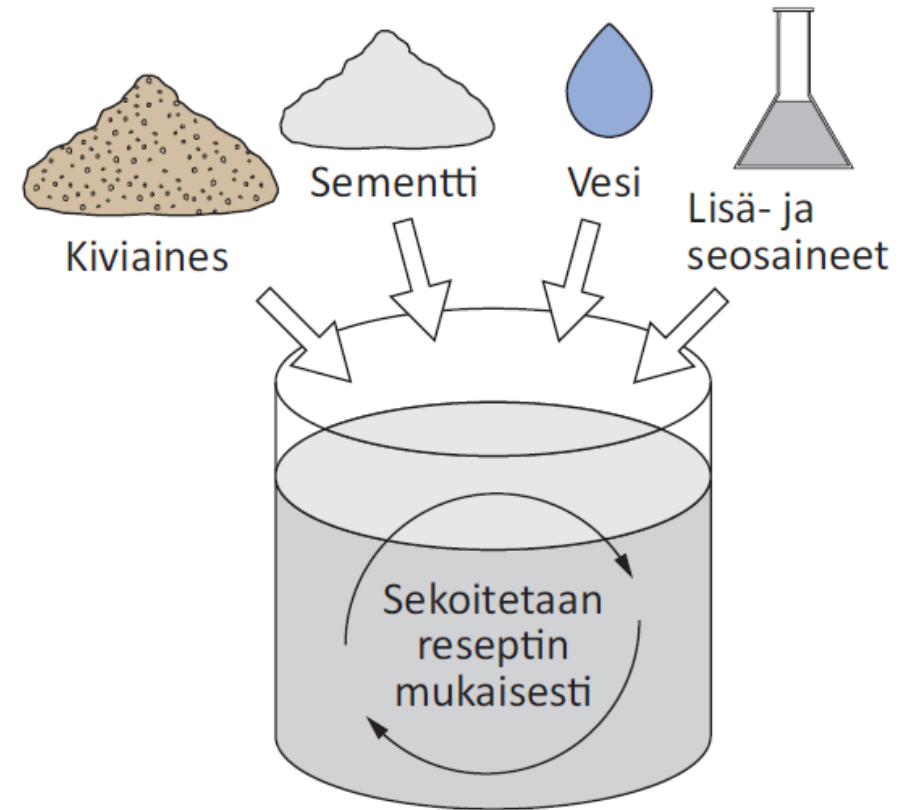


The background image shows a close-up of a concrete testing machine, likely a compression or tensile tester. A large, dark, textured concrete specimen is being held between two metal grips. The machine's components, including hydraulic cylinders and metal plates, are visible. A circular white overlay is positioned on the right side of the image, containing the main title and subtitle in Finnish.

Betonirakenteen ja -massan ominaisuudet

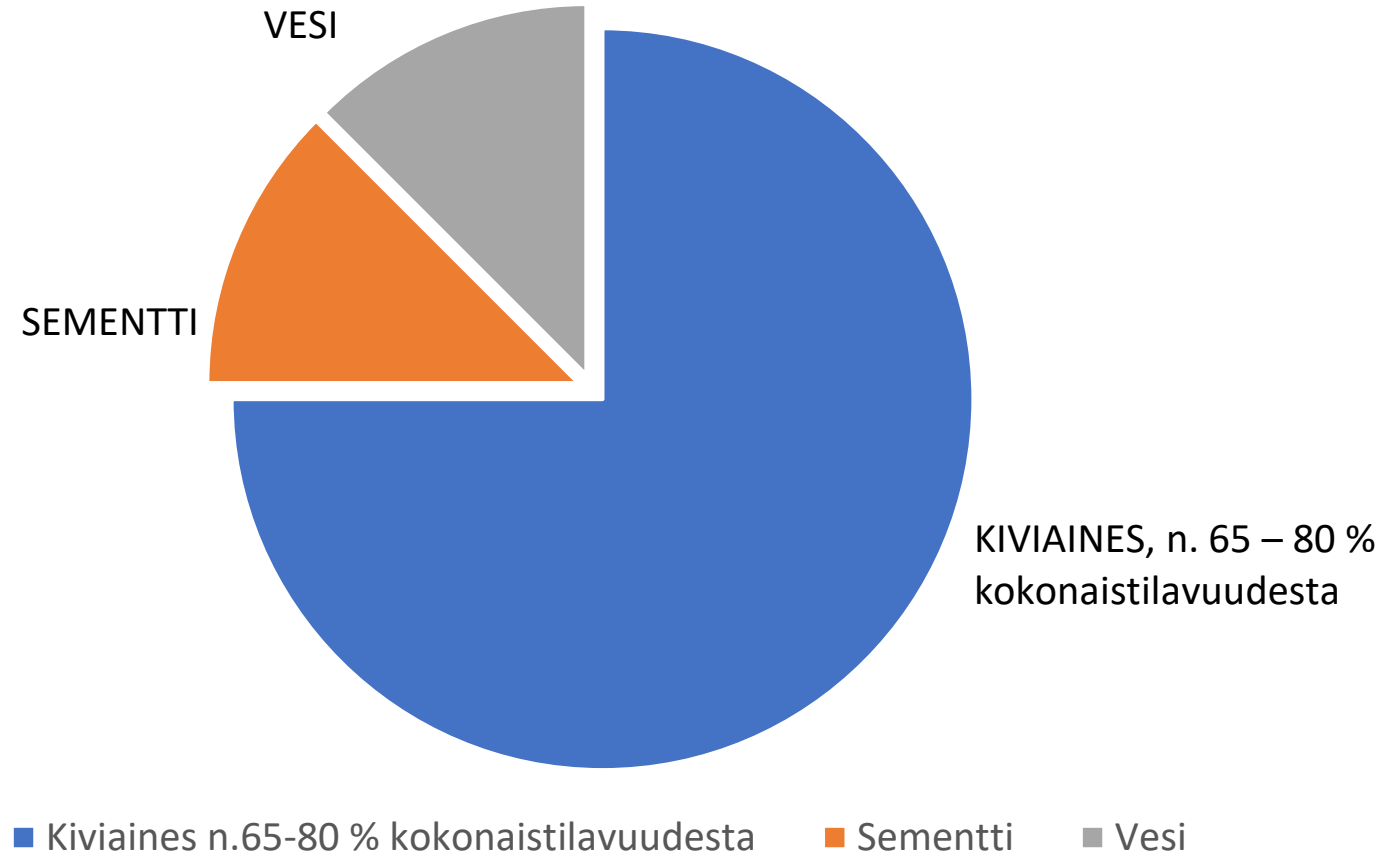
**Vaatimukset sekä suhteituksen
periaatteet**



