

Krimp en zwel van klei bij ondiepe funderingen

Mechanismen,
schadeontwikkeling en
handelingsperspectief



augustus 2026

Opdrachtgever: RVO Nederland

INHOUDSOPGAVE

1.	Inleiding	3
2.	Werking van krimp en zwel.....	4
3.	Beïnvloedende factoren krimp en zwel.....	5
	Afname van bodemvocht	5
	Aanvulling van bodemvocht	6
4.	Schadebeelden en ontwikkeling in de tijd	8
5.	Maatregelen en handelingsperspectief	9
	Voorkomen van vochtverlies	9
	Aanvullen van bodemvocht.....	9
	Praktijkcase Rekken.....	10
6.	Metten en monitoren	13
7.	Beperkte ervaringen in Nederland	14
8.	Conclusie en aanbevelingen	15
	Aanbeveling 1 – ontwikkel een diagnosemethodiek.....	15
	Aanbeveling 2 – Schaalbaar maken van oplossingen.....	15
	Bijlage 1 – Documentatie uit andere landen	16

Opdrachtgever RVO Nederland

Opdrachtnemer Adaptatieadvies B.V.

In afstemming met KCAF, KBF, NVAF, TNO, Deltares, Aveco de Bondt, gemeente Arnhem, Cock Blom (www.wonenopklei.nl)

Foto voorpagina www.wonenopklei.nl

1. INLEIDING

In Nederland worden de gevolgen van klimaatverandering steeds zichtbaarder. Eén van de steeds vaker voorkomende effecten is schade aan gebouwen en infrastructuur als gevolg van krimp en zwel van kleigronden. Met name in gebieden waar gebouwen zijn gefundeerd op een ondiepe fundering (ook wel aangeduid als een *fundering op staal*, waarbij de belasting direct wordt overgedragen op de ondergrond) kan dit leiden tot scheurvorming, verzakkingen en structurele problemen.

Krimp en zwel is op zichzelf geen nieuw fenomeen. Kleigronden reageren van nature op veranderingen in het vochtgehalte. Wat verandert, is de intensiteit en frequentie waarmee deze processen optreden. Door langere en vaker voorkomende droge perioden droogt de bodem dieper en langduriger uit. Wanneer vervolgens weer neerslag valt, neemt de klei water op en zet uit. De seizoensgebonden afwisseling tussen uitdroging en vernatting leidt tot terugkerende volumeveranderingen in de bodem.

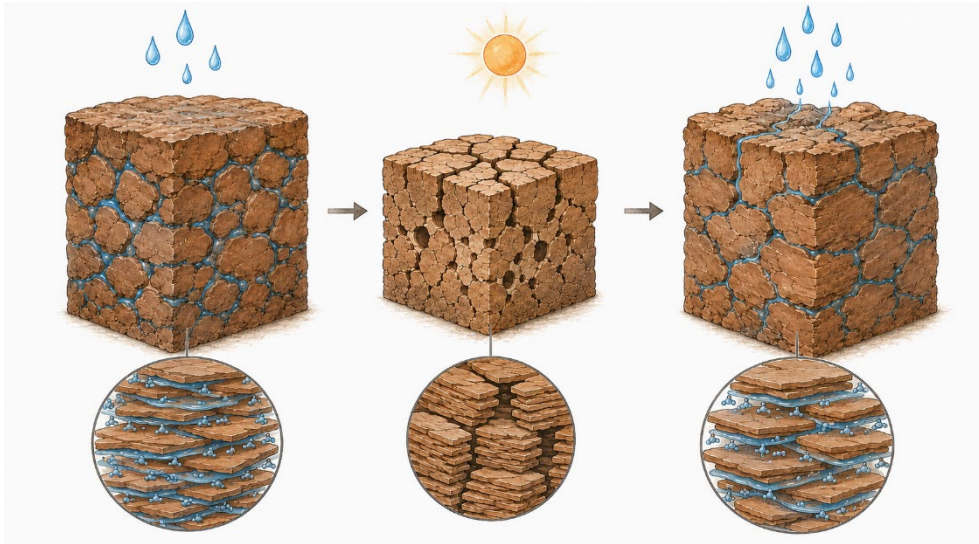
In gebouwen kan krimp en zwel zich uiten in scheuren van muren en vloeren, die soms in de winter weer gedeeltelijk sluiten. Bewoners vragen zich af hoe de scheuren ontstaan en wat de effecten en mogelijke maatregelen zijn. Voor gemeenten betekent het een toenemende stroom aan meldingen, vragen en onzekerheden. De problematiek is complex, omdat deze afhankelijk is van lokale omstandigheden. Door dit relatief nieuwe fenomeen zijn er momenteel maar enkele plekken waar maatregelen genomen zijn en waar monitoring meer inzicht geeft in het gedrag van de bodem. In welke mate oplossingen schaalbaar zijn, is van vele factoren afhankelijk.

Dit document heeft als doel om inzicht te geven in de werking van krimp en zwel, de belangrijkste factoren en oorzaken te duiden, schadeontwikkeling te beschrijven en handelingsperspectief te bieden.

Het is goed je ervan bewust te zijn dat er best enige kennis is, maar dat er ten aanzien van krimp en zwel en de schadeontwikkeling bij gebouwen nog veel kennisvragen zijn.

2. WERKING VAN KRIMP EN ZWEL

Kleigronden onderscheiden zich van andere bodemtypen doordat het volume sterk afhankelijk is van het vochtgehalte. De kleideeltjes hebben een plaatvormige structuur en kunnen water opnemen tussen de lagen. Wanneer water wordt onttrokken, bewegen deze deeltjes naar elkaar toe en neemt het volume af. Dit proces wordt aangeduid als krimp. Wanneer water wordt opgenomen, bewegen de deeltjes weer uit elkaar en neemt het volume toe: zwel.



Afbeelding 1: schematische weergave van krimp en zwel van klei

In dit document staat de invloed van krimp en zwel op ondiepe funderingen centraal. Bij dit funderingstype wordt het gewicht van het gebouw rechtstreeks overgedragen op de ondergrond. De onderzijde van de fundering bevindt zich doorgaans ongeveer 0,5 tot 1,0 meter onder het maaiveld. Ondiepe funderingen komen veel voor op zandgronden, maar zijn ook toegepast op locaties met een relatief draagkrachtige kleibodem of een bodem die uit een combinatie van klei en zand bestaat.

De keuze voor een ondiepe fundering of een fundering op palen is onder meer afhankelijk van het gewicht van het gebouw en het draagvermogen van de bodem. Bij oudere gebouwen was deze keuze vaak gebaseerd op lokale ervaring en praktische kennis van de ondergrond. Geotechnische en constructieve berekeningen, zoals die tegenwoordig gebruikelijk zijn, werden destijds niet altijd uitgevoerd. De bodemopbouw, de eigenschappen van de klei en de lokale waterhuishouding verschillen sterk per locatie. Daardoor verschilt ook de gevoeligheid voor uitdroging en de mate waarin krimp en zwel optreden.

