



Steinsteypa

Námskeið um rit Vegagerðarinnar: Efnisrannsóknir og efniskröfur
23/10 2020

Gunnar Bjarnason
Pétur Pétursson

Efni í kafla 7 er fengið úr ýmsum áttum

- Fyrstan skal nefna Völund Jónsson sem góðfúslega gaf leyfi til að nota efni úr handriti hans að kennsluriti sem fjallar um ýmsa þætti varðandi steinsteypu.
- Einnig er fengið efni úr gögnum frá Gylfa Sigurðssyni hjá hönnunardeild Vegagerðarinnar, Guðna Jónssyni hjá Eflu, Þórði I. Kristjánssyni hjá Eflu og Kristni Lind Guðmundssyni hjá Steypustöðinni.
- Gylfi Sigurðsson hjá Vegagerðinni, Ásbjörn Jóhannesson hjá NMÍ og Kristinn Lind Guðmundsson og Kai Westphal hjá Steypustöðinni lásu yfir kaflann og komu með gagnlegar ábendingar um það sem betur mætti fara.

Almennt um steinsteypu

- Steinsteypa er byggingarefni sem gert er úr blöndu af sementi, steinefni og vatni, auk íblendiefna og íauka. Sterk hefð er fyrir því að nota orðið *fylliefni* um steinefni sem ætlað er til nota í steinsteypu. Í þessum kafla er notað orðið steinefni, sem þýðingu á orðinu „aggregate“, sbr. staðal ÍST EN 12620: **Steinefni** í steinsteypu (e. **Aggregates** for concrete).
- Steinsteypa í vegagerð, er aðallega notkuð til brúar- og ræsagerðar, forskála jarðganga, vegskála og í slitlög á vegi. Einnig má nefna sementsfestun burðarlaga og sprautusteypu í jarðgöngum. Steypt slitlög hafa verið lögð hér á árum áður, s.s. á Reykjanesbraut og Vesturlandsvegi og víða í þéttbýli, en notkun hin seinni ár hefur verið tiltölulega lítil og mest á tilraunastigi.
- Steyptar brýr eiga sér langa hefð á Íslandi. Steypa var fyrst notuð í brúargerð þegar byggð var ójárnbundin steinbogabrá í Reykjavík árið 1899. Árið 1907 var byggð steinsteypt brú yfir Bláskeggssá í Hvalfirði. Fyrsta brúin úr járnbentri steinsteypu á Íslandi var á Fnjóská í Þingeyjarsýslu sem byggð var 1908.