Betonin suhteitus

Suhteituksella tarkoitetaan betonin osa-aineiden (sementti, runkoaine, vesi, (lisäaineet, seosaineet)) yhdistämistä niin, että sekä tuore betonimassa että kovettunut betoni saavuttavat vaaditut ominaisuudet

Betonin koostumus



BETONIN PERUSYHTÄLÖ

Aineosien seossuhteita määritettäessä noudatetaan betonin perusyhtälöä:

$$V_k + V_s + V_v + V_i = V_b$$

jossa

- V_k on kiviaineksen kiintotilavuus
- V_s on sementin kiintotilavuus
- V_v on veden määrä
- V_i on ilmamäärä
- V_b on betonin tilavuus

Tarkastellaan yhtälöä tiheyden (ρ) määritelmän avulla:

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad V = \frac{m}{\rho}$$

merkitään betonitekniikkaan paremmin soveltuvana massan (m) sijasta paino-osia kirjaimella Q . Tällöin perusyhtälöksi saadaan:

BETONIN PERUSYHTÄLÖ

$$\frac{Q_s}{\rho_s} + \frac{Q_k}{\rho_k} + \frac{Q_v}{\rho_v} + Q_i = V_b$$

jossa

- Q_s on sementtimäärä [kg/bet m³]
- Q_k on kiviainesmäärä [kg/bet m³]
- Q_v on vesimäärä [kg/bet m³]
- Q_i on ilmamäärä [l/bet m³]

V_b on betonikuution tilavuus 1 m³
= 1000 l

Huom!

Sementin tiheytenä voidaan yleensä käyttää 3100 kg/m^3 .

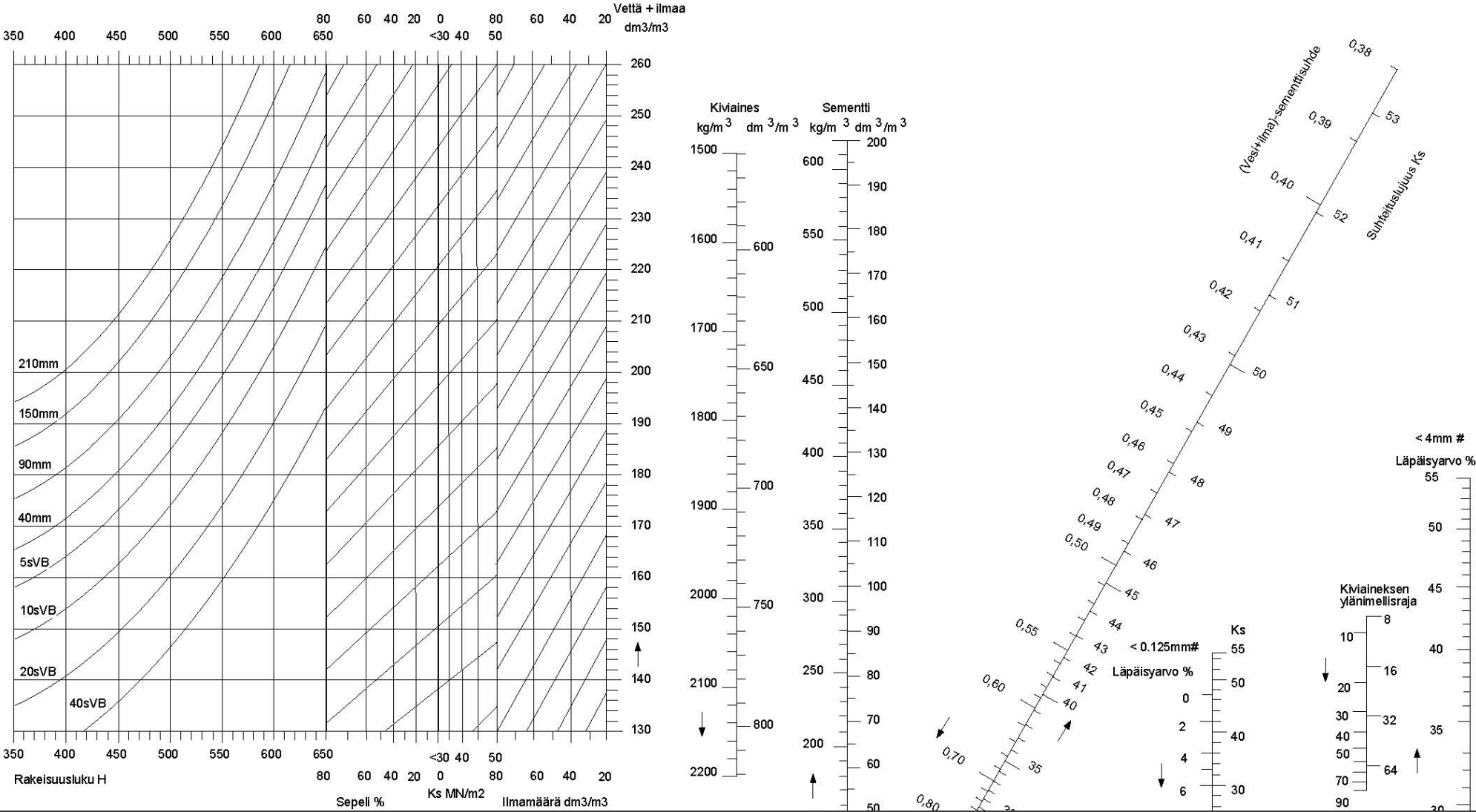
Kiviaineksen tiheytenä käytetään pintakuivan ja kylläisen kiviaineen tiheyttä, jonka kiviaineksen toimittaja ilmoittaa. Nomogrammi olettaa 2680 kg/m^3 .