Niet elke verandering in bodemvocht in een kleibodem leidt direct tot schade. Oppervlakkige uitdroging van de kleibodem is doorgaans niet kritisch. Het wordt pas problematisch wanneer het vochtgehalte verandert ter hoogte van de onderzijde van de fundering. Op dat moment verandert het volume van de dragende kleilaag. Wanneer deze verandering ongelijkmatig optreedt, ontstaan verschillen in zetting. Deze verschillen leiden tot spanningen in de constructie. Omdat gebouwen slechts beperkt vervorming kunnen opnemen, uit dit zich in scheurvorming in gevels, vloeren en aansluitingen.

Krimp en zwel hangen sterk samen met veranderingen in het bodemvocht. Vooral de bovenste meter tot anderhalve meter van de bodem is hiervoor gevoelig. Deze kan daardoor overlappen met de onderzijde van ondiepe funderingen. Het proces volgt veelal een seizoensgebonden patroon: krimp tijdens droge perioden en zwel tijdens natte perioden. Bij sommige gebouwen leidt dit jaarlijks tot waarneembare effecten, terwijl deze bij andere gebouwen alleen tijdens of na uitzonderlijk droge perioden optreden.

3. BEÏNVLOEDENDE FACTOREN KRIMP EN ZWEL

Variaties van het bodemvocht door de tijd heen zijn bepalend voor de mate waarin krimp en zwel optreedt. De bodemvochtgehalten worden door verschillende factoren beïnvloed, waaronder de bodemkenmerken, de omgeving, de grondwaterstand, neerslag en verdamping. Dit hoofdstuk beschrijft wat de meest relevante factoren zijn die effect hebben op de afname en aanvulling van bodemvocht.

AFNAME VAN BODEMVOCHT

Afname van bodemvocht wordt veroorzaakt door verdamping van water uit de bodem (evaporatie), opname van vocht door vegetatie (transpiratie) en horizontale en verticale afvoer van vocht uit de bodem. De bij de afname van bodemvocht behorende processen zijn een combinatie van natuurlijke omstandigheden en menselijk handelen.

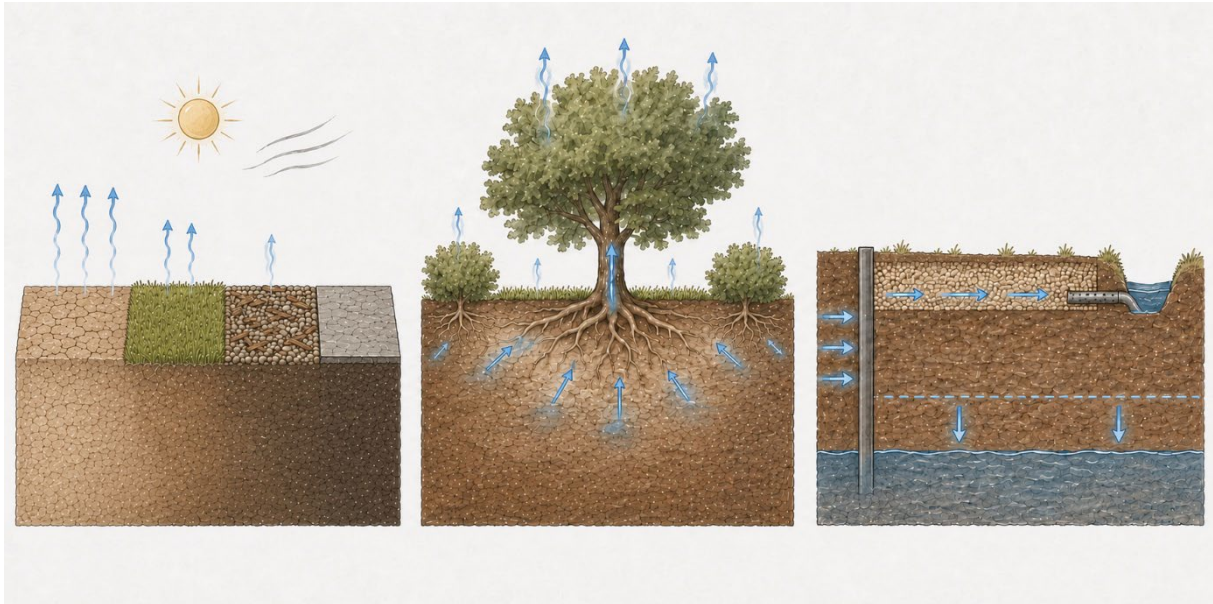
De afname van bodemvocht aan het maaiveld wordt voornamelijk bepaald door zoninstraling, temperatuur, wind en de bodemeigenschappen aan het maaiveld. Meer zon, hogere temperaturen en veel wind zorgen voor uitdroging van een kleibodem waar geen verharding over ligt. Rondom een gebouw zijn de condities verschillend. Zo kent de zuidzijde van een gebouw een hogere evaporatie dan de noordzijde, wat resulteert in een drogere bodem. Ook het type oppervlak is van invloed. Uit vochtige kale grond verdampt het water snel (evaporatie) waarna de verdamping daarna vaak afneemt. Bij een bodem die is afgedekt met grind, houtsnippers of een ander materiaal is de verdamping minder. Een bodem die volledig is afgedekt, met bijvoorbeeld tegels of asfalt, kent geen verdamping. Een kenmerk van volledig verharde bodems is dat er veelal ook geen vocht in de bodem komt als het regent. Verschillen in bodembedekking, zoninstraling, temperatuur, wind en neerslag kunnen bij een gebouw leiden tot variaties in bodemvocht.

Vegetatie is een andere factor in de bodemvochtbalans. Planten en bomen onttrekken water aan de bodem via hun wortels en geven dit vocht af aan de atmosfeer (transpiratie). Dit proces kan, zeker in droge perioden, een aanzienlijk deel van het beschikbare bodemvocht verbruiken. Met name bomen met een grote boomkruin hebben een uitgebreid wortelstelsel en kunnen grote hoeveelheden water opnemen. Hoe bomen wortelen is sterk afhankelijk van het type boom en de bodemsamenstelling. In kleigrond wortelen bomen vaak relatief ondiep en breed, mede door beperkte aanwezigheid van zuurstof op grotere diepte en compacte bodemstructuur. Wilgen en populieren zijn bomen die relatief veel water opnemen. Een meidoorn of krentenboom gebruikt relatief weinig water. Ook de afstand van de boom tot de bebouwing en het aantal bomen hebben een effect. Door de transpiratie kan de bodem in de directe omgeving structureel droger worden. Dit effect is vaak niet gelijkmatig verdeeld rond een gebouw en kan daardoor bijdragen aan ongelijkmatige krimp.

