



Staatstoezicht op de Mijnen
Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

De integriteit en nazorg van buiten gebruik gestelde olie- en gasputten in Nederland op land

Staatstoezicht op de Mijnen

Inhoudsopgave

1. Samenvatting.....	5
2. Inleiding.....	6
3. Doel van dit rapport.....	6
4. Buiten gebruik gestelde putten op land.....	7
4.1. Geologie.....	7
4.2. West Nederland bekken.....	8
4.3. Moerasgas en brongas en de aanwezigheid van methaan in het grondwater.....	9
4.4. Gasmigratie in de ondergrond en bodem.....	10
4.5. Puttypes.....	11
4.6. De aanleg van olie- en gasputten.....	12
4.7. De bescherming van grondwater.....	13
4.8. Het gebruik van olie- en gasputten.....	14
4.9. Het buiten gebruik stellen en verlaten van olie- en gasputten.....	14
5 Afsluitingen van verlaten putten.....	16
5.1 Hoe migreert aardgas naar de bovengrond?.....	16
5.2 Hoe ontstaan migratiepaden?.....	17
5.3 Hoeveel aardgas kan er via een migratiepad naar boven migreren?.....	18
5.4 Natuurlijke afsluiting van migratiepaden door gesteente.....	18
5.5 Liftgas.....	18
6 Methaanlekkages van buiten gebruik gestelde putten op land.....	19
6.1 Onderzoeken.....	19
6.2 Pluimmetingen ECN 2017.....	19
6.3 Onderzoek Universiteit van Utrecht 2017.....	19
6.4 Monster 2 2018.....	19
6.5 RIVM-onderzoek 2018.....	20
6.6 Gasmetingen in Rijswijk en Ridderkerk 2018 en 2019.....	21
6.7 Gasmetingen in IJsselmonde 2021.....	21
6.8 Wetenschappelijk onderzoek naar de langetermijn integriteit van afsluitingen 2021.....	22
6.9 Ontwikkeling Leidraad gasmetingen TNO 2018 en 2019.....	22
6.10 Berkel olieveld 2013-2022.....	23
6.11 Conclusies.....	23
7 De effecten van een aardgaslekkage.....	25
7.1 Algemeen.....	25
7.2 Veiligheid.....	25
7.3 Gezondheid.....	25
7.4 Milieu – bodemverontreiniging.....	26
7.5 Milieu – klimaat.....	26
7.6 Verzilting van grondwater door lekkage van zoutwater.....	26

8.	De nazorg van buiten gebruik gestelde putten op land	27
8.1.	<i>Algemeen</i>	27
8.2.	<i>Wettelijk kader.....</i>	27
8.2.1.	<i>Zorgplicht.....</i>	27
8.2.2.	<i>Nazorg</i>	28
8.3.	<i>Nazorg systeem voor buiten gebruik gestelde putten</i>	29
8.4.	<i>Verantwoordelijkheden in het voorgestelde nazorgsysteem.....</i>	30
8.5.	<i>Technische en geologische risicofactoren.....</i>	31
8.6.	<i>De categorisering van verlaten putten</i>	31
8.7.	<i>Gasdetectie en bepaling grootte emissie.....</i>	33
8.7.1.	<i>Algemeen.....</i>	33
8.7.2.	<i>TNO Leidraad voor gasmetingen.....</i>	34
8.7.3.	<i>Gasdetectie voor categorie 0-putten.....</i>	34
8.7.4.	<i>Gasdetectie voor categorie I-putten.....</i>	34
8.7.5.	<i>Gasdetectie voor categorie II-putten.....</i>	34
8.7.6.	<i>Gasdetectie voor categorie III- en IV-putten.....</i>	34
8.8.	<i>Risicoanalyse en evaluatie</i>	35
8.9.	<i>Beheersmaatregelen.....</i>	35
8.9.1.	<i>Algemeen.....</i>	35
8.9.2.	<i>Bowtie - veiligheid</i>	35
8.9.3.	<i>Bowtie voor een aardgaslekkage in een gebouw - gezondheid</i>	36
8.9.4.	<i>Bowtie voor een aardgas lekkage - bodemvervuiling.....</i>	37
8.9.5.	<i>Bowtie voor een aardgas lekkage - klimaat</i>	37
8.9.6.	<i>Afwegingen bij het nemen van beheersmaatregelen.....</i>	37
9.	Conclusies en aanbevelingen.....	39
10.	Literatuur.....	41
	Bijlage 1 Categorie I, II en III buiten gebruik gestelde putten.....	42
	Bijlage 2 Afwijkende annulaire drukken	49
	Bijlage 3 Wettelijk kader putintegriteit en het buiten gebruik stellen van putten	51
	Bijlage 4 Methaanemissies in de wereld en in Nederland.....	53
	Bijlage 5 Risicofactoren voor emissie uit een verlaten put	56
	Bijlage 6 Bowtie-analyses voor een aardgaslekkage uit een verlaten put	57
	Bijlage 7 Stappenplan voor decentrale overheden.....	59

1. Samenvatting

In Nederland zijn sinds 1943 in totaal zo'n 3.500 olie- en gasputten geboord op land. Het boren van zo'n put zorgt voor een eeuwigdurende verstoring in de diepe ondergrond, die ook nadat de winning is gestopt en de put is afgesloten nog gevolgen kan hebben boven de grond. Het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) heeft daarom nader onderzocht welke effecten dit kunnen zijn en hoe deze in de gaten moeten worden gehouden.

Van deze 3.500 putten zijn circa 1.430 putten buiten gebruik gesteld en dit aantal zal de komende jaren sterk groeien als gevolg van de afbouw van olie- en gaswinning op land. Het gaat in dit rapport om veiligheidsrisico's en het daarbij horend handelingsperspectief, die zich kunnen voordoen nadat een gas- of olieput buiten gebruik is gesteld. Het handelingsperspectief heeft tot doel om deze risico's te evalueren en te beheersen, zodat het toekomstige gebruik van de locaties waar deze putten zich bevinden op veilige wijze kan geschieden.

Het onderliggende rapport geeft een uitgebreide weergave van de verschillende aspecten die een rol spelen bij de integriteit van buiten gebruik gestelde putten in de Nederlandse ondergrond. Alle olie- en gasputten worden buiten gebruik gesteld volgens de relevante Mijnbouwwet- en regelgeving. SodM houdt daar toezicht op. Daarnaast verricht SodM onafhankelijk onderzoek en doet aanbevelingen vanuit haar reflectief toezichtsperspectief. Dit rapport doet aanbevelingen aan de ministeries van EZK en BZK, TNO en de mijnbouwondernemingen om het hier voorgestelde nazorgsysteem nader uit te werken en te borgen in de wetgeving.

Conclusie

Dit rapport toont aan dat sommige buiten gebruik gestelde putten op land in Nederland methaan kunnen lekken. Dit kan het gevolg zijn van een ondeugdelijke afsluiting van een put, en/of migratie van het in de ondergrond en bodem aanwezige gas. Uit de verschillende onderzoeken van buiten gebruik gestelde putten is gebleken dat de gemeten methaanemissies in Nederland miniem zijn, en dat de veiligheidsrisico's daarvan beheersbaar zijn door het tijdig nemen van mitigerende maatregelen zoals afstand houden tot een put of methaanemissie, tot ventilatie van kruipruimtes en gasdichte vloeren.

Methaan is een broeikasgas dat niet toxisch is, en in de atmosfeer en grondwater in Nederland van nature aanwezig is. Omdat methaan in bepaalde concentraties in de atmosfeer explosief kan zijn, is het van belang om het risico van methaanophoping te kennen wanneer er sprake is van bebouwing of plannen daarvoor, boven een potentiële methaanemissie. Hoewel er in Nederland geen gevallen bekend zijn waarbij een explosie in bebouwing heeft plaatsgevonden die veroorzaakt werd door lekkage van putten, is dat wel bekend als gevolg van lekkende aardgasleidingen in bebouwing.

Een evaluatie van de technische en geologische risicofactoren van alle buiten gebruik gestelde putten op land gaf vervolgens aan dat de kans op een methaanemissie in Zuid-Holland hoger is dan in andere delen van Nederland.

Decentrale overheden en grondeigenaren die buiten gebruik gestelde putten en voormalige winningslocaties op hun grondgebied hebben, moeten zich tijdig bewust zijn van de eventuele veiligheidsrisico's die ontstaan bij het gebruik van die locaties voor bebouwing. Daardoor kan voorkomen worden dat deze risico's pas op het laatste moment aan het licht komen, wanneer met de bouw gestart wordt, en geen rekening is gehouden met eventueel benodigde mitigerende maatregelen.

Nadat een put en winningslocatie buiten gebruik gesteld zijn, gaat het toezicht daarop over van SodM naar de gemeente of provincie. De eventuele risico's van lekkage van buiten gebruik gestelde putten en/of van nature aanwezige gas migratie werden tot recentelijk niet geëvalueerd en bleven buiten beeld van de gebruikers van deze locaties. SodM stelt een risicogestuurd nazorgsysteem voor buiten gebruik gestelde putten voor, dat belanghebbenden in staat stelt om tijdig beslissingen én beheersmaatregelen te nemen over de bestemming en inrichting van voormalige winningslocaties.

In Nederland zijn nog geen normen voor methaanemissies bij buiten gebruik gestelde putten ontwikkeld. Er is ook nog geen beleid voor het bouwen op voormalige olie- en gaswinningslocaties. De huidige norm voor lekkages van lage druk-aardgassystemen in woningen wordt hier gebruikt zodat de bouw van een woning boven deze norm niet mogelijk is zonder verdere beheersmaatregelen.

Het voorgestelde nazorgsysteem bestaat uit een inventarisatie van alle buiten gebruik gestelde putten op land, een evaluatie van de technische en geologische risicofactoren, een indeling in risicocategorieën, een procedure voor gasdetectie en methaanemissiebepaling, risico-evaluatie van een vastgestelde emissie, en beheersmaatregelen die genomen kunnen worden. De te nemen beheersmaatregelen moeten ervoor zorgen dat de veiligheidsrisico's zo klein als redelijkerwijs mogelijk blijven.

2. Inleiding

De olie- en gaswinning is in Nederland in 1943 begonnen met de ontdekking van het Schoonebeek olieveld. Op land zijn sindsdien ruim 3.000 olie- en gasputten aangelegd. Daarvan zijn er nog zo'n 1.600 putten in gebruik. In 2020 waren 1.429 putten niet meer in gebruik en volgens de toen geldende wettelijke regels onder het toezicht van SodM afgesloten. Deze putten zijn buiten gebruik gesteld en noemt men verlaten putten. Nu de olie- en gaswinning wordt afgebouwd, zullen er meer putten buiten gebruik gesteld gaan worden. Deze putten worden volgens de nu geldende wettelijke regels buiten gebruik gesteld met een effectieve en duurzame afsluiting van de ondergrondse gassen en vloeistoffen, onder het toezicht van SodM.

Vanuit de maatschappij komen vragen over de integriteit van verlaten putten op land, en worden zorgen geuit over mogelijke lekkages. Het is van belang om hier onderscheid te maken tussen ondergrondse lekkages van verlaten putten en bovengrondse lekkages van de productielocatie waar deze putten deel van uit maakten. Een productielocatie bestaat in Nederland meestal uit meerdere putten, met installaties aan de oppervlakte om olie- en gasstromen te behandelen voor het verdere transport in onder- en bovengrondse pijpleidingen.

Dit rapport gaat niet in op historische vervuilingen van bovengrondse installaties, maar beperkt zich tot methaanemissies uit de putten. Als deze locaties in het verleden vervuild zijn geraakt als gevolg van olie lekkages, is dit waarschijnlijk het gevolg geweest van lekkages uit de bovengrondse leidingen en installaties.

3. Doel van dit rapport

SodM heeft, als toezichthouder op de Nederlandse mijnbouwsector, dit rapport vooral opgesteld voor de centrale en decentrale overheden die bebouwing en infrastructuur op locaties met buiten gebruik gestelde putten hebben of willen realiseren. Dit rapport geeft het belang aan van tijdige

aandacht voor de aanwezigheid van buiten gebruik gestelde putten, wat de risico's kunnen zijn van buiten gebruik gestelde putten, en met welke maatregelen deze risico's beheerst kunnen worden. Daarmee is een aanzet gegeven voor een nazorgstelsel voor buiten gebruik gestelde putten dat in wet- en regelgeving geborgd moet worden.

Centrale en decentrale overheden kunnen dit rapport gebruiken om bestemmingsplannen tijdig aan de hand van mogelijke risico's te evalueren en de ruimtelijke ordening eventueel af te stemmen. Het geeft hen een handelingsperspectief wanneer blijkt dat er zich verlaten putten bevinden onder of nabij (te plannen) bebouwde omgeving.

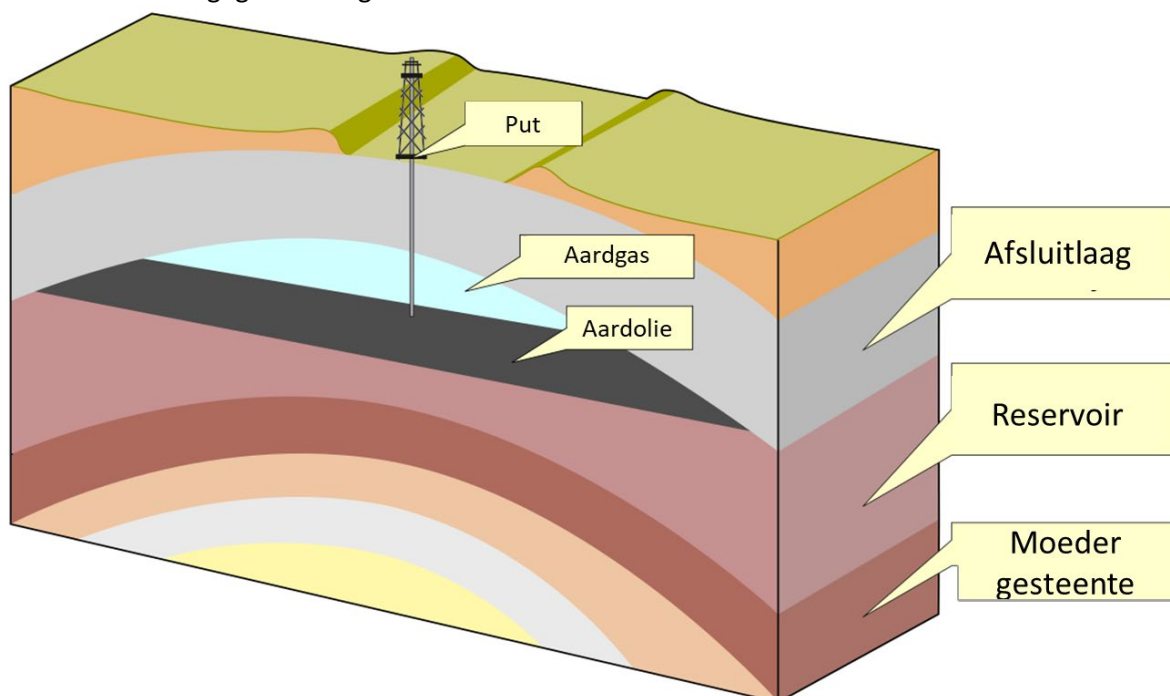
SodM heeft daartoe de risico's van verlaten gas- en olieputten geïnventariseerd, een methode ontwikkeld om methaan te detecteren, en mogelijke beheersmaatregelen in kaart gebracht.

4. Buiten gebruik gestelde putten op land

De volgende hoofdstukken geven een algemeen inzicht in de geologie van olie- en gasvoorkomens in de diepe ondergrond in Nederland, op welke wijze de putten zijn geconstrueerd en hoe deze na gebruik afgesloten en verlaten worden.

4.1. Geologie

Olie en aardgas komen in heel Nederland voor op dieptes variërend van 500 tot ca 3.500 m beneden het maaiveld. De olie- en gasvelden bestaan uit gesteentelagen waarin zich olie en/of aardgas bevinden, reservoirs genoemd, die zijn afgedekt door een niet doorlatend gesteente ofwel afsluitlaag. Uit het moedergesteente is olie en gas ontstaan, en naar de reservoirs gemigreerd. Dit is schematisch weergegeven in figuur 1.

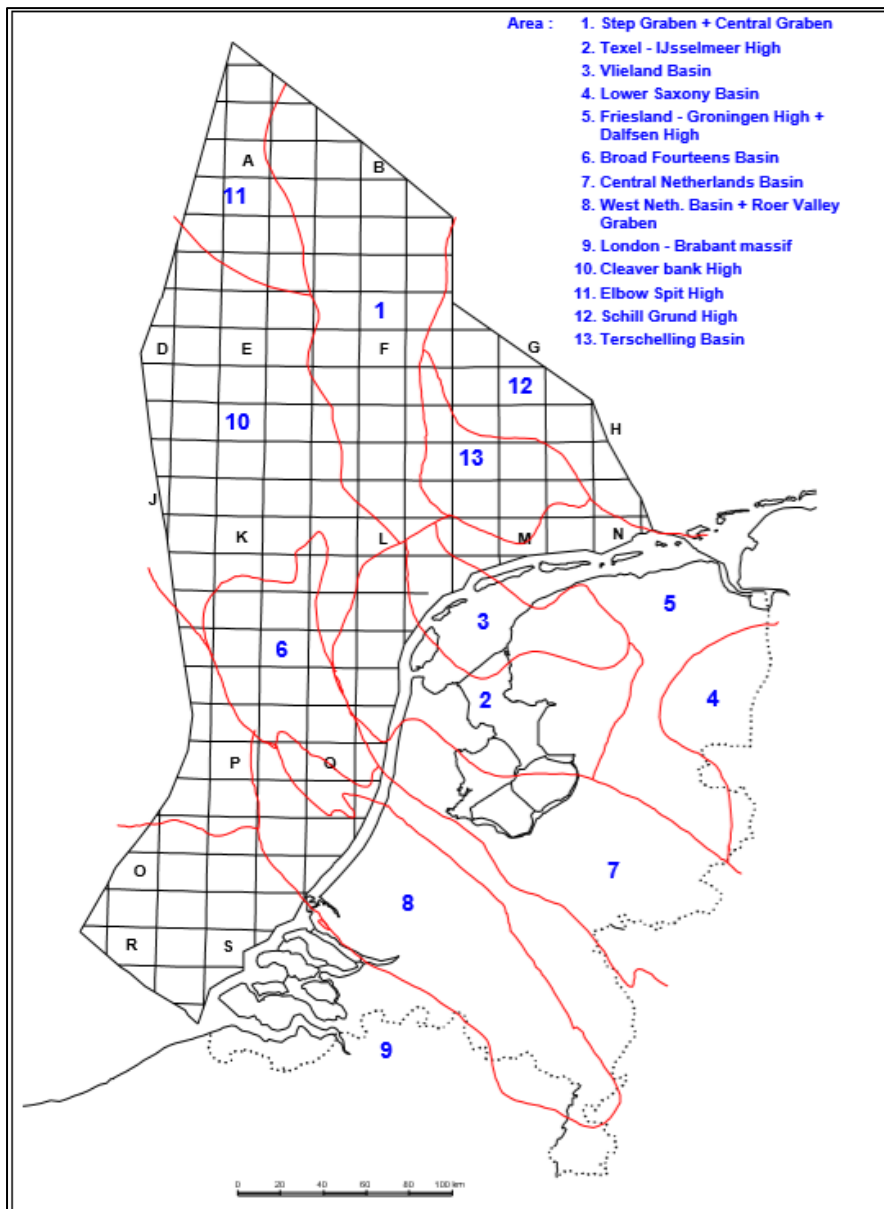


Figuur 1. Schematische weergave van een reservoir met aardgas en aardolie (bron: Wikimedia)

De olie- en gasvelden van Nederland liggen in gebieden met specifieke geologische kenmerken, ook wel geologische bekkens genoemd (Figuur 2). De geologie van Nederland is zeer divers en bestaat uit

13 verschillende geologische bekkens, ieder met een verschillende samenstelling en stapeling van gesteentesoorten en reservoirs. Daardoor kunnen reservoirs en putten uit het ene gebied niet zomaar vergeleken worden met die in andere gebieden.

