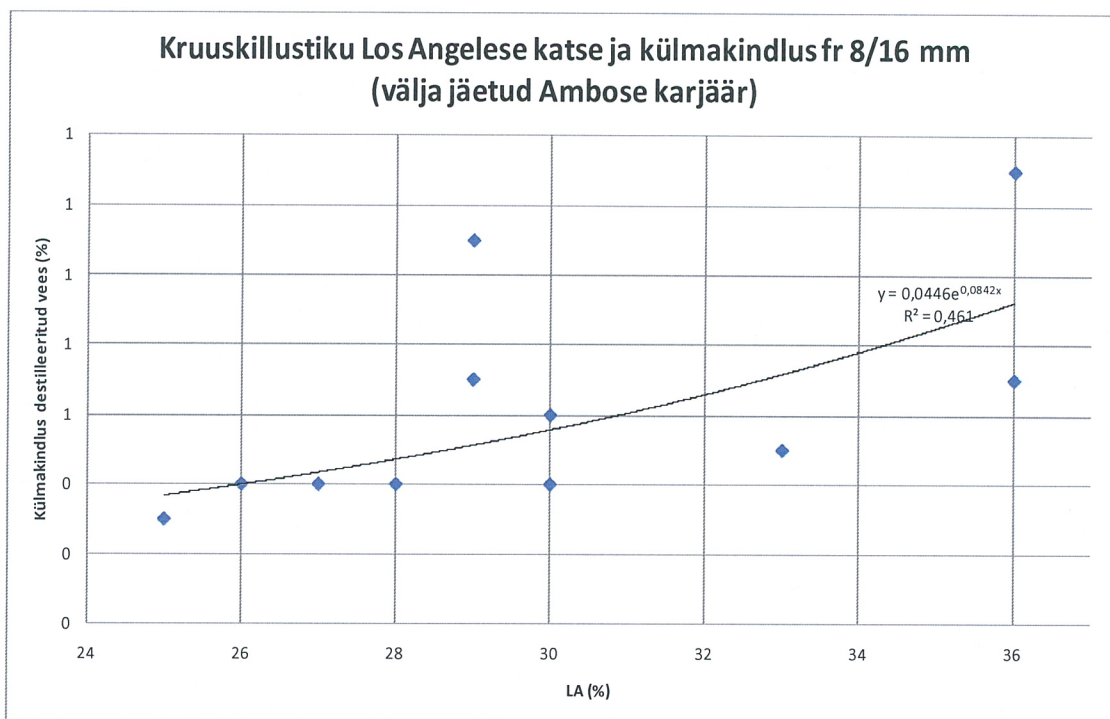
Joonis 12 Kruuskillustiku fr 8/16 mm külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt külmakindlusega soolalahuses



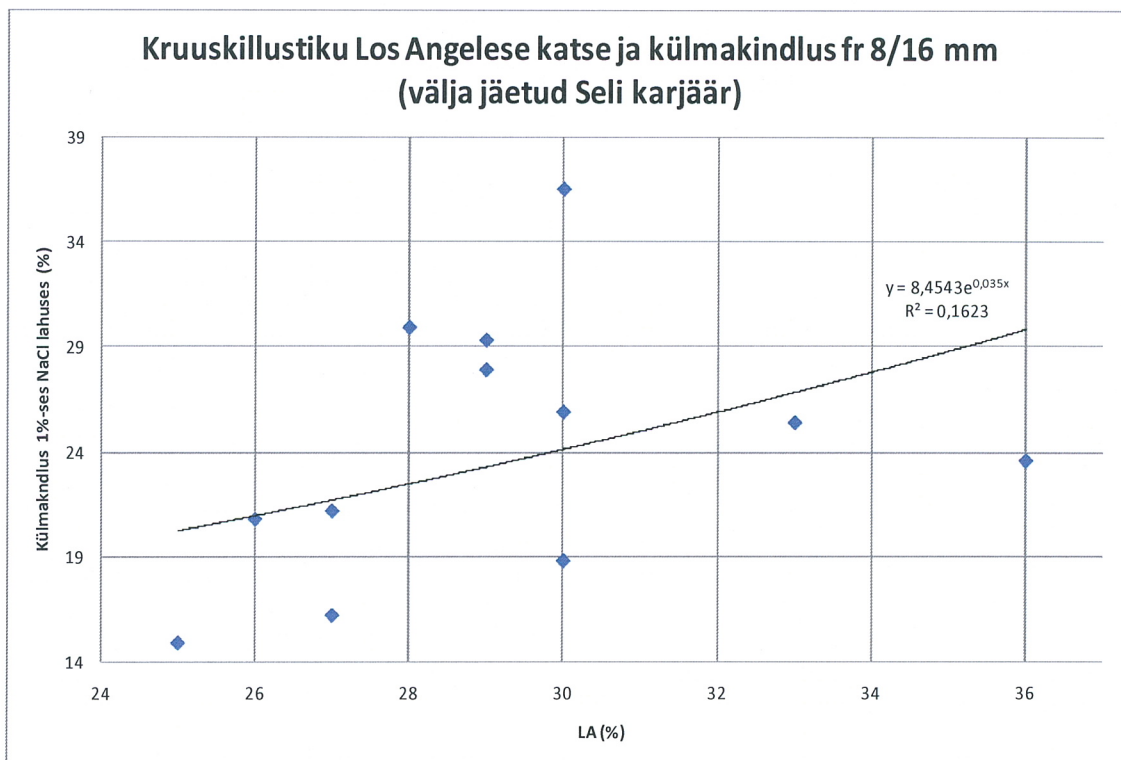
Joonis 13 Kruuskillustiku fr 16/32 mm külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt külmakindlusega soolalahuses