De horizontale afstroming van grondwater is een mogelijk andere oorzaak van de afname van bodemvocht. Vaak is deze vorm van afname van bodemvocht veroorzaakt door menselijk ingrijpen. Een kleibodem heeft van nature geen grote horizontale afstroming. Bij de inrichting van de openbare ruimte en het waterbeheer worden keuzes gemaakt die van invloed kunnen zijn. Zoals het vervangen van klei door een pakket van zand onder wegen en terreinverharding, aanleggen van drainage en een lager niveau van nabijgelegen oppervlaktewater. Deze maatregelen kunnen de afvoer van water uit de bodem versnellen. Ook een afname van de horizontale toestroom van grondwater kan het bodemvocht beïnvloeden. Kleischermen, damwanden en andere grondwaterbarrières kunnen deze toestroom beperken.

Naast deze meer lokale processen kunnen ook regionale hydrologische processen een rol spelen. Als grondwater in watervoerende lagen meters zakt in droge perioden kan dit een effect hebben op bodemvocht in de ondiepe ondergrond. Deze fluctuaties van grondwaterstanden komen voor in de hogere delen van Nederland. In basis zijn kleibodems niet heel gevoelig voor lagere diepe (grond)waterstanden.

Vanwege de fijne poriën is de waterdoorlatendheid gering. De samenstelling van de bodem en de mate en duur van (grond)waterverlaging bepaald of het proces van krimp door lagere regionale grondwaterstanden optreedt. Een paar maanden lagere (grond)waterstanden in de omgeving heeft vaak een zeer gering effect op kleibodems. Echter een structurele verlaging van (grond)waterstanden kan bij kleibodems op termijn een risico zijn voor krimp. Het kan enkele jaren duren voordat effecten merkbaar zijn.



Afbeelding 2: afname van bodemvocht

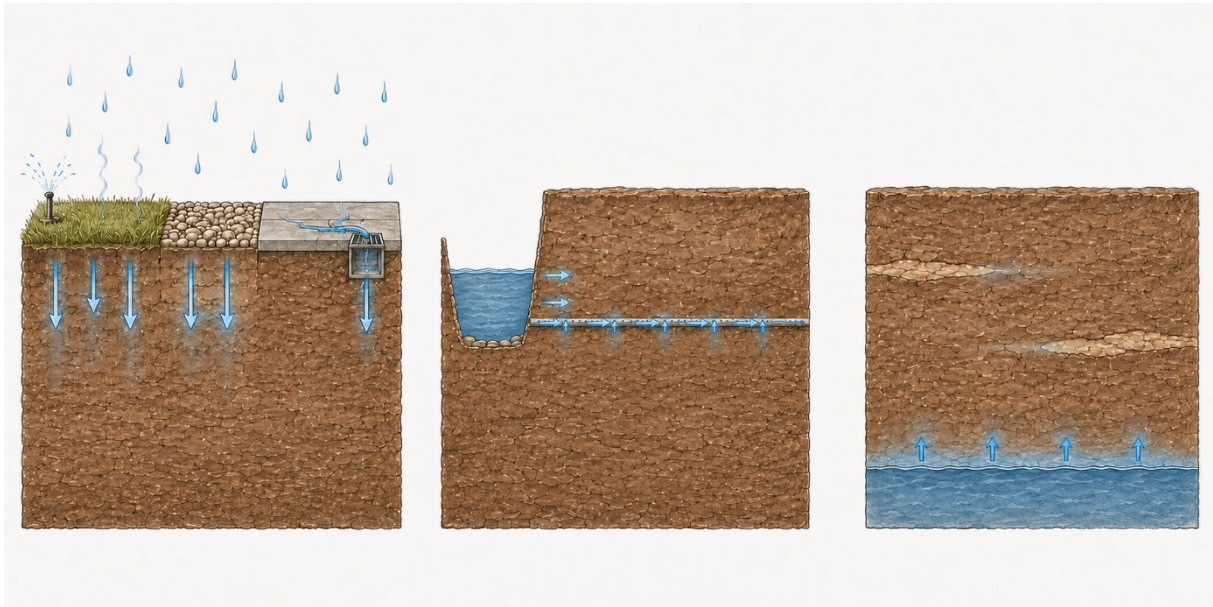
AANVULLING VAN BODEMVOCHT

Het bodemvocht wordt in hoofdlijnen aangevuld op drie manieren.

Van bovenaf wordt bodemvocht aangevuld via neerslag en vervolgens infiltratie. Hoeveel het regent is klimatologisch ingegeven en een natuurlijk proces. In welke mate de neerslag vervolgens het bodemvocht aanvult is sterk afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem en de mate van inrichting van het maaiveld. Onverhard oppervlak zoals gras kan op natuurlijke wijze veel bodemvocht aanvullen, maar is tegelijkertijd ook een bron van verdamping. Bodemvocht aanvullen als het maaiveld verhard is vraagt specifieke voorzieningen. Grind (of vergelijkbaar) rondom woningen is een tussenvorm; wel aanvulling van bodemvocht bij neerslag maar een beperkte verdamping bij droogte. Kunstmatige aanvulling van bodemvocht van bovenaf is mogelijk door beregening vanuit oppervlaktewater, grondwater of drinkwater.

Horizontaal kan water zich verplaatsen via stromingen in de bodem. Een hoger niveau van het oppervlaktewater is een mogelijke aanvoer die zonder aanpassingen traag verloopt. Door de toepassing van infiltratieleidingen is een versnelde aanvoer van water mogelijk. Op deze wijze ervaart het water geen weerstand van de bodem om horizontaal af te stromen. Door de perforatie van leidingen kan het water op gewenste plekken komen en het bodemvocht of de grondwaterstand aanvullen.

Van onderaf is aanvulling van bodemvocht mogelijk door een (structureel) hogere grondwaterstand. Een hogere grondwaterstand kan komen door een hoger niveau van het oppervlaktewater, een hogere rivierwaterstand of door afname van grondwaterwinningen. De snelheid van het aanvullen van de grondwaterstand is afhankelijk van de horizontale en verticale doorlatendheid van de bodem en de capillaire werking. De mate waarin dit gebeurt in kleibodems is overwegend klein vanwege de slechte waterdoorlatendheid en beperkte capillaire eigenschappen van klei. Een bodem van klei gecombineerd met beter doorlatende materialen heeft overwegend een groter effect voor het aanvullen van bodemvocht. In de praktijk betreft de capillaire werking één tot enkele decimeters. Binnen deze zone blijft de bodem relatief vochtig.



Afbeelding 3: aanvulling van bodemvocht

4. SCHADEBEELDEN EN ONTWIKKELING IN DE TIJD

Schade door krimp en zwel uit zich meestal in scheurvorming in gevels, vloeren en binnenwanden. Kenmerkend is dat deze scheuren variabel zijn in de tijd: ze ontstaan of worden groter in droge periodes en nemen af of sluiten in natte periodes.

