

# Konflytgräns

När en jord får mycket vatten i sig kan den bli flytande. Det gör jorden mindre stabil och leder bland annat till problem när man gräver i den. Vi kan bestämma vattenmängden där jorden blir flytande med en fallande kon. Konflytgräns är också användbart för att uppskatta jordens hållfasthet, när man kombinerar konflytgräns med andra parametrar

## Resultat av provningen

Vattenkvot där omrörd jord övergår från plastiskt till flytande,  $\pm 2,3 \%$ .

## Så mäter vi konflytgräns

Vi lägger fuktig jord i en skål, blandar noga, och stryker av översidan. Sedan sätter vi en kon i en hållare med en skala så att strecket på konen är på noll. Vi ställer konen med skalan precis ovanför jordytan och släpper den. Vi mäter djupet på intrycket som konen gör. Vi gör om till vi vet det maximala konintrycket. Sedan mäter vi vattenkvoten i jorden.

Vattenkvot och konintryck räknas om till konflytgräns med en empirisk formel för svenska leror. Formeln gäller bara när konintrycket är mellan 7 och 15 mm. Om vi mäter ett konintryck som är för högt eller lågt, väter eller torkar vi jorden till vi får ett maximalt konintryck som duger.

Vi kan också bestämma konflytgräns med flera mätpunkter. Då varierar vi vattenkvoten så att vi får en kurva där vattenkvot står mot konintryck. Konflytgräns är vattenkvoten där konintrycket är 10 mm.

## Mätosäkerhet för konflytgräns

I vår beräkning av mätosäkerhet ingår att fallkonen slits, så att konvikt och konspetsvinkel ändrar sig. Mätskalan för konintrycket ger också viss spridning: när vi nollar konen och när vi mäter intrycket. Avståndet från konspetsen till ytan innan vi släpper spetsen kan också variera lite. Dessutom finns viss osäkerhet i vattenkvotsmätningen.

Vi tror att andra variationer i utförandet inte är viktiga. Friktion i utrustningen märks, och vi åtgärder det innan vi mäter. Utrustningen håller fallkonen rakt över provet. Det kan vara små ojämnheter i ytan efter att vi har slätat den, men de påverkar inte konintrycket nämnvärt. I de flesta material som vi hanterar sjunker inte konen efter det första konintrycket. Luft i proverna kan vara ett problem, men luftens inflytande är minimal när vi har upprepat till vi har fått det maximala konintrycket.

Det finns osäkerheter i den empiriska formeln. Därför bestämmer vi konflytgräns med enpunktsmetoden bara för naturliga svenska leror. För andra material använder vi flerpunktsmetoden. Vi har räknat ut mätosäkerheten för enpunktsmetoden.

Egenskaper kan variera mycket inom samma jord. Själva provningen har låg mätosäkerhet, men ett enstaka prov kan inte visa hur egenskapen varierar i naturen.

Tabell 1 Symboler och antagna värden för beräkning av mätosäkerhet för konflytgräns

Symbol	Betydelse	Värde $x_i$	Enhet	Formler	Känslighetsfaktor $c_i$
$w_L$	Konflytgräns	0,605		$w_L = M \cdot w_i + N$	
$w_i$	Vattenkvot	0,559		$\frac{\partial}{\partial w_i} w_L = M$	1,12
$M$	Empirisk faktor	1,12		$M = \frac{1,8}{1,8 + 2 \cdot \log \frac{i}{10}}$  $\frac{\partial}{\partial M} w_L = w_i$	0,559
$N$	Empirisk faktor	-0,021		$N = \frac{0,34 \cdot \log \frac{i}{10}}{1,8 + 2 \cdot \log \frac{i}{10}}$  $\frac{\partial}{\partial N} w_L = 1$	1
$i$	Konintryck	8,0	mm		

### Beräkning av mätosäkerhet

Vi räknar först mätosäkerheten för varje konintryck. Konvikt, konvinkel, nollning vid insättning av konen, startavstånd, mätskalans noggrannhet och avläsbarhet påverkar den. Sedan använder vi konintrycket för att räkna ut osäkerheter i parametrarna M och N, som omvandlar vattenkvoten till konflytgräns.

Standarden sätter gränser för godkända koner. Därför varierar konens vikt maximalt  $\pm 1\%$ . Vi antar att det påverkar konintrycket linjärt. Spridningsbidraget är då  $0,01 \times 8,0 = \pm 0,08$  mm.

Konens spetsvinkel kan variera  $\pm 0,2^\circ$  för en  $60^\circ$  spetsvinkel. Osäkerheten från detta är  $0,2/60 = 0,0033$ . Tillämpad på vårt prov blir spridningsbidraget  $0,0033 \times 8,0 = \pm 0,0264$  mm.

Vi nollar och mäter konintryck med samma skala. Onoggrannhet  $\pm 0,1$  mm och avläsbarhet  $\pm 0,05$  mm.

Fallkonen ska nästan nudda ytan när vi släpper den. Vi skattar att osäkerheten är 0,05 mm. Sannolikhetsfördelningen är osymmetrisk triangulär eftersom konintrycket bara kan öka beroende på hur långt från provytan konen är i utgångsläget. Bidraget till mätosäkerhet för konintrycket är då  $0,05/3 = \pm 0,0167$  mm.

Tabell 2 Beräkning av mätosäkerhet för konflytgräns, delberäkning konintryck

Osäkerhetskälla	$X_i$	$x_i$	$\pm \delta x_i$	Typ		$u(x_i)$	$c_i$	$u_i(y)$	Andel
Konvikt	i	8	0,08	B r		0,577		0,04616	38%
Konvinkel	i	8	0,0264	B r		0,577		0,0152328	4%
Avstånd från yta	i	8	0,05	B ot		0,707		0,03535	22%
Nollning	i	8	0,0167	B r		0,577		0,00962	2%
Onoggrannhet mätning	i	8	0,1	B t		0,408		0,0408	30%
Avläsbarhet mätning	i	8	0,025	B r		0,577		0,014425	4%

Standardmätosäkerhet för konintryck är 0,07 mm. Det motsvarar att M varierar mellan 1,115 och 1,126, så att spridningsbidraget blir 0,0113. Variation av konintrycket med 0,07 mm motsvarar att N varierar mellan -0,0215 och -0,0196; spridningsbidraget från N blir då -0,0019.

Vi mäter vattenkvoten för provet på vårt vanliga sätt, med utökad standardmätosäkerhet 0,5%, alltså spridningsbidrag 0,25% av mätvärdet.

Tabell 3 Beräkning av mätosäkerhet för konflytgräns

Osäkerhetskälla	$X_i$	$x_i$	$\pm \delta x_i$	Typ		$u(x_i)$	$c_i$	$u_i(y)$	Bidrag till total
Variation i M	M	1,12	0,01132	A n	1	0,01132	0,559	0,00633	87%
Variation i N	N	-0,021	-0,001924	An	1	-0,001924	1	-0,00192	8%
Vattenkvot	wi	0,559	0,0013975	A n	1	0,001398	1,12	0,00157	5%

Standardmätosäkerhet för konflytgräns är 0,007 för detta prov. Den utökade mätosäkerheten vid konfidensintervall 95 % ( $k=2$ ) är 0,014 eller 2,3 %.

## Referenser

Ezziyani, S., Toomväli, C., Holmén, M., Bendz, D., & Burman, F. (2015). *Mätosäkerhet SGI:s laboratorium*. Statens geotekniska institut Dnr 1.1-1401.0030.