



# LUND UNIVERSITY

## Beräkning av fukttillstånd : enkel metod för praktiker

Hedenblad, Göran

1988

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Hedenblad, G. (1988). *Beräkning av fukttillstånd : enkel metod för praktiker*. (Rapport TVBM; Vol. 3032). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

LUNDS UNIVERSITET  
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

---

FUKTGRUPPEN VID LTH  
Avd Byggnadsmaterial



# Beräkning av fukttillstånd

Enkel metod för praktiker

Göran Hedenblad

ISRN: LUTVDG/TVBM--88/3032--SE(1-31)

ISSN 0348-7911 TVBM

---

# **Beräkning av fukttillstånd**

## **Enkel metod för praktiker**

**Göran Hedenblad**

## SAMMANFATTNING

Fuktberäkningar är normalt icke linjära beräkningar och så komplicerade att dator måste användas. Med en omformulering av det matematiska sambandet kan det stationära endimensionella fallet lätt lösas med en enkel handberäkningsmetod. Med metoden kan fuktflödet genom och relativa fuktighetens fördelning i en konstruktion beräknas. Metoden kan tillämpas på konstruktioner som består av upp till tre materialskikt.

Materialdata redovisas för betong, bruk, makadam, dräneringsgrus, lättbetong, tegel, trä, spånskiva och golvmattor.

Materialdata är preliminära och slutlig bearbetning av dessa kommer att ske under 1988.

Ett flertal exempel ges på tillämpningen av handberäkningsmetoden.

BERÄKNING AV FUKTTILLSTÅND. ENKEL METOD FÖR PRAKTIKER

TEORI

Fukttransport i material tecknas (Nevander 1981) normalt som

$$g = -k_{\psi} * \frac{d\psi}{dx} \quad (1)$$

$g$  är flödet i  $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$

$\psi$  är potential som kan vara ånghalt ( $v$ ), ångtryck ( $p$ ), relativ fuktighet ( $\phi$ ) mm

$x$  är längdaxel

$k_{\psi}$  är transportkoefficient som kan variera med fuktillståndet

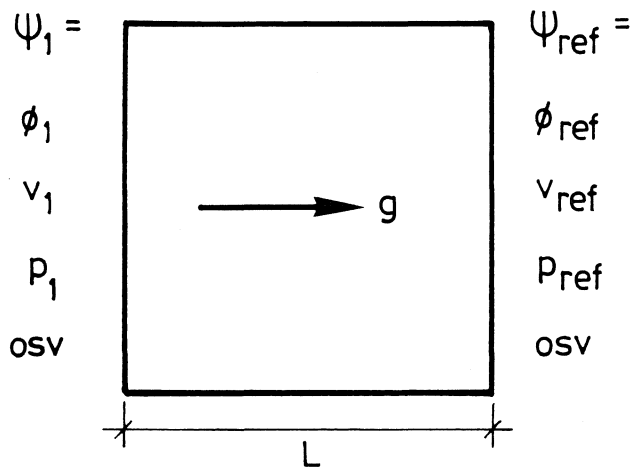


Fig 1. Illustration till ekv 1 och 2.

$g = -k_{\psi} * \frac{d\psi}{dx}$  omskrives enligt Claesson (1987) till  $\int g * dx = \int -k_{\psi} * d\psi$  där varje led integreras för sig. Om stationärt tillstånd förutsättes är  $g$  konstant och man kan skriva

$$g * \int_0^L dx = - \int_{\psi_1}^{\psi_{ref}} k_{\psi} * d\psi$$

$$g * L = \int_{\psi_{ref}}^{\psi_1} k_{\psi} * d\psi \quad (2)$$

Vi begränsar oss till

- \* det stationära fallet
- \* inga temperaturskillnader i materialet (utom för mineralull)
- \* hysteresiseffekter försummas

Med "hysteresiseffekter försummas" avses att eventuella skillnader i transportkoefficienten ( $k_\psi$ ), som beror på om materialet är under uttorkning eller uppfuktning, försummas.

Man väljer lämpligen den potential som man har använt vid bestämning av fukttransport, i vårt fall relativ fuktighet ( $\phi$ ).  $\phi$  är dessutom troligtvis en mer allmänt känd storhet än övriga potentialer.

Ekv 2 skrives då

$$g * L = \int_{\phi_{\text{ref}}}^{\phi_1} k_\phi * d\phi \quad (3)$$

Mellan två  $\phi$ -gränser är  $\int k_\phi * d\phi$  konstant och lika med  $g * L$ , se Fig 2. Mellan två bestämda relativa fuktigheter är  $g * L$  konstant för ett material, dvs en fördubbling av tjockleken ger en halvering av flödet  $g$ .

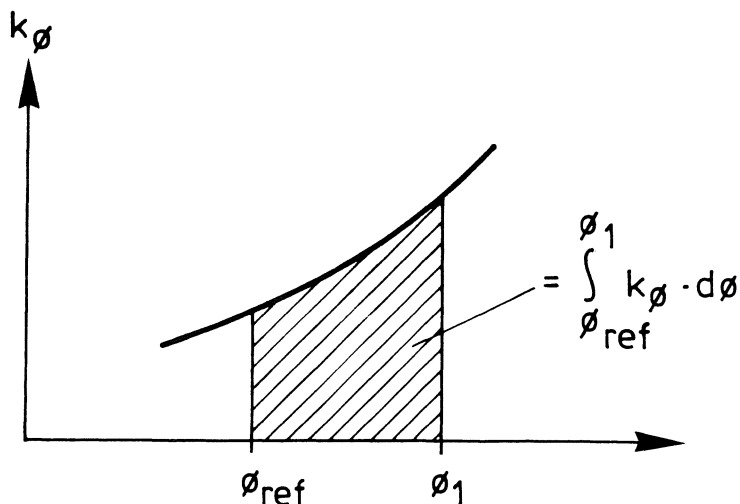


Fig 2. Arean under  $k_\phi$ -kurvan är konstant mellan två  $\phi$ -gränser.

Materialdata för bl a betong har tagits fram med en metod som bygger på att mäta ångflödet ut från en provkropp samt att mäta  $\phi$ :s fördelning inne i provkroppen vid stationära förhållanden. Provkroppshöjderna är normalt förekommande konstruktionstjocklekar (60, 100 och 150 mm). Beträffande utförandet av försöken se Fuktgruppen informerar 1987:1, Lund, sid 63-75.

Materialdata redovisas i figurform som samband mellan djup (mm) under ytan med lägre relativ fuktighet och  $\phi$  vid stationära förhållanden. Flödet ges i anslutning till figuren, se Fig 3.

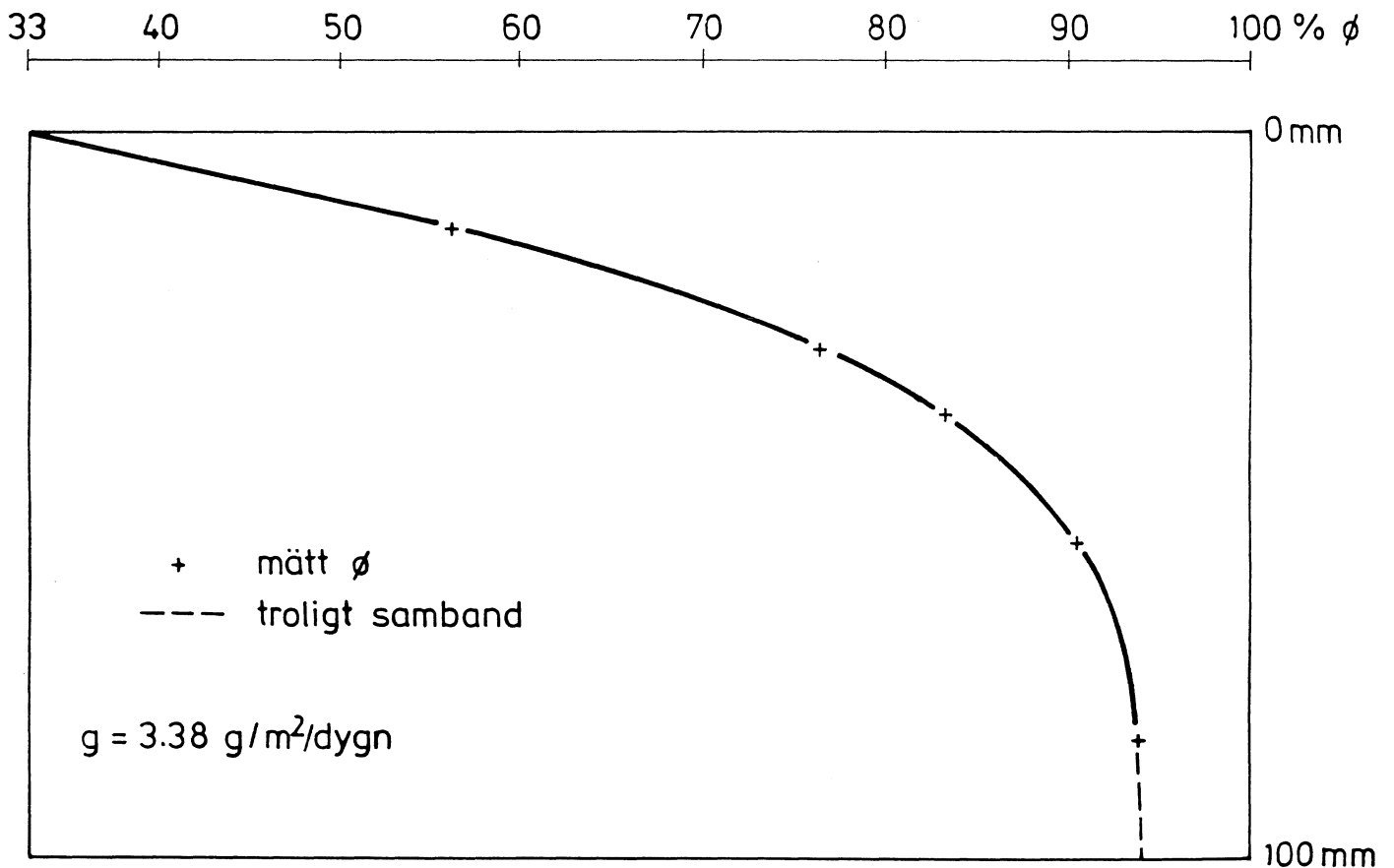


Fig 3. Relativa fuktighetens fördelning i betong med vct 0.5 (ungefär K45) vars undersida står i vatten och översidan är i 33 % relativ fuktighet.

I Fig 3 framgår att  $\phi$  ej blir 100 % invid vattenytan. En förklaring till detta är att betongens höga halt av alkalihydroxider (NaOH och KOH) sänker relativa fuktigheten vid vattenmättnad i provet till under 100 %, se Hedenblad (1988).



## ETT MATERIAL

Exempel 1: Hur stort blir flödet genom en 70 mm tjock betongplatta med vct 0.5 ( $\approx K45$ ) om dess översida är i 33 % RF och undersidan är i vatten?

$$g_1 * L_1 = g_2 * L_2$$

Fig 3 ger

$$3.38 * 100 = g_2 * 70 \quad g_2 = 4.82 \text{ g/m}^2 \text{ dygn}$$

$\phi$ :s fördelning blir densamma som i Fig 3, dock skalas y-axeln om med  $70/100=0.7$ . För t ex  $\phi=70\%$  avläses i Fig 3 att djupet är 24 mm. Vi får då att nytt djup i den 70 mm tjocka plattan är  $24 * 0.7 \approx 17$  mm för  $\phi = 70\%$ .

Exempel 2:

Hur stort blir flödet genom en 100 mm tjock betongplatta med vct 0.5 ( $\approx K45$ ) om dess översida är i 33 % RF och dess undersida är i 90 % RF? Hur blir  $\phi$ :s fördelning?

