

Bestämning av densitet och vattenkvot med isotopmätare

Metodbeskrivning 605:1993

1 . ORIENTERING	3
2. SAMMANFATTNING	3
3. BEGREPP OCH DEFINITIONER	4
3.1 Isotopmätare	4
3.2 Våta densiteten	4
3.3 Torra densiteten	5
3.4 Vatteninnehåll	5
3.5 Vattenhalt	5
3.6 Vattenkvot	5
3.7 Gammadetektor	5
3.8 Direkt transmission	5
3.9 Backscatter	5
4. SÄKERHETSREGLER	5
5. APPARATUR	6
5. 1 Utrustning	6
5.2 Strålkälla för densitetsmätning	7
5.3 Detektor för gammastrålning	7
5.4 Neutronkälla	7
5.5 Neutrondetektor	7
5.6 Avläsningsanordning	7
5.7 Referensblock	7
5.8 Utrustning för preparering av provplats.	8
5.8.1 Direkt transmissionsmätning	8
5.8.2 Backscattermätning	8
5.9 Transporthölje	8
6. REFERENSMÄTNING OCH KONTROLL AV INSTRUMENT	8
6.1 Utförande	8
7. MÄTNING	9
7.1 Preparering av provpunkt	9
7.2 Bestämning av densitet och vatteninnehåll	9
7.2.1 Direkt transmissionsmätning	10
7.2.2 Backscattermätning	10
7.3 Bestämning av vattenkvot i rörgravar.	10
8. RAPPORT	10
9. KALIBRERING AV INSTRUMENT	11
BILAGA	12

1 . ORIENTERING

För att fastställa slutresultatet av ett packningsarbete på ett konstruktionslager av jord- eller bergmaterial är bestämning av uppnådd packningsgrad den mest direkta metoden.

Den går i princip ut på att jämföra torrdensiteten i det packade lagret med maximal torrdensitet, som erhållits vid laboratoriepackning på samma jordmaterial samt att ange kvoten mellan dessa två värden som packningsgrad. Resultatet kan sedan jämföras med uppställda krav på packningsgrad.

Torra densiteten i byggnadslagret undersöks oftast genom att med isotopmätare fastställa den våta densiteten samt vatteninnehållet och därpå beräkna den torra densiteten och vattenkvoten.

För att fastställa våta densiteten och vatteninnehållet i jord- och bergmaterial med isotopmätare finns utrustningar av olika slag i marknaden. För hantering och användning av dessa finns bruksanvisningar utgivna av respektive fabrikant. För att ge pålitliga mätresultat är det viktigt att dessa följs noga beträffande preparering av provyta, mätförfarande, säkerhetsföreskrifter samt kalibrering och underhåll av mätutrustning.

Den här beskrivna metoden är avsedd för bestämning av densitet och vatteninnehåll. De bestäms med olika strålkällor och detektorer, som dock i de flesta fall är sammanbyggda under ett gemensamt yttre skal och med gemensam resultatvisning. Med en inbyggd mikrodator beräknas ur mätdata torra densiteten och vattenkvoten, vilka därefter visas på en instrumenttavla.

Mätutrustningar med radioaktiva isotoper är underkastade Statens Strålskyddsinstitutets prövning och kontroll. Strålskyddsinstitutet utfärdar också anvisningar för handhavande och förvaring samt krav på utbildning för den personal som ska använda utrustningen. Vid transport gäller av Räddningsverket utfärdade föreskrifter.

2. SAMMANFATTNING

Isotopmätare används för att bestämma densitet och vatteninnehåll i ytlager i jordmaterial och krossat bergmaterial. Mätning kan utföras på material ≤ 125 mm.

Den våta densiteten bestäms vanligen genom mätning med en gammastrålkälla och en gammadetektor antingen på eller inuti det lager, som ska undersökas. Dessa varianter i mätningsförfarande benämns

direkt transmissionsmätning respektive backscattermätning. Direkt transmissionsmätning ger säkrare resultat i obundna material.

Intensiteten hos den strålning som registreras är huvudsakligen beroende av densiteten i materialet som undersöks. Den registrerade strålningsintensiteten översätts till uppmätt våt densitet med hjälp av kalibrering mot olika block med känd densitet.

