(3) Variasjon i elastisitetsmodulen over tid kan bestemmes ut fra uttrykket:

$$E_{cm}(t) = (f_{cm}(t) \,/\, f_{cm})^{0,3}\, E_{cm} \qquad (3.5)$$

der

$E_{cm}(t)$ og $f_{cm}(t)$ er verdier ved en alder av t døgn, og E_{cm} og f_{cm} er verdiene bestemt ved en alder av 28 døgn. Forholdet mellom $f_{cm}(t)$ og f_{cm} følger av uttrykk (3.1).

(4) Poisson's tall kan settes lik 0,2 for urisset betong og lik 0 for opprisset betong.

(5) Med mindre mer nøyaktige verdier er kjent, kan den lineære temperaturutvidelseskoeffisienten settes lik $10 \cdot 10^{-6}\, K^{-1}$.

3.1.4 Kryp og svinn

(1)P Betongens kryp og svinn avhenger av omgivelsens fuktighet, konstruksjonsdelens tverrsnitts-dimensjoner og betongens sammensetning. Kryp påvirkes også av modenheten av betongen når lasten påføres, og avhenger av belastningens varighet og størrelse.

(2) Kryptallet $\varphi(t,t_0)$ har sammenheng med tangentmodulen E_c som kan settes lik 1,05 E_{cm}. Dersom det ikke kreves stor nøyaktighet, kan verdier for kryptallet tas fra figur 3.1, forutsatt at betongen ikke er utsatt for trykkspenning større enn 0,45 f_{ck} (t_0) der t_0 er betongens alder ved belastningstidspunktet.

MERKNAD Ytterligere veiledning, inkludert utviklingen av kryp over tid, er gitt i tillegg B.

(3) Krypdeformasjon for betong $\varepsilon_{cc}(\infty,t_0)$ på tidspunkt $t = \infty$ for en konstant trykkspenning σ_c påført når betongen har en alder t_0, uttrykkes på følgende måte:

$$\varepsilon_{cc}(\infty,t_0) = \varphi(\infty,t_0) \cdot (\sigma_c / E_c) \qquad (3.6)$$

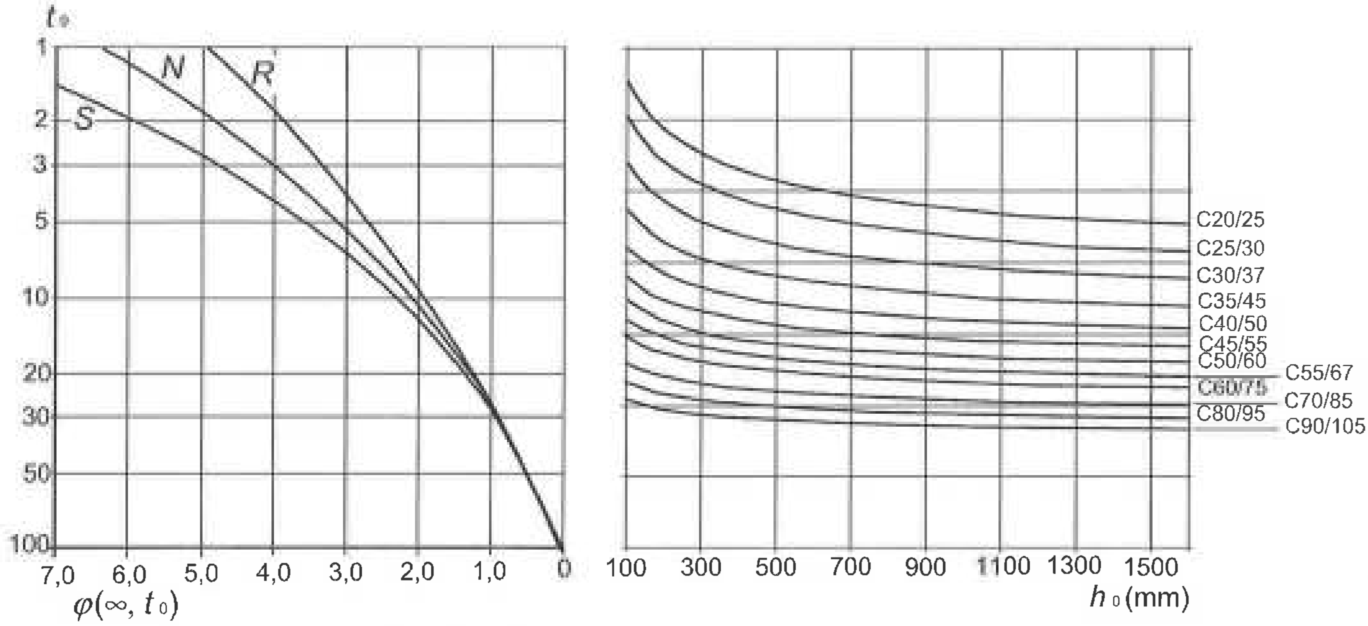
(4) Der betongens trykkspenning ved en alder t_0 overskrider verdien 0,45 $f_{ck}(t_0)$, bør ikke-lineært kryp vurderes. En slik høy spenning kan oppstå som et resultat av forspenning, f.eks. i prefabrikkerte betongkomponenter i nivå med spennarmeringen. I tilfeller med ikke-lineært kryp kan det ikke-lineære fiktive kryptallet beregnes på følgende måte:

$$\varphi_{nl}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0)\, \exp\,(1{,}5\,(k_\sigma - 0{,}45)) \qquad (3.7)$$

