

Procesmatige aanpak tunnellekkages

Handreiking voor beheerders

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Scope	5
1.2	Leeswijzer	5
2	Toelichting stroomschema	7
2.1	Preventieve maatregelen	7
2.2	Bekende faalmechanismen en oorzaken	7
2.3	Specifieke maatregelen per organisatie	8
2.4	Impact en urgentie bepalen	8
2.5	Veiligstellen	8
2.6	Situatie in beeld brengen	9
2.7	Lekkage oplossen/mitigeren	9
2.8	Nazorg	10
3	Beheer en monitoring	11
4	Aandachtspunten bij uitbesteding werkzaamheden	13
BIJLAGE A	Stroomschema	15
BIJLAGE B	Organisatie-specifieke informatie	16
	Colofon	18

1 Inleiding

Noot vooraf

Omdat de grootste lekkageproblemen zich doorgaans bij tunnels voordoen, beperkt de titel van deze handreiking zich tot tunnels en zal ook in het vervolg van de tekst over 'tunnels' worden gesproken. Steeds moet daarbij dan echter ook gedacht worden aan mogelijke toepassingen bij andere ondergrondse constructies. Ook beheerders van bijvoorbeeld parkeergarages of bouwputten kunnen hun voordeel doen met de inhoud van deze handreiking.

Het is een bekend gegeven dat alle tunnels in zekere mate lekken, hebben gelekt of nog kunnen gaan lekken. In sommige gevallen is die lekkage dermate groot dat er iets aan gedaan moet worden. Daarom is kennis omtrent de techniek van het signaleren en aanpakken van lekkages, gecombineerd met de juiste objectkennis, van groot belang. In de praktijk blijkt echter dat bij beheerders en onderhoudsaannemers van tunnels niet altijd voldoende kennis aanwezig is van het object en van technieken om lekkages in tunnels te signaleren en aan te pakken. Vaak heeft dit te maken met het feit dat beheerders en aannemers gericht zijn op de installaties in de tunnels, die doorgaans ook meer onderhoud vergen dan de civiele constructie. Daarnaast is, door organisatorische ontwikkelingen, veelal onvoldoende historische kennis van de civiele constructie aanwezig en zijn ervaringen uit het verleden vaak niet geborgd en is er sprake van onvolledige archieven.