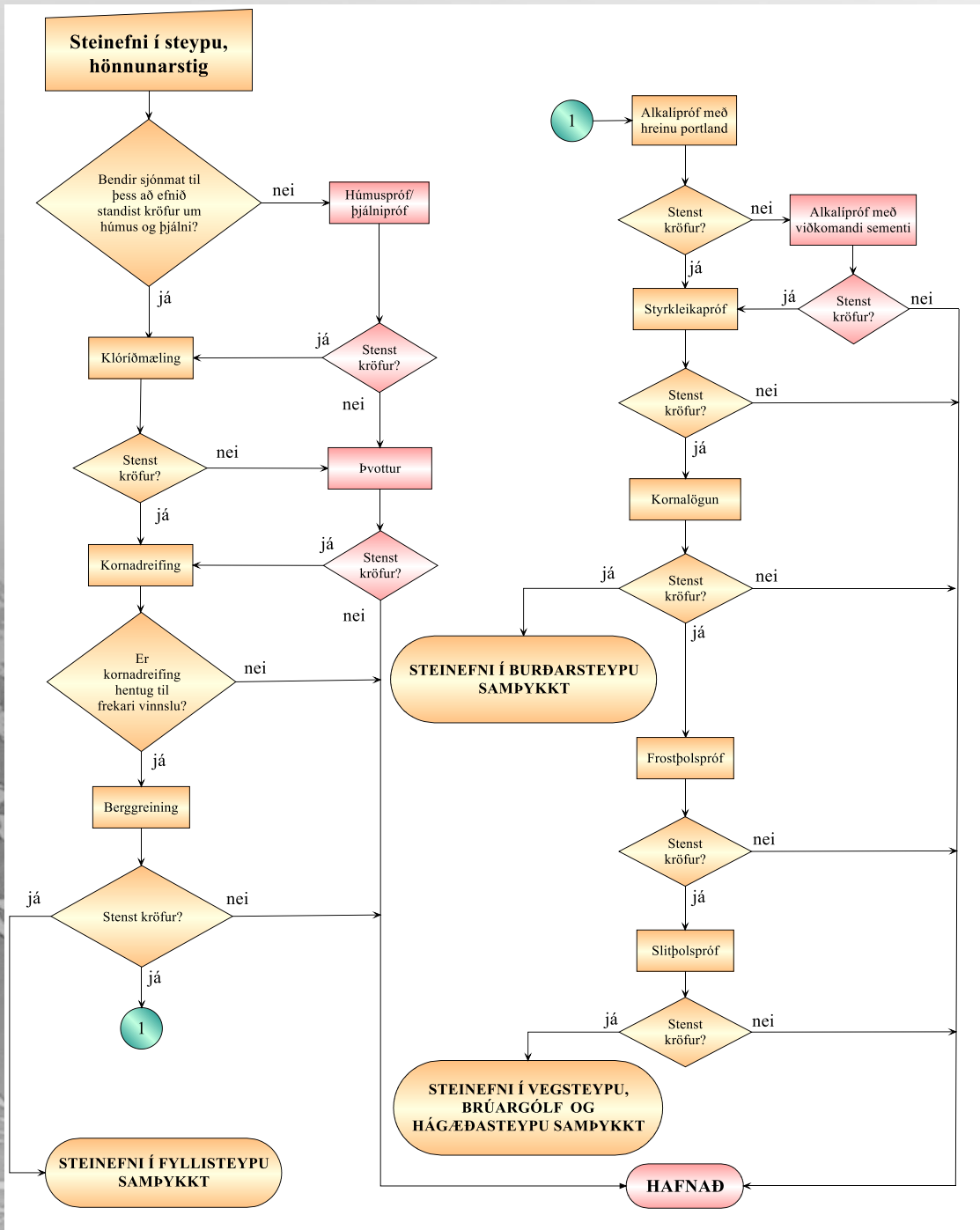
Almennt um hönnun steypublöndu

- Próf á steinefnum og gæðavottun á sementi, íaukum og íblendum í steypublöndunni eiga að tryggja að hlutefni steypunnar standist tilskildar kröfur. Þar með er líklegt að hægt sé að hanna steypu sem stenst þá áraun sem hönnunarforsendur gera ráð fyrir.
- Þegar búið er að velja hæft steinefni til að nota í steypuna þarf að gera prófblöndur með völdu sementi, íaukum og íblendum í ákveðnum hlutföllum til að kanna eiginleika blöndunnar.
- Þrýstistyrkur steinsteypu er skilgreindur sem 28 daga styrkur steypusýna sem geymd eru í þokuskáp eða í vatni í 28 daga við 20°C í samræmi við ÍST EN 12390-2.
- Til dæmis er steypa sem á að þola 35/45 MPa (N/mm²) þrýstiálag áður en hún brotnar flokkuð sem C35/45. Fyrri talan í C35/45 er sívalningsstyrkur og seinna gildið teningsstyrkur. Í brúarvinnu er algengt að nota steypu í styrkleikaflokkum C35/45 til C50/60.
- Ef steypuuppskriftin stenst kröfur um styrk er frostþol (flögnun) steypunnar mælt. Ýmsar aðrar mælingar gæti þurft til að kanna aðra eiginleika steypunnar sem um ræðir (eftir því til hvaða nota steypan er ætluð), svo sem loftdreifing, fjaðurstuðull, rúmþyngd og fleira.