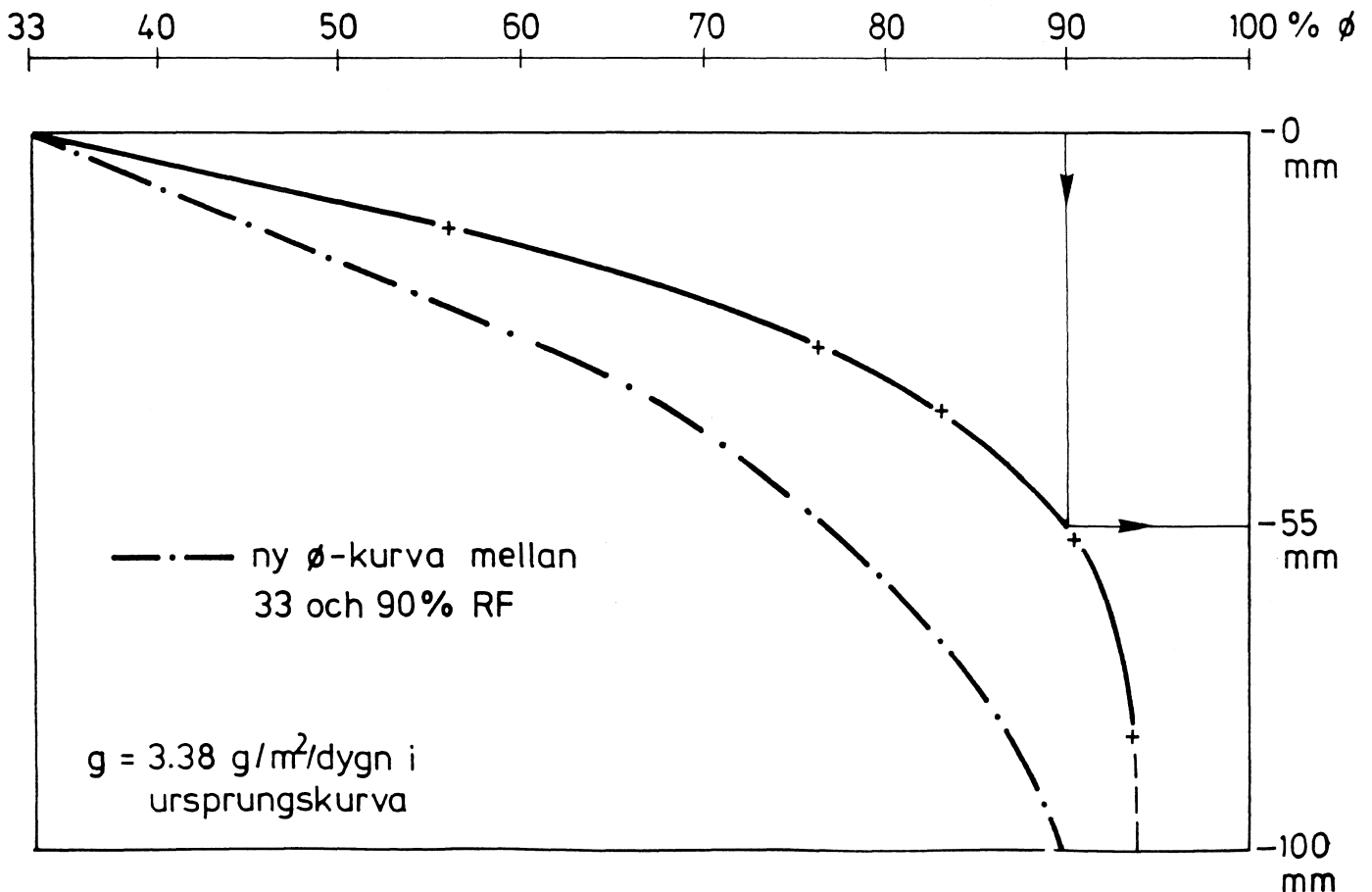


Fig 4. Relativa fuktighetens fördelning i exempel 2.

I Fig 4 avläses att  $\phi=90\%$  erhålles vid djupet 55 mm. Mellan  $\phi=33\%$  % och  $\phi=90\%$  % är  $g * L$  konstant, dvs

$$g_1 * L_1 = g_2 * L_2$$

$$3.38 * 55 = g_2 * 100 \quad g_2 = 1.86 \text{ g/m}^2 \text{ dygn}$$

$\phi$ -kurvan skalas om med faktorn  $100/55$ . Nytt djup för visst  $\phi$  = avläst djup i ursprungskurva \*  $100/55$ .

### Exempel 3:

Hur stort blir flödet genom 200 mm tjock betongplatta med vct 0.5 ( $\approx K45$ ) om dess översida är 50 % RF och dess undersida är i 85 % RF? Hur blir  $\phi$ :s fördelning?

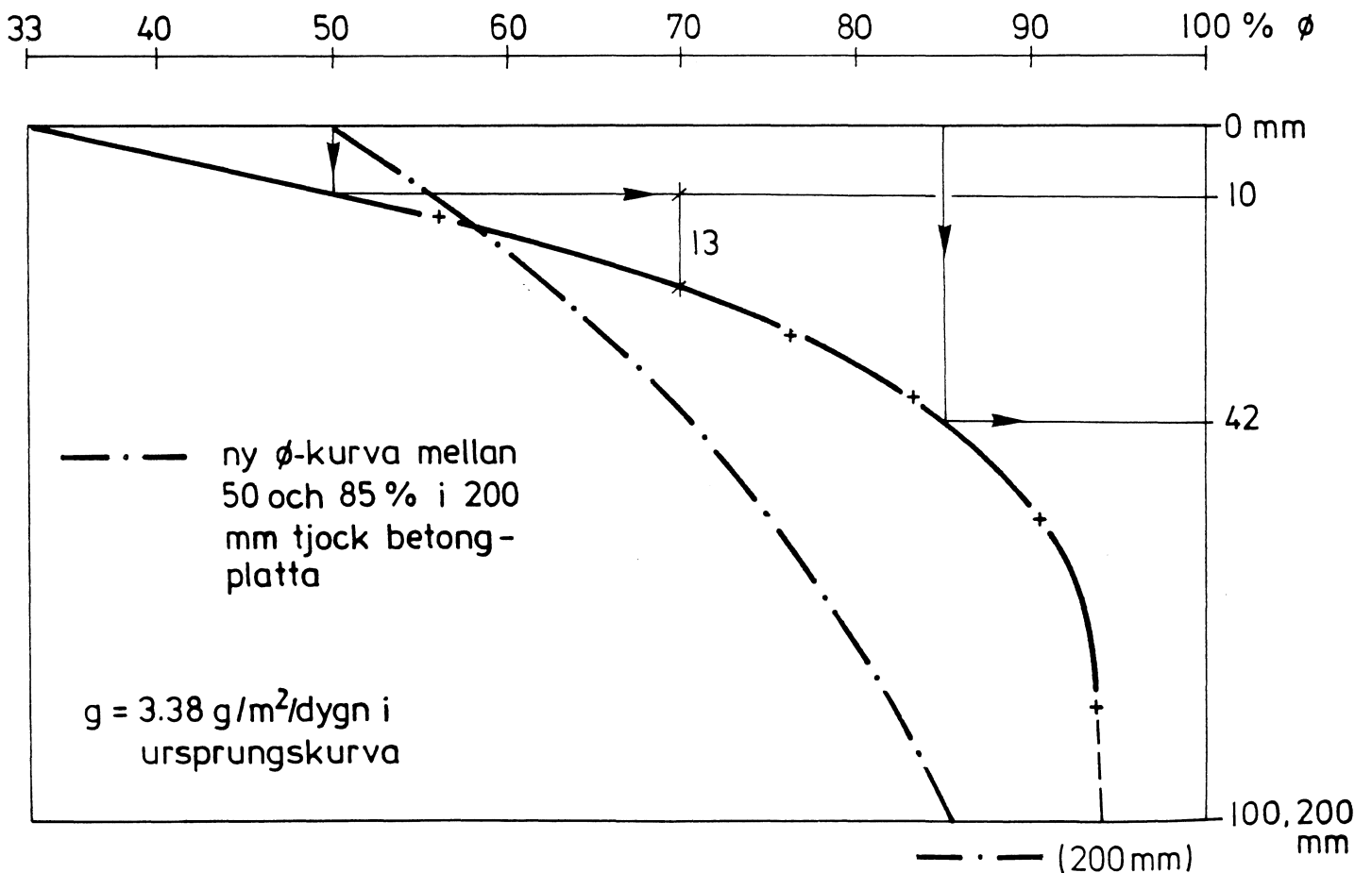


Fig 5. Relativa fuktighetens fördelning i exempel 3.

I Fig 5 avläses att  $\phi=50$  % erhålles på 10 mm djup och  $\phi=85$  % erhålles på 42 mm djup i ursprungskurvan. För konstruktioner av betongen ovan är  $\int k_{\phi} * d\phi$  konstant då  $\phi$  gränserna är lika, dvs

$$g_1 * L_1 = g_2 * L_2$$

Som ny nollnivå tages nivån där RF är 50 %

$$L_1 = 42 - 10 = 32 \text{ mm}$$

$$3.38 * 32 = g_2 * 200 \quad g_2 = 0.54 \text{ g/m}^2 \text{ dygn}$$

$\phi$ -kurvan mellan 50 och 85 % skalas om med faktorn  $200/(42-10) = 6.25$ .

Exempelvis erhålles för  $\phi=70$  % att avståndet mellan  $\phi$ -kurva och den "nya" nollnivån (vid 10 mm djup) enligt Fig 5 är 13 mm. Nytt djup blir  $13 * 200/(42-10) = 81$  mm.

## TVÅ MATERIAL TILLSAMMANS

Då två material tillsammans bildar en konstruktion får man gissa  $\phi$  i gränsen mellan materialen och beräkna flödet genom respektive material. Om flödena blir olika får man gissa ett nytt  $\phi$ . Vid denna gissning har man ledning av den tidigare beräkningen, vars resultat ger åt vilket håll  $\phi$  skall ändras.

Exempel 4:

En 100 mm tjock platta av betong med vct 0.8 ( $\approx$ K25) ligger på 200 mm makadam av 8-25 mm tvättad kvartsit.  $\phi$  i underkant makadam antas vara 100 % och på plattans översida 50 %. Beräkna fuktflödet och  $\phi$ :s fördelning genom konstruktionen. Materialdata redovisas i Fig 6 och 7.

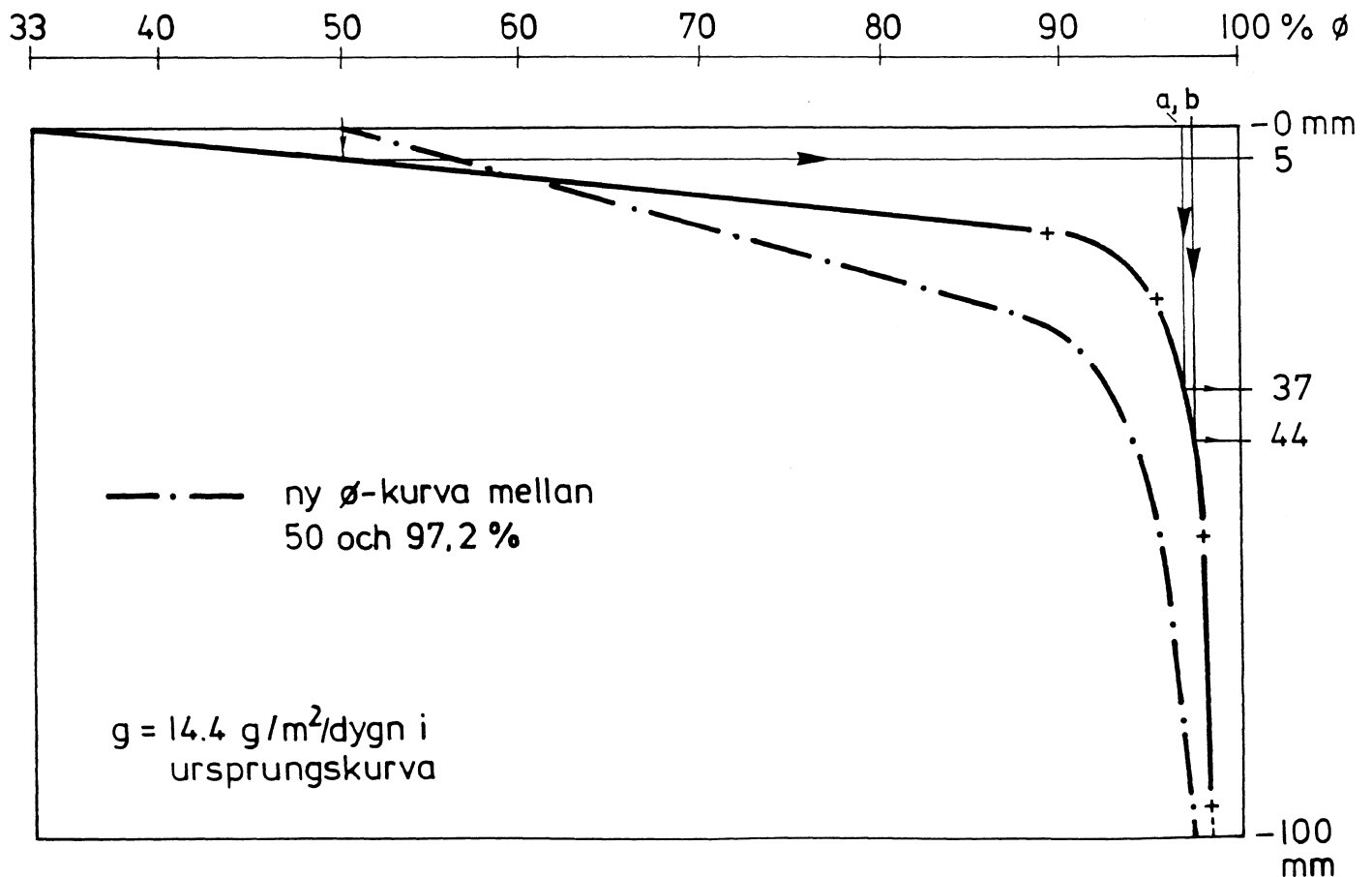


Fig 6. Relativa fuktighetens fördelning i betongen i exempel 4.