Joonis 14 Kruuskillustiku (fr 8/16 ja 16/32) külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt külmakindlusega soolalahuses



Joonis 15 Kruuskillustiku fr 8/16 mm külmakindlus destilleeritud vees sõltuvalt LA-st



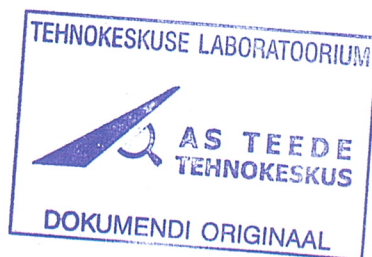
Joonis 16 Kruuskillustiku fr 8/16 mm külmakindlus soolalahuses sõltuvalt LA-st

7 Lisad

7.1 Teede Tehnokeskus AS Laboratooriumi „Katseprotokoll nr 545/09“

7.2 Proovivõtu protokollid

MAANTEEAMET
Pärnu mnt 463A
10916 TALLINN



28.04.09 nr 3-7/1388

Katseprotokoll nr 545/09

Lk 1/6

Tellija: MAANTEEAMET
Hr. Endel Nurm

Töö ülesanne: Lubjakivi- ja kruuskillustike külmakindluse paralleelne katsetamine destilleeritud vees vastavalt standardile EVS-EN 1367-1 ja 1% NaCl lahuses vastavalt standardile *EVS-EN 1367-6.
Lubjakivi- ja kruuskillustike purunemiskindluse määramine Los Angelese katsel standardi EVS-EN 1097-2 järgi (LA väärtus määrati põhifraktsiooni 10/14 mm järgi).

Proovide kirjeldus: Proovide kirjeldused on toodud katseprotokolli lisas lk 2/6 ja 3/6 (tabelid nr 1 ja 2).

Katsetamine ja tulemused: Tulemused on toodud katseprotokolli lisas lk 4/6 kuni lk 6/6 (tabelid nr 3 kuni nr 5).

*Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt akrediteerimata katse.

Saadud tulemused kehtivad ainult kirjeldatud proovide kohta.

Vastutav teostaja: Labori juhataja asetäitja



Märt Hain

Protokolli osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda labori kirjalik luba.

Labor väljastab ainult värvilise templiga katseprotokolle.

Tabel 1. Proovide kirjeldus (lubjakivikillustik)

Jrk nr	Tootja	Karjäär	Proovivõtu protokoll nr	Proovi nr	Fraktsioon mm	Proovi võtmise kuupäev
1	OÜ Vao Paas	Vao	L-0619/1	2935	8/16	19.06.2008
			L-0619/2	2936	16/32	19.06.2008
2		Eivere	L-0808/1	4069	4/16	8.08.2008
			L-0808/2	4070	16/32	8.08.2008
3	OÜ Paekivitoodete Tehase	Vao	L-0908/3	4598	4/16	8.09.2008
			L-0908/4	4599	16/32	8.09.2008
4		Maardu	L-0908/1	4600	4/16	8.09.2008
			L-0908/2	4601	16/32	8.09.2008
5	OÜ Põltsamaa Graniit	Röstla	L-1006/6	5188	8/16	6.10.2008
			L-1006/7	5189	16/32	6.10.2008
6	AS Kaltsiit	Otisaare	L-1006/4	5192	8/16	6.10.2008
			L-1006/5	5193	16/32	6.10.2008
7	OÜ Luige Kivi	Sopimetsa	L-1006/2	5186	8/16	6.10.2008
			L-1006/3	5187	16/32	6.10.2008
8	AS Nordkalk	Vasalemma	L-0316/1	805	4/16	16.03.2009
			L-0316/2	806	16/32	16.03.2009
9	AS Harku Karjäär	Harku	L-0313/1	760	8/16	13.03.2009
			L-0313/2	761	16/32	13.03.2009
10	AS Reiden Dolomiit	Anelema	L-0302/1	700	8/16	2.03.2009
			L-0302/2	701	16/32	2.03.2009
11	AS Kunda Nordic Tsement	Lõuna-Aru	L-1117/1	6017	8/16	17.11.2008
			L-1117/2	6018	16/32	17.11.2008
12		Aidu karjäär	L-0708/1	3288	4/16	8.07.2008
			L-0708/2	3289	16/32	8.07.2008
13	AS Eesti Põlevkivi	Estonia	L-0317/1	812	4/16	17.03.2009
			L-0317/2	813	16/32	17.03.2009
14	OÜ Rapla Teed	Reinu	L-0702/4	3101	8/16	2.07.2008
			L-0702/5	3102	16/32	2.07.2008
15	AS Põlva Teed	Marinova	L-0717/1	3546	4/16	17.07.2008
			L-0717/2	3547	16/32	17.07.2008