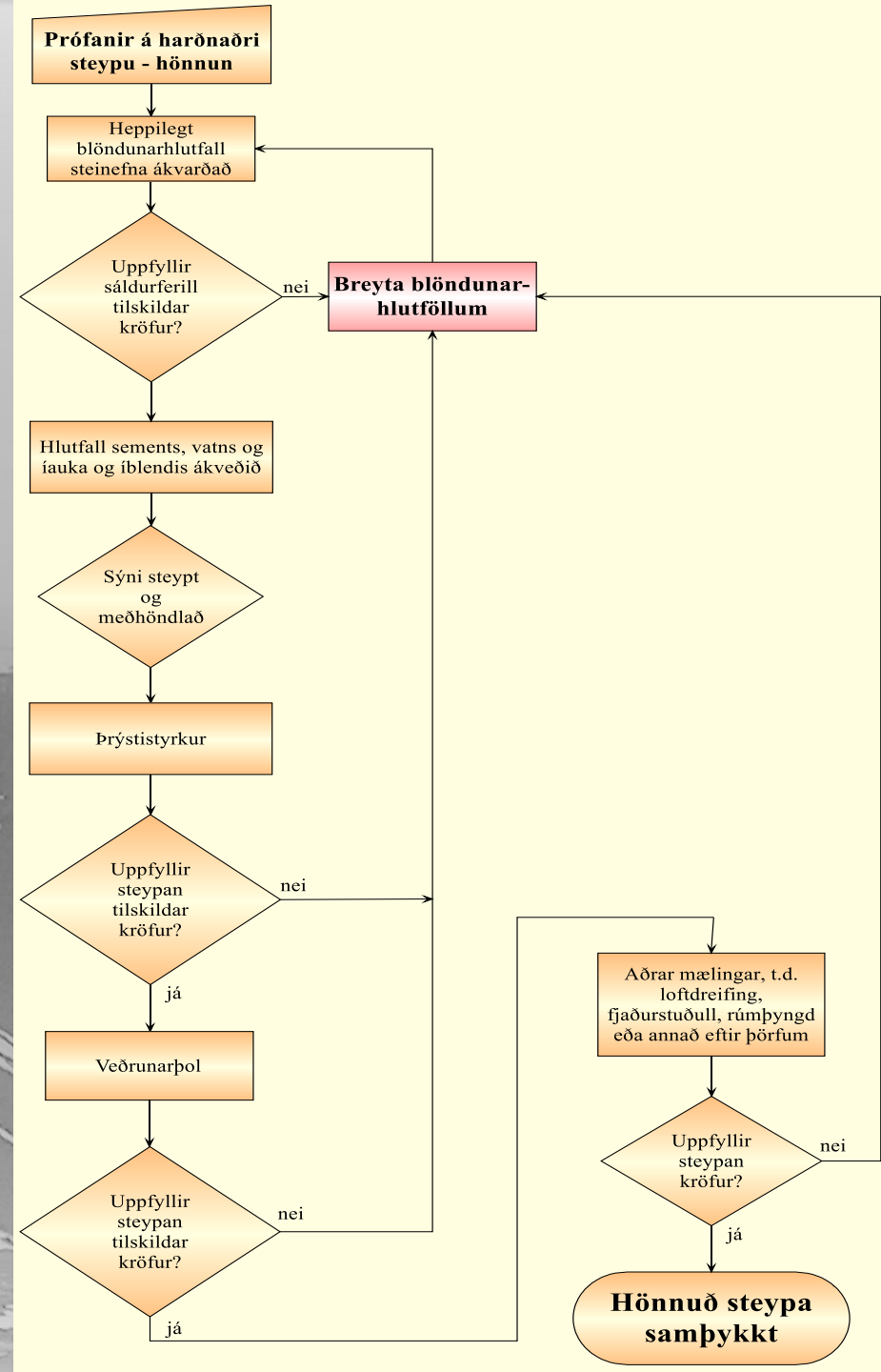
NOKKRIR LYKILSTAÐLAR SEM SNERTA STEINSTEYPU

- ÍST EN 206: Steinsteypa – Tæknilýsing, eiginleikar, framleiðsla og samræmi (e. Concrete - Specification, performance, production and conformity).
- ÍST EN 197-1 Sement - Hluti 1: Samsetning, eiginleikar og samræmiskröfur fyrir venjulegt sement (e. Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements).
- ÍST EN 12620: Steinefni í steinsteypu (e. Aggregates for concrete).
- ÍST 76: Framleiðsla á steinefnum – íslenskur fylgistaðall

Steinefni í steinsteypu, hönnunarstig



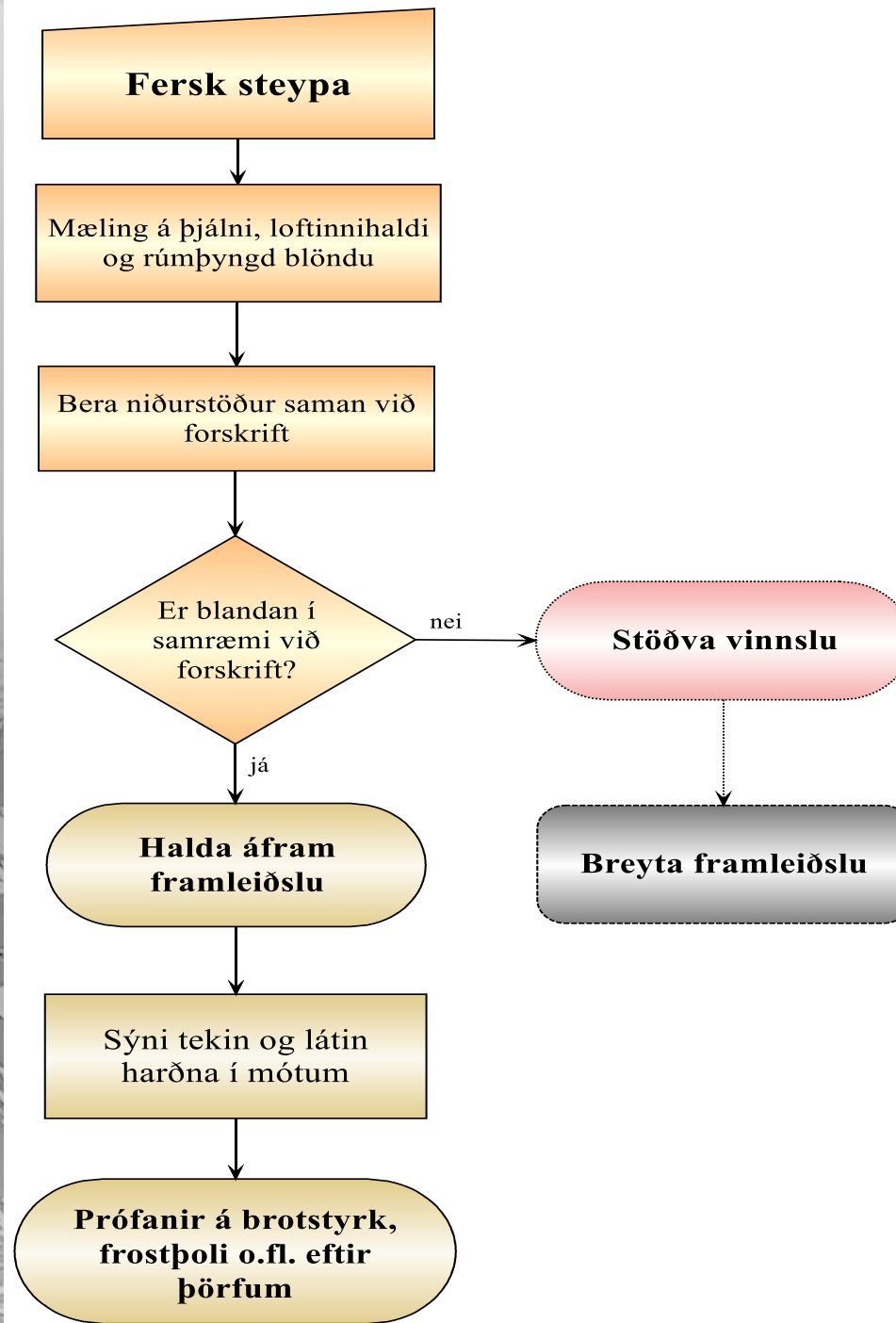
Prófanir á harðnaðri steinsteypu við hönnun