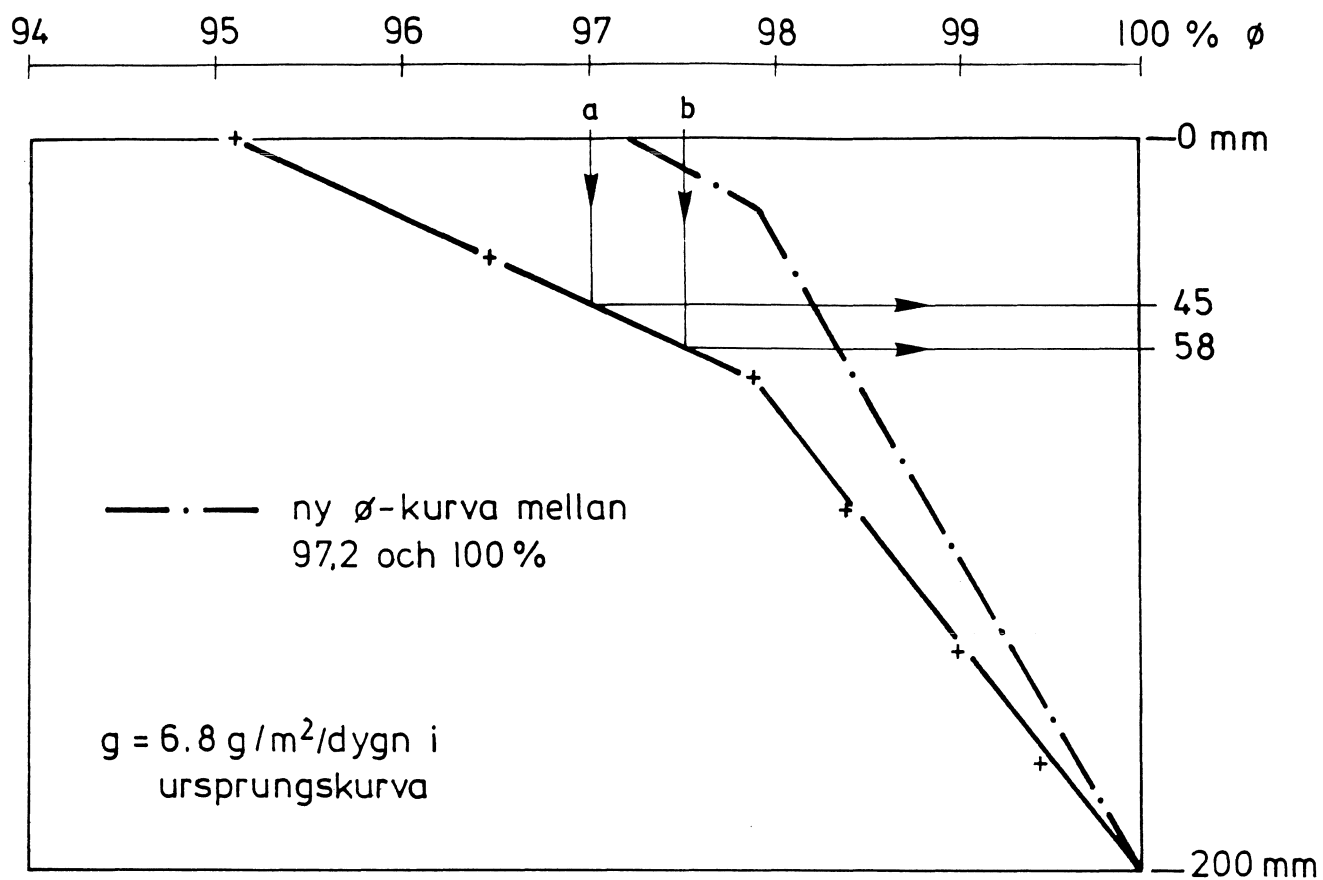


Fig 7. Relativa fuktighetens fördelning i makadamen i exempel 4.

a) Antag att  $\phi$  i gränsen mellan materialen är 97 %.

$$\begin{array}{l} \text{Betong: } g_1 * L_1 = g_2 * L_2 \quad 14.4 * (37-5) = g_2 * 100 \quad g_2 = 4.6 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \\ \text{Makadam: } g_1 * L_1 = g_2 * L_2 \quad 6.8 * (200-45) = g_2 * 200 \quad g_2 = 5.3 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \end{array}$$

Eftersom flödet i makadamen är störst ökas  $\phi$  något så att flödet genom makadamen minskar.

b) Antag  $\phi = 97.5$  %

$$\begin{array}{l} \text{Betong: } 14.4 * (44-5) = g_2 * 100 \quad g_2 = 5.6 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \\ \text{Makadam: } 6.8 * (200-58) = g_2 * 200 \quad g_2 = 4.8 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \end{array}$$

Mellan dessa två närliggande  $\phi$  kan rätlinjig interpolation göras. Av Fig 8 framgår att flödet blir  $5.1 \text{ g/m}^2/\text{dygn}$  genom konstruktionen och att  $\phi$  i materialgränsen blir 97.2 %.

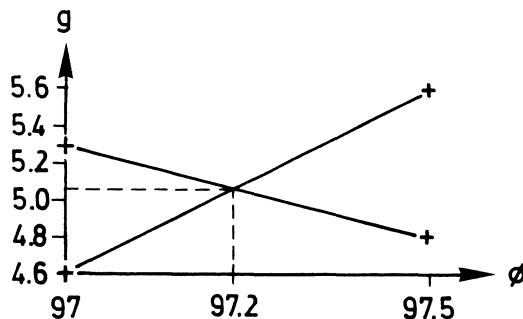


Fig 8. Interpolation av  $\phi$  och flöde i exempel 4.

I betongens ursprungskurva erhålles  $\phi=97.2$  % på djupet  $37+0.2/0.5*(44-37)=39.8$  mm (rätlinjig interpolation).

I betongens ursprungskurva erhålles  $\phi = 50$  % på 5 mm:s djup.

För betongen skalas  $\phi$ -kurvan mellan 50 och 97.2 % om med faktorn  $100/(39.8-5)=2.87$ . Avläst djup, för visst  $\phi$ , från "nya" nollnivån (5 mm) multipliceras med 2.87 och avsättes från "gamla" nollnivån.

För makadamen skalas kurvan mellan 97.2 % och 100 % om med faktorn  $200/(200-58+0.3/0.5*(58-45))=1.34$ .

Enklast är att utgå från 200 mm nivån, varvid avläst djup för visst  $\phi$  multipliceras med 1.34.

#### Exempel 5:

Som exempel på beräkningsmetoden vid två skikt kan nedanstående konstruktion beräknas. I konstruktionen har ångmotståndet i mineralullen försumrats, men detta innebär en förenkling som ligger på "säkra" sidan. Flödet och  $\phi$  mellan matta och betong kommer att överskattas.

En platta på mark består av, räknat från ovansidan, 2.0 mm PVC-matta, 60 mm betong vct 0.7 ( $\approx K30$ ) och 60 mm mineralull.

För en normal villabyggnad med 10 meters bredd kan man räkna med ca  $2.5^{\circ}\text{C}$  temperaturskillnad över isoleringen, se Nilsson (1983). I marken under isoleringen förutsättes  $\phi$  vara 100 %. Om temperaturen ovanför isoleringen är  $19^{\circ}\text{C}$  så är mätnadsånghalten (Nevander 1981)  $16.30\text{ g/m}^3$ . Under isoleringen är då temperaturen  $16.5^{\circ}\text{C}$  och mätnadsånghalten blir  $14.04\text{ g/m}^3$ . Denna ånghalt ( $14.04\text{ g/m}^3$ ) har man tvärs igenom hela mineralullen, ty mineralullen förutsattes inte ha något ångmotstånd. I ovansida isolering blir då  $\phi=14.04/16.30*100\approx 86\%$ . I mattans översida är  $\phi 50\%$ .

Materialdata redovisas i figur 9 och 10.

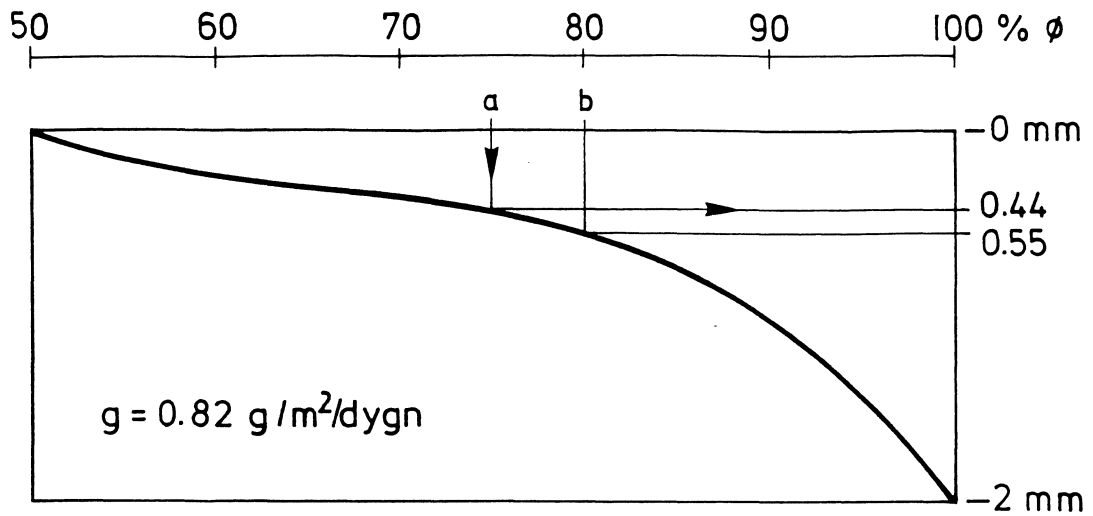


Fig 9. Relativa fuktighetens fördelning i PVC-mattan i exempel 5 (enbart för beräkning av flöde).