Veden tiheytenä käytetään aina arvoa 1000 kg/m^3 .

Huokostamattoman betonin ilmamääränä käytetään yleensä $20 \text{ dm}^3/\text{m}^3$ (2 %)

Huokostetun betonin ilmamäärä on tuotannon tavoiteilmamäärä yleisimmin betonin laadusta riippuen $40\ldots60 \text{ dm}^3/\text{m}^3$ (4...6 %).

BETONIN SUHTEITUS



Betonille asetetut vaatimukset

Betonimassan ominaisuuksia ovat mm.:

- notkeus
- ilmapitoisuus
- koossapysyvyys
- työstettävyyisaika
- tiivistettävvyys

Betonille asetetut vaatimukset

Kovettuneen betonin ominaisuuksia ovat mm.:

- lujuus
- pakkasenkestävyys
- kulutuskestävyys
- vesitiiveys
- korroosionkestävyys
- kutistuminen
- lämmönkehitys

Nykäsen menetelmään perustuva suhteitus ei anna vastausta kaikkiin betonin tavoiteltuihin ominaisuuksiin, vaan useissa tapauksissa tulee betonin ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät tuntea tai selvittää muista lähteistä.

Seuraavassa lyhyt katsaus ominaisuuksiin ja niihin vaikuttavista tekijöistä:

Lähtötiedot Nykäsen mukaan suhteitettaessa

Suhteitettavan betonin tavoiteltavista ominaisuuksista tulee tietää tavoiteltavat

- notkeus,
- lujuus sekä
- ilmamäärä

Ja käytettävistä raaka-aineista

- kiviaineksen rakeisuus,
- murskeen osuus,
- tiheys ja
- vedenimu sekä
- sementin kyky tuottaa lujuutta betoniin

Nomogrammi
ottaa
huomioon:

Muita
vaikuttavia
tekijöitä:

- kiviaineksen ominaisuuksista
 - rakeisuus
 - sepelipitoisuus
 - vedenimu
- sideaineen määrä
- betonin ilmamäärä

- kiviaineksen ominaisuuksista:
 - ominaispinta-ala (hienoaineen laatu)
 - raemuoto
- sideaineen laatu
- lisäaineet
- massan lämpötila

Betonin notkeus

- Ilmoitetaan yleensä painuman avulla

Yksinkertaisesti voidaan sanoa, että betonin notkeus säädetään vesimäärällä (litraa/m³). Kuitenkin erilaiset betonit tarvitsevat erimäärän vettä saman notkeuden saavuttamiseksi, eli betoneilla on erilainen vedentarve.