Vaak is het herstel van de bodem niet volledig. Krimp kan leiden tot blijvende vervorming van de bodem. De klei keert dan niet volledig terug naar de oorspronkelijke toestand, waardoor een restzetting ontstaat. Dit kan het gevolg zijn van beschadiging van de kleistruktuur tijdens uitdroging of van lucht die in de poriën achterblijft, waardoor de bodem niet meer volledig verzadigd raakt.

Daarnaast kan de constructie verzwakken of blijvend vervormen door herhaalde belasting. Scheuren vormen zwakke plekken waar spanningen zich concentreren. Bij volgende cycli kunnen deze scheuren sneller en verder openen.

De gevolgen van krimp en zwel kunnen zich in de loop van de tijd opstapelen. Scheuren worden groter, keren sneller terug en sluiten steeds minder goed. Daardoor kan een vergelijkbare droge periode in latere jaren meer schade veroorzaken dan in eerdere jaren. Dit proces is niet hetzelfde als klassieke materiaalmoetheid, maar vertoont wel overeenkomsten: door herhaalde belasting neemt het herstelvermogen af en kan de schade verder toenemen.

5. MAATREGELEN EN HANDELINGSPERSPECTIEF

Maatregelen tegen krimp en zwel richten zich vooral op het beheersen van het bodemvocht ter hoogte van de fundering. Daarbij gaat het om het beperken van grote schommelingen: voorkomen dat te veel bodemvocht verloren gaat en het vocht tijdig aanvullen wanneer een kritische ondergrens wordt bereikt. Wanneer deze maatregelen onvoldoende effectief hebben of niet uitvoerbaar zijn, kan constructief ingrijpen nodig zijn. Bijvoorbeeld door de fundering te versterken of te verdiepen. Deze doorgaans ingrijpende en kostbare maatregelen worden in dit document niet verder beschouwd.

VOORKOMEN VAN VOCHTVERLIES

De meest doeltreffende strategie is het voorkomen dat het vochtgehalte in de kleibodem afneemt.

In de praktijkcase Rekken, die verderop in dit hoofdstuk wordt toegelicht, is dit principe toegepast door vochtbarrières rondom een woning aan te brengen. Deze barrières verhinderen de verdamping vanuit de bodem, waardoor het aanwezige vocht beter behouden blijft. Metingen laten zien dat het bodemvocht binnen deze zone stabiel blijft en dat bodembewegingen sterk afnemen. Deze praktijkcase laat daarmee zien dat het beperken van vochtverlies krimp en zwel sterk reduceert en schade voorkomt. Dit sluit aan bij de publicatie *Construire en terrain argileux* (Bouwen op kleigrond) van het *Ministère de la Transition Écologique*. Daarin wordt aanbevolen het vochtgehalte rondom woningen zo constant mogelijk te houden en de grond direct langs de woning waterdicht af te dekken. Een link naar deze publicatie is opgenomen in bijlage 1.

Ook is er in Frankrijk en Groot-Brittannië aandacht voor de afstand tussen bomen en ondiepe funderingen. Zo geeft Frankrijk in het eerder genoemde document een handreiking om buiten de invloedssfeer van bomen te bouwen; minimaal 1,5x de uiteindelijke boomhoogte. En als deze afstand niet mogelijk is, om een wortelscherm toe te passen van minimaal 2 meter diep tussen de boom en de bebouwing. Met name grote bomen kunnen een sterke invloed hebben op het bodemvocht en vragen daarom aandacht in de afweging. Uiteraard is er verschil in hoeveel water een boom gebruikt. Een wilg, populier en els gebruiken dagelijks relatief veel vocht. Terwijl ander type bomen van dezelfde grootte minder water gebruiken.

De inrichting van de omgeving rondom een gebouw speelt een belangrijke rol. Dit kan door het vermijden van kale grond direct langs gevels zonder schaduw. Een bodem die is bedekt met verharding of vegetatie zal minder snel uitdrogen, omdat het afgedekte oppervlak de verdamping beperkt. Kunstmatige schaduw helpt om de bodem minder vocht te laten verdampen. In het geval van vegetatie is er vaak wel sprake van verdamping.

AANVULLEN VAN BODEMVOCHT

Een tweede strategie is het aanvullen van bodemvocht. Dit kan van bovenaf, door neerslag te laten infiltreren, of horizontaal, met infiltratieleidingen die water gericht in de ondergrond brengen. De effectiviteit hangt sterk af van de bodemopbouw en de mate waarin het water de funderingszone bereikt. Door de geringe doorlatendheid van klei verloopt de verspreiding van water langzaam. Daarom moet het water zo dicht mogelijk bij de fundering worden ingebracht.

Tijdens langdurige droge perioden kan natuurlijke aanvulling via neerslag onvoldoende zijn. Aanvulling met opgeslagen regenwater, oppervlaktewater of grondwater kan dan worden overwogen. Ondergrondse toevoer is doorgaans efficiënter dan beregening vanaf het maaiveld, omdat daarbij minder water verloren gaat door verdamping. De toepasbaarheid van actieve systemen voor de aanvoer van water hangt onder meer af van de beschikbaarheid en kwaliteit van het water, de eigenschappen van de bodem en het benodigde beheer.

PRAKTIJKCASE REKKEN

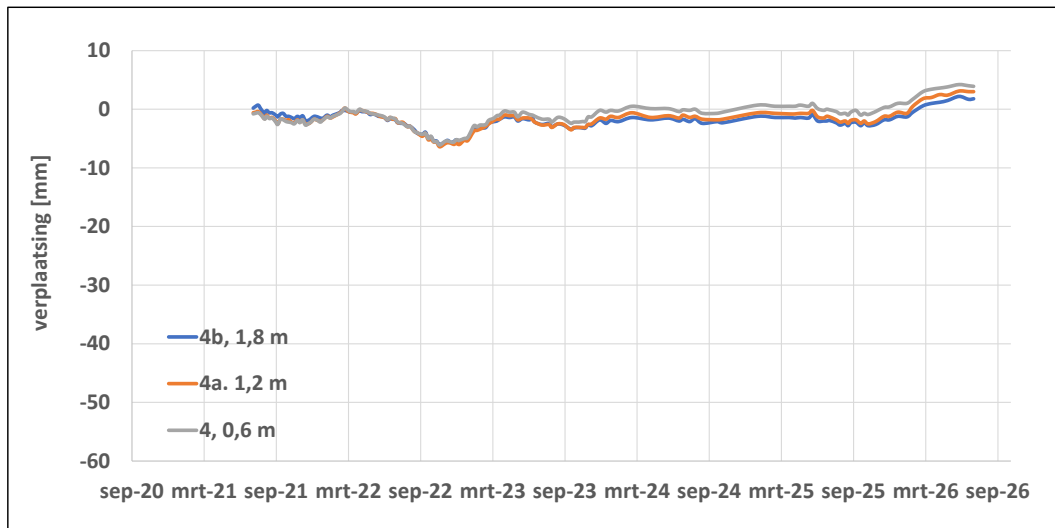
Na de derde opeenvolgende droge en warme zomer ontstond in augustus 2020 in korte tijd ernstige schade aan een vrijstaande woning in Rekken. In een muur ontstond een scheur die in twee weken circa één centimeter groter werd. De woning heeft een ondiepe fundering en staat op een kleipakket dat vanaf ongeveer 0,6 meter diepte aanwezig is. Onderzoek aan de klei wees op sterk krimp- en zwelgedrag: uitdroging leidde tot ongelijkmatige zetting onder de fundering en daarmee tot scheurvorming.