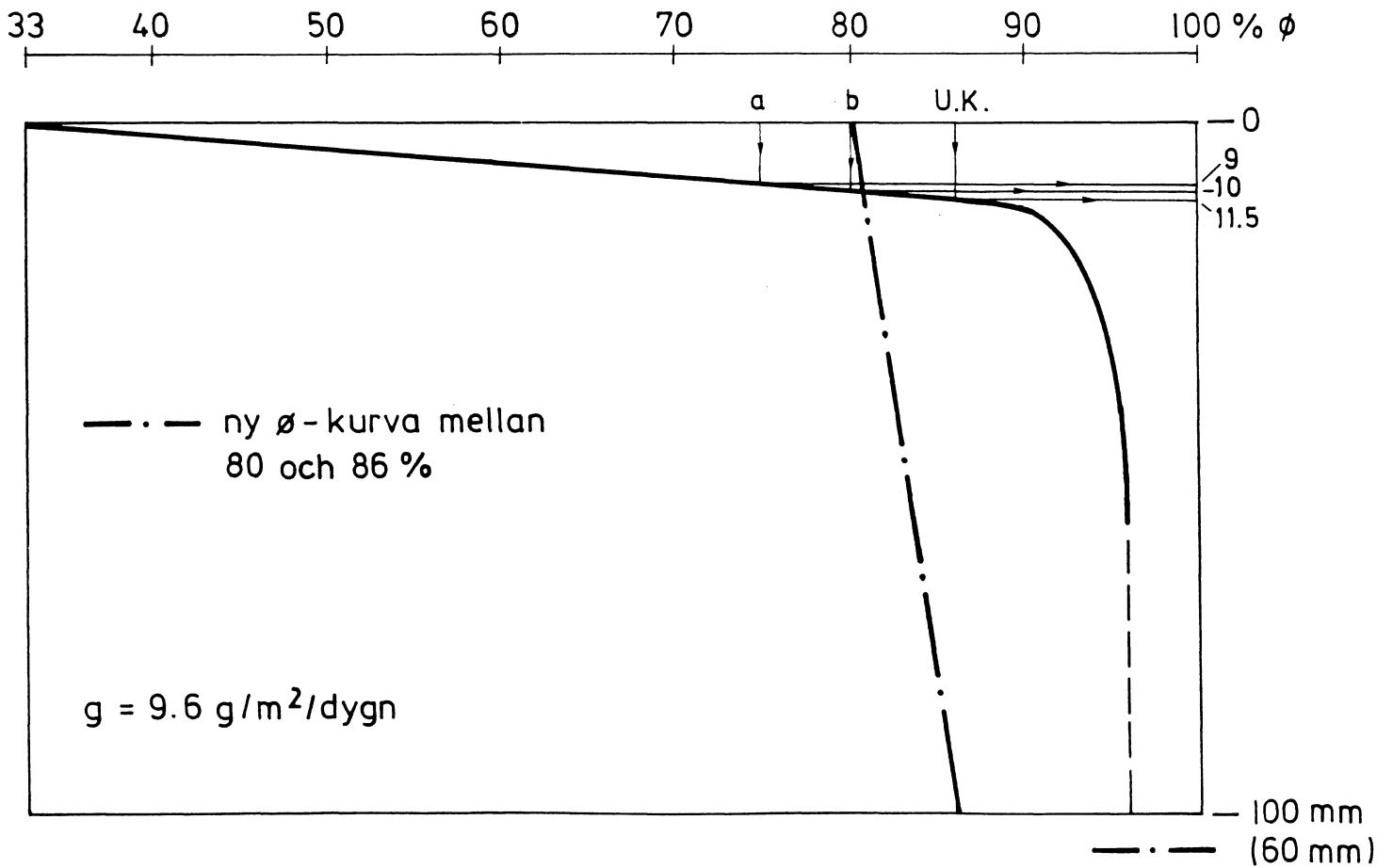


Fig 10. Relativa fuktighetensfördelning i betongen i exempel 5.



a) Antag att  $\phi$  i gränsen mellan PVC-matta och betong är 75 %.

$$\begin{array}{ll} \text{Betong} & g_1 * L_1 = g_2 * L_2 \quad 9.6 * (11.5 - 9) = g_2 * 60 \quad g_2 = 0.40 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \\ \text{PVC-matta} & g_1 * L_1 = g_2 * L_2 \quad 0.82 * (0.44 - 0) = g_2 * 2 \quad g_2 = 0.18 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \end{array}$$

Eftersom flödet genom betongen är störst ökas  $\phi$  så att flödet genom betongen minskar.

b) Antag  $\phi = 80$  %

$$\begin{array}{ll} \text{Betong} & 9.6 * (11.5 - 10) = g_2 * 60 \quad g_2 = 0.24 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \\ \text{PVC-matta} & 0.82 * (0.55 - 0) = g_2 * 2 \quad g_2 = 0.22 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \end{array}$$

Flödet blir ca  $0.23 \text{ g/m}^2 \text{ dygn}$  och  $\phi$  i gränsen mellan matta och betong blir ca 80 %.

## TRE MATERIAL TILLSAMMANS

Då tre material utgör en konstruktion får man gissa  $\phi$  i gränsen mellan de olika materialen och beräkna flödet genom respektive material. Om flödena blir olika får man gissa ny  $\phi$ -kombination, varvid ledning fås av den tidigare beräkningen.

Exempel 6:

En 100 mm tjock platta av betong med vct 0.8 ( $\approx$ K25) ligger på 200 mm makadam av 8-25 mm tvättad kvartsit. Plattans översida är täckt med PVC-matta. Beräkna fuktflödet och  $\phi$ :s fördelning genom konstruktionen.  $\phi$  under makadamen är 100 %.  $\phi$  över mattan är 50 %. Materialdata redovisas i Fig 11, 12 och 13.

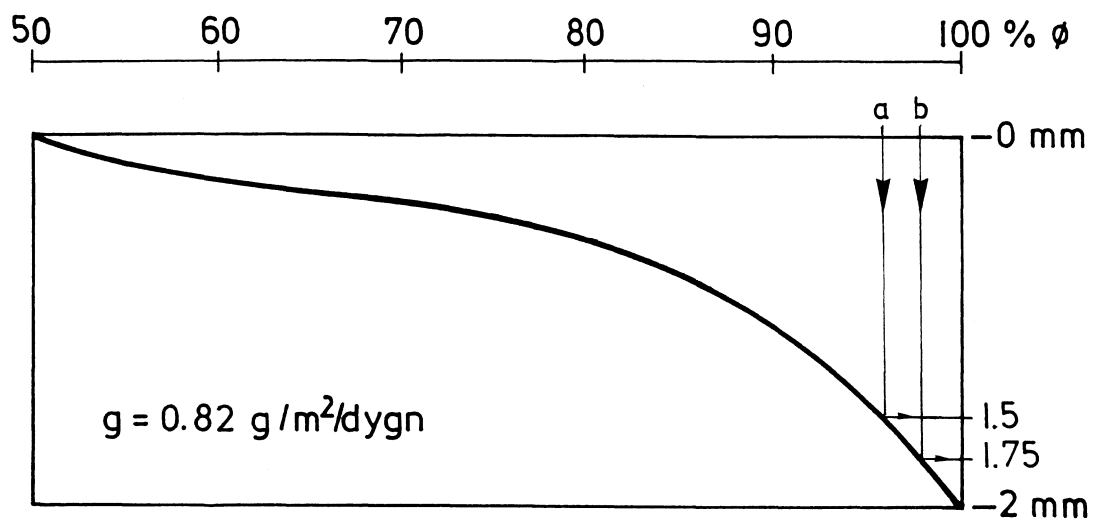


Fig 11. Relativa fuktighetens fördelning i PVC-mattan i exempel 6 (enbart för beräkning av flöde).

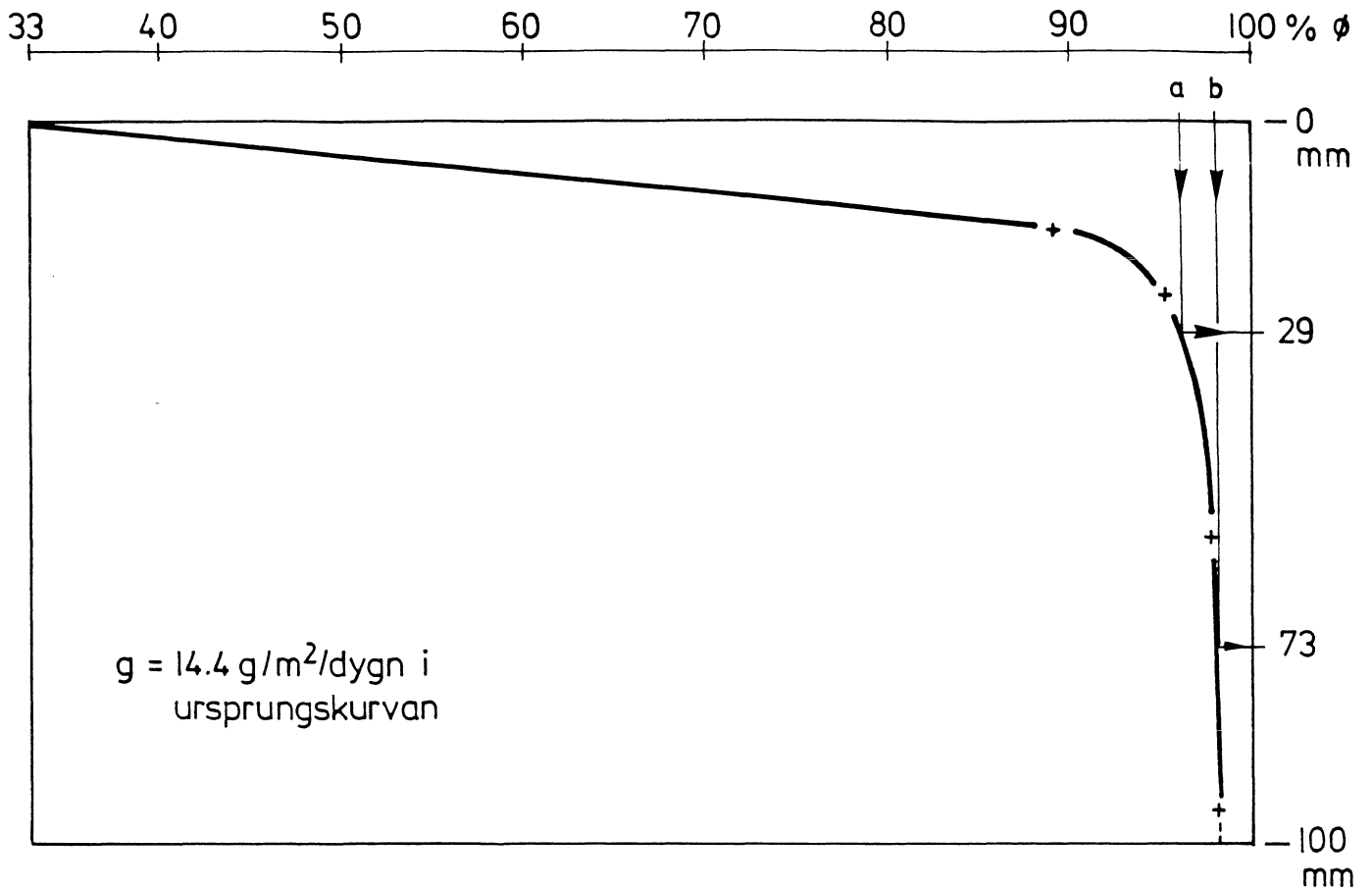


Fig 12. Relativ fuktighetens fördelning i betongen i exempel 6.

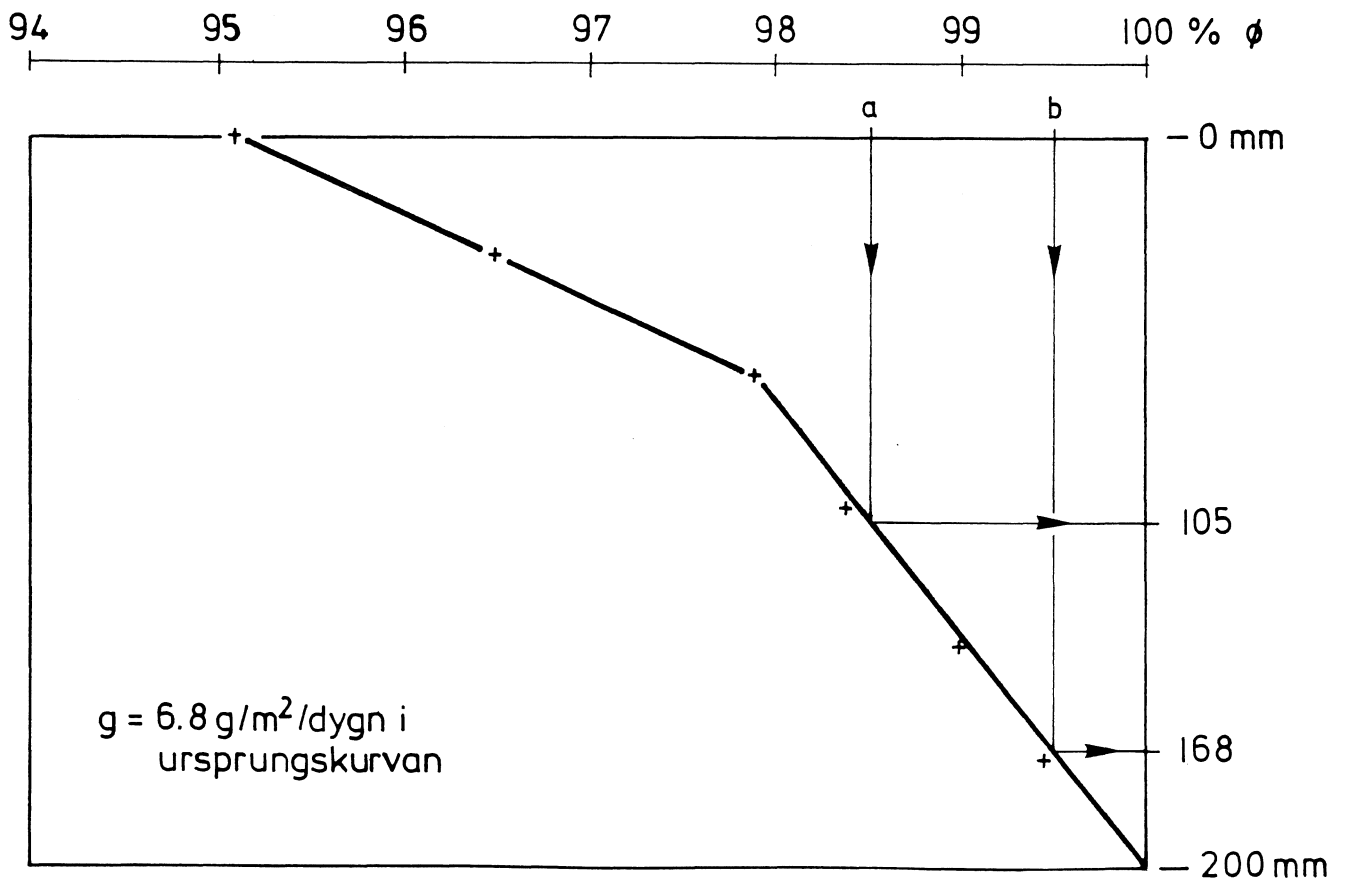


Fig 13. Relativa fuktighetens fördelning i makadamen i exempel 6.