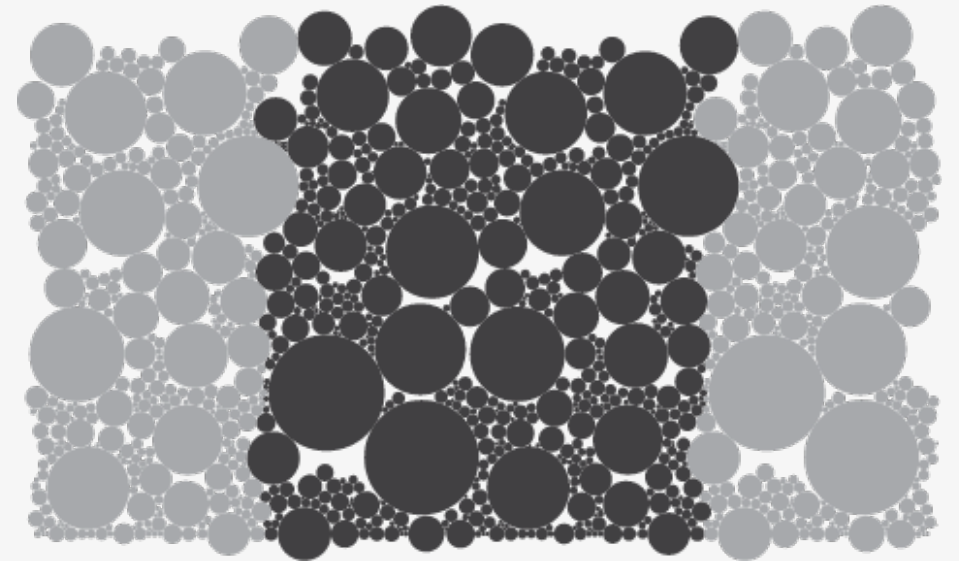
Kiviaines eli runkoaines

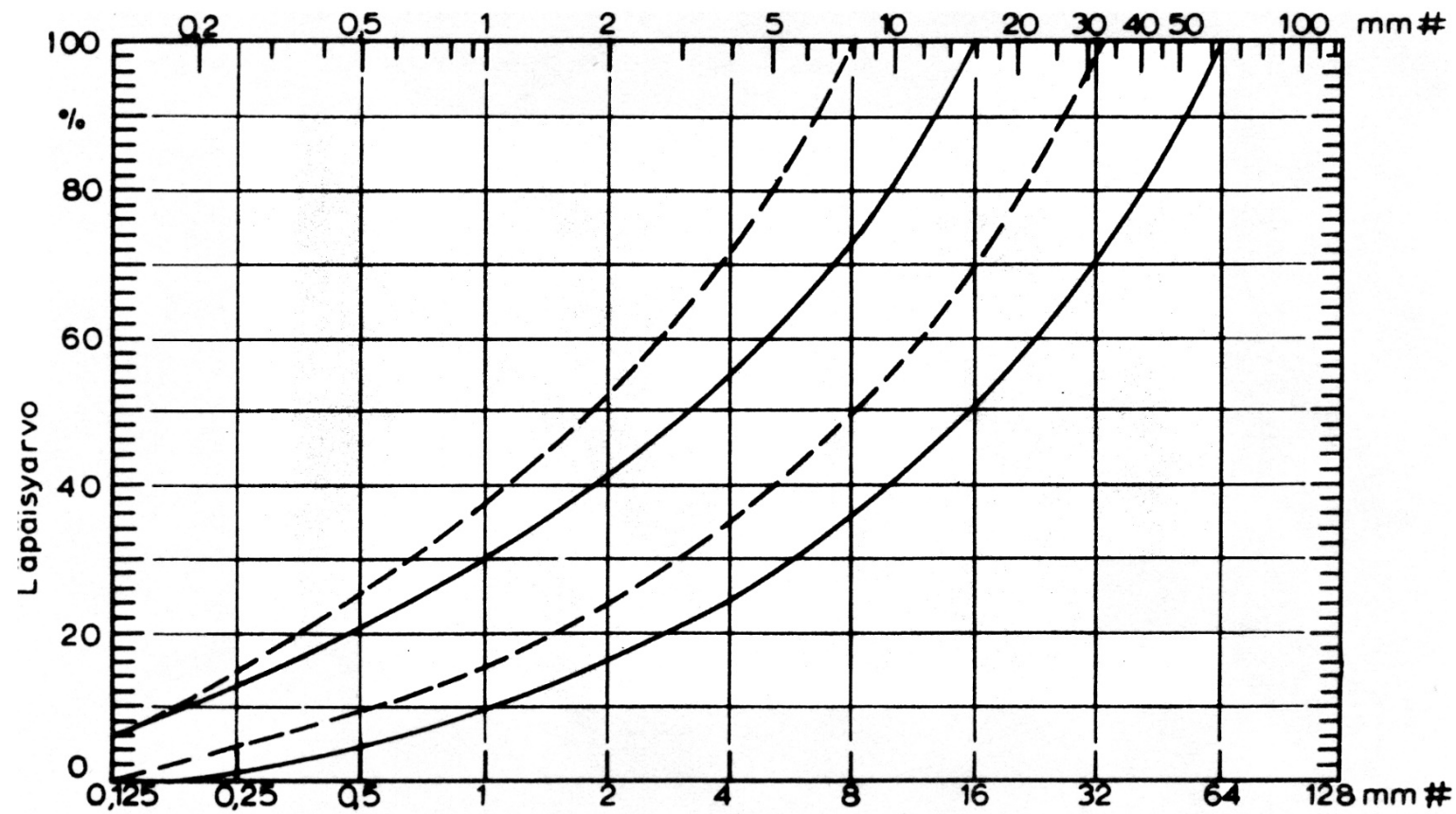
- Jaotellaan raekoon mukaan.
- Rakeisuus kuvaa kiviaineksen rakeiden kokojakaumaa. Rakeisuus määritetään seulomalla.



Rakeisuus

- Kiviaineksen suuren tilavuusosuuden saamiseksi tulee kiviaineksen olla hyvin pakkautuvaa, eli raekooltaan sellaista, että tiivistämisen jälkeen kiviainesrakeiden välissä on mahdollisimman vähän tyhjää tilaa





Koossapysyvyys

Nomogrammin rakeisuusohjearvot, jotka ovat

- runkoaineen rakeisuus ja
- hienoaineen määrä

Luovat pohjan tehdä koossapysyvää massaa

Muita vaikuttavia tekijöitä:

- sementin määrä ja laatu
- seosaineet
- lisäaineet



Koossapysyvyys

Työstettävyysaika

Työstettävyysaikaan vaikuttaa mm.

- sementtilaatu
- seosaineet
- lisäaineet
- lämpötila





Kuva ennen vesipiikkausta



Tiivistettävyys

- Työstettävyys ja pakkautuvuus
- Nomogrammin rakeisuusohjearvot
- Kiviaineksen ohjerakeisuuskäyrä sekä rakeisuuskäyrä koostumuslomakkeella

Lujuus

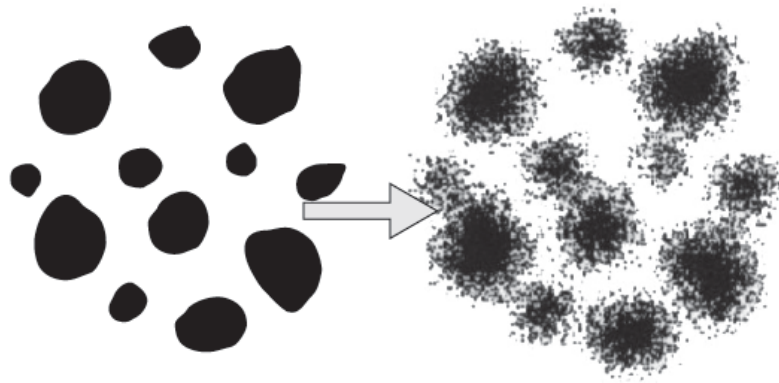
Lujuuteen vaikuttaa mm.