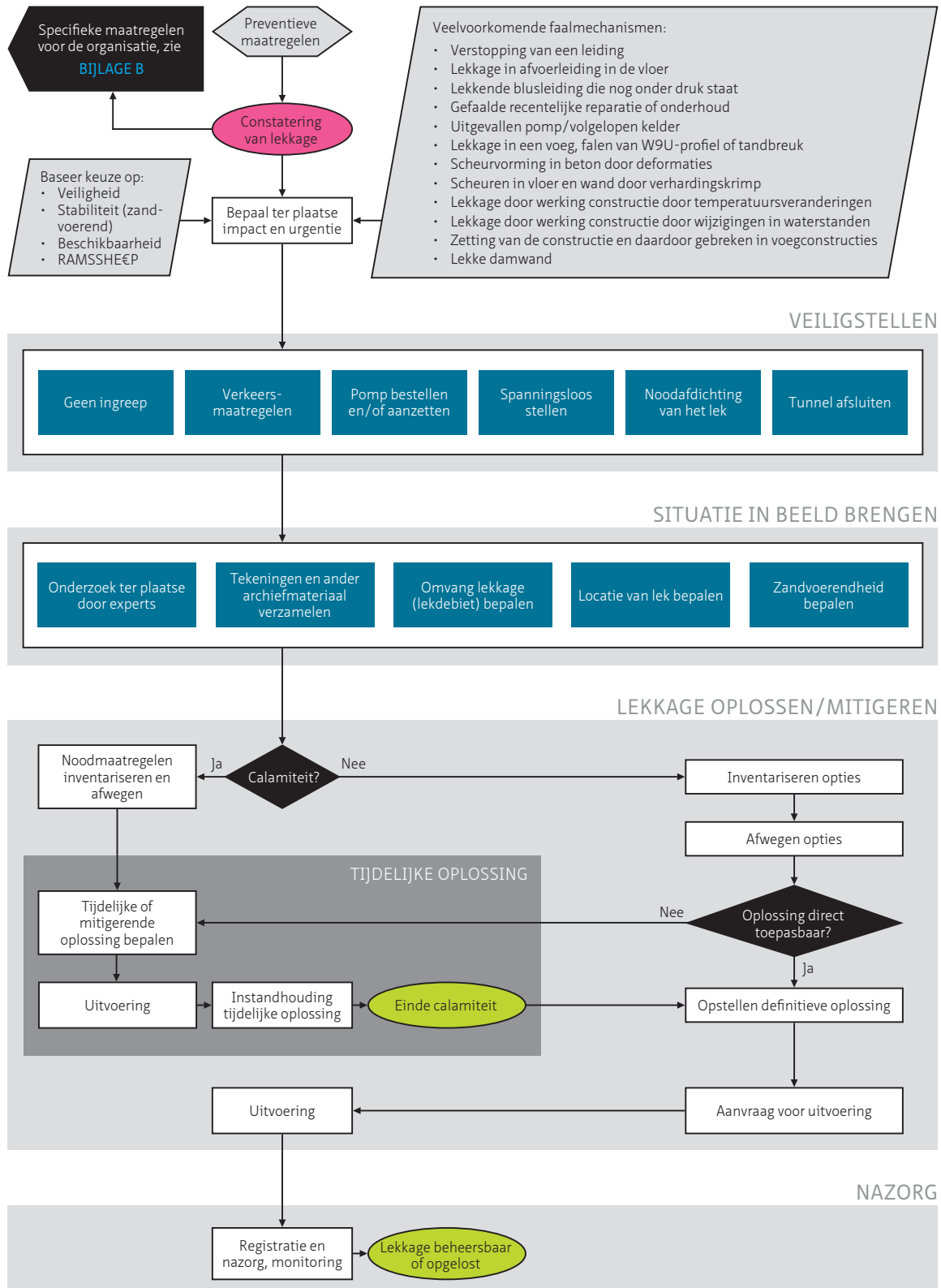
Met deze handreiking wordt beoogd tunnelbeheerders te ondersteunen die met vragen rondom tunnellekkages worden geconfronteerd. Uiteraard kan het probleem van ontbrekende gegevens met deze handreiking niet worden opgelost, maar door het gebruiken van deze handreiking kan wel voorkomen worden dat beheerders die met lekkages te maken krijgen, onvoldoende zijn voorbereid en niet weten wat de beste benadering van het probleem is.

1.1 Scope

Deze handreiking beperkt zich tot de procesmatige aanpak van lekkages in het algemeen en gaat niet inhoudelijk in op injectietechnieken die vaak worden ingezet om lekkages te verhelpen. Daarvoor wordt verwezen naar het rapport *Lekkage in tunnels* dat in 2008 is opgesteld door Leo Leeuw ter gelegenheid van zijn afscheid van de toenmalige Bouwdienst Rijkswaterstaat. In dat document worden ervaringen met lekkages in tunnels beschreven en wordt uitgelegd hoe een groot aantal lekkages in technisch opzicht is aangepakt. De ervaringen zijn niet uitgewerkt tot een volledige handleiding, maar geven een goed overzicht van wat mogelijk is. Binnenkort wordt bovendien een vervolg gepubliceerd met ervaringen van Leo Leeuw in de periode 2009-2017. U vindt de twee rapporten op de kennisbank van het COB: www.cob.nl/kennisbank.