- a) Antag att  $\phi$  mellan matta och betong är 96 % och mellan betong och makadam 98.5.

$$\begin{array}{lll} \text{PVC-matta: } g_1 * L_1 = g_2 * L_2 & 0.82 * 1.5 = g_2 * 2.0 & g_2 = 0.62 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \\ \text{Betong: } & 14.4 * (100 - 29) = g_2 * 100 & g_2 = 10.22 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \\ \text{Makadam: } & 6.8 * (200 - 105) = g_2 * 200 & g_2 = 3.23 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \end{array}$$

- b) Antag att  $\phi$  mellan matta och betong är 98 % och mellan betong och makadam 99.5 %. I betongen uppmättes inte mer än ca 98.5 % p g a betongens höga halt av alkalihydroxider, varför detta  $\phi$  sättes som  $\phi_{\max}$  i betongen (=100 mm).

$$\begin{array}{lll} \text{PVC-matta: } 0.82 * 1.75 = g_2 * 2.0 & g_2 = 0.72 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \\ \text{Betong: } & 14.4 * (100 - 73) = g_2 * 100 & g_2 = 3.89 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \\ \text{Makadam: } & 6.8 * (200 - 168) = g_2 * 200 & g_2 = 1.09 \text{ g/m}^2 \text{ dygn} \end{array}$$

I beräkningen ovan ses att PVC-mattan helt styr  $\phi$ :s fördelning och fuktflödet i konstruktionen.  $\phi$  i betongen och makadamen blir  $\approx 100$  % och flödet blir ca  $0.75 \text{ g/m}^2 \text{ dygn}$ . Om man inte har en temperaturgradient över materialet som ligger under betongen eller ett mycket tätt material under betongen kommer de krav som ställes på  $\phi$  i konstruktionen enligt HusAMA 83 inte att kunna uppfyllas.

Beräkningarna ovan är enbart gjorda på platta på mark, men beräkningsmetoden går att tillämpa på alla konstruktioner där förutsättningarna enligt sid 3 gäller.

## LITTERATUR

Claesson, J, 1987, Intern kommunikation, se även Arfvidsson, J, 1987, Datormodell för endimensionell fukttransport, Manual för Jam-1 (LTH, avd f Husbyggnadsteknik), Lund.

Fuktgruppen informerar 1987:1 (LTH, Fuktgruppen), Lund.

Hedenblad, G, 1987, Inverkan av salt på jämviktsisotermen (LTH, avd f Byggnadsmateriallära), Lund. Rapport TVBM-3031.

Nevander, L E och Elmarsson, B, 1981, Fukthandbok (AB Svensk Byggtjänst), Stockholm.

Nilsson, L-O, 1983, Utformning av fuktskydd vid golv på mark (Statens råd för byggnadsforskning), Stockholm. Rapport R90:1983.

## BILAGOR

I bilagor redovisas materialdata. För betong och bruk är materialdata preliminära och slutlig bearbetning av dessa kommer att ske under 1989.

För betong och bruk avser de framtagna materialdata den första uttorkningen. Vid uppfuktning eller vid en andra uttorkning är materialdata troligtvis annorlunda. En förklaring härtill är att cementpastans porstruktur ändras vid uttorkning.

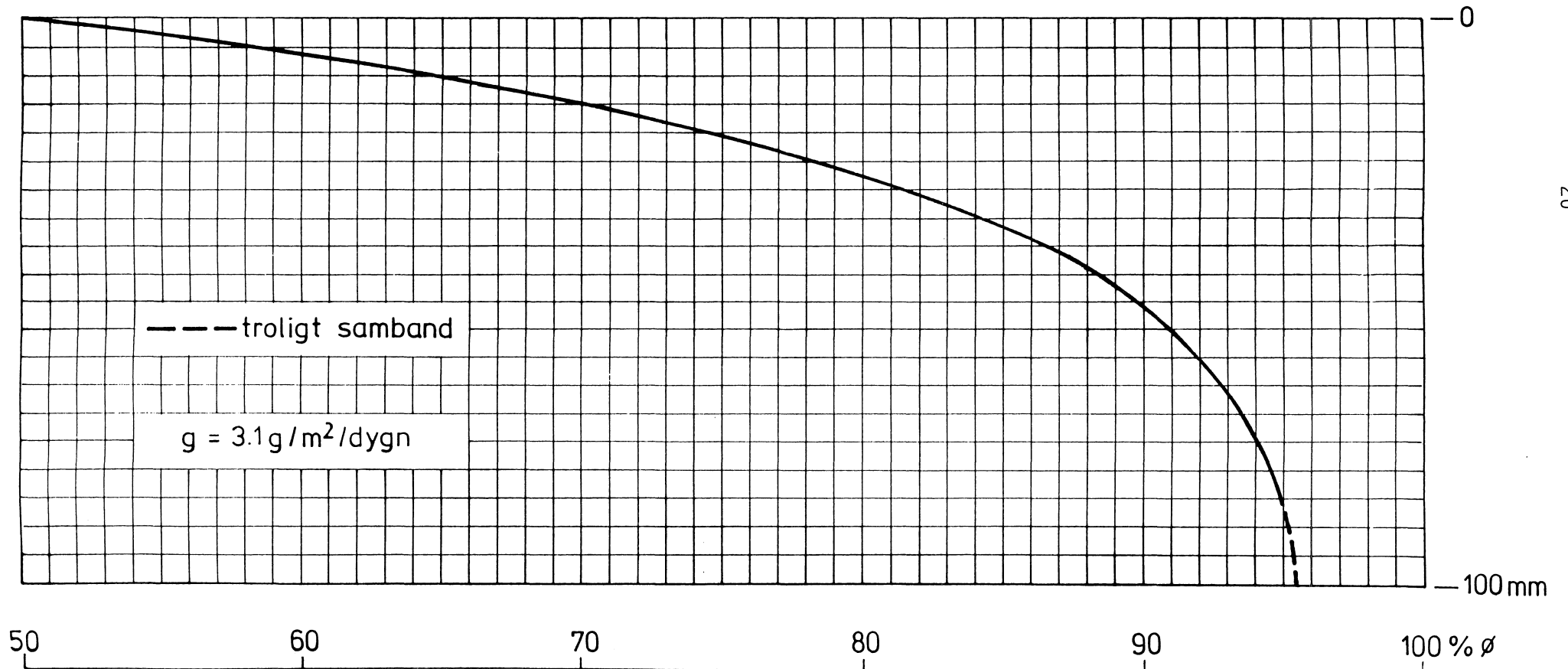
För betong och bruk är materialdata framtagna för dessa material utan tillsatsmedel (t ex flygaska eller silikastoft).

BETONG VCT 0.5 ( $\approx$  K45)

Källa: Göran Hedenblad, Fuktgruppen, LTH, Lund

OBS! Diagram och flöde är preliminära

Undersida i vatten

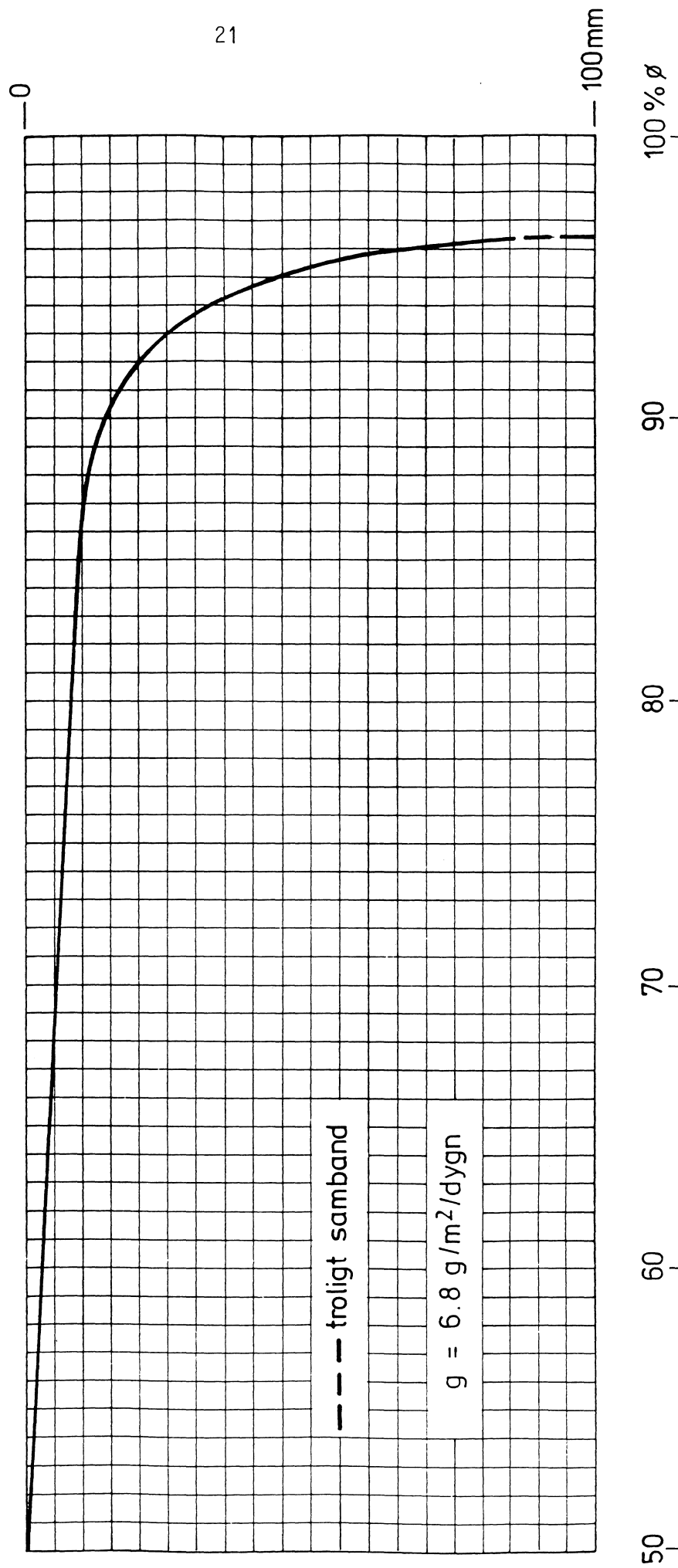


BETONG VCT 0.6 (≈K35)