- (vesi+ilma)-/sementtisuhde
- sementin laatu
- seosaineet

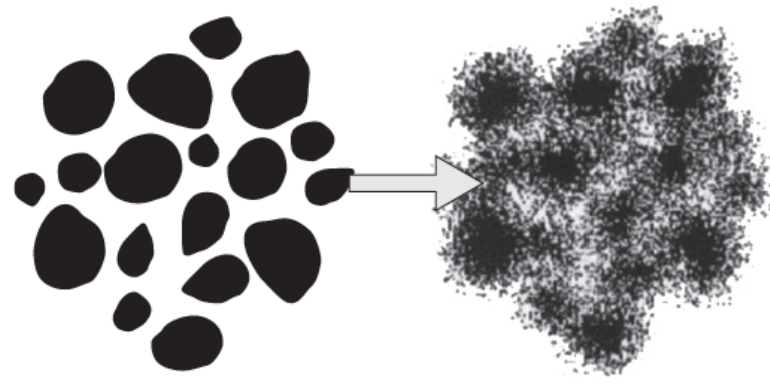
Nomogrammi ottaa huomioon

Vesi-sementtisuhde (v/s)

$$\frac{v}{s} = \frac{\text{Vesi}}{\text{Sementti}} \quad \text{esim.} \quad \frac{180 \text{ kg (litraa)}}{250 \text{ kg}} = 0,72$$