1.2 Leeswijzer

De kern van deze handreiking is een stroomschema. In [HOOFDSTUK 2](#) wordt dit schema per blok beschreven. Grofweg wordt de tijdlijn gevolgd van constatering tot oplossen van de lekkage. [HOOFDSTUK 3](#) gaat in op beheer en monitoring en het voorkomen van lekkages. [HOOFDSTUK 4](#) sluit af met aandachtspunten bij marktbenadering voor de uitbesteding van werkzaamheden. Het stroomschema is nogmaals opgenomen in [BIJLAGE A](#), zodat het dubbelzijdig afgedrukt kan worden met [BIJLAGE B](#): een invulschema voor gegevens die specifiek zijn voor de eigen organisatie.



Figuur 2.1 / Het stroomschema, zie ook BIJLAGE A.

2 Toelichting stroomschema

2.1 Preventieve maatregelen

Om gesteld te staan bij een lekkage is het vereist om een aantal zaken al geregeld te hebben:

- De beheerder kent de contractuele situatie bij een lekkage. Is het beheer en de instandhouding belegd bij een andere partij of moet hij het zelf aansturen en oplossen?
- Het onderhoud met betrekking tot de meest voorkomende oorzaken en faalmechanismes is op orde:
 - Pompputten en leidingen schoonhouden en werking regelmatig verifiëren.
 - Pompen in goede betrouwbare conditie houden, of anders back-up paraat hebben.
- Er is voldoende (reserve) pompcapaciteit ten behoeve van bergingscapaciteit. Toelichting: waterlekkage wordt over het algemeen steeds groter, pompcapaciteit blijft gelijk.
- Tekeningenarchief is op orde en direct digitaal toegankelijk (voornamelijk voegdetails mootvoegen, ligging riool en paallocaties in toeritten).
- Productgaranties zijn bekend.
- Er is een overzicht van de calamiteitenprocedure bij de eigen beheerorganisatie met namen en telefoonnummers van crisismanagers, calamiteitenadviseurs, beslissingsbevoegdheden voor herstelmaatregelen, etc.
- Belangrijke telefoonnummers zijn binnen handbereik; telefoonnummers van vooraf geverifieerde personen/organisaties die bijdragen aan de oplossing van de lekkage, zoals:
 - Onderhoudsaannemer
 - Waterpompleverancier/-verhuurder
 - Specialisten tunnelbouw
 - Specialistische injectiebedrijven

2.2 Bekende faalmechanismen en oorzaken

In de rechterbovenhoek van het schema zijn de meest voorkomende oorzaken van wateroverlast benoemd. Door deze direct na de constatering van de lekkage langs te lopen, kunnen de 'eenvoudige' oplossingen snel toegepast worden. De faalmechanismen zijn hieronder genoemd, met als eerste de set mechanismen die normaliter voorkomen kunnen worden door onderhoud te plegen.

- Verstopping van een leiding.
- Lekkage in afvoerleiding in de vloer.
- Lekkende blusleiding die nog onder druk staat.
- Gefaalde recentelijke reparaties of recent gepleegd onderhoud.
- Uitgevallen pomp/volgelopen kelder.
- Lekkage in een mootvoeg, bijvoorbeeld falen van de W9U-voegstrook of tandbreuk (in de tand van een mootvoeg bij zinktunnels). Door zettingen van alle moten te monitoren, kan worden voorspeld of/dat een tandbreuk optreedt.

Faalmechanismes die niet of nauwelijks te voorspellen zijn:

- Scheurvorming in beton door deformaties.
- Scheuren in vloer en wand door verhardingskrimptijdens bouw.
- Lekkage door werking in de constructie als gevolg van temperatuursverandering. Uitingen van dit mechanisme zijn scheuren in beton, falen dilatatieprofielen, stukgaan leidingen, etc.

- Lekkage door werking in de constructie als gevolg van wijzigingen in waterstanden. Uitingen van dit mechanisme zijn scheuren in beton, falen dilatatieprofielen, stukgaan leidingen, etc.
- Zetting van de constructie en daardoor gebreken in voegconstructies.
- Lekke damwand.