Tabel 2. Proovide kirjeldus (kruuskillustik)

Jrk nr	Tootja	Karjäär	Proovivõtu protokoll nr	Proovi nr	Fraktsioon mm	Proovi võtmise kuupäev
1	AS Kiviluks	Vahelaane	L-0903/1	4389	8/16	3.09.2008
			L-0903/2	4391	16/32	3.09.2008
2		Seli	L-0903/3	4390	8/16	3.09.2008
			L-0903/4	4392	16/32	3.09.2008
3	AS Kiirkandur	Ambose	L-0702/1	3099	8/16	2.07.2008
			L-0702/2	3100	16/32	2.07.2008
4		Miti	L-0717/4	3548	8/16	17.07.2008
			L-0717/5	3549	16/32	17.07.2008
5		Kalda	L-0904/1	4452	4/16	4.09.2008
			L-0904/2	4453	16/32	4.09.2008
6	OÜ Rapla Teed	Tiitsu-2	L-0702/3	3103	8/12	2.07.2008
7	AS Avraal	Krüüdneri	L-0717/6	3550	8/16	17.07.2008
8	OÜ Moreen	Siimusti	L-1006/1	5185	8/12	6.10.2008
9	AS Põlva Teed	Kolleri	L-0717/3	3551	8/12	17.07.2008
10	AS Level	Ooremaa	L-0801/1	3694	8/16	1.08.2008
			L-0801/2	3695	16/32	1.08.2008
11	OÜ Lääne Teed	Keedika	L-0904/3	4454	4/16	4.09.2008
			L-0904/4	4455	16/32	4.09.2008
12	OÜ Sakala Teed	Välgita	L-1006/8	5191	16/32	6.10.2008
				5190	16/32	6.10.2008
13	Tartu Teedevalitsus	Põrgumäe	L-0827/1	4230	8/16	27.08.2008
			L-0827/2	4231	16/32	27.08.2008

Tabel 3. Los Angelese ja külmakindluse katsetulemused (lubjakivikillustik)

Jrk nr	Tootja	Karjäär	Proovi		Los Angeles (LA) EVS-EN 1097-2:2007		Külmakindlus destilleeritud vees (F) EVS-EN 1367-1:2007		*Külmakindlus 1%-s NaCl lahuses (F) EVS-EN 1367-6:2008	
			nr	fr mm	fr mm	tulemus (%)	fr mm	tulemus (%)	fr mm	tulemus (%)
1	OÜ Vao Paas	Vao	2935	8/16	10/14	25	8/16	1,1	8/16	53,1
			2936	16/32	-	-	16/31,5	0,9	16/31,5	72,9
2	OÜ Paekivitoodete Tehase	Eivere	4069	4/16	10/14	35	8/16	5,0	8/16	46,5
			4070	16/32	-	-	16/31,5	2,2	16/31,5	49,4
Vao		4598	4/16	10/14	26	8/16	0,8	8/16	77,7	
		4599	16/32	-	-	16/31,5	0,8	16/31,5	83,6	
4		Maardu	4600	4/16	10/14	29	8/16	1,2	8/16	48,6
			4601	16/32	-	-	16/31,5	0,8	16/31,5	73,7
5	OÜ Põltsamaa Graniit	Röstla	5188	8/16	10/14	32	8/16	1,6	8/16	14,1
			5189	16/32	-	-	16/31,5	0,9	16/31,5	7,7
6	AS Kaltsiit	Otisaare	5192	8/16	10/14	28	8/16	1,0	8/16	5,9
			5193	16/32	-	-	16/31,5	1,1	16/31,5	10,5
7	OÜ Luige Kivi	Sopimetsa	5186	8/16	10/14	30	8/16	1,3	8/16	8,7
			5187	16/32	-	-	16/31,5	1,4	16/31,5	10,3
8	AS Nordkalk	Vasalemma	805	4/16	10/14	32	8/16	4,0	8/16	54,1
			806	16/32	-	-	16/31,5	1,1	16/31,5	62,0
9	AS Harku Karjäär	Harku	760	8/16	10/14	25	8/16	1,4	8/16	61,4
			761	16/32	-	-	16/31,5	1,2	16/31,5	72,3

*Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt akrediteerimata katse.