Aardgas komt op land in alle geologische bekkens voor, terwijl olie voornamelijk in de West Nederland en Lower Saxony bekkens voorkomt. In het West Nederland bekken bevinden zich onder andere de olie- en gasvelden bij Rotterdam, Berkel, IJsselmonde, Delft, De Lier, Pijnacker, Zoetermeer, Monster en Wassenaar. In het Lower Saxony bekken bevindt zich onder meer het Schoonebeek olie- en gasveld.

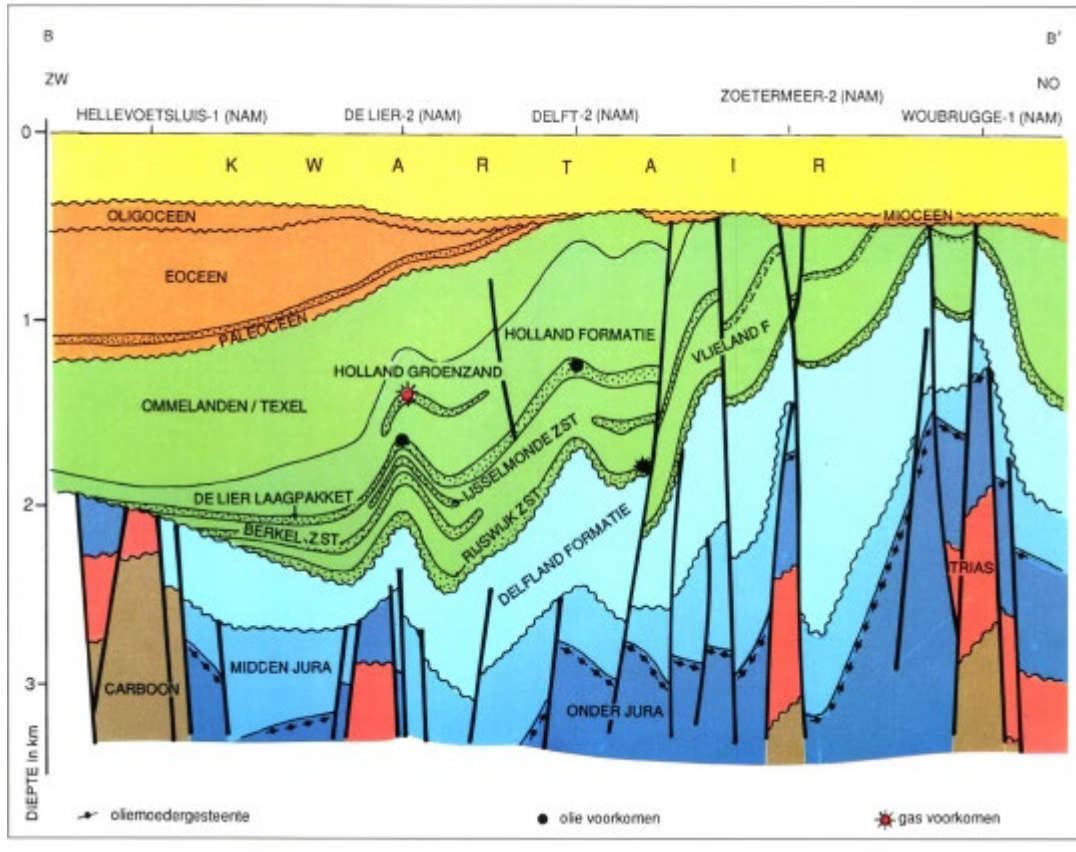


Figuur 2. De geologische bekkens in Nederland (bron: Geology of the Netherlands)

4.2. West Nederland bekken

In het West Nederland bekken is de geologie complex en gevarieerd. In de ondergrond bevindt zich een aaneenschakeling van zand, kalksteen en mergel, en kleifformaties. Uit de verschillende zand- en kalksteenformaties werd en wordt nog steeds olie en gas gewonnen, op dieptes tussen circa 500 m

en 2.500 m. In sommige gevallen wordt in de jongere ondiepe gesteentelagen van het Eoceen en Paleoceen, zoals de Dongen en Brussel zanden, ook aardgas aangetroffen. In IJsselmonde vond gaswinning plaats uit het Dongen zand op 521 m diepte. In figuur 3 is een geologische doorsnede gegeven van het West Nederland bekken, waarin de opbouw van de ondergrond te zien is.



Figuur 3. Een profiel van het West Nederland geologisch bekken in Nederland (bron: De diepe ondergrond van Noord en Zuid-Holland)

De afzettingen uit het Kwartair, Oligoceen, Eoceen en Paleoceen bevatten plantenresten waaruit methaan is ontstaan en dat in de afgelopen 65 miljoen jaar langzaam naar de oppervlakte migreerde.

Vanwege de ondiepe ligging van sommige aardgashoudende lagen die niet goed afgesloten konden worden en/of waar de afsluitlaag zwak is, is in het West Nederland geologisch bekken de kans op een aardgaslekkage groter dan elders in Nederland. Daarnaast kan natuurlijke migratie van methaan langs breuken en/of doorlatende gesteentelagen een rol spelen waardoor methaan in de ondergrond^{9,10} naar het maaiveld migreert. In figuur 3 zijn verschillende grote breuken zichtbaar, waarvan een aantal het Kwartair, Oligoceen en Paleoceen bereiken. Omdat het Kwartair geen goede afsluitlagen kent, zal methaan hier ook makkelijker kunnen migreren.

4.3. Moerasgas en brongas en de aanwezigheid van methaan in het grondwater

In Nederland komt methaan van nature voor in grondwater, in concentraties tot 120 mg/l^{9,10}. Het betreft dan biogeen methaan, ofwel [moerasgas](#) en [brongas](#) dat ontstaan is door afbraak van organisch materiaal in de bodem en de ondiepe ondergrond. De hoogste concentraties worden veroorzaakt door veenafzettingen omdat deze in de bodem dicht bij of onder het maaiveld liggen.

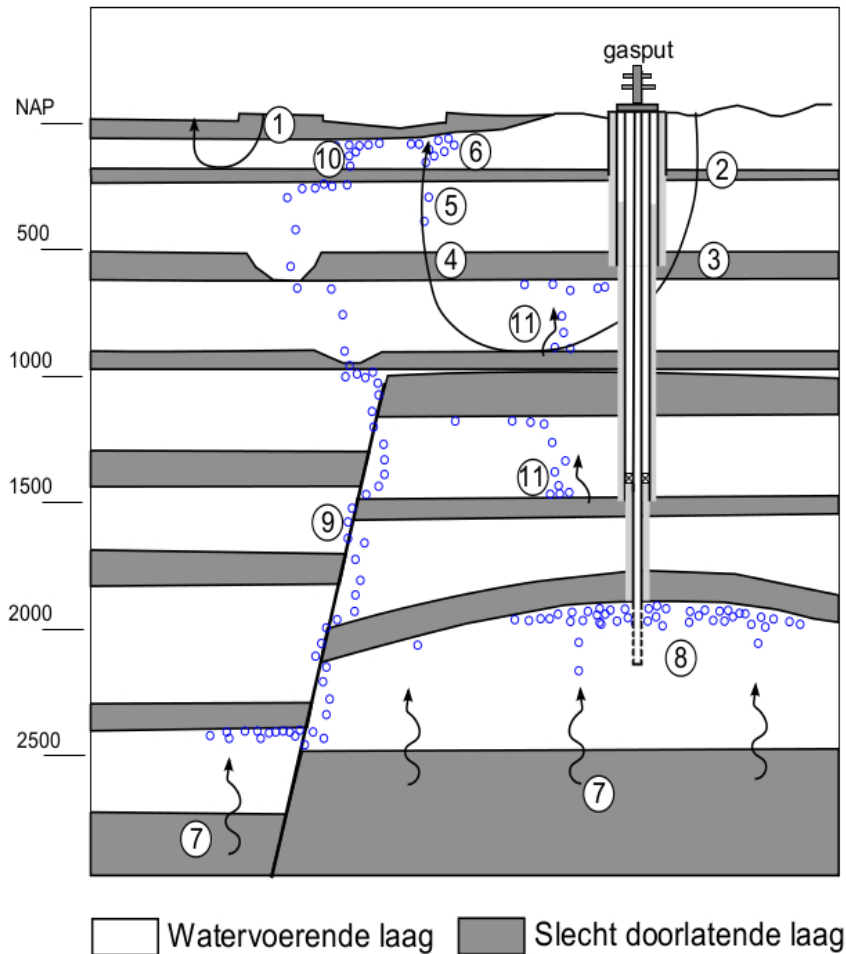
Methaan is oplosbaar in water en is niet schadelijk voor de bodem en het grondwater. Voor waterwinbedrijven is methaan in grondwater een bekend verschijnsel en dit heeft na zuivering geen invloed op de drinkwaterkwaliteit.

Methaan kan aan de oppervlakte komen in wellen, ofwel opwaartse grondwaterstromen, waaruit in de 19^e en 20^e eeuw vooral in de Noord- en Zuid-Hollandse polders uit duizenden putten methaan gewonnen werd. Dit werd brongas genoemd en werd gebruikt voor verlichting en verwarming. Sommige van deze installaties waren na 80 jaar nog steeds productief. Het methaan werd uit pleistocene zandlagen op een diepte van 20 m tot 80 m gewonnen, een goede bron zou 250 L methaan per uur kunnen produceren. Er bestaan nog enkele van deze installaties in Noord-Holland [brongas](https://edepot.wur.nl/10031) en <https://edepot.wur.nl/10031>.

Veen is een grondsoort die is opgebouwd uit gehumificeerd plantaardig materiaal. Deze natte, sponsachtige grondsoort is gevormd door afgestorven planten in moerassen en later bewaard gebleven onder natte, zuurstofarme omstandigheden. Normaal gesproken wordt dood plantenmateriaal snel afgebroken door de aanwezigheid van zuurstof en de werking van bacteriën. Vooral bij hoge temperaturen en droge omstandigheden gaat de afbraak snel. Bij zuurstofrijke afbraak ontstaan dan water en koolstofdioxide. Bij de afwezigheid van zuurstof treedt echter anaerobe afbraak op, waarbij methaan ontstaat. In natte en vochtige omstandigheden gaat de afbraak van plantenresten langzamer dan de ophoping, waardoor veenvorming optreedt.

4.4. Gasmigratie in de ondergrond en bodem

Methaan dat in de ondergrond en bodem is ontstaan, zal van nature naar de oppervlakte willen migreren^{9,10}. Dit is een natuurlijk proces dat gebeurt in doorlatende watervoerende gesteentelagen, door onderbrekingen in slecht doorlatende lagen, en langs breuken in het gesteente, zoals in figuur 4 is weergegeven.



Figuur 4. Migratie van methaan ethaan in ondiep Nederlands grondwater (bron: Methaan in ondiep Nederlands grondwater - verbinding met de diepe ondergrond)

- 1-4: oplossing van biogeen methaan in actief circulerend grondwater.
- 5,9: gasbilverming door drukverlaging tijdens opwaartse grondwaterstroming.
- 7: thermo-katalytische vorming van methaan op grote diepte.
- 8: accumulatie van thermo-katalytisch gevormd methaan in geologische structuren.
- 6,10: ondiepe accumulatie van respectievelijk moeras- en aardgas onder klei- en veenlagen.
- 11: door fermentatie en compactie van klei- en veenlagen vrijkomend methaan

Grondwaterbewegingen kunnen migrerend methaan verder opvoeren en/of lateraal verplaatsen^{12,13}. Het is mogelijk dat één of meerdere van de hier beschreven migratiemechanismen een rol spelen bij de waarnemingen van methaan in de bodem. Er is verder onderzoek nodig om de herkomst van in de bodem aangetroffen methaan beter vast te kunnen stellen.

4.5. Puttypes

Olie- en gasputten worden voor verschillende doeleinden gebruikt zoals exploratie, productie (inclusief ondergrondse gasopslag) en injectie.

Exploratie – Olie en Gas

Exploratieputten worden geboord om vast te stellen of olie en/of aardgas in een geologische structuur aanwezig is, en om aan te tonen dat het winbaar is. In de meeste gevallen wordt dit type putten na aanleg meteen weer buiten gebruik gesteld. Slechts in sommige gevallen, wanneer de

gekozen putlocatie gunstig blijkt te zijn, wordt een exploratieput in gebruik genomen als een productieput. Omdat deze putten niet of heel kort in gebruik zijn geweest, enkele dagen tot enkele weken, zijn ze niet aan slijtage als gevolg van productie onderhevig geweest.

Productie - Olie

Nadat een olieveld is aangetoond, worden een of meer putten geboord en als productieputten in gebruik genomen. Deze putten worden verlaten als de olie niet meer geproduceerd kan worden doordat de druk in het reservoir te laag is geworden en/of te veel water mee geproduceerd wordt. Deze putten zijn meestal vele jaren in gebruik geweest voor ze verlaten worden. In sommige olieputten werd aardgas (zgn liftgas) toegevoegd om de olieproductie te verbeteren.

Productie - Aardgas

Nadat een gasveld is aangetoond, worden een of meer putten geboord en als productieputten in gebruik genomen. Deze putten worden verlaten als het gas niet meer geproduceerd kan worden doordat de druk in het reservoir te laag is geworden en/of de winning niet meer economisch is. Deze putten zijn meestal vele jaren in gebruik geweest voor ze verlaten worden.

Injectie - Water

Omdat bij de oliewinning uit het reservoir water met de olie mee geproduceerd wordt, wordt dit water weer in lege olie- en/of gasvelden geïnjecteerd. In sommige gevallen worden olie- en/of gasputten hiervoor opnieuw ingericht indien de inrichting aan vervanging toe is, of indien een andere materiaalkeuze gewenst is voor het nieuwe medium. De reservoirdruk is meestal heel laag zodat het injectiewater niet uit de put kan stromen. Het waterniveau in deze putten blijft dan vele honderden meters tot meer dan duizend meter beneden het maaiveld.

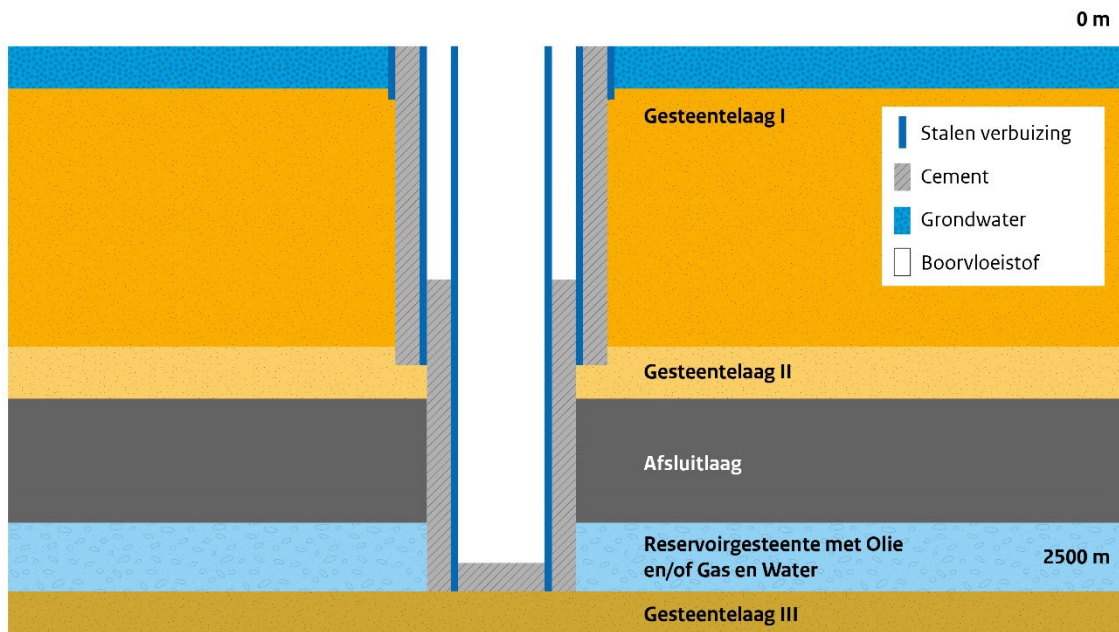
Injectie - N₂ (stikstof)

In één gasveld (De Wijk) in Nederland vindt stikstof-injectie plaats om de druk in het gasreservoir op peil te houden. Deze putten zijn nog in gebruik.

4.6. De aanleg van olie- en gasputten

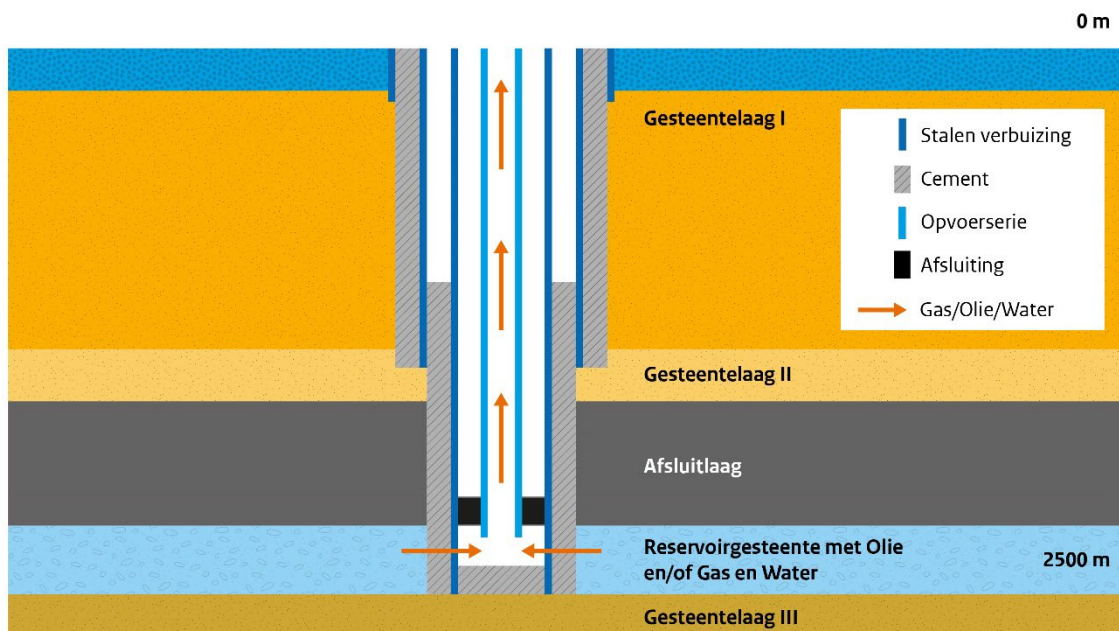
De olie- en gasputten zijn volgens de geldende wet- en regelgeving aangelegd. Daarbij werden en worden de putten zodanig ontworpen om olie, gas en zoutwater dat uit het reservoir gewonnen wordt, of daarin geïnjecteerd wordt, te allen tijde binnen de put te houden, en om het grondwater te beschermen tijdens aanleg en gebruik van de put. Naarmate in de loop der jaren de putten steeds complexer werden, verbeterde de stand der techniek, en werd wet- en regelgeving mede aangepast.

Diepgelegen olie- en gasreservoirs zijn door verschillende gesteenteformaties van nature van het grondwater gescheiden. Een putconstructie bestaat uit een boorgat, waarin stalen buizen zijn geplaatst, die met behulp van cement aan het gesteente worden gehecht (figuur 4). Tijdens de plaatsing van het cement worden verschillende maatregelen genomen, zoals het gebruik van speciaal cement, om de natuurlijke afsluiting en scheiding van de verschillende gesteentelagen te handhaven, en de grondwatervoerende lagen te beschermen.



Figuur 4. Voorbeeld van een putconstructie in de ondergrond vooraf productie

Als de put is aangelegd wordt deze vervolgens ingericht door het installeren van een binnenbuis in de put (figuur 5). De binnenbuis wordt gebruikt voor het transport van olie, gas en water uit het reservoir naar de oppervlakte. Deze binnenbuis wordt vervangen wanneer deze niet meer aan de eisen voldoet.



Figuur 5. Voorbeeld van een producerende olie- of gasput met een opvoerserie (binnenbuis)

4.7. De bescherming van grondwater

Het grondwater in Nederland reikt tot een diepte van 100 tot 200m, waarna het water steeds zouter wordt met toenemende diepte en niet meer voor drinkwatervoorziening of irrigatie geschikt is. Voor

de bescherming van het grondwater tegen vermenging met zout water worden verbuizingen over de grondwatervoerende laag geplaatst en gecementeerd. Daardoor wordt het grondwater tijdens de aanleg, productie en nadat de put verlaten is, beschermd tegen vermenging van het zoete water door zoutwater uit de diepere ondergrond. Hierdoor wordt zogenaamde crossflow tussen verschillende geologische lagen voorkomen.