Niðurstöður steinefnaprófana á steypuefnum

Námuheiti	Námu- númer	Berggreining, % í 1./2./3. fl.	Frostþol	Styrkur	Slitþol	Korna- lögun	Metti- vatn, %	Kornarúmpýngd, Mg/m ³
Harðikambur	17361	89/9/3		LA20	A _N 5			
Blöndubakki við Jökulsá á Dal	18550			LA20	A _N 14		≤ 2	≤ 2,9
Jökulsáreyrar Árbakki	20314	97/2/1		LA15	A _N 7			
Björgun	18720		F _{EC} 4	LA20	A _N 10	FI15	≤ 3	≤ 2,9
Esjuberg	15746	1/87/12	F _{EC} 4	LA15	A _N 19			≤ 2,9
Víkursandur	15618	75/18/6	F _{EC} 2	LA15	A _N 5	FI10	≤ 2	≤ 2,8
Austurfjörur	22608	81/16/3	F _{EC} 2	LA15	A _N 5	FI20	≤ 2	≤ 2,8
Vatnsskarð	16878	78/17/5	F _{EC} 2	LA35		FI10		
Hólabrú	19177	73/22/5	F _{EC} 8	LA20		FI10		
Halsvik (Noregur)			F _{EC} 2	LA25	A _N 14	FI10		
Rauðamelur	16919	25/74/1	F _{EC} 2	LA30		FI10	≤ 7	≤ 2,6
Affall	15691	66/27/7	F _{EC} 4	LA20	A _N 10	FI10	≤ 3	≤ 2,7
Holtsá	22786	83/11/6	F _{EC} 2	LA15		FI10		
Krossholt	17820	41/45/14					≤ 4	≤ 2,9
Lambafell	16825	100/-/-	F _{EC} 2	LA15		FI10	≤ 2	≤ 3
Skjálfandafljót	18352	87/12/1	F _{EC} 2	LA20		FI10	≤ 3	≤ 2,8

Verkferill fyrir framleiðslu- próf á ferskri steypu



Fjórir flokkar steypu til vegagerðar

- **Fyllisteypa** er oftast ójárnbundin steypa sem notuð er meðal annars í sökkla, undirstöðu undir burðarsteypu og sem þrifalag
- **Burðarsteypa** er notuð í burðarvirki mannvirkja í vegagerð, svo sem stöpla, bita, boga og vegskála
- **Gæðasteypa** er notuð þar sem sérstaklega mikil áraun er á steypuna, meðal annars í brúarstöpla og brúarsökkla í sjó, sérstaklega þar sem sjávarfalla gætir
- **Slitlagssteypa** er notuð í slitlag á brúargólf og vegyfirborð

Áreitisflokkar fyrir þær gerðir steypu sem Vegagerðin notar

Kröfuflokkur	Áreitisflokkar skv. ÍST EN 206					
	1	2	3	4	5	6
Fyllisteypa	X0	-	-	-	-	-
Burðarsteypa	-	-	-	XS1	XF1	-
Gæðasteypa	-	-	-	XS3	XF2 XF3 XF4	-
Slitlagssteypa, brúargólf	-	-	XD3	XS1 XS3	XF3 XF4	-

- Engin hættu á tæringu eða öðrum skemmdum, X0
 - X0 Engin áraun vegna frost/þíðu, slits eða efnahvarfa
- Tæring vegna kolsýringar, XC1, XC2, XC3 og XC4
- Tæring af völdum klóríða annarra en úr sjó, XD1, XD2 og XD3
 - XD3 Skiptist á þurrt og blautt ástand
- Tæring vegna klóríða úr sjó XS1, XS2 og XS3
 - XS1 Áhrif frá saltúða en ekki í snertingu við sjó
 - XS3 Sjávarfalla gætir með öldugangi og saltúða
- Frostþíðuáraun með eða án afísingarefna, XF1, XF2, XF3 og XF4
 - XF1 Væg vatnsmettun án háلكuvarnarefna
 - XF2 Væg vatnsmettun með háلكuvarnarefnum
 - XF3 Mikil vatnsmettun án háلكuvarnarefna
 - XF4 Mikil vatnsmettun með háلكuvarnarefnum
- Efnaáraun, XA1, XA2 og XA3

Kröfur til steinefna í steinsteypu (í samræmi við ÍST EN 12620)

Húmus

Steinefni sem nota á í steinsteypu skal vera laust við lífræn óhreinindi. Yfirleitt er sjónmat látið nægja til að meta hvort lífrænt efni sé til staðar. Í vafatilfellum skal prófa húmusinnihald samkvæmt staðli ÍST EN 1744-1 og er miðað við að efnið standist kröfur sem settar eru fram í staðli ÍST EN 12620.