De uitdaging bij het bepalen van de oorzaak is om de grondoorzaak te vinden. Bijvoorbeeld: een scheur in het beton is de oorzaak van de lekkage. Maar waardoor is de scheur ontstaan? Om de juiste herstelmaatregel te kiezen, is die informatie benodigd. Is het onderliggende profiel niet ook gescheurd? Of zit bijvoorbeeld de afvoer verstopt waardoor het water over de weg stroomt, en valt de scheur eigenlijk wel mee?

2.3 Specifieke maatregelen per organisatie

Uiteraard zullen niet alle beheerders op dezelfde manier hun interne proces organiseren als het gaat om lekkages in tunnels. Hiervoor is [BIJLAGE B](#) toegevoegd aan deze handreiking, waarin beheerders hun eigen proces kunnen beschrijven. Bijvoorbeeld door afdelingen en personen van de eigen organisatie te vermelden met wie beheerders contact moeten zoeken alvorens externe partijen in te schakelen. Feitelijk is dat een organisatie-eigen handelingsprocedure.

2.4 Impact en urgentie bepalen

Na constatering van de lekkage wordt door de beheerder een eerste inschatting gemaakt van de situatie, en zo nodig worden direct maatregelen ingezet om de veiligheid te garanderen en de situatie beheersbaar te maken. Bij de beoordeling van de situatie worden de volgende aspecten meegenomen in de beoordeling:

- Wat is de impact van de lekkage op de veiligheid?
- Wat zijn de gevolgen ten aanzien van beschikbaarheid voor de gebruikers?
- Beeldvorming lekkage:
 - Debiet: druppelvorm, stromend water, spuitend water.
 - Locatie: vloer, wand, dak, ter plaatse van voeg.
 - Ernst: wel of niet zandvoerend.
- Wat is de impact op installaties?
- Wat is de impact op brandwerende platen (sommige types kunnen niet tegen vocht)?
- Wordt de stabiliteit van de constructie aangetast?
 - Zandvoerend lek (indicator).
 - Zichtbare verplaatsing van een constructiedeel (faalmechanisme opgetreden).

2.5 Veiligstellen

Aan de hand van de eerste analyse worden maatregelen genomen. Verschillende vormen zijn mogelijk, afhankelijk van de beoordeling of het een calamiteit is.

Als er geen sprake is van een calamiteit, is er ook geen acute actie nodig: er is geen veiligheidsissue voor gebruikers, er zijn geen nadelige gevolgen voor de constructie, de situatie is beheersbaar. In dit geval is het wel nodig om een proces in gang te zetten om de lekkage permanent op te lossen.

Is de veiligheid wel in het geding, dan kunnen de volgende maatregelen worden genomen:

- Verkeersmaatregelen: rijstroken afsluiten/snelheidsbeperking/spoor buiten dienst.
- Pompen bestellen en/of aanzetten.
- Spanningsloos stellen.
- Noodafdichting van het lek.
- Tunnel afsluiten.

Naast deze praktische maatregelen is het ook noodzakelijk om een interne calamiteiten-procedure te starten en deskundigen samen te roepen.

2.6 Situatie in beeld brengen

Het doel van deze stap is het vaststellen van de ernst van de situatie en het bepalen van de oorsprong van de lekkage. Hiertoe worden zo nodig experts betrokken die ervaring met deze situaties hebben. Deze kunnen van de eigen organisatie zijn, of van een extern deskundige partij.