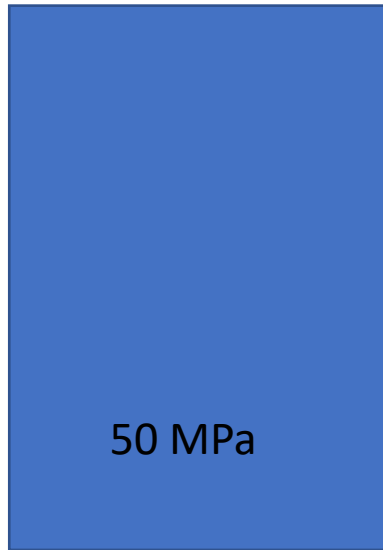


iso v/s

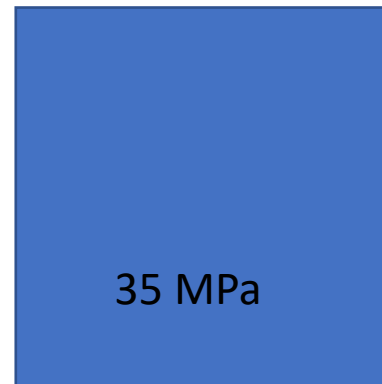


pieni v/s

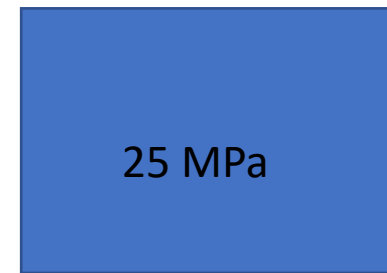
v/s suhde = 0,4



v/s suhde = 0,6



v/s suhde = 0,8



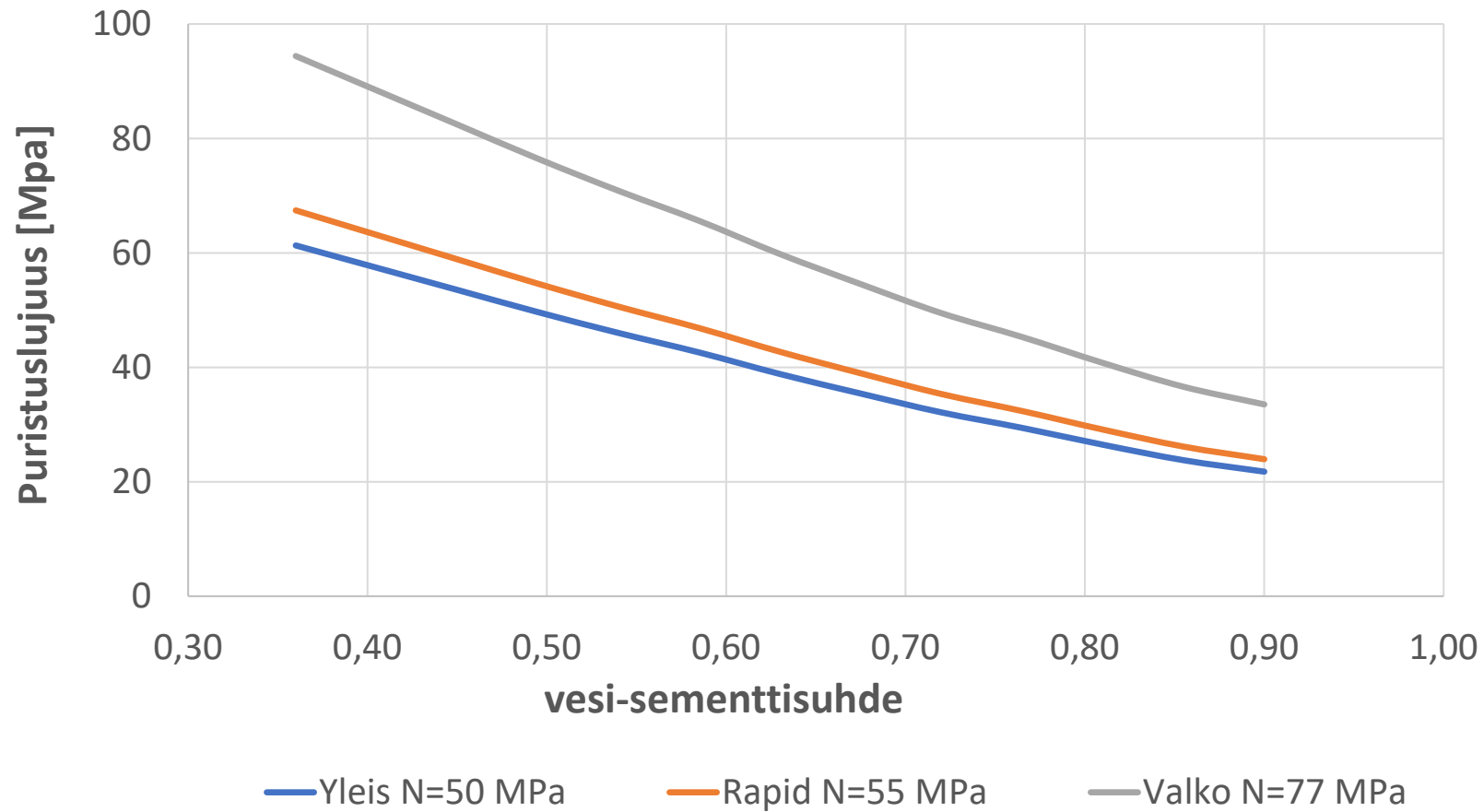
Lujuus

- Kovettuneen betonin ominaisuuksista lujuus on eniten seurattu.
- Puhekielessä lujuus = puristuslujuus
- Betonin luokitellaan nimellislujuutensa mukaan:
 - Betonin lujuusluokka merkitään esimerkiksi C35/45. Siinä C35 tarkoittaa valetusta koekappaleesta, standardilieriöstä, puristamalla määritettyä puristuslujuutta megapascalina (MPa). 45 on 150 millimetrin koekuutiosta määritetty puristuslujuus (Mpa).
- Myös muita lujuuksia mitataan ja vaaditaan, kuten esimerkiksi taivutus- tai halkaisulujuuksia