Aan de zijanten van het huis zijn in april 2021 horizontale en verticale vochtbarrières aangebracht. Deze barrières bestaan uit een 2 millimeter dik HDPE geomembraan. De horizontale barrière ligt op circa 0,5 meter diepte; de daarop aansluitende verticale barrière reikt tot ongeveer 2 meter onder maaiveld. Deze combinatie verhindert de verdamping van bovenaf én het horizontale vochttransport in de bovenste laag. De verticale barrière fungeert tevens als een boomwortelscherm. Het effect wordt binnen en buiten de barrières gevolgd met peilbuizen, vochtsensoren op 0,6 meter en 1,2 meter diepte, zakbaken op 0,6 meter, 1,2 meter en 1,8 meter diepte en vaste meetpunten op de muren.

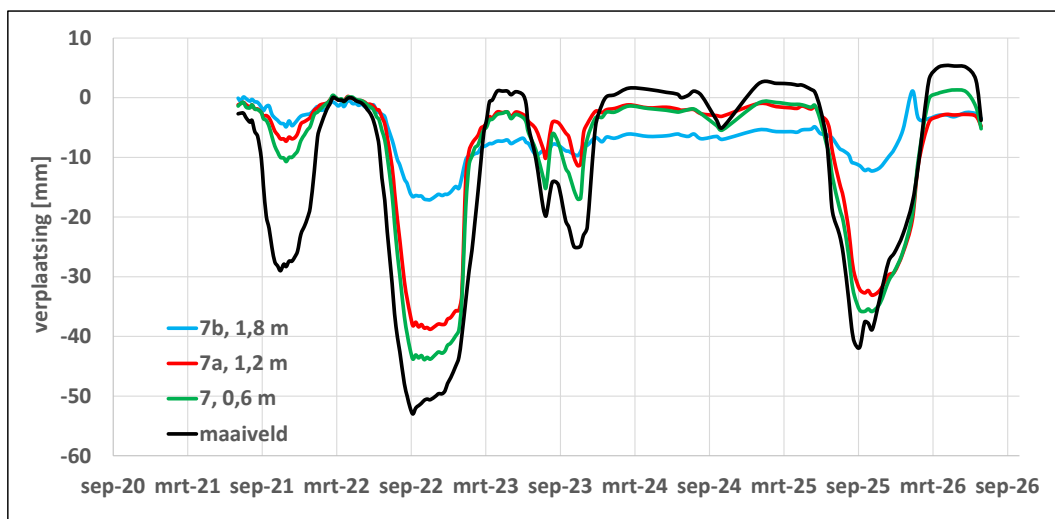


Afbeelding 4: aanbrengen HDPE-geomembraan

Er wordt veel gemeten in deze praktijkcase. Dit geeft interessante inzichten over deze specifieke situatie. Afbeelding 4 en 5 laten de bodembeweging binnen en buiten de barrière zien op een diepte van 0,6 meter, 1,2 meter en 1,8 meter onder maaiveld.



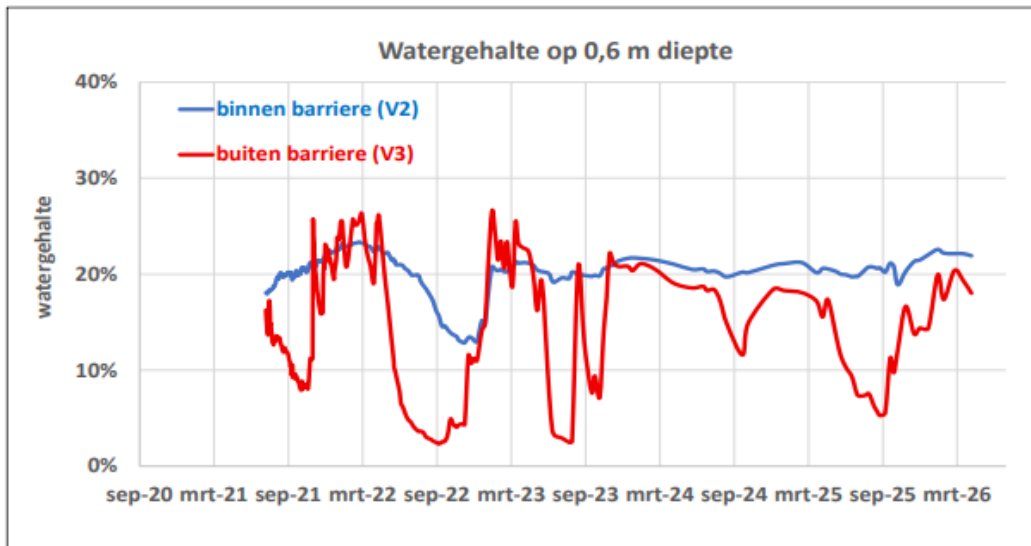
Afbeelding 5: meting Rekken verticale bodembeweging binnen de barrière



Afbeelding 6: meting Rekken verticale bodembeweging buiten de barrière

Na de genomen maatregel is er vrijwel geen verticale bodembeweging meer binnen de barrière. De geringe bewegingen zijn op alle dieptes vrijwel gelijk. De beweging einde zomer 2022 van ongeveer een halve centimeter binnen de barrière wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de referentiezakbaak, op een diepte van 4,0 meter in de kleibodem, door de droogte ook enigszins is verzakt. Buiten de barrière gaat het maaiveld in de droge zomers van 2022 en 2025 zo'n 4 tot 5 centimeter naar beneden. Op een diepte van 0,6 meter en 1,2 meter onder maaiveld is de bodemdaling 3 tot 4 centimeters tijdens deze zomers. Ook op een diepte van 1,8 meter is er in 2022 en 2025 een verticale beweging van ongeveer 1 centimeter gemeten.

Afbeelding 7 laat het watergehalte zien op een diepte van 0,6 meter. De rode lijn is het watergehalte buiten de barrière en de blauwe lijn binnen de barrière.



Afbeelding 7: meting Rekken bodemvocht op 0,6 m diepte binnen en buiten de vochtbarrière

Buiten de barrière varieert neemt het percentage bodemvocht af tot 3%. Binnen de barrière blijft het percentage bodemvocht vrijwel constant, rond de 20%. Alleen eind van de zomer 2022 was er minder bodemvocht aanwezig, zo'n 12% op een diepte van 0,6 meter.