Vatteninnehållet bestäms med hjälp av en strålkälla som avger "snabba neutroner" och en detektor.

När de "snabba neutronerna" sänds ut i omgivningen kolliderar de med väteatomer i materialet, bromsas upp (förlorar energi) och övergår till att bli "långsamma" eller termaliserade neutroner. Dessa registreras med en neutrontektor och antalet registrerade "långsamma" neutroner omräknas till ett värde på vatteninnehållet per m^3 . Vatteninnehållet står i relation till antalet "snabba neutroner", som bromsats upp och omvandlats till "långsamma" eller termaliserade neutroner. Eftersom det är väteatomerna som ger mätresultatet kan allt material, som innehåller väte och finns inom mätområdet, påverka mätvärdet.

Bestämning av vatteninnehållet enligt denna metod sker oftast som backscattermätning, dvs både strålkällan och detektorn befinner sig under mätningen på ytan av det lager som undersöks. Inverkan av vatteninnehållet på mätresultatet är störst närmast ytan och avtar med ökande djup.

De två metoderna för bestämning av densitet och vatteninnehåll används vanligen i praktiken så, att mätningarna sker samtidigt och bearbetning i mikrodatorn sker omedelbart. Därefter kan avläsning av värden på våta densiteten, vattenkvoten och torra densiteten göras i en följd på instrumentpanelen.

3. BEGREPP OCH DEFINITIONER

3.1 Isotopmätare

Mätinstrument som använder nukleära strålkällor i form av radioaktiva isotoper för att bestämma densitet och vatteninnehåll i ett material.

3.2 Våta densiteten

Kvot av fuktig massa och volym.

3.3 Torra densiteten

Kvot av torr massa och volym.

3.4 Vatteninnehåll

Vatten i kg/m³.

3.5 Vattenhalt

Kvot av massan hos vattnet i provet och provets fuktiga massa.

3.6 Vattenkvot

Kvot av massan hos vatten i provet och provets torra massa.

3.7 Gammadetektor

Anordning med vilken gammastrålning registreras och kvantifieras.

3.8 Direkt transmission

Mätposition där antingen strålkällan eller detektorn eller i vissa fall båda är placerade under ytan av det lager som skall undersökas. Den strålning som registreras går direkt genom det materialskikt som undersöks.

3.9 Backscatter

Mätposition där strålkällan och detektorn båda befinner sig över ytan av det lager som ska undersökas. Den strålning som registreras har passerat delar av lagret och därefter återkastats uppåt mot ytan (detektorn).

4. SÄKERHETSREGLER

Personal som ansvarar för instrument och utfär mätning ska ha genomgått av SSI (Statens Strålskyddsinstitut) godkänd utbildning.

5. APPARATUR

5.1 Utrustning

Apparaturen kan bestå av utrustning för antingen direkt transmissionmätning eller backscattermätning eller en kombination av båda. Den innehåller noxmalt utrustning för bestämning både av densitet och vatteninnehåll samt beräkningsenhet (mikrodator) för omedelbar beräkning och erhållande av värden för våtdensitet, vattenkvot samt torrdensitet. Till apparatur för backscattermätning inräknas också apparatur för mätning dels i backscatterposition dels i luftspaltposition. Mätning med luftspalt innebär att en kontrollmätning görs med mätaren upplyft några mm i ett bestämt läge. Detta för att korrigera densiteten erhållen vid backscattermätningen för inflytande av kemiska skillnader i det aktuella materialet jämfört med de material som använts vid kalibreringen.

Beskrivning av huvuddelarna i utrustningen framgår av punkt 5.2 - 5.7.

Principskiss över olika mätförfarande se figur 1 - 3.