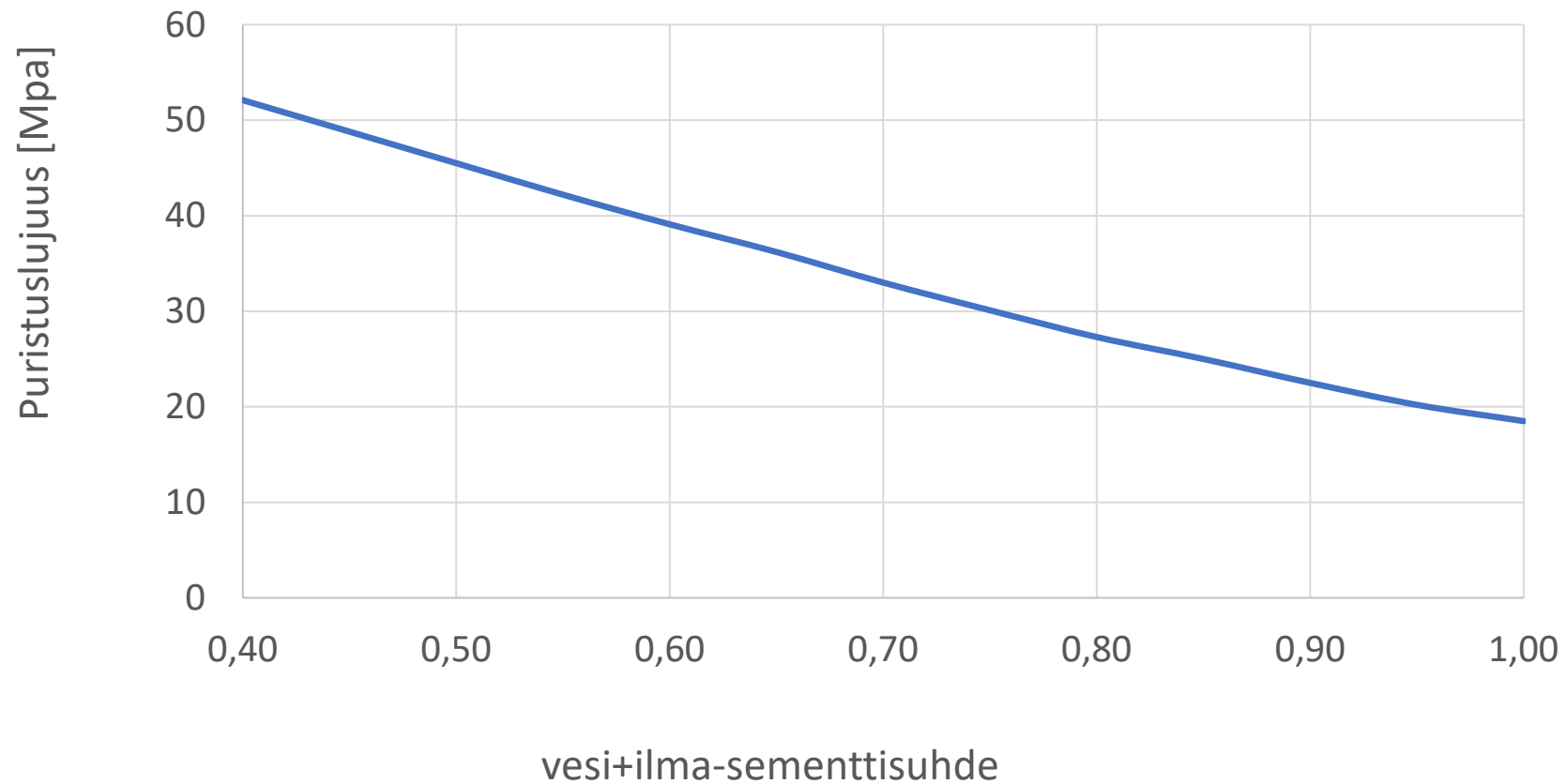
Lujuusluokat

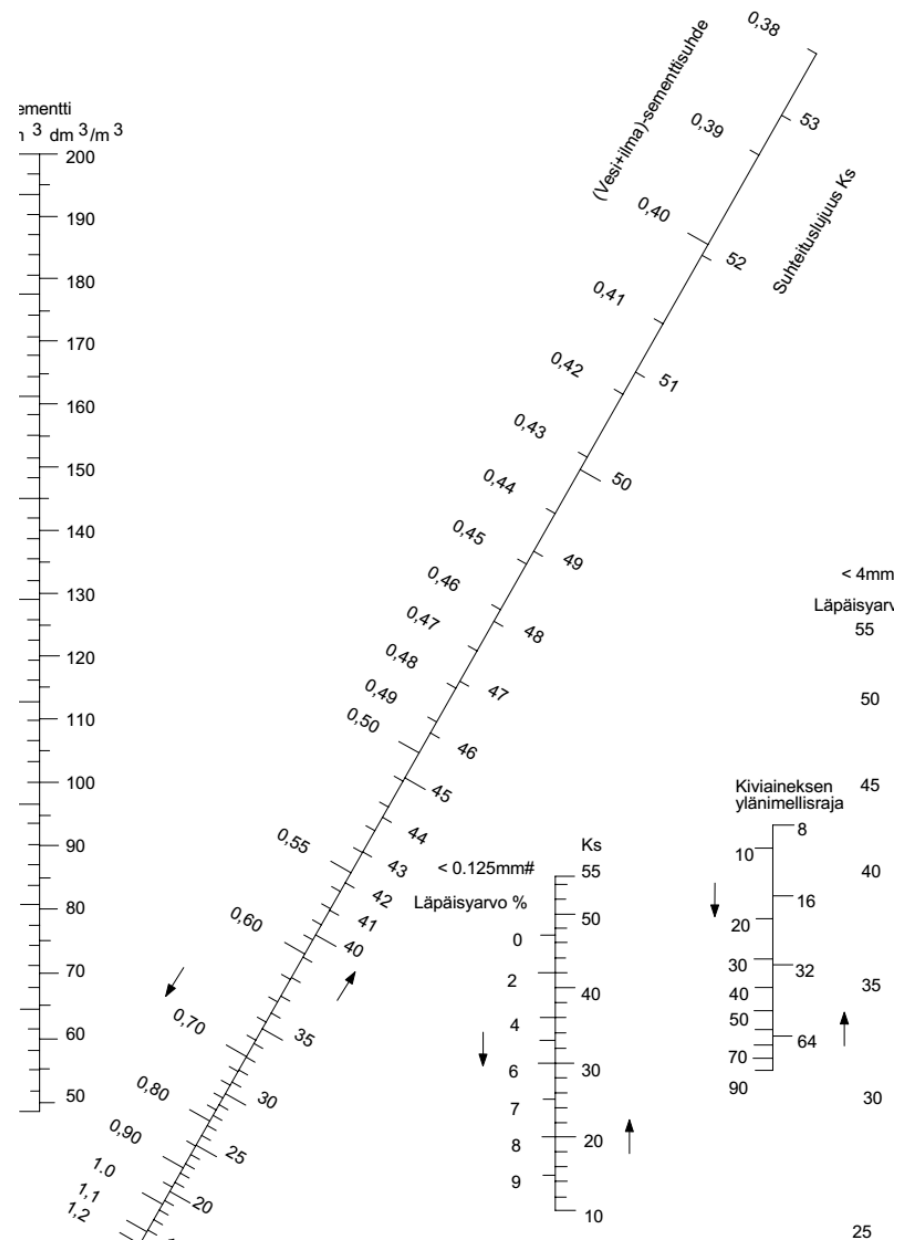
Lujuus- luokka mukaan	Alin 150 mm x 300 mm lie- riöillä määrätty ominaislu- juus (C) $f_{ck,cyl}$ [MN/m ²]	Alin 150 mm:n kuutiolla määrätty ominaislujuus (K) $f_{ck,cube}$ [MN/m ²]	Alin 100 mm:n kuutiolla määrätty ominaislujuus $f_{ck,cube}$ [MN/m ²]
C12/15	12	15	15,5
C16/20	16	20	20,6
C20/25	20	25	25,8
C25/30	25	30	30,9
C30/37	30	37	38,1
C35/45	35	45	46,4
C40/50	40	50	51,5
C45/55	45	55	56,6
C50/60	50	60	61,8
C55/67	55	67	69,0
C60/75	60	75	77,2
C70/85	70	85	87,6
C80/95	80	95	97,8
C90/105	90	105	108,2

Vesi-sementtisuhteen yhteys betonin puristuslujuuteen eri sementeillä
(betoni huokostamaton, ilmaa 20 l /m³)



Vesi+ilma -sementtisuhteen yhteys betonin puristuslujuuteen, kun sementin lujuus on 42,5 MPa





Ilmapitoisuus

Nomogrammi ei anna ohjearvoja mutta vähimmäisarvo saadaan esim. betoninormista BY65.

Tarvittavaan ilmamäärään vaikuttaa pakkasenkestävyysvaatimus sekä betonikoostumuksesta vesi-sementtisuhde ja kiviaineksen ylänimellisraja.

Lisäksi pakkasenkestävyydellä on myös toiminnallinen vaatimus.

Pakkasenkestävyys

Suunnittelija määrittää rakenteen käyttöiän ja rasitusluokan. Suhteitus tehdään oletetulla ilmamäärällä. Betoninormin perusteella voidaan laskea vaatimukset:

- ilmamäärälle
- vesi-sementtisuhtelle

Pakkasenkestävyyttä kuvaavia tunnuslukuja:

- F-luku
- P-luku
- (ilma/vesi)

Kulutuskestävyys

Nomogrammi ei anna ohjearvoja.