De case levert overtuigend veldbewijs dat vochtbarrières op deze locatie de vochtvariatie en bodembeweging sterk dempen. Na restauratie van de moren ontstond ook na de extreem droge en warme zomer van 2022 geen nieuwe schade aan de woning.

Ook bij twee andere woningen (één in Rekken en één in Haaksbergen) zijn op dezelfde manier vochtbarrières aangebracht en ook daar is het resultaat positief.

Bron en meer informatie is te vinden op de website www.wonenopklei.nl. Onder andere foto's van de situatie en schades, uitgevoerde maatregelen, metingen, publicaties en andere achtergrondinformatie.

6. METEN EN MONITOREN

Om krimp en zwel goed te begrijpen en te beheersen, is meten essentieel. Met peilbuizen kan de grondwaterstand worden gevolgd, terwijl vochtsensoren en tensiometers inzicht geven in het bodemvocht. Met zakbaken kan de verticale beweging van de bodem worden gemeten. Daarnaast is het meten van scheuren van belang om een relatie te kunnen leggen tussen veranderingen in bodemvocht, bodembeweging en schade aan de constructie.

Idealiter begint monitoring al vóórdat schade optreedt. Wanneer bekend is dat een pand zich in een potentieel kwetsbaar gebied bevindt, kan preventief meten waardevolle informatie opleveren. Door vooraf inzicht te hebben in het gebruikelijk verloop van bodemvocht en grondwaterstanden, ontstaat een referentiebeeld (nulmeting). Dit maakt het mogelijk om latere veranderingen beter te duiden en verbanden met schade eenvoudiger aan te tonen.

In de praktijk gebeurt preventief meten bij particuliere eigenaren nog weinig. Als er al monitoring is, wordt deze vaak pas gestart nadat schade zichtbaar is geworden. Hierdoor ontbreekt vaak een goed beeld van de uitgangssituatie en het verloop van schade, wat het lastiger maakt om oorzaken te achterhalen en maatregelen te onderbouwen.

Toegankelijke informatie en praktisch toepasbare meetmethoden helpen om oorzaken te achterhalen en effectiviteit van maatregelen te verbeteren. Denk hierbij aan laagdrempelige sensoren of eenvoudige meetopstellingen die bewoners zelf gebruiken en beheren. Ook ligt er een kans in het gezamenlijk oppakken van monitoring. In straten of buurten waar vergelijkbare kwetsbaarheden of problemen spelen, kan het opzetten van een gezamenlijk meetnet waardevolle inzichten opleveren. Door gegevens te combineren ontstaat een beter beeld van lokale variaties en patronen, wat zowel voor bewoners als voor gemeenten van grote waarde is.

In praktijkcases waar monitoring wel plaatsvindt, zoals in Rekken, is aangetoond dat het stabiliseren van bodemvocht leidt tot een sterke afname van bodembewegingen. Binnen zones waar maatregelen zijn genomen, blijven de bewegingen beperkt, terwijl daarbuiten nog steeds duidelijke variatie per seizoen wordt gemeten. Dit onderstreept het belang van meten om het effect van maatregelen inzichtelijk te maken.

Meetgegevens maken de oorzaken van schade en de werking van maatregelen zichtbaar voor bewoners en bestuurders. Daarmee leveren metingen niet alleen technische kennis op, maar kunnen zij ook het vertrouwen in en draagvlak voor mogelijke oplossingen vergroten.

7. BEPERKTE ERVARINGEN IN NEDERLAND

Ondanks de toename van schade en groeiende kennis is er nog veel onbekendheid met de krimp- en zwelproblematiek. Er is weinig systematische vergelijking van praktijkcases, waardoor het lastig is om algemene conclusies te trekken. Een positieve uitzondering zijn drie projecten Rekken en omgeving. In de Achterhoek zijn afgelopen jaren bij een aantal gebouwen maatregelen genomen en is veel registratie gedaan van scheurvorming, bodembewegingen, bodemvocht en grondwaterniveaus. Door de initiatiefnemers van de praktijkcases Rekken is er een korte checklist beschikbaar gesteld om te bepalen of vochtbarrières een mogelijke oplossing zijn.

- 1. Is het huis gebouwd op een fundering op “staal” (een ondiepe fundering)?*
- 2. Bestaat de eerste meters onder de fundering uit klei ? (gebruik simpele grondboor)*
- 3. Zijn de scheuren aan het eind van de zomer (b.v. zomer 2022) het grootst en zijn ze in de maanden maart/april daarna (geheel of gedeeltelijk) kleiner geworden ?*
- 4. Is de schade aan de zuidkant (zuidoost/zuidwest) van het huis ?*
- 5. Is het huis gedeeltelijk onderkelderd ?*
- 6. Staat er een boom (bomen) dicht bij de beschadigde muur ?*

Als het antwoord op de eerste drie vragen ja is en op de laatste drie vragen ook een of meerdere antwoorden ja is, dan is de oplossing met vochtbarrières mogelijk effectief. Mits de vochtbarrières in de periode van eind maart tot begin juni worden aangebracht.*

*Het aanbrengen van de vochtbarrières in het voorjaar heeft het voordeel dat de hoeveelheid bodemvocht relatief hoog is. Bij het aanbrengen van vochtbarrières in de zomer of het najaar is er een kans dat het bodemvocht op de gewenste diepte afneemt tot een kritisch niveau.

Niet alleen in Nederland is krimp en zwel van klei een probleem bij huizen. In onder andere Frankrijk, Groot-Brittannië, Australië en Amerika (Texas) zijn miljoenen woningen kwetsbaar voor krimp en zwel van klei. In bijlage 1 is informatie opgenomen vanuit de betreffende landen en staat.

8. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Krimp en zwel van klei is een complex en groeiend probleem voor panden met een ondiepe fundering. De kern ligt in de variatie van bodemvochtgehaltes, met name op het niveau waar de ondiepe funderingen eindigt. Als hier het vochtpercentage in de klei afneemt ontstaat er krimp en daarmee volumeverandering in de klei. Dit geeft verandering in de belasting van funderingen, (draag)muren en andere constructieve onderdelen. De materiaalspanningen die als gevolg van de veranderingen ontstaan kunnen leiden tot scheurvorming. Op het moment dat er herstel is van het bodemvocht in de klei zal de klei in volume weer toenemen (zwel). De praktijk leert dat ontstane scheuren, door het herstel van de oorspronkelijke belastingverdeling, afnemen of zelfs verdwijnen.

Het beïnvloeden van bodemvocht kan op verschillende manieren. Er is in Nederland nog beperkte ervaring met het nemen van maatregelen. De plekken waar maatregelen genomen zijn bieden een goede basis om te verkennen hoe opschaling mogelijk is. Inzicht in de lokale situatie, van bodemopbouw en bodemvocht lijkt daarbij van belang.