Källa: Göran Hedenblad, Fuktgruppen, LTH, Lund

OBS! Diagram och flöde är preliminära

Undersida i vatten



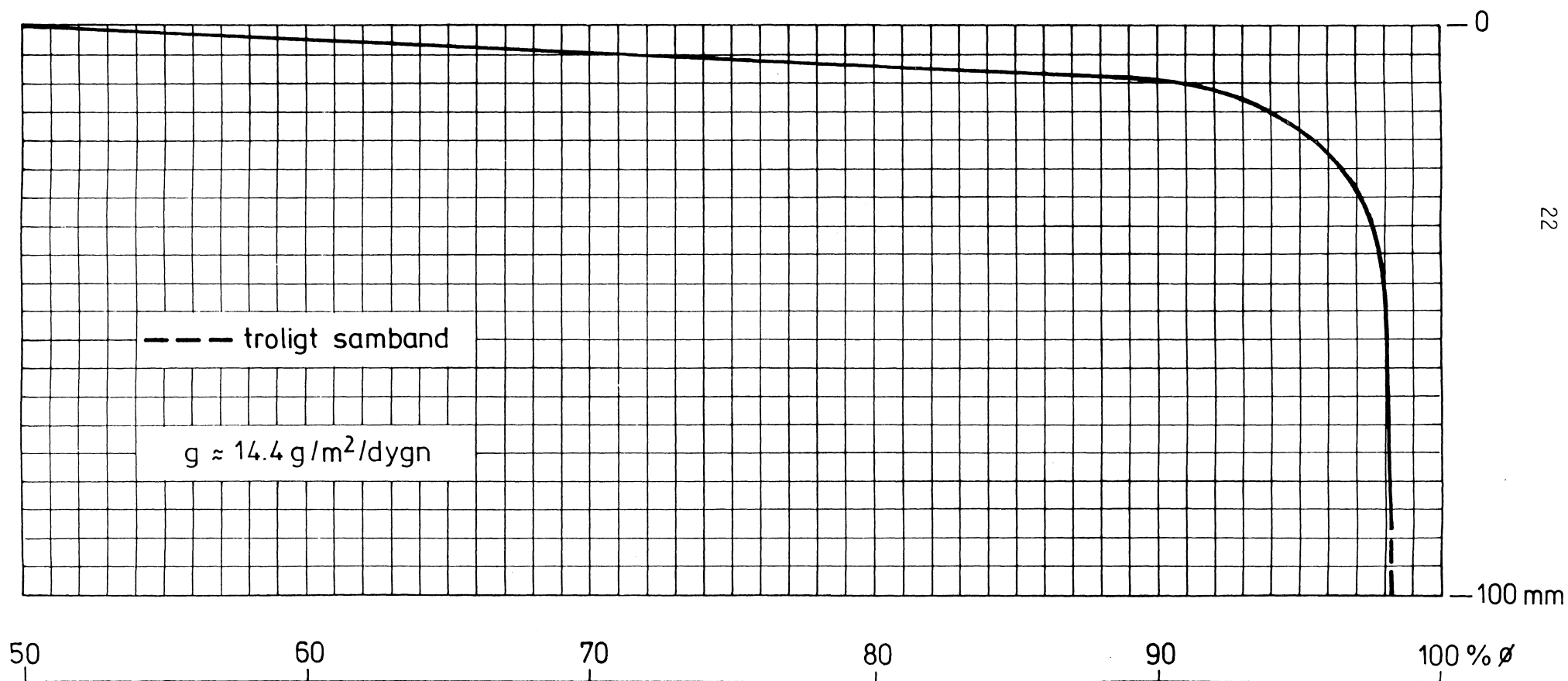


BETONG VCT 0.8 ( ≈ K25 )

Källa: Göran Hedenblad, Fuktgruppen, LTH, Lund

OBS! Diagram och flöde är preliminära

Undersida i vatten

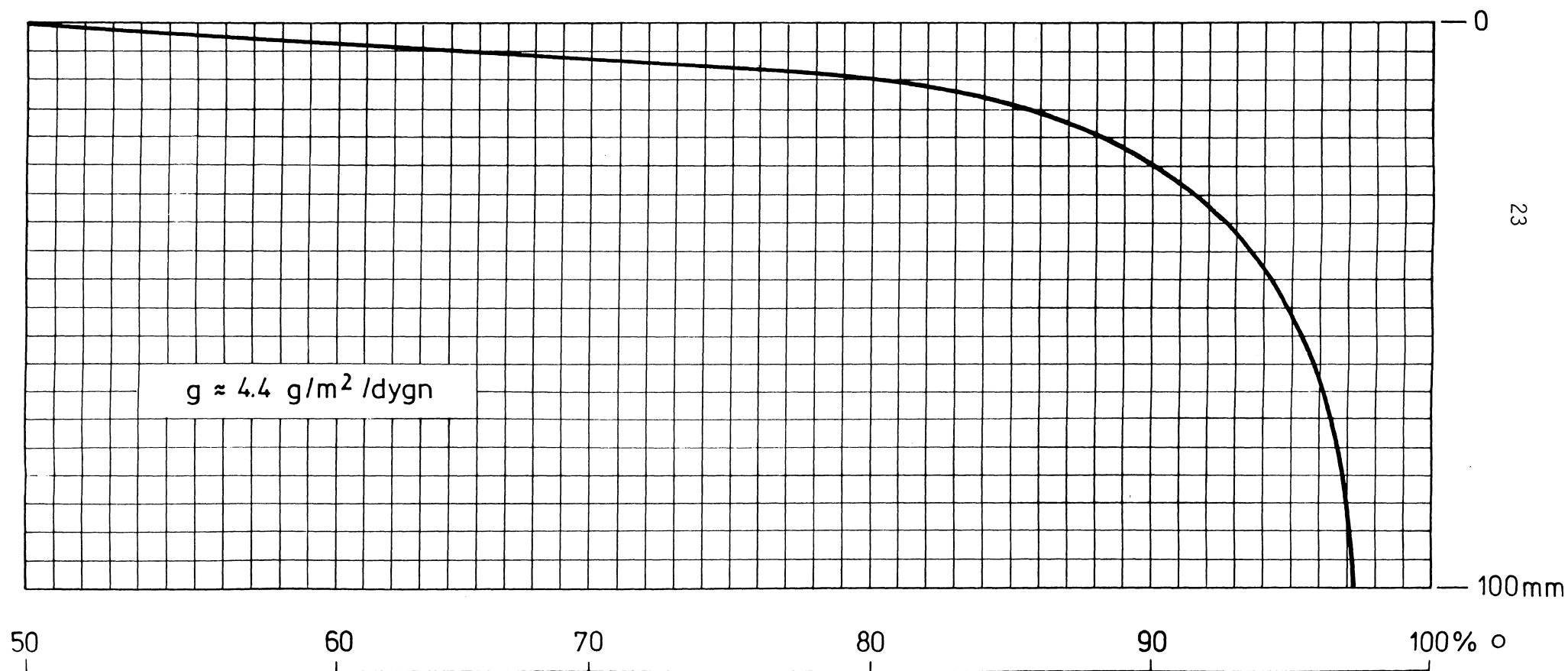


BRUK VCT 0.6

Källa: Göran Hedenblad, Fuktgruppen, LTH, Lund

OBS! Diagram och flöde är preliminära

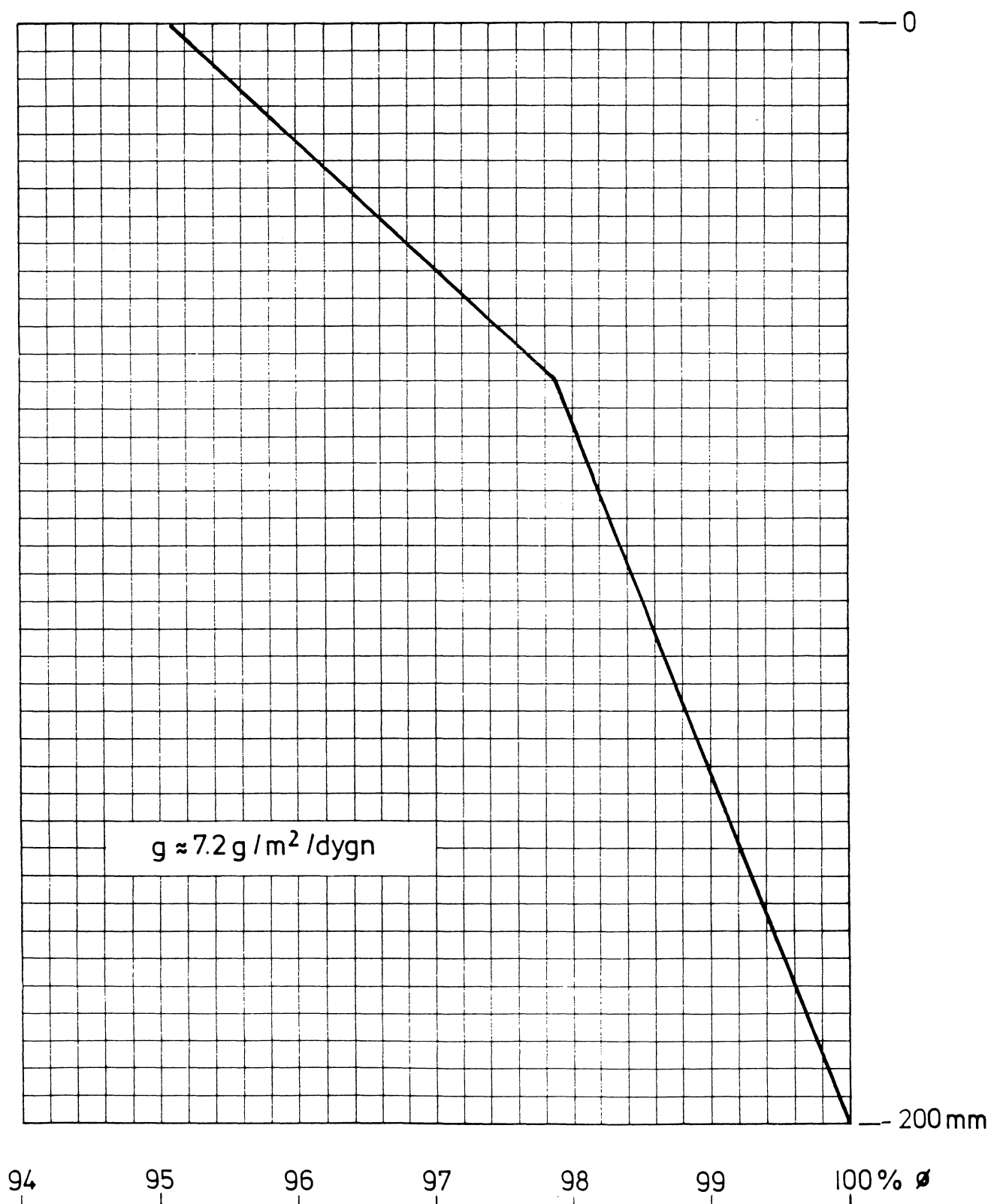
Undersida i vatten



MAKADAM AV KVARTSIT

Stenstorlek 8 - 25 mm

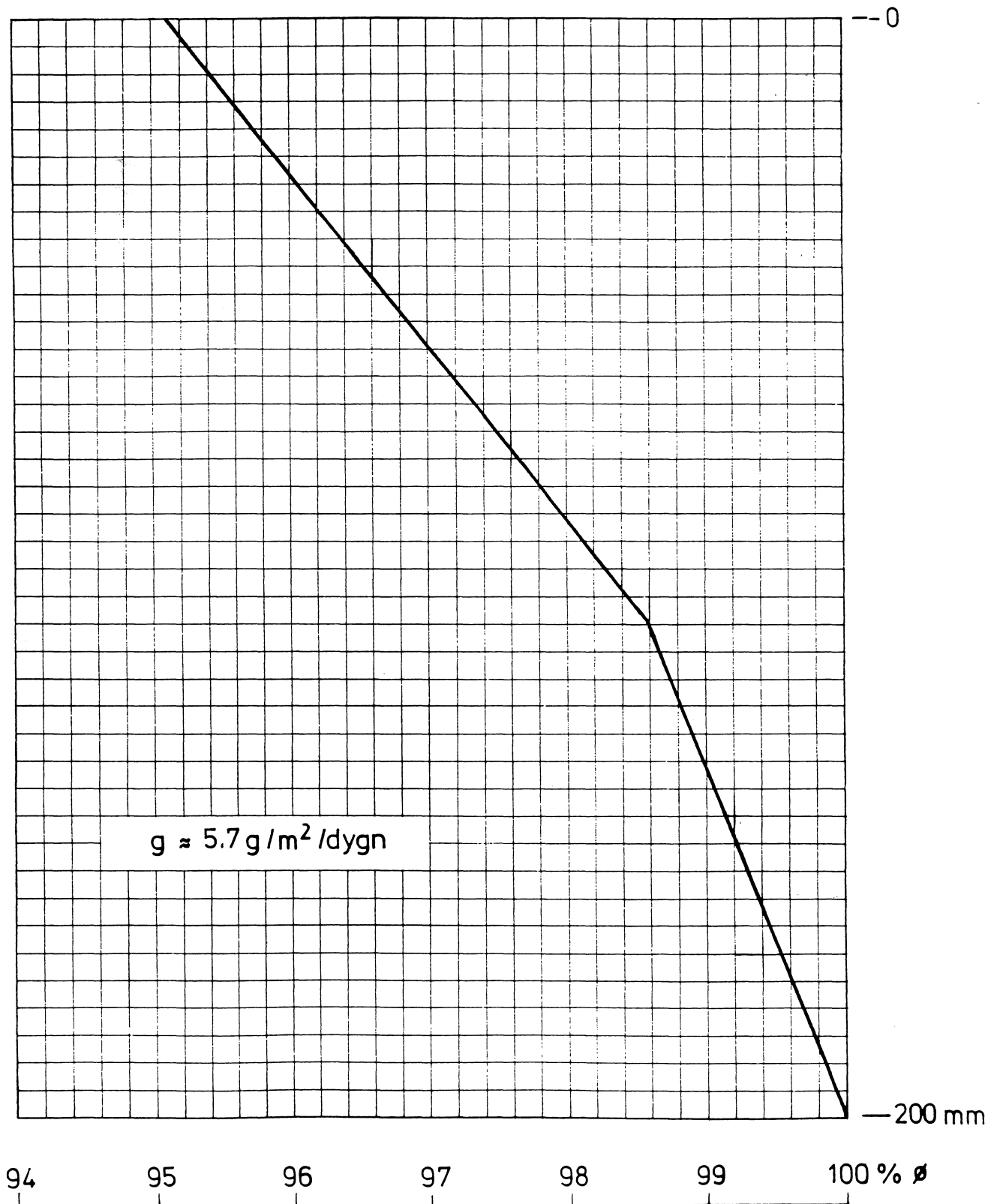
Källa: Göran Hedenblad, Fuktgruppen LTH, Lund