Þjálni

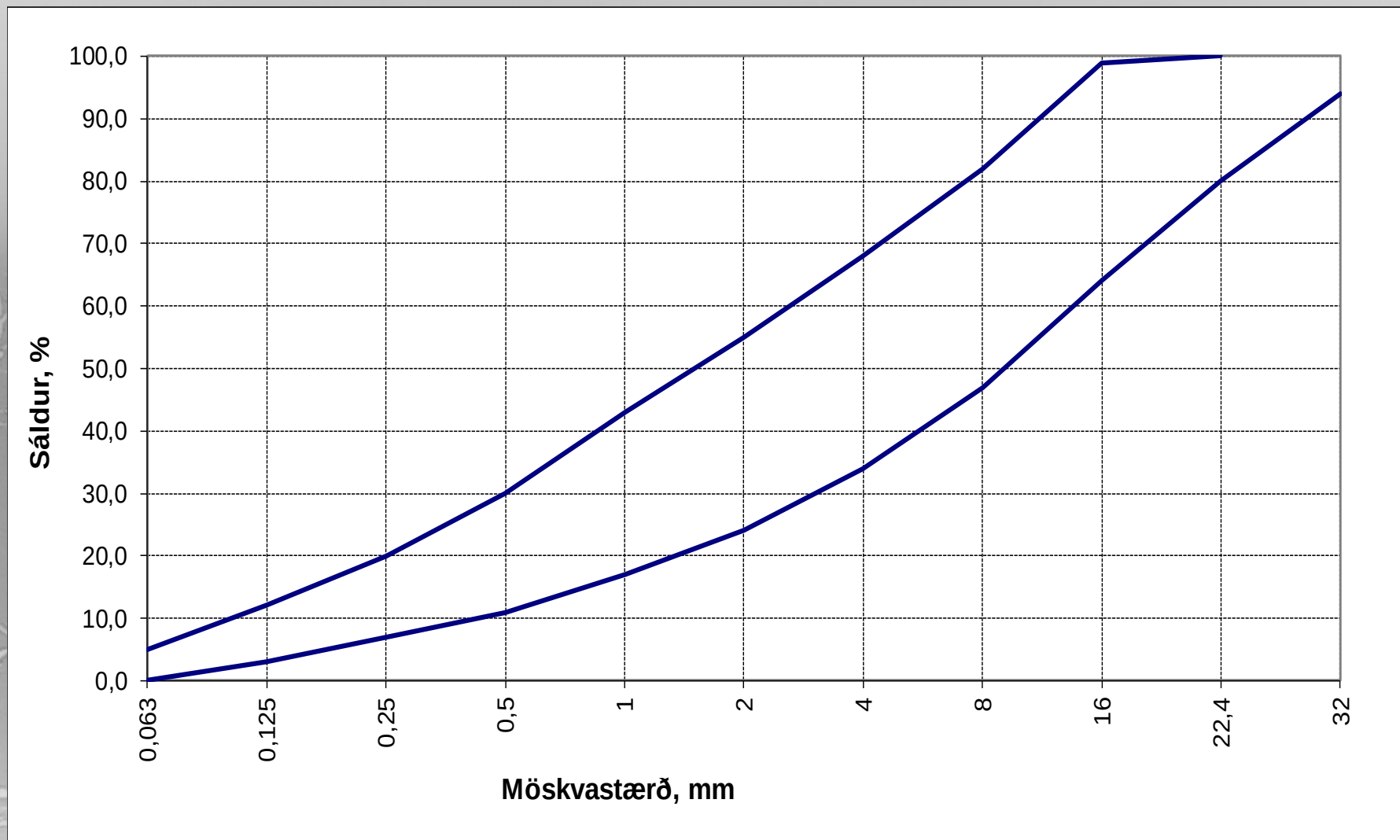
Steinefni sem nota á í steinsteypu má ekki flokkast sem þjált efni. Í vafatilfellum skal efnið prófað með þjálniprófi.

Klóríð

Almenn krafa til steinefna í steypu er að klóríðinnihald skuli vera $\leq 0,06\%$ miðað við þurrt efni, mælt samkvæmt ÍST EN 1744-1.