Om snel tot een goede analyse te komen, zijn de volgende aspecten van belang:

- Mogelijkheid van onderzoek ter plaatse door experts, bijvoorbeeld door rijbaan- of rijstrookafsluiting en inzet van een hoogwerker.
- Relevant archiefmateriaal is beschikbaar:
 - Tekeningen
 - Locatie (mootnummer)
 - Recent uitgevoerde werkzaamheden
 - Overzicht van reeds genomen maatregelen
- Inschatting van hoeveelheid water (debiet). Een lek met een groot debiet (spuiter) vraagt om andere maatregelen dan een klein stroompje water. Hoe beïnvloedt het lekwater de rest van de tunnel? Gaan er installaties/onderdelen storen (korte termijn) of komt er een corrosieproces op gang (lange termijn)?
- Locatie van het lek bepalen. Een lek boven de weg is onhandig; een lekkage bij een kabelgoot kan verregaande gevolgen hebben.
- Is het lek zandvoerend? Bij een zandvoerend lek wordt de directe omgeving/de ondersteuning van de tunnel weggespoeld. Hoeveel zand spoelt er dan ongeveer weg, en waar komt het vandaan? Welke impact heeft het op stabiliteit van de tunnel?

Het uiteindelijke doel van deze exercitie is een zo volledig mogelijk beeld te krijgen van de lekkage, de oorzaak en de aanleiding, en eventueel de escalatie daarvan. Daarnaast is er bevestiging nodig dat de situatie beheersbaar blijft.

2.7 Lekkage oplossen/mitigeren

Deze stap richt zich op een oplossing om het lek te dichten. Gestart wordt met het inventariseren van de mogelijke oplossingsrichtingen. Bij een urgente lekkage wordt de meest geschikte beheersmaatregel zo spoedig mogelijk gerealiseerd. Hierbij is het van belang dat in de korte beschikbare tijd toch op basis van voldoende deskundigheid wordt vastgesteld wat de meest geschikte beheersmaatregel is. Bij twijfel moeten onomkeerbare maatregelen worden vermeden. Ook moet de maatregel beheerst en zorgvuldig worden uitgevoerd.

Voor niet-urgente lekkages is tevens een pad ingericht voor tijdelijke herstelwerkzaamheden, omdat een definitieve maatregel soms niet direct uitgevoerd kan worden, vanwege bijvoorbeeld ongunstige omgevingscondities waardoor men geen duurzame reparaties kan uitvoeren. Tijdelijke maatregelen zijn dan nodig om tijd te winnen tot de definitieve herstelmaatregel kan worden uitgevoerd.

2.8 Nazorg

Nadat de definitieve maatregel is toegepast, moet de beschrijving hiervan zorgvuldig gearchiveerd worden in het onderhoudsarchief van de desbetreffende tunnel. Tevens is er nazorg nodig. Enerzijds om te controleren dat de herstelmaatregel effectief is geweest, anderzijds om te voorkomen dat het fenomeen weer opnieuw opspeelt. Het is aan te bevelen hier tijdens reguliere inspecties gerichte aandacht aan te besteden. Bij voorkeur wordt de opgedane kennis ook branche-breed gedeeld, bijvoorbeeld via het COB.

3 Beheer en monitoring

In het kader van preventie en nazorg vervult monitoring een belangrijke rol.

Monitoring van tunnels moet worden gezien als een onderdeel van het beheer en onderhoud van een tunnel. Hieronder staan vijf parameters die vaak geschikt zijn voor geautomatiseerd monitoren, en die een waarschuwingfunctie voor het optreden van lekkages (of lekkagetoenames) kunnen vormen. Ook na het uitvoeren van reparaties is aandacht voor monitoring van belang.

1. Voertuigaantallen, in het bijzonder zware vrachtauto's (vanwege de kans op cyclische verdichting van onderspoelzand).
2. Pompdebieten van de verschillende pompkelders (dagelijks). Verandering van het debiet aan afgepompt lekwater is een indicator voor toename van lekkage. Dit kan worden geëvalueerd tegen mogelijke andere externe oorzaken en de gemeten neerslag intensiteiten.
3. Zettingen van de tunnelmoten; primair op de vier hoekpunten (in x-, y-, z-richting) van een moot in de tijd, bij voorkeur jaarlijks (rond dezelfde datum), na verloop van tijd afhankelijk van de zettingontwikkeling. Meet ook onderlinge afstanden tussen meetbouten aan beide zijden van de voeg (voegwijdte en hoogteverschil).
4. Granulaire afdekking boven de tunnel. In principe conform het Handboek Tunnelbouw¹ tenzij er bijzondere situaties zijn met betrekking tot het verticaal evenwicht van de tunnel (zoals het geval is bij de Zeeburgertunnel).