Als extra mitigerende maatregel worden er op producerende locaties tevens peilbuizen geïnstalleerd om te controleren op eventuele verontreiniging van het grondwater. Tot dusverre zijn er geen aanwijzingen dat in Nederland uitstroom van zout water van de diepe ondergrond naar hoger gelegen zoetwaterhoudende lagen heeft plaatsgevonden en tot verzilting van grondwater of andere vervuiling heeft geleid. Het is in Nederland overigens verboden om putten in of nabij drinkwaterwingebieden aan te leggen.

4.8.Het gebruik van olie- en gasputten

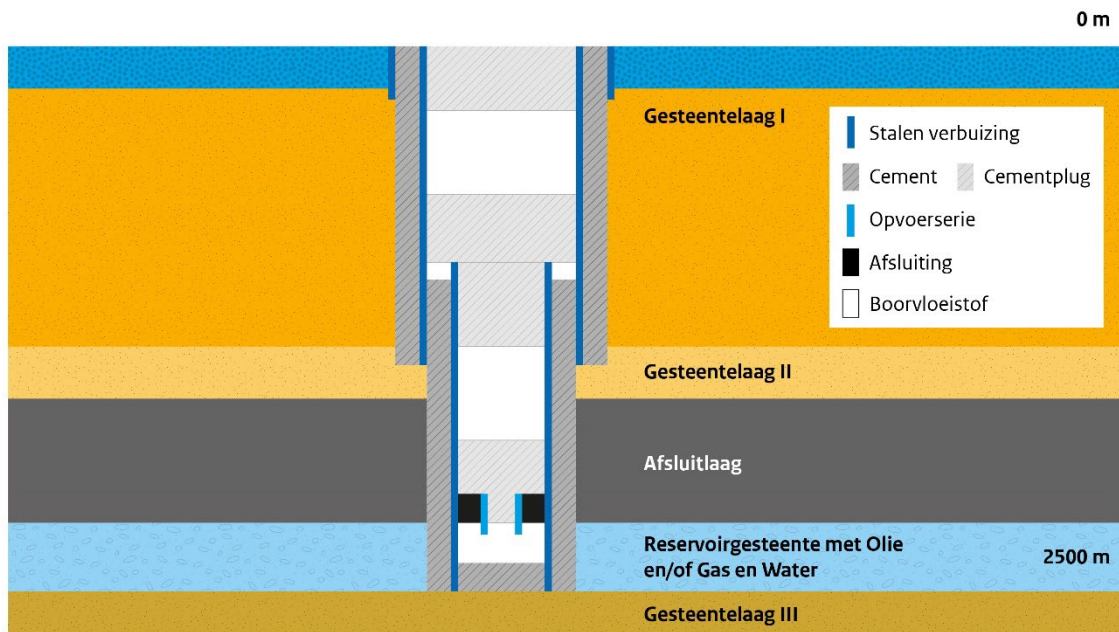
Olie- en gasputten werden en worden tijdens de levensduur regelmatig onderhouden. De drukken in de put worden continu gemonitord om a) de integriteit van de put te bewaken en b) tijdig herstelmaatregelen te kunnen nemen. Alle mijnbouwondernemingen zijn wettelijk verplicht tot de implementatie en het operationeel houden van een putintegriteit-zorgsysteem als een maatregel ter voorkoming van schade volgens artikel 67 van het Mijnbouwbesluit. Dit wordt ook wel een Well Integrity Management Systeem (WIMS) genoemd.

Als onderdeel van het WIMS, monitort de mijnbouwonderneming de zogenaamde annulaire druk (dat wil zeggen: de druk in de ruimte tussen de binnenbuis en de buitenbuis). Dit is een belangrijke maatregel die o.a. informatie geeft over de afsluiting van de verschillende gesteentelagen. Het optreden van afwijkende annulaire drukken gedurende de levenscyclus van een put, is een indicatie dat het cement of een afsluitlaag niet goed afsluit. Het op enig moment ontstaan van belletjes in de putkelders kan ook een aanwijzing zijn dat cement en/of een afsluitlaag niet goed afsluit. Dit moet hersteld worden wanneer een put buiten gebruik gesteld wordt zoals beschreven in Hoofdstuk 8.5 van de Mijnbouwregeling. SodM houdt hier toezicht op. In Bijlage 2 wordt verder ingegaan op het ontstaan en monitoren van annulaire drukken.

4.9.Het buiten gebruik stellen en verlaten van olie- en gasputten

Aan het einde van de levenscyclus van een olie-of gasput wordt deze buiten gebruik gesteld ofwel verlaten. Daarbij worden zowel het reservoir waaruit geproduceerd werd, eventuele andere reservoirs, en eventuele andere olie- gas- of waterhoudende drukhoudende gesteentelagen, met speciaal cement afgesloten. Naast het putontwerp, zorgt deze afsluiting er mede voor dat vloeistoffen en gassen uit de diepe ondergrond niet in het grondwater terecht kunnen komen.

Wanneer de put afgesloten en drukloos is, wordt de put definitief verlaten door deze op 3 m beneden het maaiveld af te snijden, zodat deze geen hinder vormt voor toekomstig gebruik van de voormalige putlocatie. Vervolgens wordt de locatie gesaneerd en vindt er een schriftelijke overdracht plaats van de voormalige mijnbouwonderneming naar de grondeigenaar. Een verlaten put is niet meer zichtbaar aan de oppervlakte wanneer de locatie is gesaneerd en in originele staat is hersteld.



Figuur 6. Voorbeeld van een verlaten put in de ondergrond

Een verlaten put bestaat uit één of meerdere afsluitingen die een combinatie zijn van ondoordringbaar gesteente als afsluitlaag, met cement en een stalen verbuizing over een voldoende lengte (figuur 6). Deze lengtes werden vóór 2019 in de mijnbouwregelgeving bepaald, en zijn in 2019 in de Nogepa 45 standaard opgenomen. Zoals in hoofdstuk 4.5 is aangegeven, is de putconstructie bij aanleg zo ontworpen dat olie, gas en water in de put blijven en niet naar andere gesteentelagen, het grondwater of naar de oppervlakte kunnen stromen. Dit geldt ook voor een put die verlaten wordt. In beide gevallen wordt dit bereikt door een combinatie van reeds geplaatste stalen buizen en cement in een put volgens de daarvoor geldende wetgeving, industriestandaarden en -normen. De lengte van het cement dat bij aanleg geplaatst is tussen de buitenzijde van een verbuizing en het gesteente, kan variëren van enkele honderden meters tot soms wel tweeduizend meter. De lengte van het cement dat tijdens de buiten gebruikstelling binnen de verbuizing wordt geplaatst, moet voor iedere afsluiting tenminste 100 m bedragen. Een goed afgesloten put bevat dus meerdere van zulke afsluitingen boven elkaar.

Putconstructie en de wijze van verlaten zijn sinds het begin van de oliewinning continu veranderd en verbeterd. In Nederland is de manier waarop putten sinds 2019 buiten gebruik gesteld worden, vastgelegd in de Mijnbouwwet- en regelgeving (Bijlage 3) en de Nogepa 45 standaard, die gebaseerd zijn op de beste industriepraktijk van dit moment. In de Nogepa 45 standaard staat dat er een 3 maanden lange monitoringperiode zal plaatsvinden, voordat de put definitief verlaten wordt door deze 3 m beneden het maaiveld af te snijden. Er bestond in het verleden geen wettelijke verplichting om deze putten na deze periode op enige wijze te monitoren. In de huidige mijnbouwregeling lid e van artikel 8.5.1.4 zijn nu voorschriften voor monitoring na buiten gebruik stelling opgenomen, wanneer er sprake is van een verleende ontheffing.

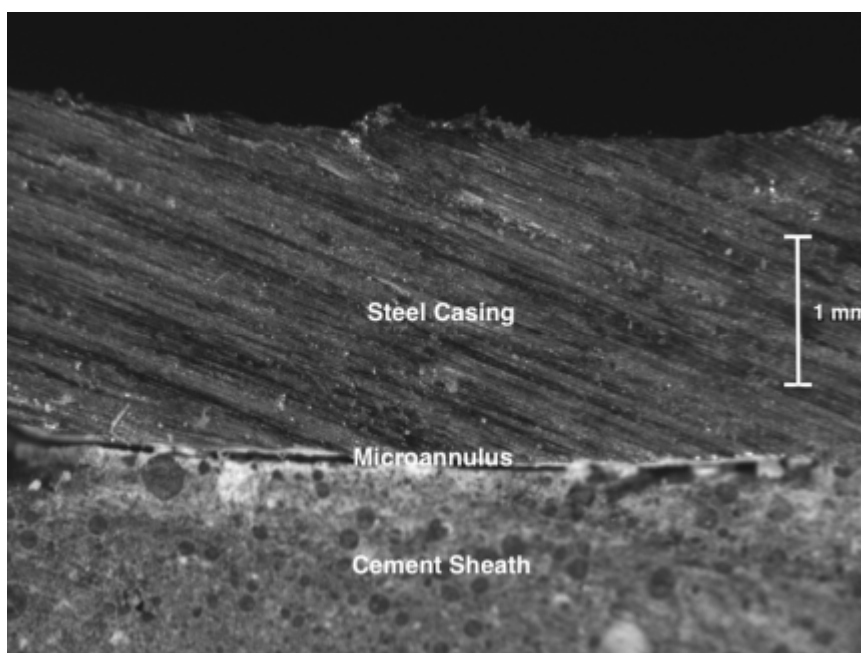
SodM houdt toezicht op al deze werkzaamheden, door middel van het beoordelen van de werkprogramma's en toezicht op de uitvoering via inspecties.

5 Afsluitingen van verlaten putten

Dit hoofdstuk gaat nader in op de wijze waarop putten buiten gebruik gesteld worden, de zogenoemde afsluitingen, en hoe deze afsluitingen alsnog zouden kunnen leiden tot migratie van aardgas of vloeistoffen nadat de put buiten gebruik gesteld is.

5.1 Hoe migreert aardgas naar de bovengrond?

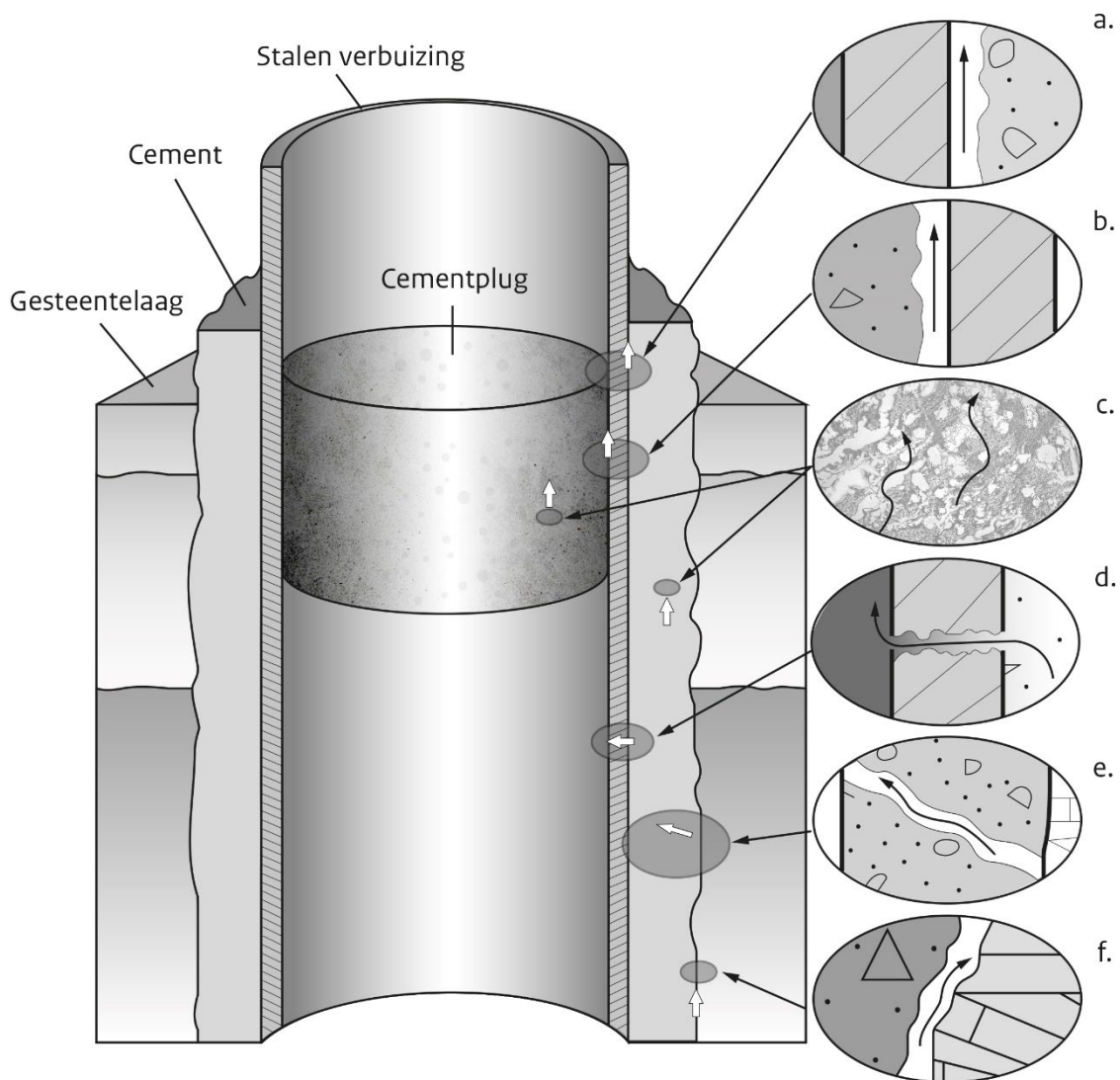
Wanneer een afsluiting niet (meer) aan de norm voldoet en daardoor olie, gas en/of water door kan laten, is er sprake van een zogenoemd migratiepad. Dergelijke migratiepaden zijn zeer klein, en ontstaan meestal op het hechtvlak tussen het cement en de buitenkant van de stalen buis, in figuur 8 weergegeven als 'c'. Het gaat dan om micrometers (1 micrometer = 1 duizendste van een mm). Dit wordt daarom ook wel een micro-annulus genoemd. Deze kunnen tijdens het gebruik van de put ontstaan, en kunnen dan afwijkende annulaire drukken veroorzaken zoals beschreven in Bijlage 2.



Figuur 7. Foto van een micro-annulus. Bron: [Investigation of wellbore microannulus permeability under stress via experimental wellbore mock-up and finite element modeling \(Journal Article\) | OSTI.GOV](#)

In figuur 8 zijn de verschillende migratiepaden weergegeven die kunnen optreden in de afsluiting van staal, cement en gesteente in een buiten gebruik gestelde put. Een migratiepad kan ontstaan zijn tijdens de aanleg, en/of tijdens het gebruik van de put. Wanneer een put buiten gebruik wordt gesteld, moeten de eventueel al aanwezige migratiepaden zoals waargenomen tijdens aanleg en gebruik, effectief afgesloten worden. Dit is beschreven in de Mijnbouwwet- en regelgeving en Nogepe 45 standaard².

De migratiepaden b en c komen voor zover bij SodM bekend niet in verlaten putten voor. De migratiepaden c, d en e kunnen bij in gebruik zijnde putten voorkomen, en wanneer deze in verbinding staan met een drukkoudende gesteentelaag, kan een afwijkende annulaire druk waargenomen worden. Dit maakte de aardgaslekage in de verlaten put Monster 2 mogelijk.



Figuur 8. Mogelijke migratiepaden bij een verlaten put. Bron: [Investigation of wellbore microannulus permeability under stress via experimental wellbore mock-up and finite element modeling \(Journal Article\) | OSTI.GOV](#)

5.2 Hoe ontstaan migratiepaden?

Tijdens de aanlegfase van een put wordt speciaal cement buiten de stalen verbuizingen geplaatst om een goede afsluiting van het gesteente te verkrijgen, en kunnen migratiepaden a, c, e of f optreden onder meer door krimp van het cement, en/of wanneer de plaatsing van het cement niet goed geslaagd is. Het cementeren van de verbuizingen is een kritieke operatie die goed voorbereid en goed uitgevoerd moet worden.

Bij twijfel over de plaatsing van het cement, kunnen na de aanleg van de put en tijdens het gebruik van de put, metingen in het boorgat verricht worden om de kwaliteit van de cementafsluiting te kunnen beoordelen. Deze metingen zijn indicatief, en moeten door specialisten geïnterpreteerd worden, om daar betekenis aan te kunnen geven. Waar nodig kunnen dan herstel- of andere mitigerende maatregelen genomen worden.

Tijdens het gebruik van een put kunnen door veranderende temperaturen en drukken in de put, micro-annuli optreden - migratiepad a - als gevolg van verschillen in uitzetting en krimp van staal en cement. Dit kan dan resulteren in een annulaire druk tussen de verbuizingen, die continu gemonitord en beheerst wordt.

5.3 Hoeveel aardgas kan er via een migratiepad naar boven migreren?

Micro-annuli zijn bijzonder kleine ruimtes tussen cement en staal, en hebben een grootte van enkele duizendsten tot honderdsten van een millimeter. Ter vergelijking: een menselijke haar heeft een diameter van 5 honderdsten tot 1 tiende van een millimeter. Micro-annuli kunnen wel gas doorlaten, maar wanneer de cementkolom al enkele honderden meters lengte heeft, zal er vanwege de grote weerstand zeer weinig doorheen naar boven kunnen migreren. Daardoor zal de drukopbouw van de annulaire druk langzaam verlopen. Dit is vaak het geval bij annulaire drukken in de Nederlandse olie- en gaswinning, die soms over een periode van maanden pas enige drukopbouw laten zien.

Wanneer in het cement een migratiepad 'e' is ontstaan door menging met boorspoeling of door ontwatering van het cement tijdens het uitharden, kunnen deze migratiepaden groter en grilliger zijn. Dan kan de drukopbouw van een afwijkende annulaire druk sneller verlopen.

5.4 Natuurlijke afsluiting van migratiepaden door gesteente

Het is in de olie- en gaswinning al lang bekend dat bepaalde gesteentes in de diepe ondergrond als gevolg van plastische vervorming (kruip) een boorgat kunnen afsluiten^{3,4}. Kruip is een eigenschap van bepaalde gesteenten waardoor deze onder druk blijvend kunnen vervormen. Steenzout, schalie en kleisteen zijn daar voorbeelden van. Dit proces kan bij sommige steenzoutsoorten al tijdens aanleg van de put plaatsvinden. Bij aanwezigheid van deze gesteentes kunnen eventueel ontstane micro-annuli of gedeeltelijk gecementeerde verbuizingen op natuurlijke wijze weer gedicht worden. Steenzout komt in grote delen van Noord-Nederland voor als afsluitlaag van de diepere gashoudende gesteentelagen, zoals het Groningen-gasveld. Ook schalie- en kleisteen komen veelvuldig voor in de Nederlandse diepe ondergrond als afsluitlaag van reservoirs.

5.5 Liftgas

In de oliewinning werd vaak gebruik gemaakt van liftgas dat in de oliestroom geïnjecteerd wordt om de olieproductie op gang te houden. Dit liftgas was meestal afkomstig van in de geproduceerde olie opgelost aardgas, dat na scheiding in de oppervlakte-installaties, in de putten hergebruikt werd als liftgas. Omdat in het verleden de koppelingen van de gebruikte verbuizingen niet gasdicht waren, is het mogelijk dat liftgas door de koppelingen in de ondiepe ondergrond of bodem is terecht gekomen, en langs een bestaand migratiepad naar de oppervlakte kon migreren.

6 Methaanlekkages van buiten gebruik gestelde putten op land

6.1 Onderzoeken

Om vast te stellen of er in Nederland methaanlekkages bij buiten gebruik gestelde putten optreden, en in welke mate, heeft SodM vanaf 2017 een aantal onderzoeken laten uitvoeren. Daartoe heeft SodM ook een meetmethode laten ontwikkelen die gebruikt kan worden voor dergelijke metingen. Ook heeft SodM onderzoek laten doen naar het langetermijngedrag van afsluitingen van boorgaten.