Vaikuttavia tekijöitä mm:

- kiviaineksen laatu ja määrä
- sementtikiven lujuus
- vesi/sementti -suhde

Vesitiiveys

Nomogrammi ei anna ohjearvoja, vaikka yleisesti ottaen rakeisuusohjeet johtavat tiiviiseen betoniin.

Vaikuttavia tekijöitä ovat mm:

- kiviaineksen laatu ja rakeisuus
- sideaineen määrä ja laatu
- vesi/sementti -suhde
- lisäaineet

Korroosionkestävyys

Betoninormi antaa vaatimukset eräiden kemikaalien suhteen. Vaarallisia aineita ovat mm. hapot, sulfaatit ja ammoniumsuolat.

Korroosionkestävyyteen vaikuttaa:

- sideaineen laatu
- vesi/sementti -suhde
- kiviaineksen laatu

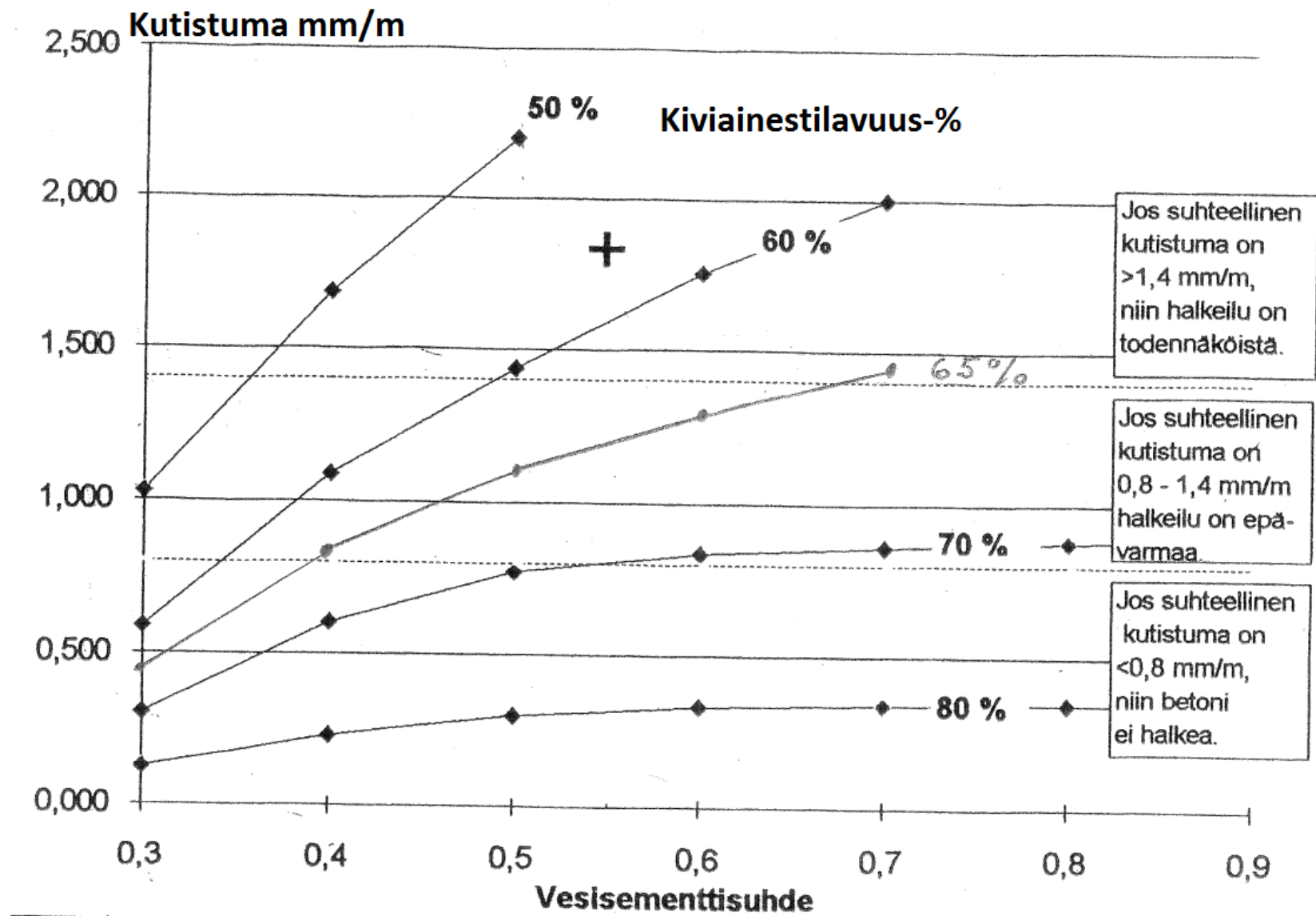
Kutistuminen

- Kuivumiskutistuma on seurausta ylimääräisen veden haihtumisesta kovettuneesta betonista.
- Kutistuma on sitä suurempi mitä enemmän betonin valmistamiseen on käytetty vettä
- Suuret kutistumat johtavat betonin halkeiluun

Kutistuminen

Nomogrammin käytöllä pyritään mahdollisimman vähän kutistuvaan betoniin:

- vesimäärän minimointi
- (sideainemäärä)



Lämmönkehitys

Nomogrammi ei anna ohjearvoja, mutta sideaineen ja veden määrän minimointi johtaa alhaiseen lämmönkehitykseen.

Vaikuttavia tekijöitä:

- sideaineen laatu
- sideaineen määrä
- (vesi/sementti)

Betonin lämpötila 3 m paksussa laattassa