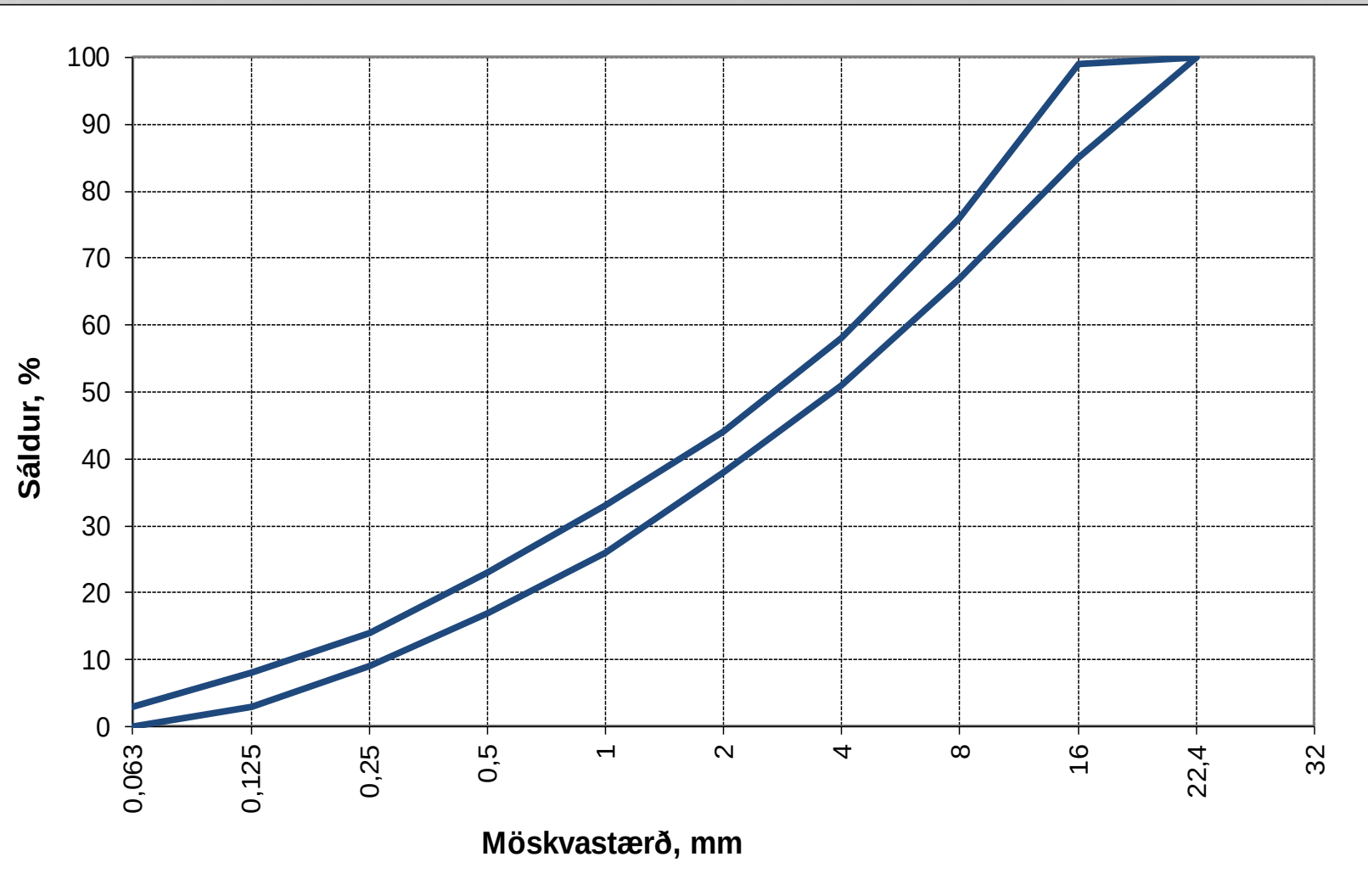
Ef um er að ræða sjávarrefni, gilda stífari kröfur um magn klóríðs og má það ekki vera meira en $0,036\%$ miðað við þurran sand fyrir benta steypu og $0,012\%$ fyrir steypu með spenntu bendistáli vegna tæringarhættu.

Markalínur fyrir fyllisteypu



Sigti	0/32	0/32
0,063	5	0
0,125	12	3
0,25	20	7
0,5	30	11
1	43	17
2	55	24
4	68	34
8	82	45
11,2	92	56
16	99	66
22,4	100	80
32		95
45		100