6.2 Pluimmetingen ECN 2017

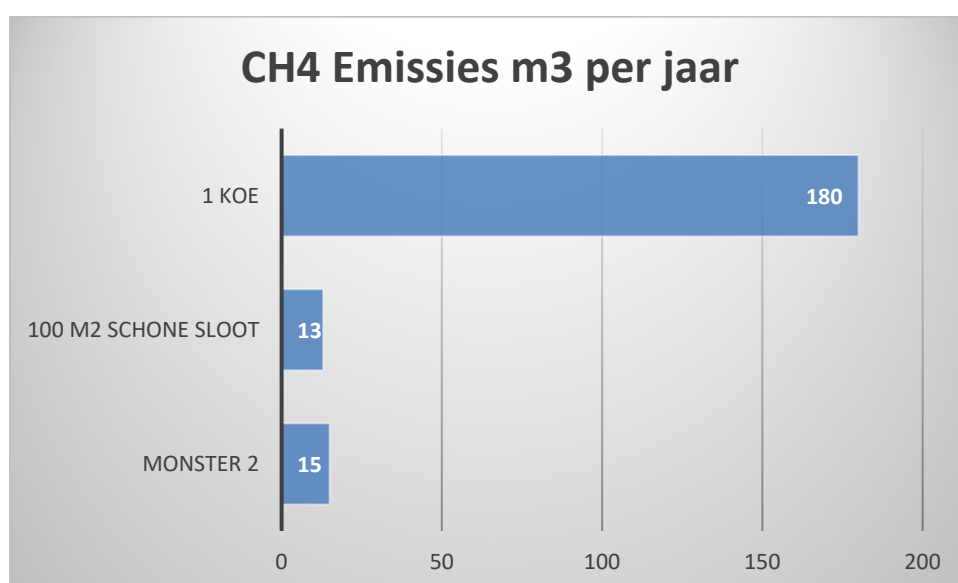
SodM heeft in 2017 laten onderzoeken of er aardgas vrijkomt bij verlaten putten. Onderzoeksinstituut Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) heeft daartoe zeer nauwkeurige gasmetingen verricht bij 185 afgesloten putten, verspreid over zes provincies. Dit is ongeveer 14% van het totaal aantal verlaten putten. Bij geen van de oude putlocaties werd gas gemeten in de lucht⁵.

6.3 Onderzoek Universiteit van Utrecht 2017

In het onderzoek van de Universiteit van Utrecht in 2017 naar emissies van verlaten olie- en gaswinningsputten werd van 28 verlaten putten op land de bodem bemonsterd op de aanwezigheid van methaan. In de bodem boven een verlaten put, Monster 2, werd toen een geringe emissie van thermogeen methaan vastgesteld, terwijl in 2017 door ECN⁵ in de lucht geen methaan was gedetecteerd. Dat ECN in 2017 niets heeft kunnen meten boven de verlaten put, is te verklaren door bacteriële omzetting van het methaan dat in de bodem terecht is gekomen naar CO₂, een bekend proces van de methaancyclus zoals beschreven in Bijlage 4, figuur 4.

6.4 Monster 2 2018

In reactie op het onderzoek van de Universiteit van Utrecht⁸ heeft NAM in 2018 de verlaten put Monster 2 opgegraven, en in samenwerking met TNO gasmetingen aan de putmond uitgevoerd. De gemeten aardgaslekkage bedroeg ca 40 liter methaan per dag (bij een atmosferische druk van 1 bar). Dat is minder dan een tiende van de dagelijkse methaanuitstoot van een koe, en vergelijkbaar met de jaarlijkse methaanemissie van 100 m² schone sloot (figuur 9).

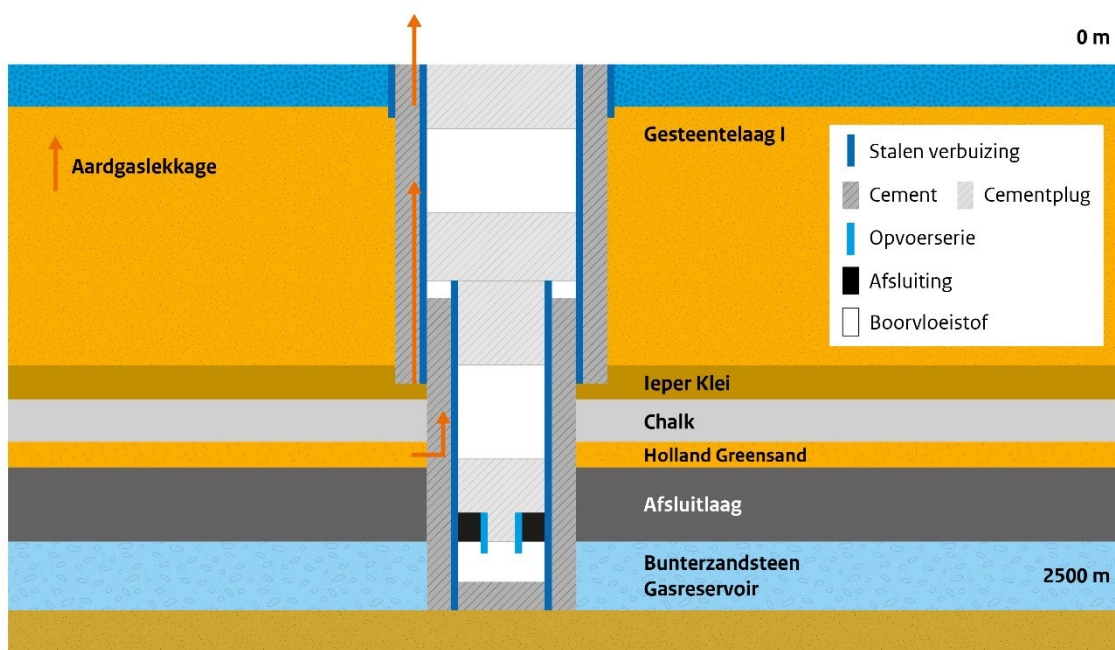


Figuur 9. Methaanemissie van Monster 2

De bron van het gelekte aardgas was niet het diepe Bunter zandsteen gasreservoir op 2500 m diepte, dat wel goed afgesloten was, maar de ondiepere Holland Greensand, op ca 1.600 m diepte (figuur 10). Aan de bron van de lekkage, op 1600 m diepte was de druk van het aardgas ca 160 bar. Dat wil zeggen dat een zich aan de oppervlakte voordoende methaanlekkage van 40 liter per dag, ongeveer gelijk is éénhonderdveertigste daarvan, ofwel 0,29 liter per dag op 1.600 m diepte.

Het methaan bleef in de bodem waar het door methaan-minnende bacteriën volledig werd omgezet in CO₂, waardoor aan de oppervlakte geen emissie waarneembaar was. Deze geringe emissie vormde geen gevaar voor mens en milieu.

De oorzaak was een miniem migratiepad in het cement van de verbuizing tussen de Holland Greensand en de putmond. De put werd eind 2018 gerepareerd en na een monitoringperiode van 3 maanden verlaten. Het migratiepad was met succes gedicht.



Figuur 10. Aardgaslekkage uit de Holland Greensand in de verlaten put Monster 2

6.5 RIVM-onderzoek 2018

Het RIVM heeft in 2018 in opdracht van SodM een onderzoek gedaan naar de gezondheids- en veiligheidsrisico's van de aangetroffen aardgas lekkage in Monster 2¹⁶. Hierbij werd uitgegaan van de aanwezigheid van een woning over de lekkende put, in overeenstemming met het bestemmingsplan van de gemeente die daar woningen willen gaan bouwen. Er was op dat moment geen samenstelling bekend van het gas in de ondiepere Holland Greensand omdat dit gas nooit geproduceerd of geanalyseerd is.

Voor de samenstelling van het aardgas is daarom uitgegaan van de gasanalysegegevens zoals die in NLOG bekend van die putten waar panden in de nabijheid staan. Van de 51 putlocaties in nabijheid van een pand zijn conservatief de maximumwaarden van zeer schadelijke stoffen voor de berekeningen gebruikt. H₂S komt daarin niet voor, omdat dat in Nederland beperkt is tot een paar velden in Oost-Nederland.

De berekeningen werden gemaakt voor een aardgaslekkage uit een verlaten put in een woning, tot 450 liter/dag (de maximale gemeten uitstroom van aardgas uit 42 verlaten putten in Pennsylvania in de VS). Daarbij is conservatief aangenomen dat alle aardgas uit een 3 m onder het maaiveld gelegen put in de woning terecht komt. Uit de berekeningen blijkt dat er geen explosie- of brandgevaar was voor een normaal geventileerde woning.

De berekeningen gaven ook aan dat er geen gevaar voor de gezondheid is voor xyleen en toluen, maar dat de grenswaarde voor benzeen wel overschreden kan worden. De grenswaarde is gedefinieerd als de EU-grenswaarde voor luchtkwaliteit, zoals te vinden is in de [RIVM-website voor zeer zorgwekkende stoffen](#). Omdat RIVM uitgegaan is van de samenstelling van geproduceerd aardgas, is de aanwezigheid van deze stoffen een conservatieve aanname.

Samenvattend werden geen veiligheidsrisico's gevonden voor een normaal geventileerde woning met betrekking tot veiligheid voor de gemeten lekkage van ca 40 liter methaan/dag, maar wel een mogelijk gezondheidsrisico van de in aardgas eventueel aanwezige benzeen. RIVM heeft daarvoor de conservatieve aanname gemaakt dat de samenstelling van het gemigreerde aardgas gelijk is aan dat van geproduceerd aardgas.

In de bodem en het grondwater werd geen vervuiling aangetroffen als gevolg van de aardgaslekkage. Voor zover schadelijke stoffen aanwezig zijn in het aardgas dat uit de put lekt, zijn de hoeveelheden dusdanig gering dat de concentraties in de bodem beneden de detectielimiet bleven.

6.6 Gasmetingen in Rijswijk en Ridderkerk 2018 en 2019

In 2018 en 2019 heeft TNO bij metingen volgens de TNO leidraad in Rijswijk en Ridderkerk, sporen van ethaan en methaan aangetroffen in de bodem. Bij de verlaten put RWK-18 werd in de bodem een methaanemissie van 8 liter per dag gemeten, en werd een geringe fluctuerende emissie van ethaan en methaan aangetroffen bij de verlaten put RKK-31.

Bij de put RKK-31, onder het perron van een tramremise, werd boven een naad in de vloer, lekkage gemeten van ca 29 tot 58 liter methaan per dag. Uit koolstof isotopen analyse van het methaan leek het te gaan om methaan met een thermogene component, van een onbekende samenstelling. Dit moet nog verder onderzocht worden, omdat oxidatie-effecten van methaan op dat moment nog niet geëvalueerd werden.

Nader onderzoek naar de historie van RWK-18 gaf aan dat RWK-18 in 1994, tijdens het boren, een onverwacht gashoudend zandlaagje aantrof op 403 m diepte. Het is mogelijk dat het gemeten ethaan duidt op een thermogene component in het methaan dat afkomstig is van liftgas tijdens de productie van een daarnaast gelegen put RWK-8, of dat er sprake is van natuurlijke gas migratie uit de diepe ondergrond.

6.7 Gasmetingen in IJsselmonde 2021

Eind 2020 en in 2021 zijn in de gemeente Rotterdam op vier voormalige olie- en gaswinningslocaties metingen uitgevoerd door de gemeente Rotterdam, NAM en TNO. Deze locaties aan de Noorderhelling en de Dwarsdijk zijn eind jaren 90 van de vorige eeuw door de NAM aan de gemeente teruggegeven, nadat de putten buiten gebruik gesteld waren. De Noorderhelling locaties waren sinds het jaar 2000 in gebruik als geasfalteerde parkeerplaatsen. Omdat de gemeente op het punt stond op die locatie bouwplannen te realiseren, werd SodM door de projectontwikkelaar benaderd om advies gezien de aanwezigheid van verlaten putten. Daarop heeft SodM de gemeente Rotterdam geadviseerd om gasdetectie-metingen uit te voeren.

Uit de metingen²² bleek grotendeels biogeen methaan in de bodem aanwezig te zijn, en op enkele plekken werd ook thermogeen methaan aangetroffen. Ook buiten de winningslocaties werd methaan in de bodem aangetroffen. Op enkele plekken werden kleine methaanemissies vastgesteld tot maximaal 60 ml/m²/uur. De herkomst van het thermogene methaan kon niet gerelateerd worden aan de olie- en gasreservoirs van het IJsselmonde olie- en gasveld. Op dit moment is nog onderzoek gaande op één van de locaties, om de emissiegrootte en -oorzaak vast te kunnen stellen.

Tijdens de aanleg van een aantal van deze putten werd methaan aangetroffen in de ondiepe ondergrond in de Noordzee formatie, boven de olie- en gasreservoirs. Omdat de Noordzee formatie echter geen sluitlagen heeft, wijst de aanwezigheid van ondiep methaan mogelijk ook op natuurlijke gasmigratie langs breuken en/of doorlatende gesteentelagen.

Na evaluatie van de risico's is in de bouw van een winkelpand op één locatie, continue gasmonitoring en mechanische ventilatie van de kelder toegepast om accumulatie van methaan te voorkomen. Voor de twee andere locaties worden ook beheersmaatregelen getroffen voor de bouw van woningen zoals gasdichte vloeren en geen plaatsing op putten of plekken waar methaanemissies zijn gemeten.

6.8 Wetenschappelijk onderzoek naar de langetermijn integriteit van afsluitingen 2021

De olie- en gasindustrie heeft al meer dan honderd jaar ervaring met de aanleg van putten en het buiten gebruikstellen van putten, waarbij het gedrag van afsluitconstructies van gesteente, staal en speciaal cement goed bekend en uitgebreid onderzocht zijn.

De speciale cementsoorten zijn specifiek voor toepassing in de olie- en gasindustrie ontwikkeld. Deze kenmerken zich onder meer door een zeer fijne maling, en geschiktheid voor de hoge temperaturen in de ondergrond en corrosieve gassen zoals CO₂ (koolstofdioxide) en H₂S (zwavelwaterstof).

Omdat nog weinig bekend is over het gedrag op de lange termijn van deze afsluitconstructies van gesteente, staal en cement zoals die in hoofdstuk 5, figuur 8 beschreven is, heeft SodM hier verder onderzoek naar laten doen.

Het Kennisprogramma Effecten Mijnbouw heeft onderzoek gedaan naar het gedrag van putafsluitingen op langere termijn²³, tot meerdere honderden jaren, waarbij gekeken werd naar het gedrag van de afsluiting bestaande uit gesteente, cement en staal, en de afsluiting die kan ontstaan door de kruip van bepaalde gesteentes. Een van de conclusies is dat cement op de lange duur niet of nauwelijks degradeert.

In dit rapport wordt ook gerefereerd aan verschillende onderzoeken door G. King et al, waarin gesteld wordt dat de natuurlijke migratie van methaan uit de ondiepe ondergrond de belangrijkste bijdrage vormt van methaanemissies bij buiten gebruik gestelde putten.

6.9 Ontwikkeling Leidraad gasmetingen TNO 2018 en 2019

Omdat er nog geen standaard of norm beschikbaar was voor gasmetingen bij buiten gebruik gestelde putten, heeft TNO in 2018 in opdracht van SodM een leidraad ontwikkeld voor het meten en detecteren van potentiële methaan-emissies uit verlaten olie- en gaswinningsputten¹⁶. De leidraad beschrijft de methodes voor het identificeren en het meten van een eventuele lekkage van methaan bij verlaten putten en op welke wijze de herkomst van het methaan bepaald kan worden.

Daarbij wordt de aanwezigheid van methaan en ethaan in de lucht en in de bodem gemeten boven de put. Gas in de lucht wordt bemonsterd door het aanzuigen en analyseren van de lucht vlak boven de grond. Gas in de bodem wordt bemonsterd door het boren van een ca 1 m diep gaatje in de bodem. Daarna wordt hierover een kap geplaatst en wordt het eventueel in de bodem aanwezige gas aangezogen en geanalyseerd.

Door het meten van de hoeveelheid ethaan en methaan in het gas kan direct bepaald worden of het om aardgas uit de diepte gaat, of dat het moerasgas of brongas is uit de bodem. Aardgas heeft in Nederland meestal een ethaan/methaan-verhouding van 2 tot 4%. Moerasgas en brongas daarentegen bevatten geen of zeer weinig ethaan.

Wanneer een lage ethaan/methaan-verhouding gemeten wordt, is er sprake van moerasgas en/of brongas, of een mengsel van aardgas en moerasgas en/of brongas. De leidraad geeft aan dat er dan tevens een koolstof-isotopenanalyse gedaan kan worden om de herkomst vast te kunnen stellen: biogeen of thermogeen methaan, of een mengsel daarvan. De analyses worden in een chemisch laboratorium geanalyseerd.

Om de leidraad te valideren, werden bij 17 verlaten putten in Zuid-Holland, Overijssel, Drenthe en Noord-Holland^{6, 7} metingen in de lucht en in de bodem gedaan. Bij de putten in Zuid-Holland werd op verschillende locaties alleen in de bodem methaan en ethaan gedetecteerd, maar in zeer geringe concentraties. Op de overige locaties in Overijssel, Drenthe en Noord-Holland werd geen thermogeen methaan gevonden.

6.10 Berkel olieveld 2013-2022

De NAM is sinds 2013 bezig met het buiten gebruik stellen van de 22 voormalige Berkel olie-putten die in het West Nederland geologisch bassin liggen. Verschillende technieken werden in de loop der jaren gebruikt om deze putten duurzaam af te sluiten, met wisselend succes waardoor sommige putten meerdere malen opnieuw afgesloten moesten worden.

De putten worden nu nog door de NAM gemonitord. Er blijkt in een zestal putten nog steeds sprake te zijn van drukopbouw, en in sommige putkelders worden gasbelletjes waargenomen. Daarom is de monitoringperiode verlengd. Verder onderzoek door de NAM is nodig voordat deze locatie aan de gemeente Rotterdam overhandigd kan worden.

Het Berkel veld ligt, net als IJsselmonde, in een complex geologisch systeem, waarvan nog niet duidelijk is welke rol migratie van methaan uit de ondergrond heeft in de waarnemingen van drukopbouw in de putten en gasbelletjes in de putkelders.

6.11 Conclusies

Van de circa 1.430 verlaten putten op land is tot op heden door de verschillende onderzoeken één verlaten put met een thermogene methaanlekage gevonden, die in 2019 opnieuw buiten gebruik gesteld werd. Verder werden één zeer geringe methaanemissie gemeten in een bebouwde voormalige putlocatie en bij twee putten in een park, en waren er sporen van thermogeen methaan in de bodem van drie voormalige putlocaties gedetecteerd^{5, 6, 7, 8}.

In Monster 2 werd in 2018 een lekkage van ca 40 liter thermogeen methaan per dag aangetoond, waarna deze put in 2019 opnieuw afgesloten en verlaten is. TNO en NAM toonden in 2019 een fluctuerende emissie van biogeen en thermogeen methaan uit de bodem boven de verlaten put Ridderkerk 31, van naar schatting 29 tot 58 liter per dag. Deze verlaten put bevindt zich onder het perron van een tramremise en de hoeveelheid is te klein om een risico te vormen voor mens en

milieu. Bij de verlaten putten RWK-18 en RWK-8 werd in de bodem een zeer geringe biogene methaanemissie gemeten van naar schatting 8 liter per dag.

Deze twee tot dusverre waargenomen aardgasemissies zijn echter zeer gering, tot maximaal 58 liter methaan per dag ofwel 22 m³ (16 kg) methaan per jaar zijn insignificant in vergelijking met de uitstoot van methaan door de natuur, en door de mens volgens Bijlage 4.

In Rotterdam-IJsselmonde werd in 2021, nadat gasmetingen verricht werden in de bodem van vier voormalige olie- en gas-winningslocaties, aanwezigheid van verhoogde concentraties biogeen methaan vastgesteld, en op enkele plekken ook thermogeen methaan. Hoewel de gemeten emissies zeer beperkt waren en grotendeels biogeen, is niet duidelijk wat de oorzaken zijn, en of deze put gerelateerd zijn, en/of van nature optreden door de geologische en bodemomstandigheden in het veld.