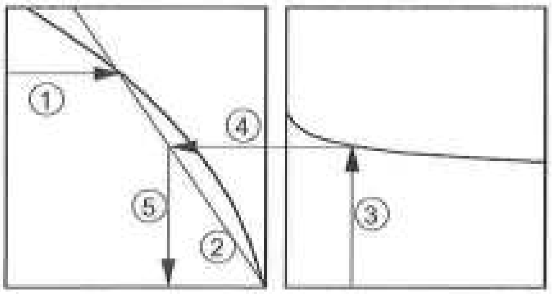
der:

$\varphi_{nl}(\infty, t_0)$ er det ikke-lineære fiktive kryptallet som erstatter $\varphi(\infty, t_0)$;

k_σ er forholdet mellom spenning og fasthet $\sigma_c/f_{ck}(t_0)$, der σ_c er trykkspenning og $f_{ck}(t_0)$ er betongens karakteristiske trykkfasthet på belastningstidspunktet.

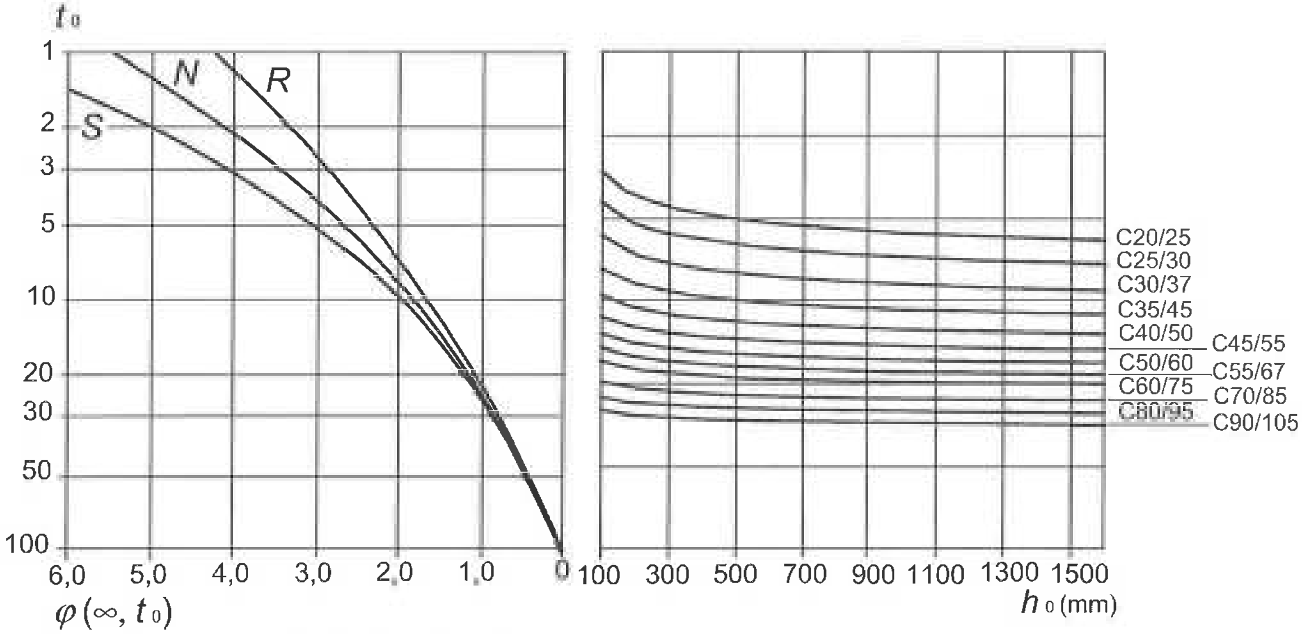


a) **innendørs forhold – RH = 50 %**



MERKNAD

– krysningspunktet mellom linje 4 og 5 kan også ligge over punkt 1
– for t_0 > 100 er det tilstrekkelig nøyaktig å anta t_0 = 100 (og bruke tangentlinjen)



b) **utendørs forhold – RH = 80 %**

Figur 3.1 – Metode for å bestemme kryptallet $\varphi(\infty, t_0)$ for betong under normale miljøforhold

(5) Verdiene gitt på figur 3.1 gjelder for omgivelsestemperaturer mellom -40 °C og +40 °C og en middelverdi for relativ fuktighet mellom RH = 40 % og RH = 100 %. Følgende symboler brukes:

$\varphi(\infty, t_0)$ er endelig kryptall

t_0 er betongens alder på belastningstidspunktet i døgn

h_0 er den effektive tverrsnittstykkelsen = $2A_c/u$, der A_c er betongens tverrsnittsareal og u er omkretsen av den delen som er eksponert for uttørking

S er klasse S etter 3.1.2 (6)

N er klasse N etter 3.1.2 (6)

R er klasse R etter 3.1.2 (6)

(6) Total svinntøyning er sammensatt av to bidrag, svinntøyning ved uttørking og autogen svinntøyning (selvuttørkingssvinn). Uttørkingssvinnet utvikler seg langsomt ettersom det er en funksjon av fukttransport gjennom den herdede betongen. Den autogene svinntøyningen utvikler seg med betongens fasthetsutvikling, størstedelen utvikler seg derfor på et tidlig stadium etter utstøping. Autogen svinntøyning er en lineær funksjon av betongfastheten. Den bør vurderes spesielt der ny betong støpes mot herdet betong. Verdiene av den totale svinntøyningen ε_{cs} blir som følger:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} \tag{3.8}$$

der:

ε_{cs} er den totale svinntøyningen

ε_{cd} er svinntøyningen ved uttørking

ε_{ca} er den autogene svinntøyningen

Den endelige verdien av svinntøyning ved uttørking, $\varepsilon_{cd,\infty}$ er lik $k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$ der $\varepsilon_{cd,0}$ kan tas fra tabell 3.2 (forventede middelverdier med en variasjonskoeffisient på omkring 30 %).

MERKNAD Formelen for $\varepsilon_{cd,0}$ er gitt i tillegg B.

Tabell 3.2 – Nominelle verdier for uhindret svinntøyning ved uttørking $\varepsilon_{cd,0}$ (i ‰) for betong med sement CEM klasse N

$f_{ck}/f_{ck,cube}$ (MPa)	Relativ fuktighet RH (i %)					
	20	**40**	**60**	**80**	**90**	**100**
20/25	0.62	0.58	0.49	0.30	0.17	0.00
40/50	0.48	0.46	0.38	0.24	0.13	0.00
60/75	0.38	0.36	0.30	0.19	0.10	0.00
80/95	0.30	0.28	0.24	0.15	0.08	0.00
90/105	0.27	0.25	0.21	0.13	0.07	0.00

Utviklingen av svinntøyning ved uttørking over tid følger av:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} \tag{3.9}$$

der

k_h er en koeffisient som avhenger av den effektive tverrsnittstykkelsen h_0, gitt i tabell 3.3.

Tabell 3.3 – Verdier for k_h i uttrykk (3.9)

h_0	k_h
100	1.0
200	0.85
300	0.75
≥ 500	0.70

$$\beta_{ds}(t,t_s) = \frac{(t-t_s)}{(t-t_s)+0{,}04\sqrt{h_0^3}} \quad (3.10)$$

der:

t er betongens alder på det aktuelle tidspunktet, i døgn

t_s er betongens alder (i døgn) ved begynnelsen av uttørkingssvinnet (eller svellingen). Vanligvis er dette når herdetiltakene avsluttes.

h_0 er den effektive tverrsnittstykkelsen (i millimeter)

= $2A_c/u$

der:

A_c er betongens tverrsnittsareal

u er omkretsen av den delen av tverrsnittet som er eksponert for uttørking

Den autogene svinntøyningen følger av:

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t)\ \varepsilon_{ca}(\infty) \quad (3.11)$$

der:

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2{,}5\ (f_{ck} - 10)\ 10^{-6} \quad (3.12)$$

og

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0{,}2t^{0,5}) \quad (3.13)$$

der t er angitt i døgn.

3.1.5 Spennings- tøyningssammenheng for ikke-lineær konstruksjonsanalyse

(1) Sammenhengen mellom σ_c og ε_c vist på figur 3.2 (trykkspenning og trykktøyning/stuking vist som absolutt verdier) for kortvarig énaksial belastning er gitt av uttrykket (3.14):

$$\frac{\sigma_c}{f_{cm}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1+(k-2)\eta} \quad (3.14)$$

der:

$\eta = \varepsilon_c/\varepsilon_{c1}$

ε_{c1} er tøyningen ved største spenning, som gitt i tabell 3.1

$k = 1{,}05\ E_{cm} \times |\varepsilon_{c1}|/f_{cm}$ (f_{cm} i henhold til tabell 3.1)

Uttrykk (3.14) gjelder for $0 < |\varepsilon_c| < |\varepsilon_{cu1}|$, der ε_{cu1} er den nominelle tøyningsgrensen i bruddtilstanden.

(2) Andre idealiserte spennings- tøyningssammenhenger kan benyttes forutsatt at de gir en tilfredsstillende framstilling av oppførselen i den aktuelle betongen.