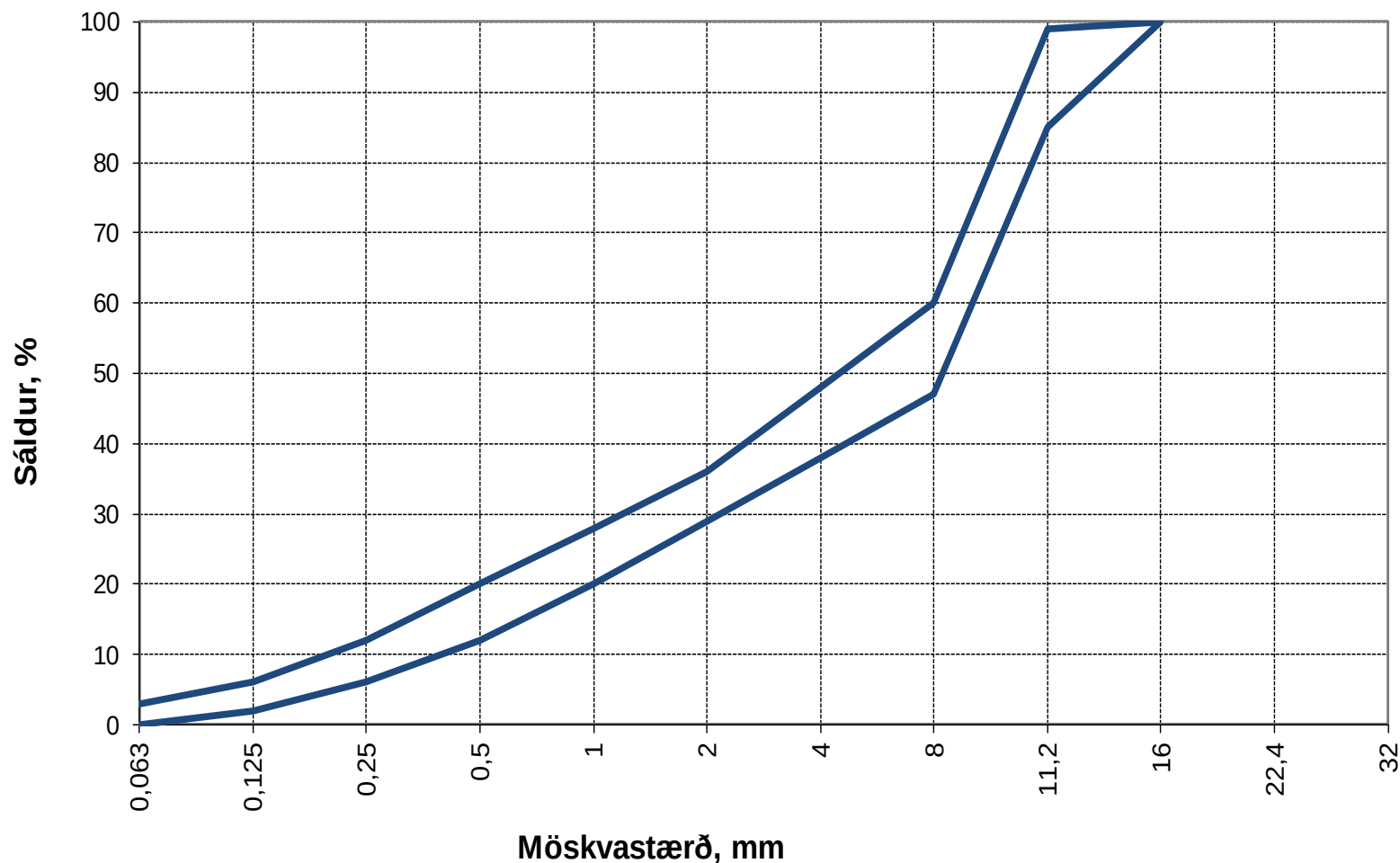
Markalínur fyrir 0/16 steinefni í burðar- og gæðasteypu



Sigti	0/16	0/16
0,063	3	0
0,125	5	3
0,25	12	9
0,5	22	17
1	33	26
2	44	38
4	58	51
8	73	67
11,2	80	75
16	99	85
22,4	100	100

Einnig eru settar fram markalínur fyrir 0/11 og 0/22 mm steinefni

Markalínur fyrir 0/16 steinefni í slitlagssteypu



Sigti	0/16	0/16
0,063	3	0
0,125	6	2
0,25	12	6
0,5	20	12
1	28	20
2	36	29
4	48	38
8	60	47
11,2	99	85
16	100	100

Samkvæmt norska ritinu
Vegbygging, N200 (hér staðfært)
skal kornadreifing vegsteypu vera
með miklu af grófu steinefni til að
 tryggja nægjanlegt slitþol.

Berggreining

Gerð steypu	Gæðaflokkur 1, %	Gæðaflokkur 3, ummyndað, %	Gæðaflokkur 3, ferskt, %
Fyllisteypa	Ekki krafa	≤ 20	≤ 25
Burðarsteypa	≥ 60	≤ 10	≤ 15
Gæðasteypa	≥ 70	≤ 5	≤ 10
Slitlagssteypa	≥ 80	≤ 5	≤ 10

Alkalívirgni:

a) $< 0,05\%$ eftir 6 mánuði eða $0,1\%$ eftir 12 mánuði skv. prófunaraðferð RILEM AAR-3.

b) $< 0,2\%$ eftir 14 daga skv. prófunaraðferð RILEM AAR-2.