Uit verder onderzoek bleek dat bij één put tijdens het buiten gebruik stellen in 1997 gasbelletjes in de putkelder waargenomen zijn die in 2000 niet meer waargenomen werden, waarna de locatie is overgedragen aan de gemeente Rotterdam. De locatie wordt tijdens het schrijven van dit document nog door de gemeente en de NAM verder onderzocht, om vast te stellen of er nog steeds sprake is van een lekkage, wat de herkomst van het methaan is, en welke maatregelen verder nodig zijn om deze locatie voor bebouwing te kunnen gebruiken.

Er zijn tot op heden geen andere buiten gebruik gestelde olie- en gasputten bekend die een aardgaslekkage vertonen. Er zijn wel enkele verlaten putten waar tijdens de levensduur belletjes gas waargenomen werden in de putkelder, vooral in de poldergebieden in het West-Nederland geologische bekken. Het gaat dan om biogeen methaan. Wanneer een put is aangelegd op een terrein waarin methaan als biogeen gas van nature al aanwezig is, zoals veengrond en in polders, worden soms in de putkelder na regenval, zeer kleine belletjes moerasgas waargenomen.

Bij gasmetingen in de bodem bij verlaten putten, is het van belang door middel van de ethaan/methaan-verhouding en isotopenanalyse de herkomst van het methaan vast te stellen. Dan kan bevestigd worden of er sprake is van aardgas en/of moerasgas en brongas. Wanneer zoals in IJsselmonde, maar een beperkt aantal koolstof isotopen analyses van het methaan in de verschillende gesteentelagen bekend zijn, is het veel moeilijker of onmogelijk om de herkomst van thermogeen methaan vast te stellen. Hiervoor zou met name in West-Nederland, verder onderzoek gedaan kunnen worden om een isotopen database op te stellen, waarmee de herkomst van methaan beter te bepalen is. Daarmee kan dan beter vastgesteld worden of het methaan putgerelateerd is, en waar een eventuele putreparatie als beheersmaatregel nodig zou zijn.

De aanwezigheid van een kleine hoeveelheid thermogeen methaan in het in de bodem aanwezige methaan kan ook duiden op gasmigratie uit reservoirs in de diepe ondergrond. Dit moet verder onderzocht worden in de olie- en gasvelden in West-Nederland, om onderscheid te kunnen maken tussen aardgaslekkage uit een put, en natuurlijke aardgasmigratie uit de diepe ondergrond.

Het onderzoeken van putten en voormalige winningslocaties moet in de toekomst zo vroeg mogelijk gedaan worden, vóór het vastleggen van bouwplannen, zodat tijdig rekening gehouden kan worden met de aanwezigheid en mogelijke risico's van methaan in de bodem.

7 De effecten van een aardgaslekkage

7.1 Algemeen

Aardgas bestaat uit verschillende componenten en varieert in samenstelling. De effecten van een lekkage worden bepaald door die componenten. Aardgas bestaat voornamelijk uit methaan, stikstof, ethaan, propaan, butaan en kooldioxide (CO₂). In sommige gasvelden in Oost-Nederland is ook zwavelwaterstof (H₂S) aanwezig. Aardgas kan ook zeer kleine hoeveelheden schadelijke stoffen – benzeen, toluen, ethylbenzeen, xyleen (BTEX) – bevatten, die bij aardgaswinning en -behandeling kunnen vrijkomen.

Op de meeste locaties waar aardgas en aardolie werd gewonnen, is sprake van historische verontreiniging van grond en grondwater met aromatische koolwaterstoffen als benzeen, toluen, ethylbenzeen, xyleen (BTEX) en minerale olie. Deze verontreinigingen zijn het gevolg van lekkages van scheidings- en behandelingsinstallaties aan de oppervlakte, en niet van putten. Deze locaties werden of worden gesaneerd. Sommige gevallen van bodemverontreiniging zijn of worden door middel van 'isoleren, beheersen en controleren' (IBC-variant) gecontroleerd.

7.2 Veiligheid

Wanneer methaan in een concentratie tussen 4 en 15 volumeprocent in de lucht aanwezig is, is er sprake van explosiegevaar. Omdat op sommige voormalige winningslocaties gebouwd werd of wordt, zou een gaslekkage van een buiten gebruik gestelde put kunnen leiden tot een explosief gasmengsel in huis. Een kleine aardgaslekkage kan dan in een woning een explosie en/of brand tot gevolg hebben. In Nederland komen dergelijke incidenten soms voor, als gevolg van een lek in een gasleiding.

De maximum toelaatbare aardgasconcentratie in een woning wordt bepaald door de Nederlandse norm NEN 8078¹⁵ voor de lekdichtheid van gasleidingen. Een lage druk gasleiding binnenshuis mag niet meer dan 5 liter aardgas per uur lekken. Er zijn bij SodM geen incidenten of voorvallen bekend in Nederland waar een methaanlekkage uit een verlaten put tot een explosie en/of brand heeft geleid. Het RIVM-onderzoek¹⁶ heeft aangegeven dat voor een natuurlijke geventileerde kruipruimte, geen explosie of brandgevaar bestaat voor de waargenomen lekkages.

7.3 Gezondheid

Methaan is niet toxisch, maar aardgas kan ook voor de gezondheid schadelijke stoffen bevatten, en dan kan er bij een lekkage in een gebouw sprake zijn van een gezondheidsrisico. Het RIVM-onderzoek¹⁶ heeft aangegeven dat voor een natuurlijk geventileerde kruipruimte, alleen de grenswaarde voor benzeen van 5 µg/m³ overschreden werd bij gassamenstelling van 0,08% benzeen, en een debiet hoger dan 10 L/dag. Dit is een conservatieve inschatting omdat uitgegaan is van de samenstelling van geproduceerd aardgas waarin benzeen aanwezig is.

De grens voor blootstelling voor een werknemer die gedurende 8-uur in een kruipruimte zou werken, ligt beduidend hoger met 700 µg/m³. Omdat men normaal niet in een kruipruimte leeft, lijkt er voor de in Nederland waargenomen emissies bij verlaten putten geen sprake van een significant risico voor de gezondheid.

7.4 Milieu – bodemverontreiniging

Aardgas kan ook voor het milieu schadelijke stoffen bevatten, maar omdat de concentratie van deze stoffen zeer laag is, is het risico daarvan zeer beperkt. Voor zover bij SodM bekend, hebben verlaten putten in Nederland niet geleid tot milieu- en/of bodemverontreinigingen.

7.5 Milieu – klimaat

Methaan is een broeikasgas met een ca 25 keer sterker effect dan CO₂. Methaan breekt af in de bodem door inwerking van bacteriën, waarbij methaan in CO₂ wordt omgezet. Dit verklaart waarom bijvoorbeeld bij Monster 2 geen methaan boven de locatie werd gemeten, maar wel in de bodem binnen de oxidatiezone (zie bijlage 4, figuur 4). Hier bevinden zich de methaan-minnende bacteriën die het methaan omzetten in CO₂.

De emissie van Monster 2 van 40 L methaan per dag, is gelijk aan een emissie van ca 11 kg of 0,01 ton of 0,00001 kTon CH₄ per jaar. Het broeikaseffect, wanneer zoals hier alle methaan in de bodem wordt omgezet in CO₂, is circa 0,00003 kTon CO₂ equivalenten per jaar.

In vergelijking met de emissies van de Nederlandse energiesector die in 2015 circa 760 kTon CO₂ equivalenten uitstootte (zie Bijlage 4), is dit insignificant.

Het uitvoeren van een reparatie van een put heeft ook negatieve gevolgen voor het milieu. Behalve hinder voor omwonenden, gebruikt een boorinstallatie veel energie en draagt bij aan het broeikaseffect door de uitstoot van CO₂. In het geval van Monster 2, is de CO₂-uitstoot van de reparatie ca 13.000 keer groter dan die van de jaarlijkse aardgaslekkage. Met andere woorden om dezelfde CO₂-uitstoot te bereiken als tijdens de reparatie, moet de put 13.000 jaar lang lekken. Het is dus van belang bij de beslissing om een reparatie uit te voeren, ook te kijken naar de gevolgen van die reparatie, en deze mee te nemen in de afweging. Bij een dergelijke geringe lekkage kunnen ook andere maatregelen genomen worden zoals het anders inrichten van de bovengrond.

7.6 Verzilting van grondwater door lekkage van zoutwater

Zoals in hoofdstuk 3.5 is beschreven, is de Chalk een watervoerend gesteente dat een overdruk kan hebben in de Vlieland en Lower Saxony geologische bekkens. De Chalk heeft echter een zeer lage doorlaatbaarheid waardoor het stromingspotentieel zeer beperkt is en het risico van stroming en verzilting beperkt is. Bovendien worden de olie- en gasputten ontworpen om het grondwater te beschermen, en worden annulaire drukken tijdens de levensduur van een put gemonitord. Voordat een verlaten putlocatie aan de eigenaar wordt teruggegeven, is meestal ook een sanering van de bodem uitgevoerd, en zijn door middel van peilbuizen de bodem en het grondwater gemonitord. Er zijn bij SodM geen putlocaties bekend waar verzilting van grondwater als gevolg van de olie- en gaswinning heeft plaatsgevonden.

8. De nazorg van buiten gebruik gestelde putten op land

8.1. Algemeen

In 2020 waren er in Nederland ongeveer 1.430 verlaten olie- en gasputten op land, waarvan 1.370 de (laatste) vergunninghouders NAM, TAQA en Vermilion toebehoren, en een 60-tal putten waar geen laatste vergunninghouder meer voor bestaat. De industrie is er altijd vanuit gegaan dat een put die volgens de geldende wet- en regelgeving buiten gebruik is gesteld, daarmee ook effectief en duurzaam afgesloten was. De onderzoeken naar lekkages in verlaten putten en de daarbij aangetoonde lekkage in twee putten gaven aan dat deze niet significant waren.

Vóór 2019 bestonden géén wettelijke verplichtingen tot specifieke nazorg voor in het verleden buiten gebruik gestelde putten. Indien na buiten gebruik stelling van een put onverhoopt alsnog een lekkage zou ontstaan, wordt dit niet gedetecteerd en worden de risico's daarvan niet geëvalueerd en beheerst. Het gevolg daarvan is dat een eigenaar niet, of te laat, maatregelen kan nemen om de risico's te beheersen. In 2019 is daarin deels verandering gekomen. Toen is artikel 8.5.1.4 in de Mijnbouwregeling opgenomen waarin is bepaald dat monitoring en mitigerende maatregelen verplicht gesteld kunnen worden met een ontheffing, indien blijkt dat een houder van de vergunning bij het buiten gebruik stellen van een put alle maatregelen heeft genomen die redelijkerwijs van hem gevergd kunnen worden en na het buitengebruikstellen een afsluiting minder effectief of minder duurzaam blijkt dan verwacht. Dit artikel kan dus niet worden toegepast waar monitoring van een vóór 2019 buiten gebruik gestelde put gewenst is.

Het opnemen van dit artikel komt echter nog niet tegemoet aan een wettelijk systeem voor verplichtingen tot specifieke nazorg. In dit hoofdstuk wordt daarom een voorzet gegeven voor een specifiek nazorgsysteem, waarvoor nog geen specifieke wetgeving is ingevoerd. In het volgende hoofdstuk wordt ingegaan op het huidige wettelijk kader.

8.2. Wettelijk kader

8.2.1. Zorgplicht

Het huidige wettelijk kader voor het buiten gebruik stellen van en buiten gebruik gestelde putten is beschreven in Bijlage 3. Dit rapport richt zich op de integriteit van buiten gebruik gestelde putten en daaraan gerelateerde methaanlekkages die schade voor mens en milieu zouden kunnen veroorzaken. Daarom is wetgeving t.a.v. schade door bodembeweging en aardbevingen buiten beschouwing gelaten.

Nadat een put volgens het geldende wettelijk kader buiten gebruik gesteld was, hield deze op te bestaan als mijnbouwwerk. Dat betekende ook dat SodM geen toezicht meer hield op deze put, tenzij er (vanaf 2019) een ontheffing werd verleend met een verplichting tot het monitoren van de put.

Los van de ontheffingsmogelijkheid, voorziet artikel 33, eerste lid, van de Mijnbouwwet in een zorgplicht. Deze zorgplicht houdt het volgende in:

De houder van een vergunning als bedoeld in artikel 6 of 25, dan wel, ingeval de vergunning haar gelding heeft verloren, de laatste houder daarvan, neemt alle maatregelen die redelijkerwijs van hem gevergd kunnen worden om te voorkomen dat als gevolg van de met gebruikmaking van de vergunning verrichte activiteiten:

a. nadelige gevolgen voor mens en milieu worden veroorzaakt,

- b. schade door bodembeweging wordt veroorzaakt,*
- c. de veiligheid wordt geschaad, of*
- d. het belang van een planmatig beheer van voorkomens van delfstoffen of aardwarmte wordt geschaad.*

Indien blijkt dat een buiten gebruik gestelde put nadelige gevolgen voor mens en milieu veroorzaakt, dan moet de (laatste) vergunninghouder maatregelen nemen die redelijkerwijs van hem gevergd kunnen worden gelet op artikel 33 van de Mijnbouwwet. Hier houdt SodM wél toezicht op. Wanneer een mijnbouwonderneming niet meer bestaat, is de Nederlandse Staat daarvoor verantwoordelijk geworden.

Overigens wordt opgemerkt dat – naast artikel 33 van de Mijnbouwwet – aansprakelijkheid voor schade veroorzaakt door ondergrondse werken, ook is vastgelegd in artikel 6:174 van het Burgerlijk Wetboek (Bijlage 3). Dit rapport gaat daar niet nader op in.

8.2.2. Nazorg

Na het verwijderen van de installaties op een winningslocatie, en het buiten gebruik stellen van de putten, wordt de locatie gesaneerd volgens de geldende milieu wet- en regelgeving en vergunningsvoorwaarden. Daarna wordt de locatie door de vergunninghouder teruggegeven aan de eigenaar volgens geldende overeenkomsten. Op land gaat het dan meestal om gehuurde locaties. De eigenaar van de locatie kan een centrale of decentrale overheid zijn, of een particulier. De locatie krijgt een bepaalde gebruiksfunctie die in de loop der tijd ook kan veranderen. Maar de buiten gebruik gestelde put(ten) onder die locatie zullen altijd aanwezig blijven. De eigenaar, of een derde, moeten als gebruikers van die locatie op de hoogte zijn van de eventuele risico's door de aanwezigheid van buiten gebruik gestelde putten, en de daarvoor vereiste beheersmaatregelen. Een nazorgsysteem voor buiten gebruik gestelde putten voorziet daarin.

Voor putten die na 2019 buiten gebruik gesteld zijn, is een eerste stap gezet voor nazorg door middel van de mogelijkheid voor een ontheffing voor een buiten gebruik gestelde put die blijkt minder effectief of duurzaam te zijn afgesloten, volgens artikel 8.5.1.4, eerste lid sub e, en het tweede lid, van de Mijnbouwregeling:

- 1. De minister kan ontheffing verlenen van bepalingen van deze afdeling, indien in een effectieve en duurzame methode van buiten gebruik stellen wordt voorzien in het geval:*
 - a. van een gedeeltelijke buiten gebruik stelling;*
 - b. van het buiten gebruik stellen van een boorgat of put die:*
 - niet is gebruikt voor de opsporing of winning van koolwaterstoffen of*
 - wordt gebruikt voor de opslag van stoffen;*
 - c. dat een obstructie in het boorgat een andere wijze tot het buiten gebruik stellen van een put noodzakelijk maakt;*
 - d. van het gebruik van een ander materiaal dan cement; of*
 - e. de houder van de vergunning bij het buiten gebruik stellen alle maatregelen heeft genomen die redelijkerwijs van hem gevergd kunnen worden en na het buiten gebruik stellen een afsluiting minder effectief of minder duurzaam blijkt dan verwacht, onder het stellen van voorschriften voor het monitoren van de buiten gebruik gestelde put en het zo nodig nemen van mitigerende maatregelen.*
- 2. De ontheffing kan onder voorschriften of beperkingen worden verleend.*

Dat een ontheffing kan worden verleend voor een verlaten put die niet of minder effectief of duurzaam is afgesloten, is van groot belang voor de gebruiksfunctie van de voormalige putlocatie

zodat de mogelijke risico's tijdig geëvalueerd kunnen worden, voordat beslissingen genomen worden door de eigenaar over het toekomstige gebruik van de grond, zoals bebouwing. Dit artikel kan alleen niet in elke situatie worden toegepast waar monitoring van de verlaten put gewenst is. Dit is beperkt tot de gevallen in artikel 8.5.1.4., eerste lid, sub e, van de Mijnbouwregeling.

Door de invoering van de BRO medio 2022 worden bestuursorganen zoals provincies en gemeentes wettelijk verplicht om kennis te nemen van de locaties van verlaten putten op hun grondgebied, zodat daarmee rekening kan worden gehouden voor de ruimtelijke indeling van dat gebied (voor bijv. bebouwing). Voor de particuliere eigenaar geldt echter geen verplichting om kennis te nemen van de locaties van verlaten putten, en is niet vastgelegd hoe hij zicht krijgt op de mogelijke risico's.

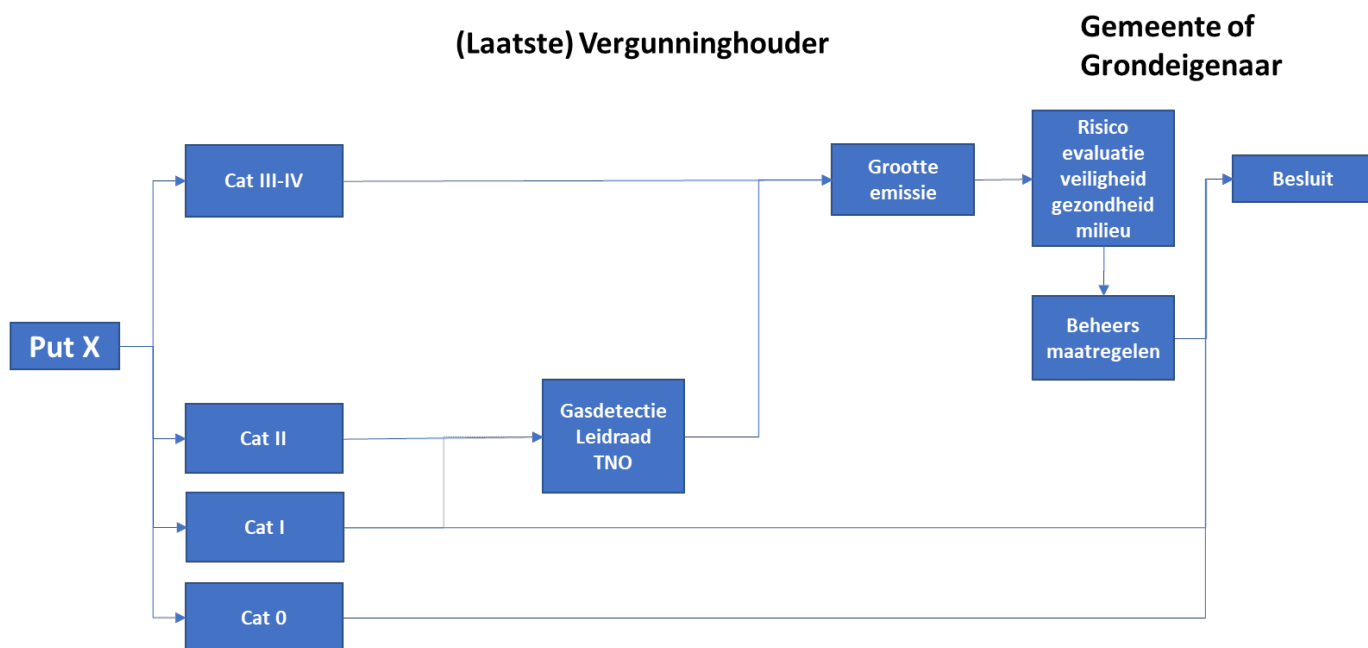
8.3. Nazorg systeem voor buiten gebruik gestelde putten

Om te kunnen bepalen welke nazorg nodig is voor een verlaten put, moeten eerst de mogelijke risico's van een aardgaslekage bekend zijn. Het risico van een aardgaslekage is het product van de kans daarop en het effect daarvan. De kans op lekage wordt bepaald door technische en geologische risicofactoren. Dit wordt in hoofdstuk 8.5 nader toegelicht. Vervolgens worden de verlaten putten ingedeeld in vijf verschillende kansniveaus, zie hoofdstuk 8.6. De grootte van de lekage is bepalend voor het effect. In hoofdstuk 8.7 staat hoe deze metingen uitgevoerd kunnen worden.