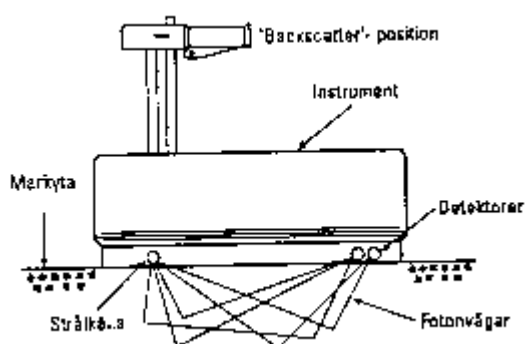


Fig 1. Backscattermätning

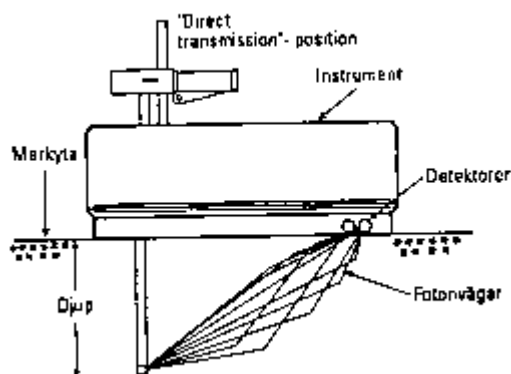


Fig 2. Direkt transmissionsmätning

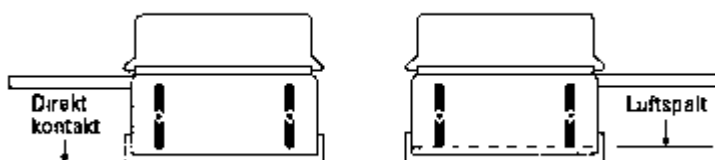


Fig 3. Mätning i direktkontaktposition resp. med luftspalt.

5.2 Strålkälla för densitetsmätning

En inkapslad och förseglad radioaktiv strålkälla med en isotop som avger gammastrålning. Vanligen används cesium-137 eller radium som strålkälla.

5.3 Detektor för gammastrålning

Geiger-Miiller rör.

5.4 Neutronkälla

En sluten strålkälla bestående av radioaktivt material (americium eller americium/beryllium) för mätning av vatteninnehållet (väteinnehållet).

5.5 Neutrondetektor

För bestämning av vatteninnehållet (väteinnehållet). På moderna instrument omräknas värdet direkt till vattenkvot.

5.6 Avläsningsanordning

För bestämning och visning av registrerad strålning används pulsräknare som visar antal pulser inom det densitetsområde för vilket mätutrustningen kommer att användas. Vanligen innehåller pulsräknaren också annan elektronik för bestämning av vatteninnehåll, beräkning av densitet samt elektrisk kraftkälla för drift.

5.7 Referensblock

Ett block av hydrogent (väterikt) material för kontroll av mätutrustningens funktion och för att åstadkomma förutsättningar för reproducerbara räknevärden.

Referensblocket är en anordning som isolerar mätinstrumentet och gör kontrollmätning möjlig samt ger konstant resultat inom reproducerbarheten för systemet.

Alla kalibreringar och fältmätningar görs som ett förhållande till pulsräkningen på referensstandardaren.

5.8 Utrustning för preparering av provplats.

5.8.1 Direkt transmissionsmätning

Spett för hålformning med diameter lika med eller upp till 3 mm större än sonden samt en platta med styrning för att erhålla ett hål, som är vinkelrätt mot provytans plan.

5.8.2 Backscattermätning

Ställinjal eller annat lämpligt verktyg för avjämning av provytan.

5.9 Transporthölje

Varje nukleär mätutrustning ska ha ett transporthölje som skydd för utrustningen och som uppfyller av Strålskyddsinspektionen uppställda krav.

Övriga krav se under punkt 4, Säkerhetsregler.

6. REFERENSMÄTNING OCH KONTROLL AV INSTRUMENT

Vid start av dagens mätningar ska en referensmätning göras på ett för varje utrustning speciellt referensblock. Notera resultatet och kontrollera att värdet ligger inom acceptabelt område.

I instrument för nukleär densitetsmätning är den radioaktiva källan, detektorer och elektroniska system utsatta för långtidsförändringar. Detta innebär att relationen mellan pulsantal och densitet respektive mellan neutrontetektering och väteinnehåll kan ändras.