MAKADAM AV GNEJS OCH GRANIT

Stenstorlek 8 - 16 mm, "otvättad"

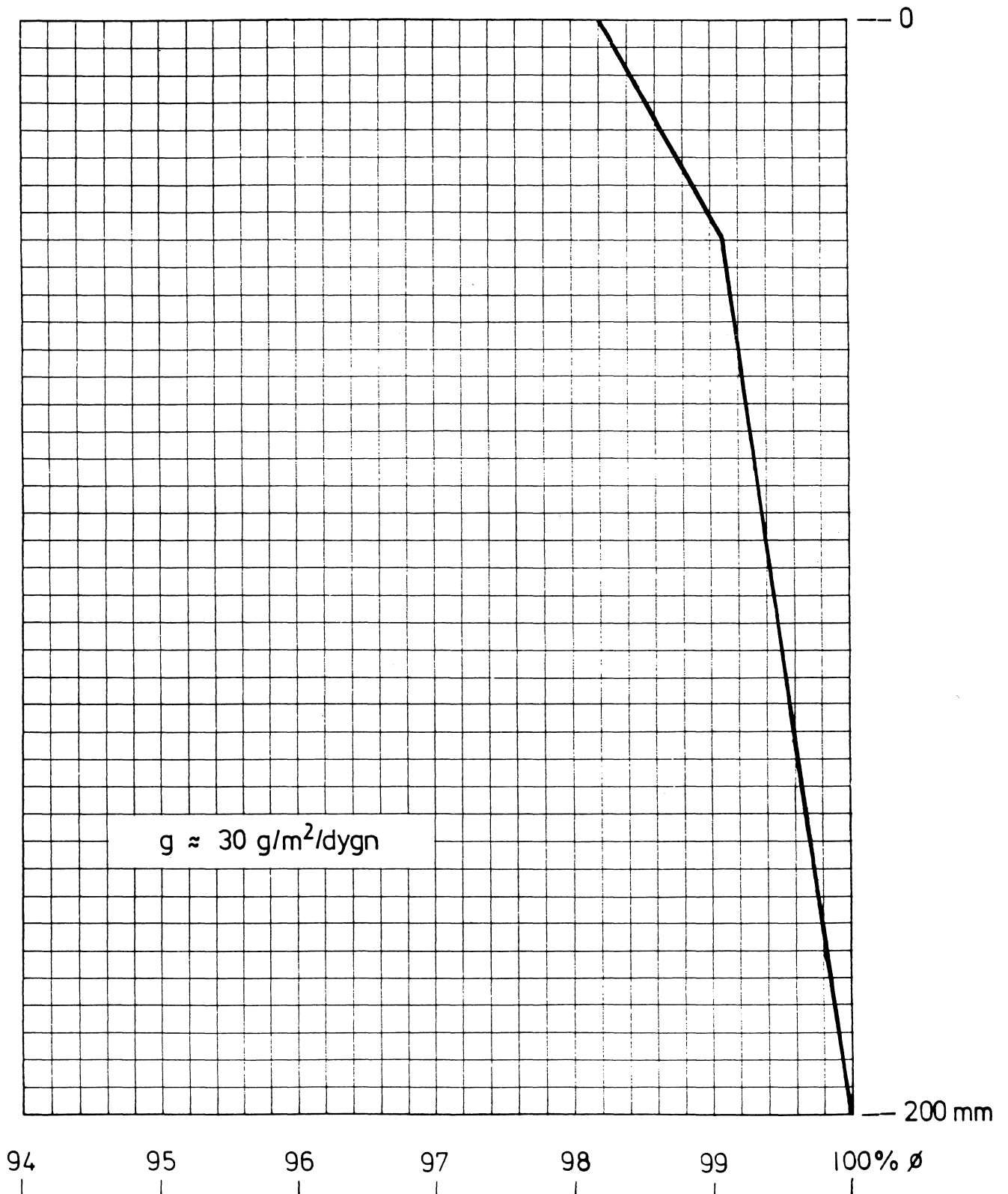
Källa: Göran Hedenblad, Fuktgruppen, LTH, Lund



DRÄNERINGSGRUS

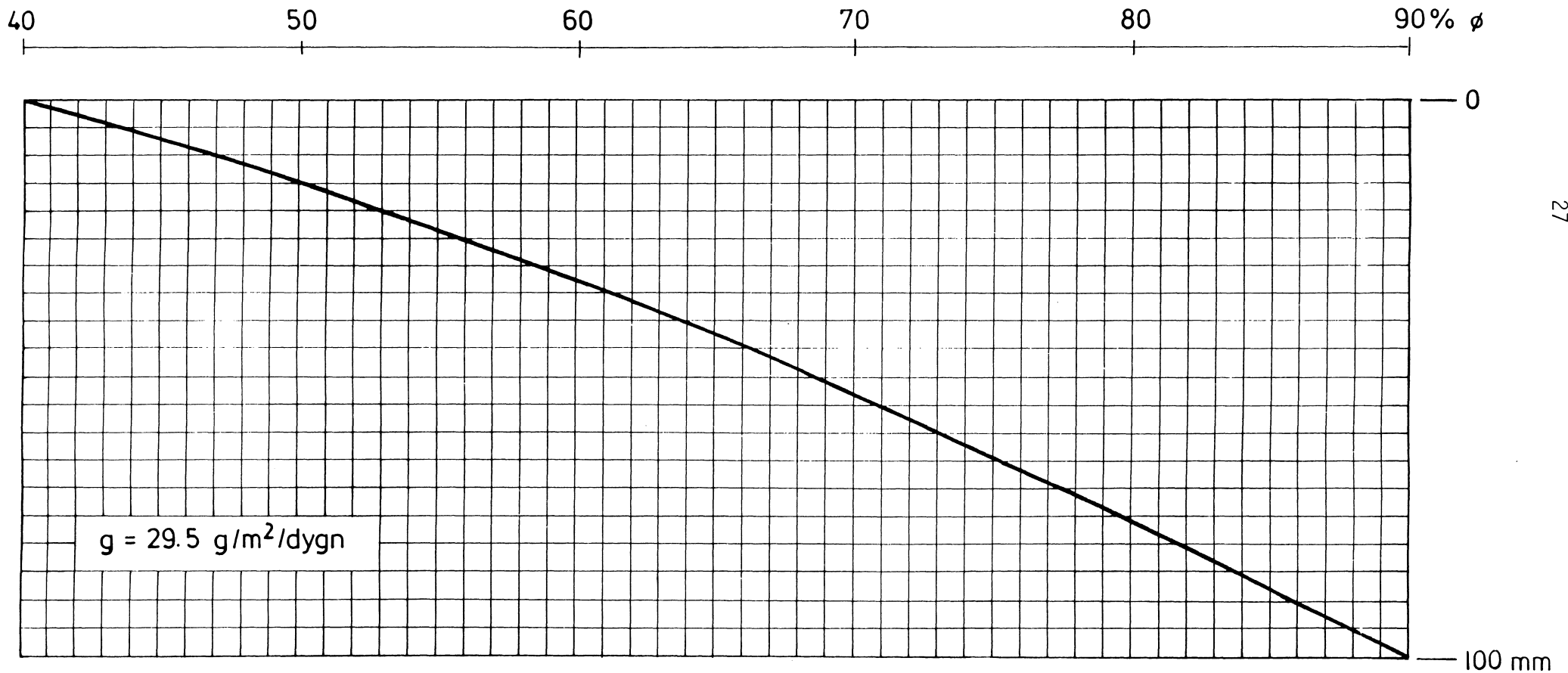
Kornstorlek 0 - 10 mm

Källa: Göran Hedenblad, Fuktgruppen LTH, Lund



LÄTTBETONG HYDROFOBERAD, densitet  $\approx 325 \text{ kg/m}^3$

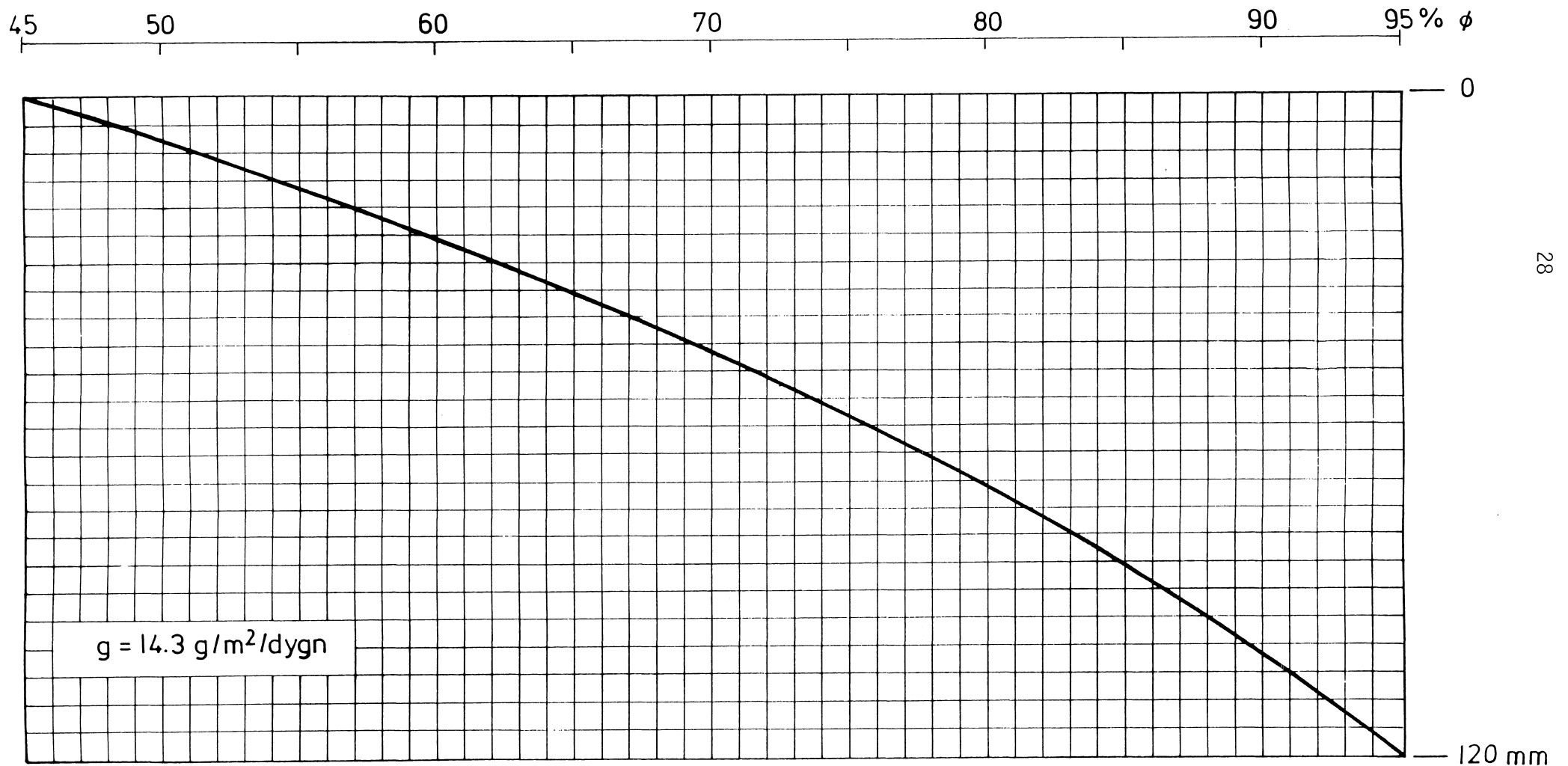
Källa: Ann-Charlotte Andersson, 1985, Verification of calculation methods for moisture transport in porous building materials, Byggeforskningsrådet, Stockholm, Document D6: 1985  
A-C Anderssons resultat är bearbetade av G Hedenblad.