Ef steinefni reynist virkt eftir prófun er notkun heimil ef þensla steypustrendinga sem steypdir eru úr því með þeirri blöndu af steinefni og sementi sem til stendur að nota, er minni en $0,05\%$ eftir 12 mánuði samkvæmt prófunaraðferð RILEM AAR-3

Styrkleiki og kornalögun steinefna

Gerð steypu	Niðurbrot, %
Fyllisteypa	LA_{NR}
Burðarsteypa	LA_{30}
Gæðasteypa	LA_{25}
Slitlagssteypa	LA_{20}

Gerð steypu	Kornalögunar- stuðull, %
Fyllisteypa	FI_{NR}
Burðarsteypa	FI_{20}
Gæðasteypa	FI_{20}
Slitlagssteypa	FI_{15}

Frostþol og slitþol steinefna

Gerð steypu	Niðurbrot, %
Fyllisteypa	F_{EC} NR
Burðarsteypa	F_{EC} NR
Gæðasteypa	F_{EC} 4
Slitlagssteypa	F_{EC} 4

Gerð steypu	Kvarnargildi, %
Fyllisteypa	A_N NR
Burðarsteypa	A_N NR
Gæðasteypa	A_N 10
Slitlagssteypa	A_N 7

Kröfur til ferskrar steypu (í samræmi við ÍST EN 206)

Sementsmagn og v/s tala í ferskri steypu

Gerð steypu	Sements- magn, kg/m ³	v/s tala
Fyllisteypa	≥ 300	≤ 0,55
Burðarsteypa	≥ 350	≤ 0,45
Gæðasteypa	≥ 400	≤ 0,40
Slitlagssteypa	≥ 400	≤ 0,40

Loftinnihald ferskrar steypu:

Blendiloft skal vera a.m.k. 5% mælt rétt fyrir niðurlögn
Ef dælt er skal blendiloft vera a.m.k 7%

Kröfur til ferskrar steypu (í samræmi við ÍST EN 206)

Almennt má segja að æskilegt er að hefðbundin steypa hafi ekki hærra sigmál en nauðsynlegt er vegna flutnings, niðurlagnar og þjöppunar. Í staðli ÍST EN 206 eru gefnir upp eftirfarandi sigmálsflokkar:

S1, sigmál 10-40 mm

S2, sigmál 50-90 mm

S3, sigmál 100-150 mm

S4, sigmál 160-210 mm

S5, sigmál ≥ 220 mm

Miðað skal við að sigmál steypu án þjálniefna skuli vera í flokki S2. Sé þörf á hærra sigmáli við steypuframkvæmdir skal nota þjálniefni til að ná sigmáli steypunnar í S3 eða S4. Þessar kröfur eiga við sigmálskeilu sem er 300 mm há, 200 mm í þvermál í botni og 100 mm í þvermál í toppi

Kröfur til harðnaðrar steypu (í samræmi við ÍST EN 206)

Kröfur til þrýstistyrks steinsteypu

Gerð steypu	Þrýstibstyrkur, $f_{c, cyl}$ MPa	Þrýstistyrkur, $f_{c, cube}$ MPa
Fyllisteypa	≥ 30	≥ 37
Burðarsteypa	≥ 35	≥ 45
Gæðasteypa	≥ 45	≥ 55
Slitlagssteypa	≥ 50	≥ 60

Loftdreifing harðnaðrar steypu:

Yfirborð loftbóla: $\geq 25/\text{mm}$

Fjarlægðarstuðull: $< 0,2 \text{ mm}$

Kröfur til veðrunarþols steinsteypu

Gerð steypu	Flögnun, 28 daga, kg/m ²	Flögnun, 56 daga, kg/m ²
Fyllisteypa	NR	NR
Burðarsteypa	≤ 0,5	≤ 1,0
Gæðasteypa*	≤ 0,5	≤ 1,0
Slitlagssteypa*	≤ 0,5	≤ 1,0

Prall slitþol vegsteypu

Umferð, ÁDU	Prall gildi, ml
< 3000	28
3000-8000	28
8000-15000	24
> 15000	20

** Í mannvirkjum þar sem veðrunarþol þarf að vera sérstaklega mikið getur hönnuður valið stífari kröfur*

Kröfur til sements, íauka og íblenda

Sement (e. cement)

Sement sem samræmist ÍST EN 197-1 (*Sement - Hluti 1: Samsetning, eiginleikar og samræmiskröfur fyrir venjulegt sement*) telst almennt nothæft í steinsteypu.

Íblendi: (e. admixtures, t.d. loftblendi, vatnsspari, þjálniefni, sérvirk þjálniefni).

Íblendi sem samræmist ÍST EN 934-2 (*Íblöndunarefni í steinsteypu, - Hluti 2: Skilgreiningar, kröfur, samræmisauðkenningar og merkingar*) teljast almennt nothæf í steinsteypu

Blendivatn (e. mixing water for concrete):

Blendivatn í samræmi við ÍST EN 1008 telst almennt nothæft

Íaukar: (e. additives, t.d. kísilryk, pozzolanefni, svifaska, trefjar)

Íaukar sem nothæfir eru í steypu með CEM I er steinefnaméla sem er í samræmi við ÍST EN 12620 eða ÍST EN 13055.

Íaukar sem nothæfir eru í steypu með CEM II eru svifaska (e. fly ash) sem uppfyllir kröfur skv. ÍST EN 450-1, kísilryk í samræmi við kröfur ÍST EN 13263-1 og háofnagjall (e. ground granulated blastfurnace slag) í samræmi við kröfur ÍST EN 15167-1.

Stáltrefjar í samræmi við kröfur ÍST EN 14889-1 og fjölíðutrefjar í samræmi við kröfur ÍST EN 14889-2 teljast hæfar í steinsteypu.

Takk fyrir