Op basis van hoofdstuk 8.5 - 8.9 is een nazorgsysteem in hoofdstuk 8.3 en 8.4 uitgewerkt. Het hier voorgestelde nazorgsysteem voor buiten gebruik gestelde putten bestaat samenvattend uit de volgende elementen:

1. Analyse van de technische en geologische risicofactoren voor migratie van methaan van een buiten gebruik gestelde put
2. Indeling van de put in een kans categorie 0, I, of II volgens de analyse van de risicofactoren
3. Uitvoeren van gasmetingen voor categorie I en/of II putten
4. Indien methaanemissie gemeten wordt, indelen in categorie III of IV
5. Risico-evaluatie uitvoeren voor veiligheid, gezondheid en milieu
6. Mitigatiemaatregelen identificeren en implementeren

Indien in het aardgas zeer zorgelijke stoffen worden aangetroffen, moet het grondwater ook bemonsterd en geanalyseerd worden om de risico's daarvan te kunnen evalueren. Het bovenstaande staat weergegeven in het volgende handelingsperspectief voor eigenaren en/of gebruikers (decentrale overheid of particulier) van een voormalige putlocatie:



Figuur 11. Handlingsperspectief gasdetectie en risicoanalyse

De verschillende mogelijke beheersmaatregelen en verantwoordelijkheden zijn in hoofdstukken 8.9 weergegeven.

8.4. Verantwoordelijkheden in het voorgestelde nazorgsysteem

Nadat een locatie aan de eigenaar is overhandigd, is deze verantwoordelijk geworden voor de locatie. De uitvoering van het hierboven geschetste handlingsperspectief zou moeten geschieden op basis van de volgende verantwoordelijkheden die nog niet specifiek wettelijk zijn vastgelegd, noch voor reeds verlaten putten én voor de nog te verlaten putten.

De mijnbouwonderneming ofwel de (laatste) vergunninghouder moet verantwoordelijk zijn voor het uitvoeren van de analyse van de technische en geologische risicofactoren en de categorisering van een reeds buiten gebruik gestelde of nog buiten gebruik te stellen put. Ook is de mijnbouwonderneming/(laatste) vergunninghouder verantwoordelijk voor het doen van de gasmetingen voor gasdetectie en emissiebepaling, en voor de risico-evaluatie en eventuele mitigerende maatregelen zoals monitoring voordat de locatie aan de eigenaar wordt overhandigd. Wanneer de locatie aan de grondeigenaar is overhandigd, is de grondeigenaar verantwoordelijk voor de risico-evaluatie en beheersmaatregelen, en kan op basis daarvan besluiten welke maatregelen genomen moeten worden voor de toekomstige ontwikkeling en inrichting van het terrein.

Er is momenteel geen wettelijke verplichting voor de (laatste) vergunninghouder om putten die in het verleden buiten gebruik gesteld werden, te monitoren. Alleen voor putten die na 2018 buiten gebruik gesteld worden, bestaat nu de mogelijkheid tot het verlenen van een ontheffing indien wordt voldaan aan artikel 8.5.1.4, tweede lid, sub e, van de Mijnbouwregeling. In de ontheffing kan dan bijvoorbeeld monitoring voorgeschreven worden.

Wanneer een locatie met (een) buiten gebruik gestelde put(ten) teruggegeven is aan de eigenaar, is de eigenaar verantwoordelijk om kennis te nemen van de categorisering van de put, en de risico-evaluatie en de resultaten van eventuele monitoring door de (laatste) vergunninghouder op grond van de BRO. De vereisten voor monitoring zoals frequentie en duur zijn niet vastgelegd in de

mijnbouwwetgeving. Als er een nieuwe gebruikssituatie (bijvoorbeeld bebouwing) door een nieuwe/opvolgende eigenaar gaat plaatsvinden op de locatie met een verlaten put, dan is de nieuwe/opvolgende eigenaar verantwoordelijk geworden om de risico-evaluatie opnieuw uit te voeren voor de nieuwe gebruikssituatie. Dit zal in de wetgeving geborgd moeten worden als een verplichting.

Voor reeds verlaten putten waar geen eigenaar meer voor is, zal de categorisering, risico-evaluatie en monitoring de verantwoordelijkheid van de Nederlandse Staat zijn.

8.5. Technische en geologische risicofactoren

Het putontwerp is erop gericht om de noodzakelijke afsluitingen in de putconstructie op te nemen, en om het ontstaan van migratiepaden door of langs deze afsluitingen te vermijden, dan wel op een of ander moment in de levenscyclus van een put eventueel ontstane migratiepaden te beheersen en/of te herstellen¹. Tijdens de aanleg van een put kan een afsluiting in de putconstructie minder effectief worden, waardoor op enig moment in de levenscyclus van de put een migratiepad zou kunnen ontstaan.

De risicofactoren voor deze migratiepaden betreffen het afdoende isoleren van die gesteenteformaties die een stromingspotentieel hebben. Deze risicofactoren worden vooral bepaald door de lokale geologie en eigenschappen en inhoud van de gesteenteformaties, en zullen voor ieder veld anders zijn. In bijlage 5 staat een overzicht van de risicofactoren, en op welke manier zij bijdragen aan een lekkage. De kans op mogelijke migratiepaden wordt dus niet alleen door de regionale geologie bepaald, maar ook door de lokaal toegepaste technieken en procedures om een put te construeren dan wel buiten gebruik te stellen. Ook de beschikbaarheid van informatie over een put, bijvoorbeeld wanneer er sprake is geweest van meerdere eigenaren, kan een risicofactor zijn.

Door de technische en geologische risicofactoren te analyseren, kan een indeling van de verlaten putten gemaakt worden naar de relatieve kans op een lekkage.

8.6. De categorisering van verlaten putten

In hoofdstuk 6 staat dat uit de onderzoeken op ruim 200 van de ca 1.430 verlaten putten, twee putten werden aangetroffen met een methaanlekkage van respectievelijk 40, en 29 tot 58 liter methaan per dag. Beide putten bevinden zich in het West-Nederland geologische bassin. De relatieve kans op een lekkage blijkt vooral regionaal bepaald te zijn.

Om beter onderscheid te kunnen maken tussen de ongeveer 1.430 verlaten putten op land, en duiding te kunnen geven van de kans op een lekkage, heeft SodM de mijnbouwondernemingen op land verzocht om de verlaten putten in categorieën in te delen, op basis van de relevante geologische en technische risicofactoren.

De olie- en gasbrancheorganisatie Nogepa (ElementNL) heeft naar aanleiding daarvan een methode ontwikkeld²¹ waarbij de verlaten putten in 5 categorieën ingedeeld worden (tabel 1). Iedere categorie geeft de kans op lekkage weer. De kans op lekkage wordt bepaald door geologische risicofactoren en technische risicofactoren, zoals waargenomen tijdens aanleg en gebruik. Voor iedere categorie kunnen dan, indien en wanneer nodig, specifieke nazorg- of beheersmaatregelen geïdentificeerd worden.

¹ Deze afsluitingen en migratiepaden zijn in hoofdstuk 5 beschreven.

	Kans op lekkage	Beschrijving	Aantal putten
0	Geen kans op migratie van aardgas	Geen aardgas onder druk en geen migratiepaden aanwezig	1063
I	Geringe kans op migratie van aardgas	Aardgas onder druk of migratiepad aanwezig	255
II	Kans op migratie van aardgas	Aardgas onder druk en migratiepad aanwezig	26
III	Bevestigde lekkage van < 5 L/uur* aardgas	Bevestigde lekkage van < 5 L/uur aardgas**	1
IV	Bevestigde lekkage van > 5 L/uur aardgas	Bevestigde lekkage van > 5 L/uur aardgas**	0

*5 L/uur aardgas is de grenswaarde voor het lekverlies van een aardgasleiding met minder dan 5 L inhoud, bij een druk van 25 mbar, volgens de norm NEN-8078. Grotere lekkages moeten direct door de netbeheerder worden opgelost.

** Aardgas samenstelling voor laag-calorisch gas zoals aan huishoudens wordt geleverd.

Tabel 1 Categorisering van verlaten putten

Putten in de categorieën 0 t/m II werden geïdentificeerd op basis van de beschikbare gegevens van een verlaten put en het veld, zoals geologie, boorgatmetingen, dagrapporten en eindrapportages. Daarbij werden de putten geanalyseerd op de aanwezigheid van een aantal zogenaamde risicofactoren die bepalen of een drukkoudende gesteentelaag of reservoir stromingspotentieel en een migratiepad kan hebben.

Putten in de categorieën III en IV zijn geïdentificeerd op basis van waarneming van een lekkage aan het maaiveld of de putmond en meting van het debiet van de lekkage. De norm NEN-8078 'Bepaling van de gasdichtheid van een voorziening van gas'¹⁵, wordt hier toegepast met de verwachting dat op de put een gebouw geplaatst is of geplaatst zal worden, met migratie van aardgas naar de kelder of kruipruimte. De norm geeft in Tabel A1 de grenswaarde voor het lekverlies in een leiding voor aardgas bij een druk van 25 mbar. Deze norm geldt voor het maximaal toegestane lekverlies in een gasleiding in een woning.

Van de 22 putten uit categorie II zijn 20 putten afkomstig uit West-Nederland (zie bijlage 1). Ook de put in categorie III ligt in dit gebied. Dit geeft aan dat de kans op lekkage vooral bepaald wordt door de regionale geologie van het West-Nederland geologische bekken, waar zich een ondieper gasreservoir bevindt, zoals de Holland Greensand, waar niet uit gewonnen is. Daarnaast bevindt zich in sommige gevallen ook aardgas in de ondiepere leper en Brussel zanden. Het betreft hier dan de verlaten putten in de velden tussen en rond Rotterdam en Den Haag, zoals IJsselmonde, Ridderkerk, Berkel, Monster en De Lier.

Zoals in hoofdstuk 5.10 is aangegeven, geeft de categorisering een goede indicatie. Maar vooral in West-Nederland is het van belang de puthistorie voor categorie I-putten waar geologie een risicofactor is, ook te controleren. Uit de metingen door TNO in 2018, 2019 en 2021 blijkt dat er bij een drietal verlaten putten in West-Nederland methaan in de bodem wordt aangetroffen, terwijl de putten ingedeeld waren in categorie I. Het is daarom aanbevolen om uit voorzorg in deze regio ook voor categorie I-putten, gasdetectiemetingen uit te voeren.

Zoals beschreven in 8.4 gaat dit niet over de juridische uitwerking van het nazorgsysteem. Desalniettemin stelt SodM voor om de (laatste) vergunninghouder verantwoordelijk te maken voor het vaststellen van de categorie van een verlaten put, volgens de door Nogepe (Element NL)

ontwikkelde methode. Dit is nog niet vastgelegd in Mijnbouwwet- en regelgeving en SodM zal aan EZK verzoeken dit op te nemen.

Vooralsnog wordt deze categorisering opgenomen in NLOG, die gekoppeld is aan de putten in de BRO. Zo kan iedere gemeente die de BRO raadpleegt, zien welke verlaten putten deze op haar terrein heeft en welk handelingsperspectief daarvoor geldt.

Wanneer een put buiten gebruik gesteld is, is het zinvol dat de mijnbouwonderneming de put in één van de categorieën indeelt en dat deze informatie beschikbaar wordt gemaakt via de BRO.

De door SodM verzochte categorisering van buiten gebruik gestelde putten bleek goed uitvoerbaar en heeft geresulteerd in een goed overzicht van deze putten. De vastgestelde risicofactoren moeten echter aangevuld worden met de historische observaties van methaanlekkages in putkelders. In 2021 werd bijvoorbeeld duidelijk dat de verlaten putten IJS-23 en RKK-32 een historie hadden van methaanlekage in de putkelder nadat deze buiten gebruik gesteld waren. Dergelijke putten zouden tenminste als Cat II geïdentificeerd moeten worden. Hieruit blijkt ook dat goed archiefonderzoek van buiten gebruik gestelde putten in West-Nederland noodzakelijk is om de betrouwbaarheid van de categorisering te verbeteren. SodM zal daarop toezien.

Voor de ca. 60 verlaten putten waar geen (laatste) vergunninghouder meer voor is, zal de Nederlandse Staat verantwoordelijk zijn voor het vervullen van de zorgplicht. SodM zal de taak op zich nemen om de categorisering, namens de Nederlandse Staat uit te voeren, dan wel uit te laten voeren en daarop toe te zien.

8.7. Gasdetectie en bepaling grootte emissie

8.7.1. Algemeen

De in hoofdstuk 8.6 besproken categorisering van de verlaten putten bepaalt vervolgens of gasdetectie noodzakelijk is en welke methodes toegepast kunnen worden. Gasmetingen zijn aanbevolen voor de verlaten putten in Categorie II, echter een (de)centrale overheid, (laatste) vergunninghouder of eigenaar kan ook eigenstandig beslissen om een Categorie I of 0 put te meten, indien men dat zou willen. De metingen moeten uitgevoerd worden volgens de TNO-leidraad door bedrijven die daarin gespecialiseerd zijn, in opdracht van de beheerder van de locatie zoals de gemeente of de mijnbouwonderneming.

Vervolgens wordt een risicoanalyse uitgevoerd door de eigenaar en/of gebruiker van de locatie en/of de (laatste) vergunninghouder volgens hoofdstuk 8.8 om te bepalen of er schade voor mens en/of milieu kan ontstaan en wat de ernst daarvan zou kunnen zijn. Indien er sprake is van mogelijk gevaar en schade, kan de put (indien toegankelijk) uitgegraven worden door de (laatste) vergunninghouder of de eigenaar en/of gebruiker van de locatie, en aan de putmond opnieuw gemeten worden. Dan kan de emissie aan de bron nader geanalyseerd worden. Wanneer de put niet meer toegankelijk is omdat er al op gebouwd is, kan de eigenaar en/of gebruiker ook een risicoanalyse (laten) uitvoeren om vast te stellen of verdere actie nodig is.

Wanneer een debiet van een emissie niet bepaald kan worden, bijvoorbeeld doordat er een lekkage buiten de put plaatsvindt en/of in het verleden heeft plaatsgevonden, zoals nu in IJsselmonde het geval lijkt te zijn, wordt een risicoanalyse ingewikkelder. Het kan dan nodig zijn om de mogelijke scenario's eerst uit te werken en dan voor ieder scenario een risico-evaluatie uit te voeren, waarna beheersmaatregelen vergeleken en afgestemd worden op basis van noodzaak en haalbaarheid. SodM houdt hierbij toezicht op de (laatste) vergunninghouder zodat deze aan de zorgplicht voldoet.

8.7.2. TNO Leidraad voor gasmetingen

De leidraad van TNO¹⁷ beschrijft de verschillende methodes en meetgereedschappen die gebruikt kunnen worden om een aardgasemissie te detecteren en om onderscheid te kunnen maken tussen de herkomst van het aardgas: biogeen of thermogeen.

De in de leidraad genoemde methoden bepalen alleen of er sprake is van een aardgasemissie, maar kunnen de grootte van de emissie niet nauwkeurig bepalen. Dit kan alleen als de emissie afkomstig is uit de put, de grond boven de verlaten put verwijderd is en de emissie direct aan de putmond gemeten wordt.

Wanneer er sprake is van lekkage buiten de put langs, wordt het ingewikkelder om de herkomst van het gas en het debiet vast te stellen, vooral wanneer de bodem en ondiepe ondergrond al van nature rijk zijn aan methaan zoals in West-Nederland.

De isotopen-analyse van het methaan, op basis waarvan de herkomst bepaald kan worden, moet mogelijk aangevuld worden met isotopen-analyse van CO₂. De oxidatie van methaan in de ondiepe ondergrond en bodem zorgt ervoor dat de koolstof-isotopen-verhouding in het aanwezige methaan verandert waardoor de herkomst verkeerd geïnterpreteerd kan worden.

8.7.3. Gasdetectie voor categorie 0-putten

Voor categorie 0-putten is het risico van een thermogene methaanemissie verwaarloosbaar klein en wordt niet geacht van invloed te zijn op de gebruiksfunctie van de grond. Gasdetectie is dan ook niet nodig, maar indien een eigenaar en/of gebruiker van de grond dat wenst, kunnen zij dat alsnog uitvoeren volgens de methodes zoals beschreven in de Gasdetectie leidraad¹⁷.

8.7.4. Gasdetectie voor categorie I-putten

Voor categorie I-putten geldt alleen dat er een risicoanalyse uitgevoerd moet worden door de eigenaar of de gebruiker van de grond én de (laatste) vergunninghouder, op basis waarvan bepaald wordt of verdere mitigerende maatregelen nodig zijn. Dat zou bijvoorbeeld gasdetectie kunnen zijn.

Gezien de recente ervaringen in Rotterdam is het in West-Nederland noodzakelijk om ook voor categorie I-putten gasdetectie te verrichten. Indien een gasmeting nodig is, bepalen de uitkomsten van de meting die uitgevoerd wordt volgens de leidraad voor gasmetingen, of er sprake is van een lekkage en wat de geschatte emissie van thermogeen methaan is.

8.7.5. Gasdetectie voor categorie II-putten

Uit het handelingsperspectief in figuur 11 volgt dat voor een categorie II-put, gasdetectie uitgevoerd moet worden door de eigenaar of de gebruiker van de grond. Op basis van de analyse van de resultaten en geschatte emissie wordt door deze partijen en belanghebbenden een risicoanalyse uitgevoerd en kunnen mitigerende maatregelen geïdentificeerd worden. Indien nodig bijvoorbeeld wanneer er sprake is van thermogeen methaan en geen moerasgas, én, indien mogelijk, kan een nauwkeuriger schatting van de emissie verkregen worden door de grond boven de put te verwijderen en opnieuw te meten. De risicoanalyse kan dan opnieuw gedaan worden.

8.7.6. Gasdetectie voor categorie III- en IV-putten

Voor categorie III en IV-putten moet de emissie zo nauwkeurig mogelijk bepaald worden, wordt een risicoanalyse uitgevoerd en worden mitigerende maatregelen geïdentificeerd. Indien er op basis van de risicoanalyse geen direct gevaar is voor veiligheid, gezondheid en/of milieu, moeten deze putten ten minste periodiek, bijvoorbeeld jaarlijks, gemonitord worden door de eigenaar en/of gebruiker

van de grond. In een dergelijk geval zal de (laatste) vergunninghouder aansprakelijk gesteld kunnen worden voor schade op grond van de zorgplicht.

8.8.Risicoanalyse en evaluatie

Als een lekkage van een verlaten put wordt vastgesteld, moeten de risico's voor veiligheid, gezondheid en milieu geanalyseerd en geëvalueerd worden. Om de effecten van een lekkage te kunnen bepalen, moeten het debiet aan de bron van de lekkage en de samenstelling van het aardgas bepaald worden. De door TNO ontwikkelde leidraad voor gasmetingen beschrijft hoe de gasmetingen gedaan moeten worden.

Op basis daarvan kunnen mitigerende maatregelen, ofwel beheersmaatregelen bepaald worden om de risico's te beheersen. In die gevallen waar een debiet niet met zekerheid vastgesteld kan worden, moeten aannames gemaakt worden op basis van de beschikbare informatie.

Er zijn hiervoor verschillende methoden in gebruik, waaronder kwantitatieve en kwalitatieve. Voor het bepalen van beheersmaatregelen is de kwalitatieve bowtie-analyse een krachtige en eenvoudige methode om veiligheids-, gezondheids- en milieurisico's te evalueren en beheersmaatregelen te identificeren. SodM heeft deze methode hier gebruikt als basis voor een nazorgsysteem voor verlaten putten. De verdere ontwikkeling van het nazorgsysteem zal vooral met de decentrale overheden verder uitgewerkt moeten worden, zodat taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden duidelijk worden, in lijn met het doel van het rapport.