Referensmätningen ska utföras enligt tillverkarens rekommendationer och på tillräckligt avstånd från andra radioaktiva källor, större metallföremål eller byggnadsverk, fritt vatten samt andra föremål, som kan inverka på mätarens pulsregistrering.

6.1 Utförande

Starta instrumentet och låt det stabilisera sig enligt anvisningar.

Gör en mätning på referensblocket. Om det erhållna värdet vid referensmätningen ligger inom de gränser som anges av fabrikanter anses utrustningen vara i tillfredsställande tillstånd för användning.

Om det erhållna värdet ligger utanför dessa gränser ska en ny referenskontroll göras. Om värdena från den andra kontrollen ligger inom gränserna kan utrustningen användas. I annat fall ska utrustningen kontrolleras på sätt som tillverkaren rekommenderar.

Om av någon anledning uppmätta densiteter eller vattenhalter under dagen misstänks vara felaktiga utförs en ny referensmätning mot referensblocket.

7. MÄTNING

7.1 Preparering av provpunkt

Mätningen kan utföras på material \leq 125 mm.

Avjämna ytan i mätpunkten med avjämningsplatta eller ställinjal. Ta bort eventuella stenar med uppstickande spetsar.

Fyll gropar och småhål med finkornigt material av samma slag som i lagret eller med fingraderad sand 0 - 1 mm. Materialpåfyllningen får inte vara så ornfattande, att den täcker hela ytan utan endast en mindre del av kontaktytan under tnatären.

Lagertjockleken av påfyllt material får inte överstiga 3 mm och det bör inte finnas utfyllda porer samt smågropar med större diameter än 3 mm. Om ovanstående krav inte kan uppfyllas, bör ny provpunkt utses.

Vid transmissionsmätning med sond (5.8.1) placera plattan på den avjämnade ytan. Belasta plattan med ena foten, när spettet slås ner till ett djup som är minst 5 cm större än det angivna mätdjupet. Detta för att mätsonden inte ska stöta mot botten. Dra försiktigt upp spettet och ta bort avjämningsplattan. Markera avjämningsplattans ytterkanter, vars konturer har samma yttermått som mätaren.

7.2 Bestämning av densitet och vatteninnehåll

Bestämning av våtde.nsitet kan göras med någon av följande två provningspositioner:

- Direkt transmission
- Backscatter

Vid acceptanskontroll ska hela bärlagrets tjocklek och minst 2/3 av övre förstärkningslagret mätas. Om en kombinationsutrustning används bör

mätning för kontroll av packningsresultat i obundna materiaT utföras genom direkt transmissionsmätning.

Observera att bestämning av vatteninnehåll alltid sker från ytan och att mätningresultatet påverkas mest av vatteninnehållet närmast ytan och avtar med ökande djup.

7.2.1 Direkt transmissionsmätning

Preparera provpunkten enligt punkt 7.1.

Densiteten kan mätas till ett djup av 30 cm och vatteninnehållet till 7 - 8 cm. Ställ mätaren på ytan i samma position som avjämningsplattan. Frigör sonden och tryck den försiktigt ner i hålet. Detta moment kräver noggrannhet och försiktighet. Instrumentet kan skadas genom värdslös hantering vid sondens nedförande.

Vid svårighet att föra ned sonden eller om hålet under arbete blir utvidgat, ska instrumentet flyttas till nytt mätställe.

Ställ in instrumentet för mätning, när sonden placerats på rätt djup. Tiden för mätning är normalt 1 minut. Avläs värdet för densitet, vatteninnehåll, tottdensitet samt vattenkvot.

7.2.2 Backscattermätning

Preparera provpunkten enligt punkt 7.1. Densiteten mätas till ett djup av 10 - 12 cm. Ställ mätaren stadigt på provytan. Placera strålkällan i mätposition för backscattermätning. Ställ in instrumentets reglerknappar för mätning i backscatterposition samt mättiden, normalt 1 minut. Starta mätningen. Pulsräkningen stannar automatiskt efter mättidens slut. Avläs värdet på våt densitet, vatteninnehåll, torrdensitet och vattenkvot. Gör därefter korrigering med luftspalt om den använda utrustningen tillåter detta.