AANBEVELING 1 – ONTWIKKEL EEN DIAGNOSEMETHODIEK

Ontwikkel een stapsgewijze diagnosemethodiek om het risico op krimp en zwel eerst regionaal en vervolgens op gebouwniveau te beoordelen. Een eerste indicatie kan worden gebaseerd op beschikbare informatie over bodemopbouw, droogtegevoeligheid, grondwater en funderingstype. Alleen wanneer deze kenmerken daartoe aanleiding geven, is nader onderzoek nodig, bijvoorbeeld naar de diepte van de fundering, de eigenschappen van de klei en het bodemvocht. Eenvoudige monitoring kan vervolgens helpen om veranderingen en de invloed van droge en natte perioden te volgen. Dezelfde methodiek kan bij bestaande schade worden gebruikt om de mogelijke oorzaken te bepalen en passende maatregelen te selecteren.

AANBEVELING 2 – SCHAALBAAR MAKEN VAN OPLOSSINGEN

Het beperken van grote schommelingen in het bodemvocht kan krimp van klei en daarmee samenhangende schade verminderen. De praktijkcase Rekken en ervaringen uit andere landen bieden hiervoor aanknopingspunten, maar in Nederland is nog weinig vergelijkend onderzoek met meetgegevens beschikbaar. Doe daarom op meer locaties en in verschillende (stedelijke) situaties ervaring op met vochtbarrières en andere maatregelen voor het beheersen van bodemvocht. Vergelijk daarbij horizontale barrières rond funderingen met verticale barrières tussen bomen en bebouwing en onderzoek ook toepassing op het niveau van een bouwblok. Koppel deze pilots aan langjarige monitoring van bodemvocht, bodembeweging en schadeontwikkeling. Zo wordt duidelijk onder welke omstandigheden maatregelen effectief, uitvoerbaar en schaalbaar zijn.

BIJLAGE 1 – DOCUMENTATIE UIT ANDERE LANDEN

Frankrijk

Georisques is een officiële Franse overheidswebsite voor natuurlijke en industriële risico's. Je kunt er per adres controleren aan welke gevaren een locatie in Frankrijk is blootgesteld. www.georisques.gouv.fr



Op deze site is te vinden dat meer dan 12 miljoen eengezinswoningen zich in gebieden bevinden met een gemiddelde of hoge blootstelling aan krimp en uitzetting van klei. Door klimaatverandering zijn droogteperiodes de afgelopen tien jaar toegenomen, wat heeft geleid tot een stijging van de schade veroorzaakt door krimp en uitzetting van klei.

<https://www.georisques.gouv.fr/minformer-sur-un-risque/retrait-gonflement-des-argiles>



Construire en terrain argileux

La réglementation et
les bonnes pratiques



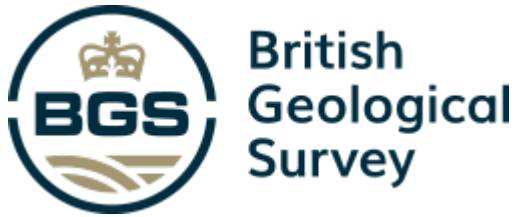
Novembre 2021

Ook staat er op de website een publicatie '*Bouwen op kleigrond: regelgeving en beste praktijken*'. Deze is uitgebracht in november 2021 en gaat in op de verplichtingen van verkoper en ontwikkelde partij in relatie tot krimp en zwel van klei. Via de onderstaande link is deze publicatie te raadplegen:

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/construire_en_terrain_argileux_reglementation_et_bonnes_pratiques.pdf

Groot-Brittannië

De **British Geological Survey** (BGS) is de oudste nationale geologische dienst ter wereld. Deze Britse overheidsorganisatie onderzoekt en brengt de aarde en de bodem in kaart. De BGS adviseert de overheid en helpt de maatschappij met belangrijke wetenschappelijke gegevens.



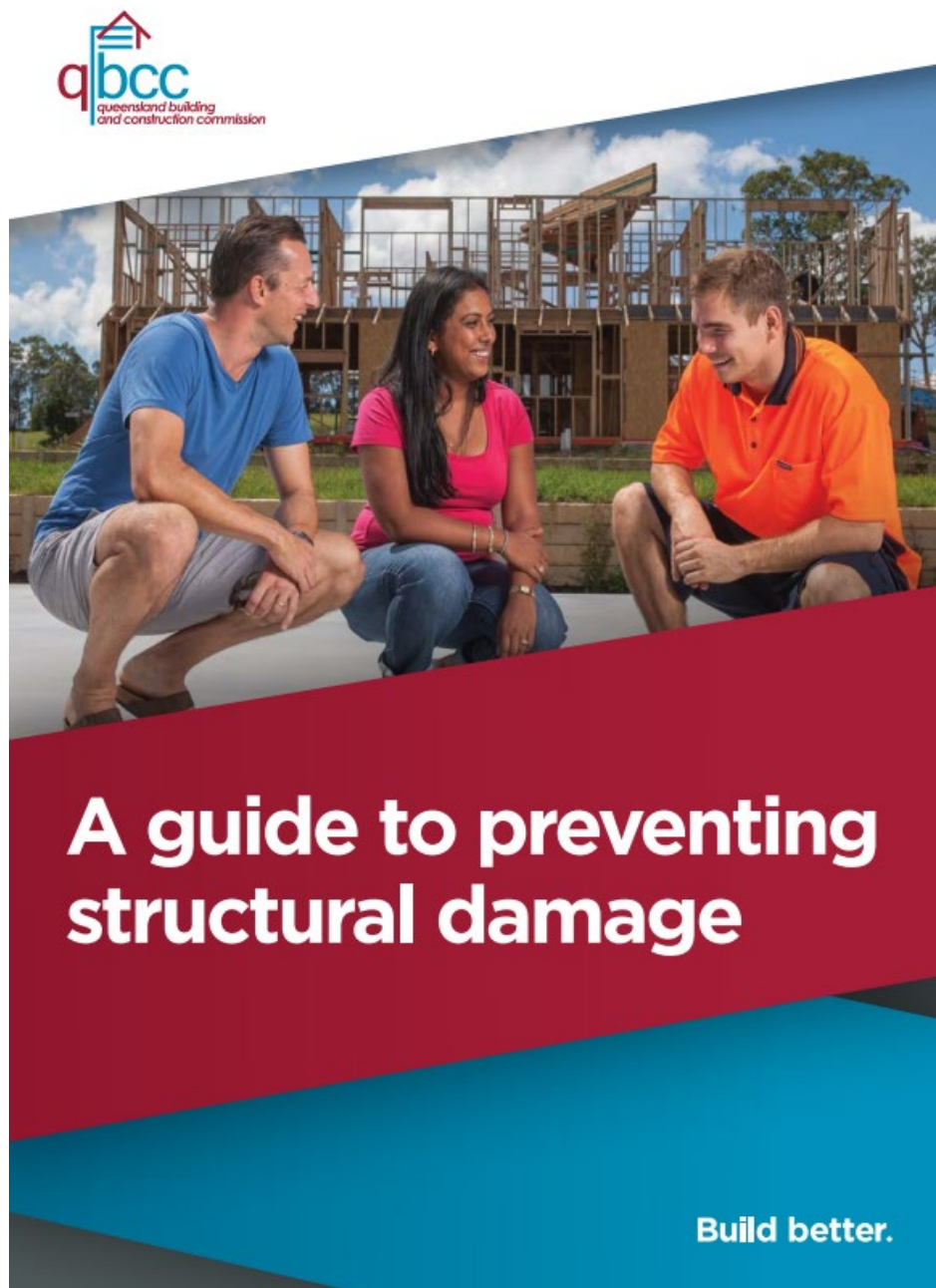
<https://www.bgs.ac.uk/geology-projects/shallow-geohazards/clay-shrink-swell/>