Tabel 4. Los Angelese ja külmakindluse katsetulemused (lubjakivikillustik)

Jrk nr	Tootja	Karjäär	Proovi		Los Angeles (LA) EVS-EN 1097-2:2007		Külmakindlus destilleeritud vees (F) EVS-EN 1367-1:2007		*Külmakindlus 1%-s NaCl lahuses (F) EVS-EN 1367-6:2008	
			nr	fr mm	fr mm	tulemus (%)	fr mm	tulemus (%)	fr mm	tulemus (%)
10	AS Reiden Dolomiit	Anelema	700	8/16	10/14	45	8/16	22,4	8/16	97,0
			701	16/32	-	-	16/31,5	15,5	16/31,5	92,4
11	AS Kunda Nordic Tsement	Lõuna-Aru	6017	8/16	10/14	23	8/16	1,3	8/16	46,8
			6018	16/32	-	-	16/31,5	0,7	16/31,5	40,8
12	AS Eesti Põlevkivi	Aidu karjäär	3288	4/16	10/14	35	8/16	2,3	8/16	59,2
3289			16/32	-	-	16/31,5	2,9	16/31,5	45,6	
13		Estonia	812	4/16	10/14	32	8/16	7,4	8/16	72,4
			813	16/32	-	-	16/31,5	6,0	16/31,5	72,0
14	OÜ Rapla Teed	Reinu	3101	8/16	10/14	34	8/16	6,6	8/16	40,7
			3102	16/32	-	-	16/31,5	2,4	16/31,5	33,8
15	AS Põlva Teed	Marinova	3546	4/16	10/14	39	8/16	1,6	8/16	23,9
			3547	16/32	-	-	16/31,5	0,7	16/31,5	13,1

*Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt akrediteerimata katse.

Tabel 5. Los Angelese ja külmakindluse tulemused (kruuskillustik)

Jrk nr	Tootja	Karjäär	Proovi		Los Angeles (LA) EVS-EN 1097-2:2007		Külmakindlus destilleeritud vees (F) EVS-EN 1367-1:2007		*Külmakindlus 1%-s NaCl lahuses (F) EVS-EN 1367-6:2008	
			nr	fr mm	fr mm	tulemus (%)	fr mm	tulemus (%)	fr mm	tulemus (%)
1	AS Kiviluks	Vahelaane	4389	8/16	10/14	28	8/16	0,4	8/16	29,9
			4391	16/32	-	-	16/31,5	0,4	16/31,5	36,9
2		Seli	4390	8/16	10/14	36	8/16	1,3	8/16	71,0
			4392	16/32	-	-	16/31,5	0,8	16/31,5	60,8
3	AS Kiirkandur	Ambrose	3099	8/16	10/14	30	8/16	2,0	8/16	36,5
			3100	16/32	-	-	16/31,5	0,9	16/31,5	46,2
4		Miti	3548	8/16	10/14	36	8/16	0,7	8/16	23,6
			3549	16/32	-	-	16/31,5	0,4	16/31,5	27,6
5		Kalda	4452	4/16	10/14	25	8/16	0,3	8/16	14,9
			4453	16/32	-	-	16/31,5	0,3	16/31,5	16,4
6	OÜ Rapla Teed	Tiitsu-2	3103	8/12	10/14	30	8/16	0,6	8/16	18,8
7	AS Avraal	Krüüdneri	3550	8/16	10/14	30	8/16	0,4	8/16	25,9
8	OÜ Moreen	Siimusti	5185	8/12	10/14	27	8/16	0,4	8/16	16,2
9	AS Põlva Teed	Kolleri	3551	8/12	10/14	26	8/16	0,4	8/16	20,8
10	AS Level	Ooremaa	3694	8/16	10/14	29	8/16	0,7	8/16	29,3
			3695	16/32	-	-	16/31,5	0,4	16/31,5	18,3
11	OÜ Lääne Teed	Keedika	4454	4/16	10/14	27	8/16	0,4	8/16	21,2
			4455	16/32	-	-	16/31,5	0,4	16/31,5	21,5
12	OÜ Sakala Teed	Välgita	**5191	16/32	10/14	29	8/16	1,1	8/16	27,9
			5190	16/32	-	-	16/31,5	1,5	16/31,5	37,1
13	Tartu Teedevalitsus	Põrgumäe	4230	8/16	10/14	33	8/16	0,5	8/16	25,4
			4231	16/32	-	-	16/31,5	0,3	16/31,5	23,1

*Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt akrediteerimata katse

**Proov purustati enne katsetamist laboratoorses lõugpurustis