Bovengenoemde vier punten worden gezien als de belangrijkste algemene zaken voor monitoring, waarvan sterk wordt geadviseerd om deze bij alle afgezonken tunnels te monitoren. Indien relevant kan de volgende omgevingsparameter ook gemonitord worden:

5. (Grond)waterstanden rondom het object.

Het bijhouden van een logboek van een tunnel, waaronder wordt verstaan het vastleggen van bijzondere gebeurtenissen, zou standaard onderdeel moeten zijn van de werkzaamheden van de beheerder van een tunnel. Daarbij inbegrepen het vastleggen van onderhoudsmaatregelen die zijn genomen en onderhoudsingrepen die zijn uitgevoerd aan de tunnel; in het bijzonder als deze van invloed zijn op het systeem van de tunnel. Bijvoorbeeld als er afvoergoten onder de voegen in het plafond zijn aangebracht of drainage bij voegen onder het asfalt die direct op het riool lozen. Lekkage is dan voor de beheerder niet direct meer waarneembaar; ook niet bij een visuele inspectie.

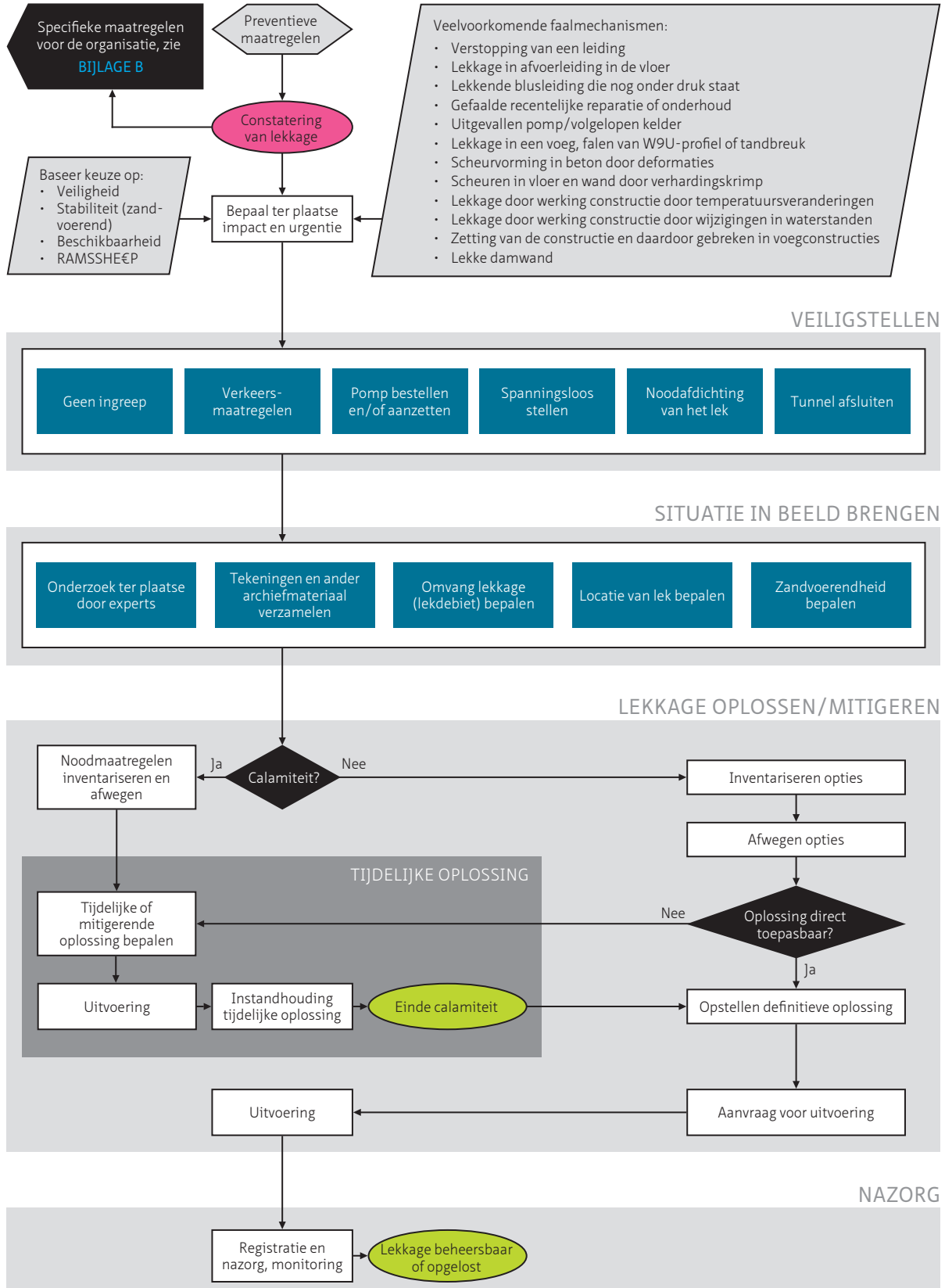
¹ www.handboektunnelbouw.nl

4 Aandachtspunten bij uitbesteding werkzaamheden

Het succesvol laten uitvoeren van een reparatie wordt bevorderd als de volgende aandachtspunten voldoende in ogenschouw genomen worden.

- Volledige voorgeschiedenis van de lekkage meegeven. Aannemer kan zijn werkzaamheden dan afstemmen op de situatie.
- In uitvraag opnemen wat de gewenste minimale levensduur van te gebruiken materialen is. Bijvoorbeeld: een afvoer wordt vaak 'snel' gebouwd met voorhanden zijnde materialen, waarmee slechts een korte levensduur bereikt wordt en het probleem weer snel terugkeert.