In Groot-Brittannië is er een risicobeoordeling van krimp en zwel van klei (categorie A t/m E). Hierbij komt sterk naar voren dat de aanwezigheid van vegetatie (of het aanplanten van nieuwe vegetatie) een belangrijk punt van aandacht is. Er zijn allerlei datasets beschikbaar om voor een situatie de risico's in beeld brengen. <https://www.bgs.ac.uk/datasets/bgs-geosure-shrink-swell/shrink-swell-property-hazard-information/>

Ook is er vanuit de BGS een blog over dit onderwerp: *Property subsidence assessment: helping to mitigate shrink-swell hazard risk*. Via deze link is dit blog te lezen: <https://www.bgs.ac.uk/news/property-subsidence-assessment-helping-to-mitigate-shrink-swell-hazard-risk/>

Australië

In Australië zijn er verschillende handleidingen voor eigenaren hoe om te gaan met tuinaanleg en funderingen. Met als doel om structurele schade aan gebouwen door verandering in bodemvocht te voorkomen. Australië kent een norm voor ondiepe funderingen in relatie tot verwachte seizoensgebonden volumeverandering van de grond onder normale omstandigheden. De onderstaande richtlijn beschrijft hoe abnormale omstandigheden moeten worden voorkomen of gecorrigeerd.

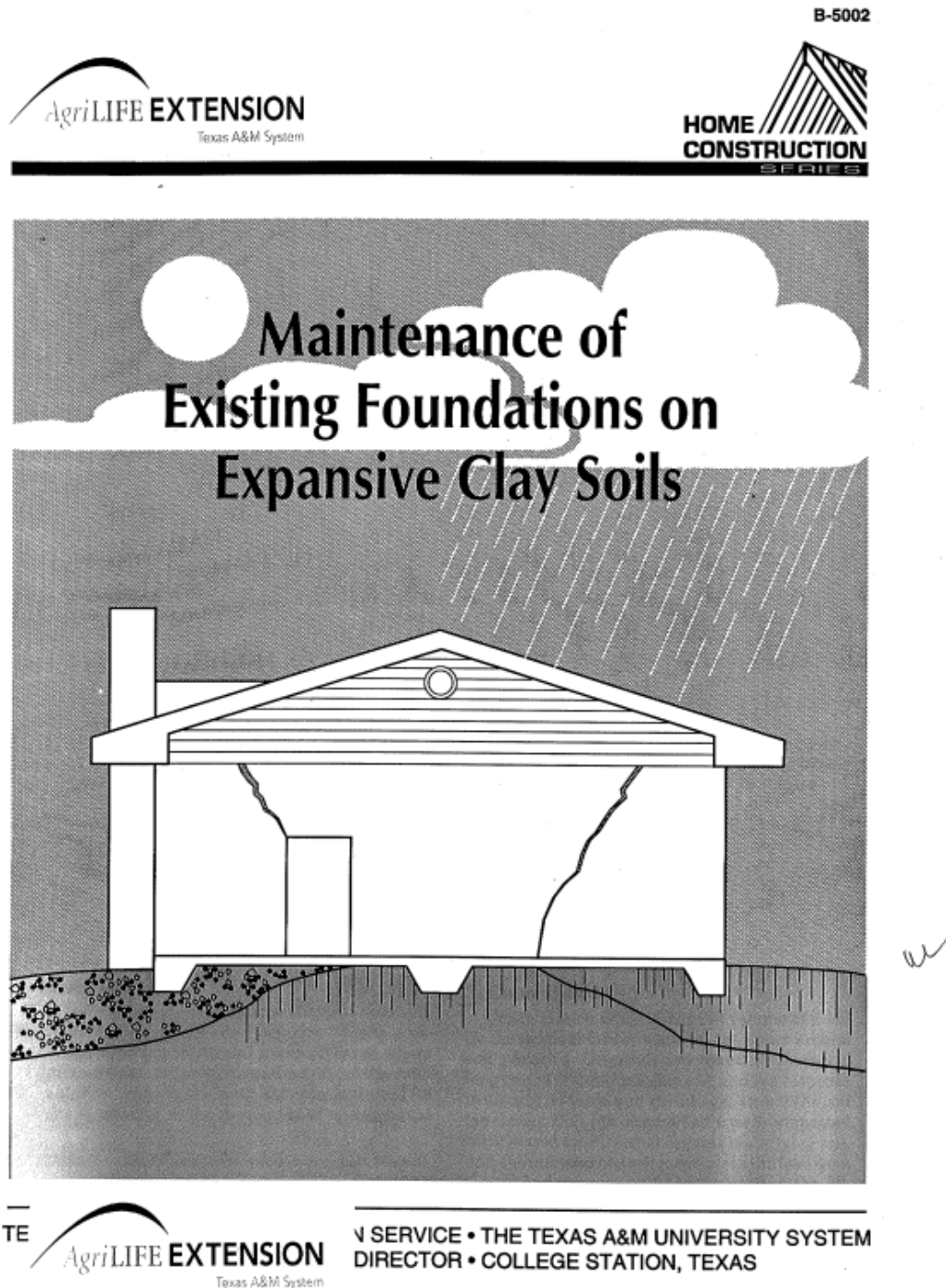


<https://www.qbcc.qld.gov.au/sites/default/files/2021-10/guide-preventing-structural-damage.pdf>

De norm voor vloerplaten en funderingen is vastgelegd in de AS 2870:2011. Australië kent zeven klassen van bouwlocaties ingedeeld op karakteristieke maaiveldbeweging. Op basis hiervan volgt een toepassing van funderingstype.

Texas

In Texas is ook veel informatie over krimp en zwel van klei beschikbaar. Het document *Maintenance of Existing Foundations on Expansive Clay Soils* bevestigt dat het stabiel houden van bodemvocht rondom de fundering van belang is. Het gaat ook in op het gegeven dat de omgeving rondom de fundering ook onderdeel is van het functioneren van de omgeving. En dat met inspectie, onderhoud en kleine maatregelen bodembewegingen voorkomen kunnen worden.



<https://theaustinhomeinspector.com/wp-content/uploads/2016/02/maintenance-of-existing-foundations-on-expansive-clay-soils.pdf>