In hoofdstuk 8.5 is met de categorisering van verlaten putten beschreven wat de relatieve kans op een lekkage is. Met de bowtie-analyse kunnen dan voor iedere categorie de nodige beheersmaatregelen afgeleid worden om de eventuele schadelijke effecten van een lekkage te voorkomen of te beperken.

Omdat een lekkage uit een verlaten put niet onmogelijk is, moet een nazorgsysteem de effecten daarvan zo veel mogelijk verminderen of zelfs voorkomen. Daarvoor moeten mitigerende maatregelen geïdentificeerd worden. De effecten van een lekkage zijn al in het vorige hoofdstuk beschreven. Voor iedere geïdentificeerde maatregel is het noodzakelijk om te bepalen en af te spreken wie verantwoordelijk is om die maatregel te nemen. De bowtie-analyses staan in Bijlage 5.

8.9.Beheersmaatregelen

8.9.1. Algemeen

De mijnbouwonderneming heeft een zorgplicht voor de verlaten putten waar zij vergunninghouder van is, dan wel de laatste vergunninghouder was. Deze zorgplicht volgens artikel 33 van de Mijnbouwwet (Bijlage 3) is doelstellend opgesteld, in die zin dat de mijnbouwonderneming alle maatregelen die redelijkerwijs gevraagd kunnen worden moet inzetten om te voorkomen dat met de activiteiten o.a. nadelige gevolgen voor mens en milieu worden veroorzaakt. De hier geïdentificeerde beheersmaatregelen zijn de basis voor een nazorgsysteem voor verlaten putten dat reeds is beschreven in hoofdstuk 8.3 en 8.4. Deze beheersmaatregelen staan hieronder in volgorde van de ernst van de nadelige effecten.

8.9.2. Bowtie - veiligheid

De volgende mitigerende maatregelen kunnen genomen worden voor een aardgaslekkage uit een buiten gebruik gestelde put, zodat er geen kans bestaat dat in een daarbovenliggend gebouw een gasexplosie of brand voorkomt ten gevolge van ontbranding van het gelekte aardgas.

Beheersmaatregel	Risicoreductie
Monitoring <ul style="list-style-type: none"> • Gasetectie en emissie-meting • Eenmalig of periodiek 	Vaststellen of er potentieel is voor explosie en brand in een bestaand of toekomstig gebouw.
Blootstelling elimineren <ul style="list-style-type: none"> • Aanpassingen van het bestemmingsplan - verandering van de bouwlocatie of het bouwplan 	Bouwen op een andere locatie zodat lekkage niet kan binnentreden. Indeling bebouwing veranderen zodat lekkage niet kan binnentreden. Wijzigen gebruiksfunctie grond zodat geen opeenhoping van methaan in bebouwing kan ontstaan.
Emissie isoleren <ul style="list-style-type: none"> • Isoleren van de aardgasemissie door het afdekken van de verlaten put 	Uitgifte wordt buiten het gebouw geleid, bijvoorbeeld door betonnen of kunststof barrières onder de bebouwing
Emissie controleren <ul style="list-style-type: none"> • Ventilatie van de bebouwing 	Bouwen volgens de ventilatienormen, of het aanbrengen van extra ventilatie om opeenhoping van methaan tot een explosief mengsel te voorkomen.
Emissie elimineren <ul style="list-style-type: none"> • Reparatie van de verlaten put 	Afsluiten van het migratiepad in de verlaten put. Een escalatie ontstaat wanneer de verlaten put niet toegankelijk is.

8.9.3. Bowtie voor een aardgaslekkage in een gebouw - gezondheid

De volgende mitigerende maatregelen kunnen genomen worden voor een aardgaslekkage uit een verlaten put, die in een gebouw stoffen verspreidt die schadelijk voor de gezondheid kunnen zijn. Dit is mogelijk wanneer in het gebouw de grenswaarden voor die schadelijke stoffen (BTEX) overschreden worden. De geldende normen en waarden staan in het zoekstelsel Risico's van Stoffen van het RIVM.

Mitigatiemaatregel	Risicoreductie
Monitoring <ul style="list-style-type: none"> • Gasetectie en analyse van de samenstelling van het aardgas Eenmalig of periodiek	Vaststellen of schadelijke stoffen aanwezig zijn in de atmosfeer en of deze normoverschrijdend zijn.
Blootstelling elimineren <ul style="list-style-type: none"> • Verandering van de bouwlocatie of het bouwplan 	Bouwen op een andere locatie zodat lekkage niet kan binnentreden. Indeling bebouwing veranderen zodat lekkage niet kan binnentreden. Wijzigen gebruiksfunctie grond zodat geen opeenhoping van methaan kan ontstaan.
Emissie isoleren <ul style="list-style-type: none"> • Isoleren van de emissie door het afdekken van de verlaten put 	Emissie wordt buiten het gebouw geleid, bijvoorbeeld door betonnen of kunststof barrières onder de bebouwing.
Emissie controleren <ul style="list-style-type: none"> • Ventilatie van de bebouwing 	Bouwen volgens de ventilatienormen, of het aanbrengen van extra ventilatie om opeenhoping van schadelijke stoffen boven de norm te voorkomen.

Emissie elimineren <ul style="list-style-type: none"> • Reparatie van de verlaten put 	Afsluiten van het migratiepad in de verlaten put. Een escalatie ontstaat wanneer de verlaten put niet toegankelijk is.
--	---

8.9.4. Bowtie voor een aardgas lekkage - bodemvervuiling

De volgende mitigerende maatregelen kunnen genomen worden voor een aardgaslekkage uit een verlaten put, die in de bodem en het grondwater stoffen verspreidt, die schade voor het milieu tot gevolg kan hebben. Dit is mogelijk wanneer in de bodem en grondwater de grenswaarden, kwaliteitsnormen en/of interventiewaarden voor die schadelijke stoffen (BTEX) overschreden worden. De geldende normen en waarden staan in het zoekstelsel Risico's van Stoffen van het RIVM.

Mitigatiemaatregel	Risicoreductie
Monitoring <ul style="list-style-type: none"> • Gasdetectie en analyse van de samenstelling van het aardgas, en chemische analyse van bodem en grondwater 	Vaststellen of schadelijke stoffen aanwezig zijn in de bodem en grondwater, en of deze normoverschrijdend zijn.
Blootstelling elimineren	Wijzigen gebruiksfunctie grond zodat geen vervuild of verzilt water aan de bodem onttrokken wordt.
Emissie elimineren <ul style="list-style-type: none"> • Reparatie van de verlaten put 	Afsluiten van het migratiepad in de verlaten put. Een escalatie ontstaat als de verlaten put niet toegankelijk is.
Saneren <ul style="list-style-type: none"> • Vervuild grondwater onttrekken en afvoeren 	Concentratie schadelijke stoffen reduceren tot onder de interventiewaarde.

8.9.5. Bowtie voor een aardgas lekkage - klimaat

In hoofdstuk 6.4.5 werd aangegeven dat het effect op het klimaat van een aardgaslekkage uit een verlaten put insignificant is. Voor de volledigheid is de bowtie-analyse hiervoor wel gemaakt.

Mitigatiemaatregel	Risicoreductie
Monitoring <ul style="list-style-type: none"> • Gasdetectie en emissiemeting 	Vaststellen of er sprake is van een methaanemissie en de grootte daarvan.
Emissie isoleren	Afdekken met grond of kunststof en afbraak van methaan naar CO ₂ bevorderen door bacteriële inwerking.
Emissie elimineren <ul style="list-style-type: none"> • Reparatie van de verlaten put 	Afsluiten van het migratiepad in de verlaten put. Een escalatie ontstaat als de verlaten put niet toegankelijk is.

8.9.6. Afwegingen bij het nemen van beheersmaatregelen

Het opnieuw verlaten van een put is een ingrijpende maatregel die hoge kosten en een langdurige verstoring als gevolg van werkzaamheden en geluidsoverlast van de omgeving tot gevolg kan

hebben, met navenante CO₂-voetafdruk. Een reparatie van een buiten gebruik gestelde put is nog geen garantie dat er geen lekkage meer optreedt, en is alleen zinvol wanneer de oorzaak bekend is en putgerelateerd is. Wanneer vastgesteld wordt dat er sprake is van natuurlijke gas migratie langs breuken en/of doorlatende ondiepe gesteentelagen, is de kans klein dat een putreparatie slaagt. Voor deze maatregel is dus een afweging nodig tegen alle andere maatregelen om de risico's zo klein als redelijkerwijs mogelijk te houden. Indien mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn, kunnen deze dus uiteenlopen van periodieke monitoring, het wijzigen van bouwplannen of bestemmingsplannen, het toegankelijk houden van verlaten putten, het isoleren controleren en beheersen, tot het opnieuw verlaten van een put.

9. Conclusies en aanbevelingen

Uit dit rapport blijkt dat een kleine fractie van de buiten gebruik gestelde putten kunnen lekken, en dat de lekkages niet significant lijken te zijn. Gasmigratie kan ook buiten de putten optreden, mogelijk als gevolg van de aanwezigheid van methaan en geologische breuken in de ondergrond.

De voormalige wetgeving ging ervanuit dat putten niet lekken nadat deze buiten gebruik gesteld waren en daardoor ontbrak nadien verder toezicht en controle op methaanemissies op voormalige locaties met buiten gebruik gestelde putten.

De risico's van een mogelijke methaanlekkage uit een buiten gebruik gestelde put en/of gasmigratie werden daardoor buiten beschouwing gelaten, waardoor in de praktijk een emissie te laat ontdekt werd en er al vergevorderde bouwplannen zijn zoals in Monster en Rotterdam IJsselmonde. Met als gevolg vertraging in de bouwplannen, overlast door herstelwerkzaamheden en maatschappelijke onrust.

Voor de meeste buiten gebruik gestelde putten op land is door de (laatste) vergunninghouders een risico-evaluatie uitgevoerd, op basis van technische en geologische risicofactoren. De putten zijn vervolgens in categorieën ingedeeld en is er een richtlijn opgesteld voor gasdetectie en emissiemetingen.

Voor een zestigtal putten is geen laatste vergunninghouder meer en zijn de risico's van een lekkage nog niet in kaart gebracht, zoals gedaan is door de (laatste) vergunninghouders.

In dit rapport worden de mitigerende maatregelen benoemd die van toepassing kunnen zijn voor het beheersen van de veiligheids-, gezondheids- en milieurisico's van een methaanemissie ten gevolge van een lekkage van een buiten gebruik gestelde put en/of natuurlijke gasmigratie in de ondergrond.

De volgende aanbevelingen geven aan welke acties nodig zijn om de nazorg van buiten gebruik gestelde putten voor de risico's van methaanlekkage in te richten.

Aan het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties:

1. Maak alle relevante informatie over de risico's van verlaten putten beschikbaar voor grondeigenaren en decentrale overheden, zodat deze informatie eenvoudig betrokken kan worden bij het verdere gebruik van voormalige mijnbouwlocaties en bijdraagt aan de borging van de veiligheid van de leefomgeving.
2. Communiceer hierover met prioriteit aan de decentrale overheden in Zuid-Holland. De categorisering geeft aan dat de meeste verlaten putten met een relatief hogere kans op een lekkage in Zuid-Holland liggen. Het ligt dan voor de hand om met deze gemeentes te beginnen.
3. De Basis Registratie Ondergrond (BRO) bevat alle verlaten putten die een link zullen hebben met de DINO/NLOG-database zodat gebruikers van de BRO direct informatie krijgen over de categorie van een put en het daarbij horende handelingsperspectief.

Aan het ministerie van Economische Zaken en Klimaat:

4. Draag zorg voor de risico-inventarisatie van buiten gebruik gestelde putten waar geen laatste vergunninghouder meer voor bestaat (weesputten).

5. Zorg voor de wettelijke borging dat relevante informatie over de risico's van verlaten putten door mijnbouwoperators wordt geïnventariseerd en gearchiveerd voordat de mijnbouwactiviteit wordt beëindigd.
6. In samenspraak met de betrokken partijen (SodM, EZK, BZK, gemeentes, provincies, grondeigenaren en grondgebruikers, Nogepe-Element NL) een wettelijk nazorgsysteem met een handelingsperspectief nader uitwerken, waar de taken en verantwoordelijkheden van alle betrokken partijen zijn vastgelegd en eventuele handhavingsmaatregelen die kunnen worden genomen om grondeigenaren/gebruikers aan te spreken op hun verantwoordelijkheden (zoals het uitvoeren van een categorisering etc).
7. De resultaten van het KEM 18-onderzoek naar de langetermijneffecten van gecementeerde verwerken in het nazorgsysteem.
8. De categorisering van verlaten olie- en gasputten invoeren in de DINO/NLOG-database van TNO, en daarin het nazorgsysteem publiceren, zodat gemeentes en grondgebruikers weten welke verlaten putten op hun grondgebied liggen, wat daarvan de potentiële risico's zijn en wat het handelingsperspectief is.
9. Wetgeving met BZK uitwerken om de zorgplicht voor verlaten putten nader te specificeren.
10. Implementeer een tijdelijk beleidskader voor nazorg in afwachting van een structureel en wettelijk voldoende geborgd nazorgsysteem.

Aan Nogepe (Element NL) en de mijnbouwondernemingen:

11. Herzie de risicofactoren van de categorisering van buiten gebruik gestelde verlaten putten, waarbij beter rekening gehouden wordt met historische waarnemingen van afwijkende annulaire drukken en methaanemissies in de putkelders.
12. Maak de categoriseringrevisie beschikbaar voor het publiek zodat deze toegevoegd kan worden aan DINO/NLOG en aan de BRO gekoppeld kan worden.

Aan decentrale overheden

13. Houd tijdig rekening met de eventuele aanwezigheid van methaan in de bodem van voormalige olie- en gaswinningslocaties, vóórdat plannen gemaakt worden voor gebruik van die locaties voor bijvoorbeeld bebouwing. Maak de inhoud van dit rapport bekend bij de medewerkers in de organisatie die een rol hebben in de ruimtelijke ordening.
14. Raadpleeg de TNO-database NLOG om de aanwezigheid van buiten gebruik gestelde putten te controleren. Zodra in de BRO de buiten gebruik gestelde putten zijn opgenomen, moet de BRO daarvoor gebruikt worden. Indien buiten gebruik gestelde putten aangetroffen worden, volg dan de stappen zoals beschreven in Bijlage 7 van dit rapport.

SodM zal naar aanleiding van de conclusies van dit rapport verder onderzoek laten doen naar:

- De kwalificatie van thermogeen en biogeen methaan voor de geologische herkomst van het methaan in de bodem in West-Nederland.
- Isotopenanalyse van CO₂ voor de leidraad voor gasmetingen om veranderingen in de koolstof-isotopenverhouding van het methaan te signaleren.
- De aanwezigheid van geologische breuksystemen in het West Nederland bekken, waardoor gasmigratie in de bodem en ondergrond plaatsvindt en natuurlijke methaanemissies in de bodem mogelijk zijn.

10. Literatuur

1. Dual hydraulic behaviour of the Chalk in the Netherlands North Sea, H. Verweij, TNO 2005.
2. Nogepa Standaard 45 Het buiten gebruik stellen van putten. 2019.
3. Formation of a sealing well barrier by the creep of rock salt: numerical investigations. Orlic et al, AMRA 2019.
4. Identification and qualification of shale annular barriers using wireline logs during plug and abandonment operations. Williams et al, SPE/IADC 119321, 2009.
5. Methaan emissiemetingen aan buiten gebruik gestelde olie- en gaswinningsputten. ECN, 2017.
6. Verslag emissiemetingen aan geabandonneerde putten in november 2018, TNO.
7. Verslag emissiemetingen aan geabandonneerde putten in 2019, TNO.
8. Occurrence and fate of methane leakage from cut and buried abandoned gas wells in The Netherlands. Schout et al. Science of the Total Environment 659 (2019).
9. Geohydrochemische aspecten van methaan in grondwater in Nederland. Stuyfzand et al, KIWA, H2O 1994.
10. Methaan in ondiep Nederlands grondwater: verbinding met de diepe ondergrond? H2O online, 17 september 2015.
11. Notitie WMD ir N.L. van der Mout, WMD, 24-03-2016.
12. Impact of an historic underground gas well blowout on the current methane chemistry in a shallow groundwater system. Schout et al, PNAS 2017.
13. Methaan rond boorlocatie Sleen verontrust WMD niet. H. Bult. Dagblad van het Noorden, 27 December 2017.
14. De integriteit van onshore putten in Nederland. SodM, 2019.
15. NEN 8078 - Voorziening voor gas met een werkdruk tot en met 500 mbar - Prestatie-eisen - Bestaande bouw.
16. Gevaren van verspreiding binnenshuis van stoffen in gelekt aardgas, Notitie RIVM, 2019.
17. Leidraad meten en detecteren van potentiële lekkages van methaan uit afgesloten olie- en gasputten op het vasteland, TNO, 2019.
18. The uncertain climate footprint of wetlands under human pressure. Petrescu et al. PNAS 2015.
19. Emissie van het broeikasgas methaan gerelateerd aan de olie- en gassector in Nederland met nadruk op exploratie en productie, TNO, 2018.
20. Methane emissions from oil and gas systems, globally and in the EU. Hoglund-Isaksson, IIASA 2018.
21. Decision tree for the categorization of Decommissioned Onshore Wells, Nogepa, 2020.
22. TNO2022_R10902 Methaanmetingen aan geabandonneerde putten in het IJsselmonde veld in november/december 2021. G. Kunakbayeva, 2022.
23. Qualitative risk assessment of long-term behaviour of materials and interfaces in Boreholes KEM-18. E. van Oort, 2022.