- Bij injectie van voegen:
 - Aantoonbare ervaring van aannemer met lekkagedichting van voegen in vergelijkbare constructies en omstandigheden.
 - Mogelijkheid van maatregelen ter voorkoming van stilstand werkzaamheden door aannemer; beschikbaarheid van o.a. extra injectiepomp.
 - De technische werkwijze conform het rapport *Lekkage in tunnels* uit 2008 met bijbehorend deel II van Leo Leeuw (zie kennisbank COB).
- Bij afvoer van lekwater:
 - Bij het ontwerp van afvoer rekening houden met profiel van vrije ruimte en bestendigheid van materialen. Indien op voegen aangebracht: rekening houden met reiniging door middel van een borstelwagen.
 - Afvoer dusdanig ontwerpen dat bevroering van lekwater niet optreedt op plaatsen waar dit een risico geeft. Bijvoorbeeld: lekwater direct naar riool leiden en niet over het asfalt laten stromen.
- Bij uitvraag al eisen dat gewerkt wordt volgens een werkplan dat op details van de betreffende leklocatie gebaseerd is.
- In uitvraag opnemen dat uitgevoerde werkzaamheden gedetailleerd worden vastgelegd in een rapportage. Bijvoorbeeld: waar is wat geïnjecteerd?
- In uitvraag opnemen dat de milieuaspecten beheerst zijn.
- Proces: zorg dat de herstelmaatregel geverifieerd is vanuit meerdere personen/invallende hoeken.
- Proces: de opleverrapportage opnemen in het kwaliteitssysteem zodat het beschikbaar en traceerbaar blijft.
- Proces: controleren op verzekering van aannemer voor aanvang werkzaamheden.