7.3 Bestämning av vattenkvot i rörgravar.

Mätning och bestämning av vattenkvot i rörgravar kräver speciell uppmärksamhet och eventuell korrigering enligt fabrikantens anvisning.

8. RAPPORT

Rapportera

- a) Fabrikat, modell och serienummer på mätutrustning.
- b) Mätdatum.
- c) Standardvärden för densitet och vatteninnehåll samt ev.

korngeringsdata förmätdagen.

d) Namn på operatör.

e) Identifieringsdata för provplatsen.

f) Visuellt beskrivning av det provade materialet.

g) Vatteninnehåll i kg/m³.

h) Våt och torr densitet i kg/m³.

i) Vattenkvot i % .

j) Ange senaste kalibreringsdatum.

9. KALIBRERING AV INSTRUMENT

Mätutrustning bör kalibreras med 12 - 18 månaders mellanrum mot referensblock med olika densitet. Kalibrering ombesörjes normalt av återförsäljare av utrustningen. Utrustningen ska underhållas genom smörjning av rörliga delar enligt fabrikantens anvisningar.

BILAGA

SYSTEM-SPECIFIKATION

All utrustning ska uppfylla följande speciifikationer.

Precisionen i systemet bestäms från lutningen av kalibreringsresponsen och den statistiska avvikelsen av antalet pulser för den rekommenderade mätperioden, vilken ska vara minst 1 minut:

τ

$P = \frac{\tau}{s}$ /s där:

P = precision

τ = standardavvikelse, pulser per mätperiod

s = lutning, Δ pulser per mätperiod (kg/m³)

Bestäm sambandslinjen för antalet pulser per mätperiod (tidsperiod) vid en enhetsvikt av 2000 kg/m³. Den kan vanligen bestämmas från kalibreringsmätningen. Bestäm pulserna per mätperiod vid samma densitet med samma metod. Precisionen kan beräknas enligt ekvationen:

$$P = \frac{\sqrt{C/pc}}{S}$$

där:

P = precision

C = antal pulser per mätperiod

S = antal pulser per mätperiod ur lutningskurvan i kg/m³

pc = omvandlingstal inlagt i pulsdetektorn i anslutning till display. Värdet erhålles av tillverkaren.

Om inte "prescale" är inbyggt i utrustningen är värdet 1.

Värdet på omvandlingstalet är det värde med vilket det totala antalet pulser i detektorn divideras med före visning på apparatens sifferfönster. Detta för att eliminera att icke signifikanta siffror visas.

Värdet på P vid en densitet av 2000 kg/m³ ska inte vara större än ± 6 kg/m³ för direkt transmissionsmätning och inte större än ± 16 kg/m³ för backscattermätning. Om precisioner inte kan utföras enligt ovan så kan den beräknas genom bestämning av standardavvikelsen från minst 20 repeterade mätningar (mätaren ej flyttad efter den första mätningen) på material som har en densitet av 2000 ± 80 kg/m³.

För att utföra denna procedur måste upplösningsförmågan hos pulsdisplayen, kalibreringsrespons eller annan metod för visning av densitet

vara lika med eller bättre än
 $\pm 1,6 \text{ kg/m}^3$.
Underlagets grovhet som felkälla.

Ett luftgap av 1,3 mm mellan mätarens undersida och ytan på det material som mätningen utförts på, bör inte förorsaka ett större fel än 1 % med direkt-transmissionsmetoden och med strålkälla på 150 mm djup eller 4 % med backscattermetoden. Effekterna av ytans grovhet kan minimeras genom omsorgsfull preparering och avjämning i provpunkten.

Effekten av underlagets grovhet kan mätas genom placering av instrumentet på en jämn platt yta efter rengöring både av underlaget och mätarens underyta och mätning av densiteten. Mätaren lyfts därefter genom att ett 1,3 mm mellanlägg placeras mellan mätarens underyta och materialets överyta på så sätt att det inte inverkar på mätarens mätningsson. Gör ny mätning av densiteten (skenbar densitet). Skillnaden mellan resultaten från de två mätningarna representerar måttfelet.