TEGEL, densitet  $\approx 1780 \text{ kg/m}^3$

Källa: Ann-Charlotte Andersson, 1985, Verification of calculation methods for moisture transport in porous building materials, Byggnadsforskningrådet, Stockholm, Document D6: 1985

A-C Anderssons resultat är bearbetade av G Hedenblad.

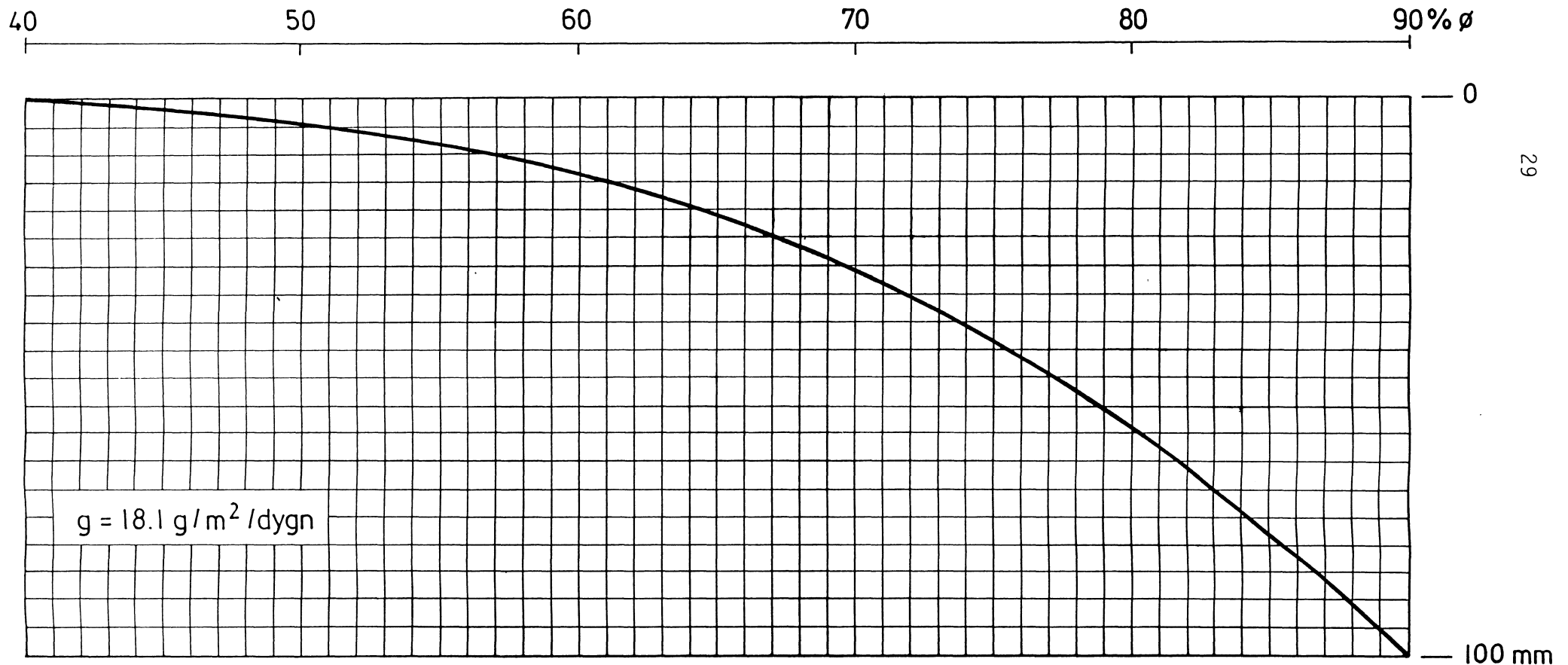


GRANSPLINTVED, densitet  $\approx 460 \text{ kg/m}^3$

Avser: Tangentialriktning

Källa: Niels Haldor Bertelsen, 1984, Diffusionsmåling med kopmetoden på rödgran. Technical University of Denmark, Building Materials Laboratory. Teknisk Rapport nr 129/83.

NH Bertelsens resultat är bearbetade av G Hedenblad.

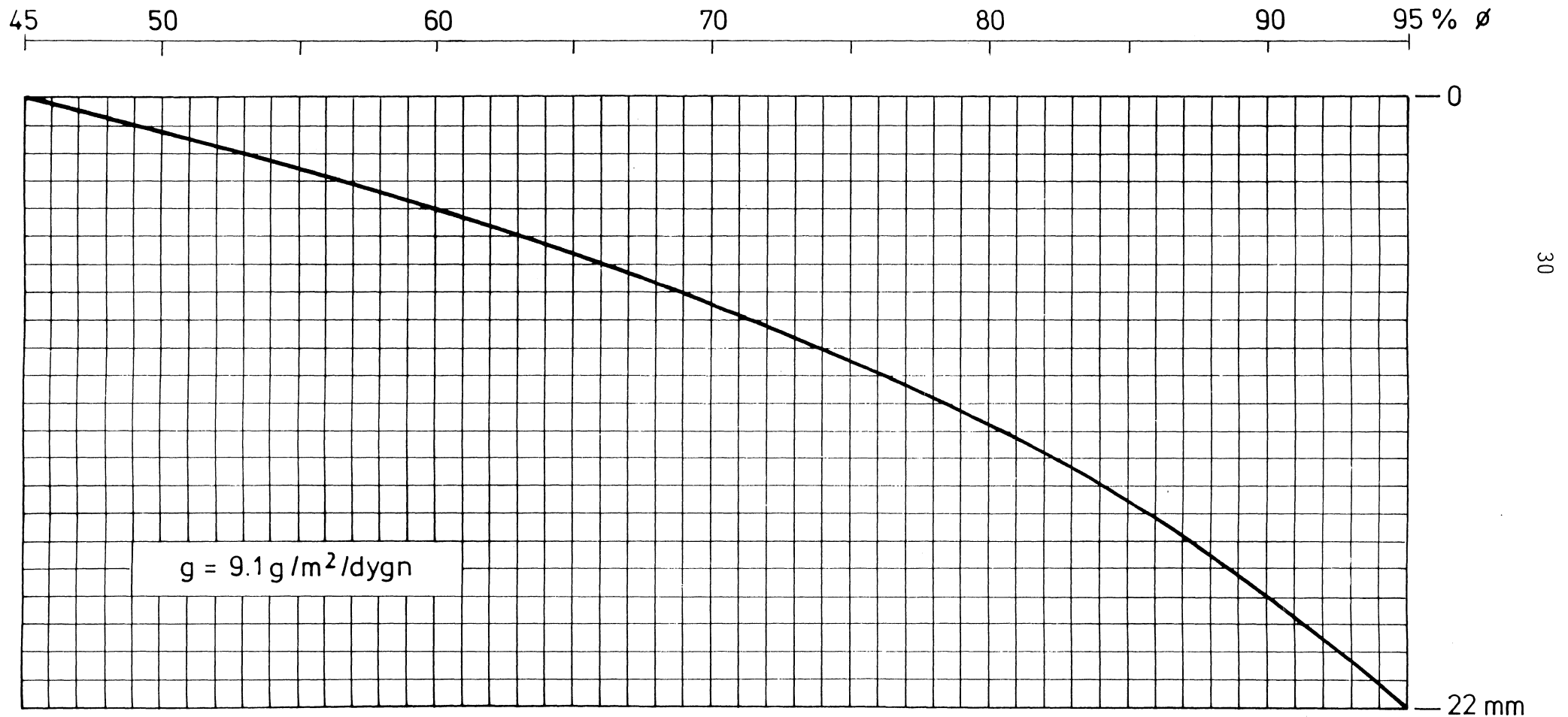




SPÅNSKIVA, densitet  $\approx 640 \text{ kg/m}^3$

Källa: Ann-Charlotte Andersson, 1985, Verification of calculation methods for moisture transport in porous building materials, Byggforskningsrådet, Stockholm, Document D6: 1985

A-C Anderssons resultat är bearbetade av G Hedenblad.

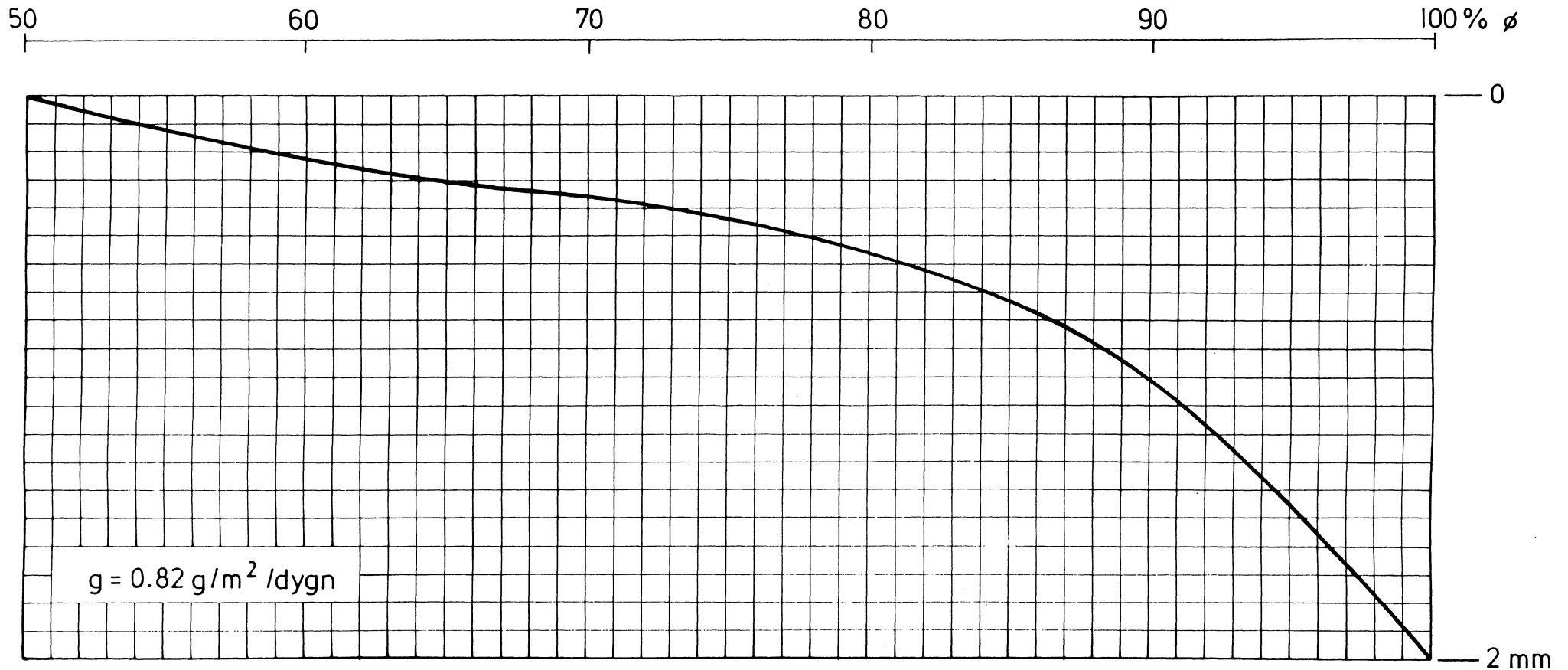


OBS! Diagram avsett endast för beräkning av flöde.

PVC-MATTA, 2mm. Totalt ångmotstånd (Z)  $\approx 900 \times 10^3$  s/m

Källa: Lars-Olof Nilsson, 1977, Fuktproblem vid betonggolv. LTH, avd. f Byggnadsmateriallära, Lund,  
Rapport TVBM-3002.

L-O Nilssons resultat är bearbetade av G Hedenblad



OBS! Diagram avsett endast för beräkning av flöde.