Bijlage A Stroomschema



Bijlage B Organisatie-specifieke informatie

Algemeen	
Beheerder: naam, e-mailadres en telefoonnummer	
Onderhoudsaannemer: naam, e-mailadres en telefoonnummer	
Calamiteitenorganisatie en calamiteitenplan (evt. apart toevoegen)	
Calamiteitenprocedure met namen en telefoonnummers van betrokken contactpersonen, coördinatoren en managers	
Veiligstellen	
Leverancier tijdelijke verkeersmaatregelen: naam, e-mailadres en telefoonnummer	
Pompleverancier: naam, e-mailadres en telefoonnummer	
Informereren	
Direct-leidinggevende: naam, e-mailadres en telefoonnummer	
Directeur: naam, e-mailadres en telefoonnummer	
Stakeholders, beheerders aanliggende gemeentes, brandweer, politie, etc.	
Herstel	
Specialisten op het gebied van tunnelbouw (binnen of buiten de eigen organisatie): naam, e-mailadres en telefoonnummer	
Aannemer gespecialiseerd in herstel lekkages ondergrondse constructies: naam, e-mailadres en telefoonnummer	

Colofon

Dit is een uitgave van het Nederlands kenniscentrum voor ondergronds bouwen en ondergronds ruimtegebruik (COB).



De Bouwcampus, Van der Burghweg 1, 2628 CS Delft
Postbus 582, 2600 AN Delft
085 4862 410 • info@cob.nl • www.cob.nl

Auteurs (werkgroepleden)

Maarten van Riel, COB/Movares
Harry Dekker, Rijkswaterstaat
Jan Jonker, Movares
Jan Kloosterman, Nebest
Jaco Kreber, BAM
Patrick Wolfs, Soil-ID

Eindredactie en opmaak

Marije Nieuwenhuizen, COB/Gryffin

Publicatiedatum

Januari 2018

Coverfoto

Monochrome, hand, finger, water - via PIXNIO

Downloaden

Deze publicatie is gratis te downloaden via www.cob.nl/kennisbank.

Hergebruik

Teksten uit deze publicatie mogen vrij worden overgenomen, mits voorzien van een duidelijke bronvermelding. Voor hergebruik van figuren en foto's dient u vooraf toestemming te vragen van de aangegeven bronhouder. Als er geen bron is vermeld, dan geldt deze publicatie als bron.

Het COB en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van de uitgave. Toch moet niet worden uitgesloten dat er fouten of onvolledigheden in voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker. Het COB sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens, tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grove schuld zijdens het COB en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

Handreiking voor beheerders

Procesmatige aanpak tunnellekkages

Het is een bekend gegeven dat alle tunnels in zekere mate lekken, hebben gelekt of nog kunnen gaan lekken. In sommige gevallen is die lekkage dermate groot dat er iets aan gedaan moet worden. Met deze handreiking wordt beoogd tunnelbeheerders te ondersteunen die met vragen rondom tunnellekkages worden geconfronteerd.

De kern van deze handreiking is een stroomschema. Grofweg wordt de tijdlijn gevolgd van constatering tot oplossen van de lekkage. De handreiking biedt onder meer informatie over preventieve maatregelen, bekende faalmechanismen en gevolgen, maatregelen om de situatie veilig te stellen en methoden voor het in kaart brengen van de situatie. Daarnaast wordt ingegaan op beheer en monitoring. De handreiking sluit af met aandachtspunten bij marktbenadering voor de uitbesteding van werkzaamheden.

Deze handreiking beperkt zich tot de procesmatige aanpak van lekkages in het algemeen en gaat niet inhoudelijk in op injectietechnieken die vaak worden ingezet om lekkages te verhelpen. Door het gebruiken van deze handreiking kan wel voorkomen worden dat beheerders die met lekkages te maken krijgen, onvoldoende zijn voorbereid en niet weten wat de beste benadering van het probleem is. Ook beheerders van bijvoorbeeld parkeergarages of bouwputten kunnen hun voordeel doen met de inhoud van deze handreiking.