Bijlage 1 Categorie I, II en III buiten gebruik gestelde putten

Categorie I		
Put naam	Gemeente	(Laatste) Vergunninghouder
BERKEL- 1	Lansingerland	NAM
BERKEL- 2	Lansingerland	NAM
BERKEL- 3	Lansingerland	NAM
COLLEENDOORN- 1	Hardenberg	NAM
DE LIER- 2	Westland	NAM
DE LIER- 3	Westland	NAM
DE LIER- 5	Westland	NAM
DE LIER- 6	Westland	NAM
DE LIER- 7	Westland	NAM
DE LIER- 8	Westland	NAM
DE LIER- 9	Westland	NAM
DE LIER-10	Westland	NAM
DE LIER-11	Westland	NAM
DE LIER-12	Westland	NAM
DE LIER-13	Westland	NAM
DE LIER-14	Westland	NAM
DE LIER-15	Westland	NAM
DE LIER-16	Westland	NAM
DE LIER-17	Westland	NAM
DE LIER-18	Westland	NAM
DE LIER-22	Westland	NAM
DE LIER-23	Westland	NAM
DE LIER-24	Westland	NAM
DE LIER-25	Westland	NAM
DE LIER-27	Westland	NAM
DE LIER-28	Westland	NAM
DE LIER-29	Westland	NAM
DE LIER-30	Westland	NAM
DE LIER-31	Westland	NAM
DE LIER-32	Westland	NAM
DE LIER-33	Westland	NAM
DE LIER-34	Westland	NAM
DE LIER-35	Westland	NAM
DE LIER-38	Westland	NAM
DE LIER-39	Westland	NAM
DE LIER-40	Westland	NAM
DE LIER-41	Westland	NAM
DE LIER-42	Westland	NAM
DE LIER-43	Westland	NAM

DE LIER-44	Westland	NAM
DE LIER-45	Westland	NAM
DE LIER-47	Westland	NAM
DE LIER-49	Westland	NAM
DE WIJK- 1	De Wolden	NAM
DE WIJK- 2	De Wolden	NAM
DE WIJK- 3	De Wolden	NAM
DE WIJK- 7	De Wolden	NAM
DE WIJK- 19	De Wolden	NAM
DE WIJK- 21	De Wolden	NAM
DE WIJK- 30	De Wolden	NAM
DELFT- 1	Delft	NAM
DELFT- 2	Delft	NAM
DELFT- 3	Delft	NAM
DELFT- 4	Delft	NAM
DELFT- 5	Delft	NAM
DELFT- 6	Delft	NAM
DELFT- 7	Delft	NAM
DELFT- 8	Delft	NAM
EXLOO-2	Borger-Odoorn	NAM
GIETHOORN- 1	Steenwijkerland	NAM
IJSSELMONDE- 1	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE- 2	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE- 3	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE- 4	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE- 5	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE- 6	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE- 7	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE- 8	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE- 9	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-10	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-11	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-13	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-14	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-16	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-17	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-18	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-19	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-20	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-21	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-23	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-24	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-25	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-26	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-28	Rotterdam	NAM

IJSSELMONDE-29	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-30	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-32	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-33	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-34	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-35	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-37	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-38	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-39	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-41	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-42	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-43	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-45	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-46	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-47	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-49	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-50	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-52	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-54	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-55	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-56	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-57	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-58	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-59	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-60	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-61	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-62	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-63	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-64	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-65	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-66	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-67	Rotterdam	NAM
MIDDELIE -104	Edam-Volendam	NAM
MINNERTSGA-1	Waadhoeke	NAM
MONSTER- 1	Westland	NAM
MONSTER- 2	Westland	NAM
PIJNACKER- 1	Pijnacker-Nootdorp	NAM
PIJNACKER- 2	Pijnacker-Nootdorp	NAM
PIJNACKER- 3	Pijnacker-Nootdorp	NAM
PIJNACKER- 4	Pijnacker-Nootdorp	NAM
PIJNACKER- 5	Pijnacker-Nootdorp	NAM
PIJNACKER- 6	Pijnacker-Nootdorp	NAM
PIJNACKER- 7	Pijnacker-Nootdorp	NAM
PIJNACKER- 8	Pijnacker-Nootdorp	NAM
PIJNACKER- 9	Pijnacker-Nootdorp	NAM

PIJNACKER-10	Pijnacker-Nootdorp	NAM
PIJNACKER-11	Pijnacker-Nootdorp	NAM
PIJNACKER-12	Pijnacker-Nootdorp	NAM
PIJNACKER-13	Pijnacker-Nootdorp	NAM
PIJNACKER-15	Pijnacker-Nootdorp	NAM
RIDDERKERK- 1	Ridderkerk	NAM
RIDDERKERK- 2	Rotterdam	NAM
RIDDERKERK- 6	Rotterdam	NAM
RIDDERKERK- 8	Rotterdam	NAM
RIDDERKERK-10	Ridderkerk	NAM
RIDDERKERK-11	Ridderkerk	NAM
RIDDERKERK-16	Ridderkerk	NAM
RIDDERKERK-20	Rotterdam	NAM
RIDDERKERK-21	Ridderkerk	NAM
RIDDERKERK-22	Ridderkerk	NAM
RIDDERKERK-26	Rotterdam	NAM
RIDDERKERK-27	Rotterdam	NAM
RIDDERKERK-28	Ridderkerk	NAM
RIDDERKERK-29	Ridderkerk	NAM
RIDDERKERK-31	Rotterdam	NAM
RIDDERKERK-32	Rotterdam	NAM
RIJSWIJK- 1	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK- 2	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK- 3	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK- 4	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK- 5	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK- 6	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK- 7	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK- 8	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK- 9	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK-10	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK-11	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK-12	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK-13	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK-14	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK-15	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK-16	Rijswijk	NAM
RIJSWIJK-17	Rijswijk	NAM
RUSTENBURG-1	Alkmaar	NAM
SCHOONEBEEK- 19	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK- 41	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK- 43	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK- 54	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK- 59	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK- 64	Emmen	NAM

SCHOONEBEEK- 68	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK- 73	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK- 76	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK- 91	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-133	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-141	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-147	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-152	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-226	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-237	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-247	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-281	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-358	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-384	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-385	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-397	Emmen	NAM
SCHOONEBEEK-434	Emmen	NAM
SLEEN- 2	Emmen	NAM
STADSKANAAL- 1	Stadskanaal	NAM
VLAGTWEDDE- 3	Westerwolde	NAM
VRIES- 3	Assen	NAM
WANNEPERVEEN- 2	Meppel	NAM
WANNEPERVEEN- 3	Meppel	NAM
WANNEPERVEEN- 4	Meppel	NAM
WANNEPERVEEN- 6	Meppel	NAM
WASSENAAR- 7	Wassenaar	NAM
WASSENAAR-10	Wassenaar	NAM
WASSENAAR-13	Wassenaar	NAM
WASSENAAR-15	Wassenaar	NAM
WASSENAAR-23	Wassenaar	NAM
WASSENAAR-26	Wassenaar	NAM
WASSENAAR-28	Wassenaar	NAM
WASSENAAR-38	Wassenaar	NAM
WASSENAAR-44	Wassenaar	NAM
WETZENS- 1	Wassenaar	NAM
ZOETERMEER-10	Zoetermeer	NAM
ZOETERMEER-21	Zoetermeer	NAM
ZOETERMEER-27	Zoetermeer	NAM
AKKRUM-17	Leeuwarden	Vermilion
ANDEL-1	Altena	Vermilion
ANDEL-2	Altena	Vermilion
ANDEL-3	Altena	Vermilion
ANDEL-4	Altena	Vermilion
ANDEL-5	Altena	Vermilion
HUINS-1	Het Hogeland	Vermilion

HOORN-1	Drechterland	Vermilion
HARLINGEN-1	Sudwest Fryslan	Vermilion
HARLINGEN-3	Sudwest Fryslan	Vermilion
HARLINGEN-10	Waadhoeke	Vermilion
HEERENVEEN-1	Heerenveen	Vermilion
LEEUWARDEN-4	Tietjerksteradeel	Vermilion
LEEUWARDEN-6	Smallingerland	Vermilion
LEEUWARDEN-9	Tietjerksteradeel	Vermilion
LEEUWARDEN-102	Tietjerksteradeel	Vermilion
LAMBERTSCHAAG-1	Medemblik	Vermilion
NIEDORP-1	Hollands Kroon	Vermilion
NIJEGA-1	Smallingerland	Vermilion
RIED-1	Waadhoeke	Vermilion
RIED-3	Waadhoeke	Vermilion
SLOOTDORP-2	Smallingerland	Vermilion
SLOOTDORP-3	Smallingerland	Vermilion
SNEEK-2	Sudwest Fryslan	Vermilion
SPIERDIJK-1	Koggeland	Vermilion
SPRANG-1	Loon op Zand	Vermilion
SUW-1	Tietjerksteradeel	Vermilion
TID-502	Tietjerksteradeel	Vermilion
TWISK-1	Medemblik	Vermilion
WARGA-1	Leeuwarden	Vermilion
WARGA-3	Leeuwarden	Vermilion
WIRDUM-1	Leeuwarden	Vermilion
WIRDUM-2	Leeuwarden	Vermilion
WIRDUM-3	Leeuwarden	Vermilion
WAALWIJK NOORD-1	Waalwijk	Vermilion
BERGERMEER-8	Alkmaar	TAQA
GROET-2	Bergen	TAQA
GROET-5	Bergen	TAQA
HEILOO-1	Castricum	TAQA
HEILOO-2	Heiloo	TAQA
SCHERMER-2	Alkmaar	TAQA
SCHERMER-3	Alkmaar	TAQA
STARNMEER-1	Alkmaar	TAQA
WARMENHUIZEN-2	Scharnmeer	TAQA

Categorie II		
Put naam	Gemeente	(Laatste) Vergunninghouder
DE LIER- 4	Westland	NAM
DE LIER-19	Westland	NAM

DE LIER-21	Westland	NAM
DE LIER-26	Westland	NAM
DE LIER-36	Westland	NAM
DE LIER-37	Westland	NAM
DE LIER-48	Westland	NAM
IJSSELMONDE-12	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-15	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-22	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-23	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-31	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-36	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-40	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-44	Rotterdam	NAM
IJSSELMONDE-48	Rotterdam	NAM
LEIDSCHELDAM-2	Leidschendam	NAM
MARSLANDEN-1	Rotterdam	NAM
PIJNACKER-14	Pijnacker-Nootdorp	NAM
RIDDERKERK-5	Rotterdam	NAM
RIDDERKERK-7	Rotterdam	NAM
RIDDERKERK-9	Rotterdam	NAM
RIDDERKERK-15	Rotterdam	NAM
RIDDERKERK-30	ROTTERDAM	NAM
RIJSWIJK-18	Rijswijk	NAM
SLIJKENBURG-1	Weststellingwerf	NAM

Categorie III		
Put naam		
RIDDERKERK-31 – geschatte methaanemissie fluctuerend van ca. 29 tot 58 L per dag	Rotterdam	NAM

TNO gasdetectie metingen (2018, 2019)
LEIDSCHELDAM-2 – sporen van methaan en ethaan in 2018, geen methaan of ethaan gemeten in 2019
RIJSWIJK-18 – sporen van ethaan en methaan boven de putlocatie en historie van hoge gasconcentraties en sidetrack in de eerste 600 m van de boring

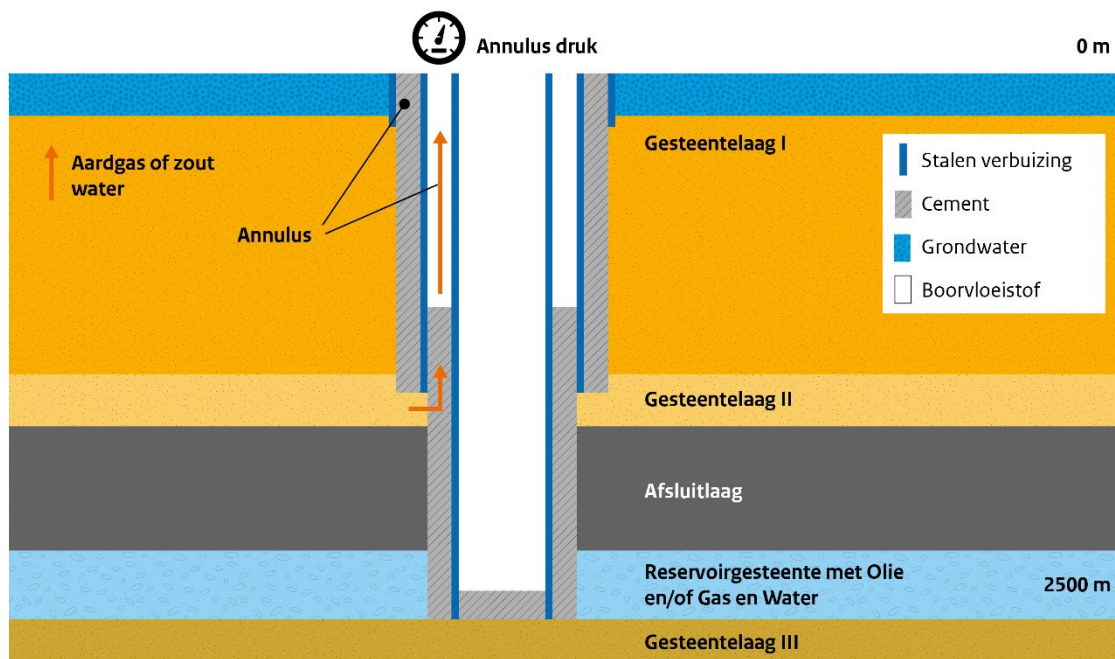
Bijlage 2 Afwijkende annulaire drukken

Monitoring van annulaire drukken

Een annulaire druk is een druk die tijdens het gebruik van de put gemeten wordt in de ruimte tussen de verbuizingen, ook wel annulus genoemd (figuur 1). Een annulus kan afhankelijk van het putontwerp geheel of gedeeltelijk gevuld zijn met cement, en/of met een speciale annulusvloeistof, meestal een zoutoplossing met corrosieremmers. Wanneer alle drukkoudende gesteentelagen goed zijn afgesloten met cement is deze ruimte na aanleg drukvrij. Wanneer een annulaire druk is ontstaan als gevolg van communicatie van deze annulaire ruimte met een drukkoudende gesteentelaag, wordt dit een afwijkende annulaire druk genoemd.

Putten zijn juist ontworpen om dergelijke afwijkende annulaire drukken te beheersen.

De mijnbouwondernemingen zijn wettelijk verplicht om SodM in te lichten als afwijkende annulaire drukken worden vastgesteld, en moeten aangeven hoe deze beheerst worden tijdens gebruik van de put. Wanneer een put buiten gebruik gesteld ofwel verlaten wordt, moeten de drukkoudende gesteentelagen die de afwijkende annulaire druk veroorzaakt hebben, definitief afgesloten worden.



Figuur 1. Een annulusdruk ontstaan door communicatie met een ondiepere drukkoudende gesteentelaag

Het ontstaan van afwijkende annulaire drukken

Een afwijkende annulaire druk als gevolg van communicatie met een drukkoudende gesteentelaag kan alleen in bepaalde gevallen ontstaan, onder bepaalde omstandigheden. Hieronder worden een paar voorbeelden gegeven waar dergelijke afwijkende annulaire drukken in Nederland kunnen ontstaan.

Het West Nederland geologische bekken wordt gekenmerkt door een stapeling van ondiepere zandlagen, die soms gasvoerend zijn, zoals de Holland Greensand, of het Brussel zand. In een aantal olie- en gasvelden liggen deze ondiepere gasvoerende lagen boven het producerende diepere gasreservoir. Wanneer een dergelijke gasvoerende zandlaag niet goed is afgesloten met cement, kan dit leiden tot het ontstaan van een afwijkende annulaire druk. In de verlaten put Monster 2 bleek deze laag niet goed afgesloten te zijn geweest. Ook in andere velden in dit gebied blijkt het moeilijk

te zijn om dergelijke ondiepere gashoudende zandlagen tijdens het verlaten van een put, goed af te sluiten.

Het Vlieland geologische bekken wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van het Chalk gesteente, dat hier voornamelijk waterhoudend is met een licht verhoogde druk. De licht verhoogde druk van de watervoerende Chalk is geologisch bepaald, als gevolg van de snelheid waarmee de depositie zo'n 60 tot 100 miljoen jaar geleden plaatsvond¹. Daardoor kon het sediment niet voldoende snel ontwateren, en daardoor ontstond de waterdruk. Omdat de Chalk een zeer lage permeabiliteit heeft, is het stromingspotentieel echter zeer beperkt. Wanneer deze gesteentelaag niet goed is afgesloten is met cement, staat deze in verbinding met de annulus en kan er een afwijkende annulaire druk ontstaan. Dit gebeurt wanneer het bariet in de boorspoeling in de annulus na verloop van tijd uitzakt. Daardoor ontstaat er een lichtere annulusvloeistof en wanneer de druk van deze lichtere vloeistofkolom lager wordt dan de druk in de Chalk, wordt aan de oppervlakte een annulusdruk gemeten. Tijdens het verlaten van een put moet in zulke gevallen de Chalk wel goed afgesloten worden.

Bijlage 3 Wettelijk kader putintegriteit en het buiten gebruik stellen van putten

De levenscyclus van een put wordt in de Mijnbouwwet beschreven als: aanleggen, uitbreiden, wijzigen, gebruiken, testen, repareren en buiten gebruik stellen. De hierna genoemde artikelen uit de Mijnbouwwet- en regelgeving zijn daarop van toepassing. Volstaan is met het vermelden van de relevante leden van deze artikelen.

Artikel 33 Mijnbouwwet

Lid 1: De houder van een vergunning als bedoeld in artikel 6 of 25, dan wel, ingeval de vergunning haar gelding heeft verloren, de laatste houder daarvan, neemt alle maatregelen die redelijkerwijs van hem geveerd kunnen worden om te voorkomen dat als gevolg van de met gebruikmaking van de vergunning verrichte activiteiten:

- a. nadelige gevolgen voor mens en milieu worden veroorzaakt,
- b. schade door bodembeweging wordt veroorzaakt
- c. de veiligheid wordt geschaad, of
- d. het belang van een planmatig beheer van voorkomens van delfstoffen of aardwarmte wordt geschaad.

Lid 2: De houder van een vergunning voor de opsporing of winning van koolwaterstoffen neemt alle noodzakelijke maatregelen om de gevolgen van een zwaar ongeval voor mens en milieu te beperken.

Artikel 67 Mijnbouwbesluit

Lid 1: Bij het aanleggen, uitbreiden, wijzigen, gebruiken, testen, repareren en buiten gebruik stellen van een boorgat alsmede het stimuleren van een voorkomen via een boorgat worden maatregelen genomen ter voorkoming van schade.

Artikel 68 Mijnbouwbesluit

De activiteiten, bedoeld in artikel 67, eerste lid, worden slechts verricht indien de desbetreffende stoffen uit de ondergrondse formaties onder controle worden gehouden.

Artikel 71 Mijnbouwbesluit

Een boorgat wordt niet eerder voor winning van delfstoffen of opslag van stoffen in gebruik genomen dan nadat het daartoe deugdelijk is ingericht en afgewerkt, alsmede ter afsluiting van deugdelijke beveiligingen is voorzien.

Artikel 72 Mijnbouwbesluit

Lid 1: Een boorgat wordt niet eerder buiten werking gesteld dan nadat:

- a. voldoende maatregelen zijn genomen ter voorkoming van schade, en
- b. de delfstofhoudende lagen en de delfstofafzettingen, voor zover daaraan door water schade kan worden toegebracht, waterdicht zijn afgesloten.

Artikel 8.4.4. Mijnbouwregeling

Lid 1: Bij producerende, injecterende en ingesloten putten worden de drukken in de tubing/casing annulus en in de eerste casing/casing annulus gecontroleerd. De geconstateerde afwijkingen in het in de eerste volzin bedoelde drukpatroon worden geregistreerd.

Lid 2: Ten aanzien van annulaire drukken wordt op zo kort mogelijke termijn een diagnose gesteld van de oorzaak van die druk.

Lid 3: Indien afwijkingen in annulaire drukken ontstaan als bedoeld in het eerste lid, wordt de inspecteur-generaal der mijnen schriftelijk ingelicht onder het overleggen van een actieprogramma voor het in te stellen onderzoek en eventueel te nemen maatregelen. In urgente gevallen wordt onmiddellijk telefonisch melding van die afwijkingen gedaan.

Afdeling 8.5 Het buiten gebruik stellen van boorgaten en putten, Mijnbouwregeling

Deze afdeling omvat de best practices uit de industrie, waarbij de sluitlagen hersteld worden. De regels zijn echter niet van toepassing op putten die vóór het tijdstip van ingaan van die regels buiten gebruik gesteld werden.

Van 1964 tot 2003 gold het Mijnreglement 1964. Deze regelgeving was nog zeer beperkt, en werd op basis van voortschrijdende inzichten in de loop der jaren uitgebreid en versterkt. De meeste buiten gebruik gestelde putten zijn buiten gebruik gesteld volgens het destijds geldende Mijnreglement 1964. In 2003 werd het Mijnreglement vervangen door de Mijnbouwregeling, welke als gevolg van voortschrijdende inzichten in de loop der jaren resulteerde in de huidige regeling van 01/07/2021.

Artikel 8.5.1.4 Mijnbouwregeling

1. De minister kan ontheffing verlenen van bepalingen van deze afdeling, indien in een effectieve en duurzame methode van buiten gebruik stellen wordt voorzien in het geval:
 - a. van een gedeeltelijke buiten gebruik stelling;
 - b. van het buiten gebruik stellen van een boorgat of put die:
 - niet is gebruikt voor de opsporing of winning van koolwaterstoffen of
 - wordt gebruikt voor de opslag van stoffen;
 - c. dat een obstructie in het boorgat een andere wijze tot het buiten gebruik stellen van een put noodzakelijk maakt;
 - d. van het gebruik van een ander materiaal dan cement; of
 - e. de houder van de vergunning bij het buiten gebruik stellen alle maatregelen heeft genomen die redelijkerwijs van hem gevergd kunnen worden en na het buiten gebruik stellen een afsluiting minder effectief of minder duurzaam blijkt dan verwacht, onder het stellen van voorschriften voor het monitoren van de buiten gebruik gestelde put en het zo nodig nemen van mitigerende maatregelen.
2. De ontheffing kan onder voorschriften of beperkingen worden verleend.

Artikel 6:174 van het Burgerlijk wetboek

Lid 3: Bij ondergrondse werken rust de aansprakelijkheid op degene die op het moment van het bekend worden van de schade het werk in de uitoefening van zijn bedrijf gebruikt. Indien na het bekend worden van de schade een ander gebruiker wordt, blijft de aansprakelijkheid rusten op degene die ten tijde van dit bekend worden gebruiker was. Indien de schade is bekend geworden na beëindiging van het gebruik van het ondergrondse werk, rust de aansprakelijkheid op degene die de laatste gebruiker was.

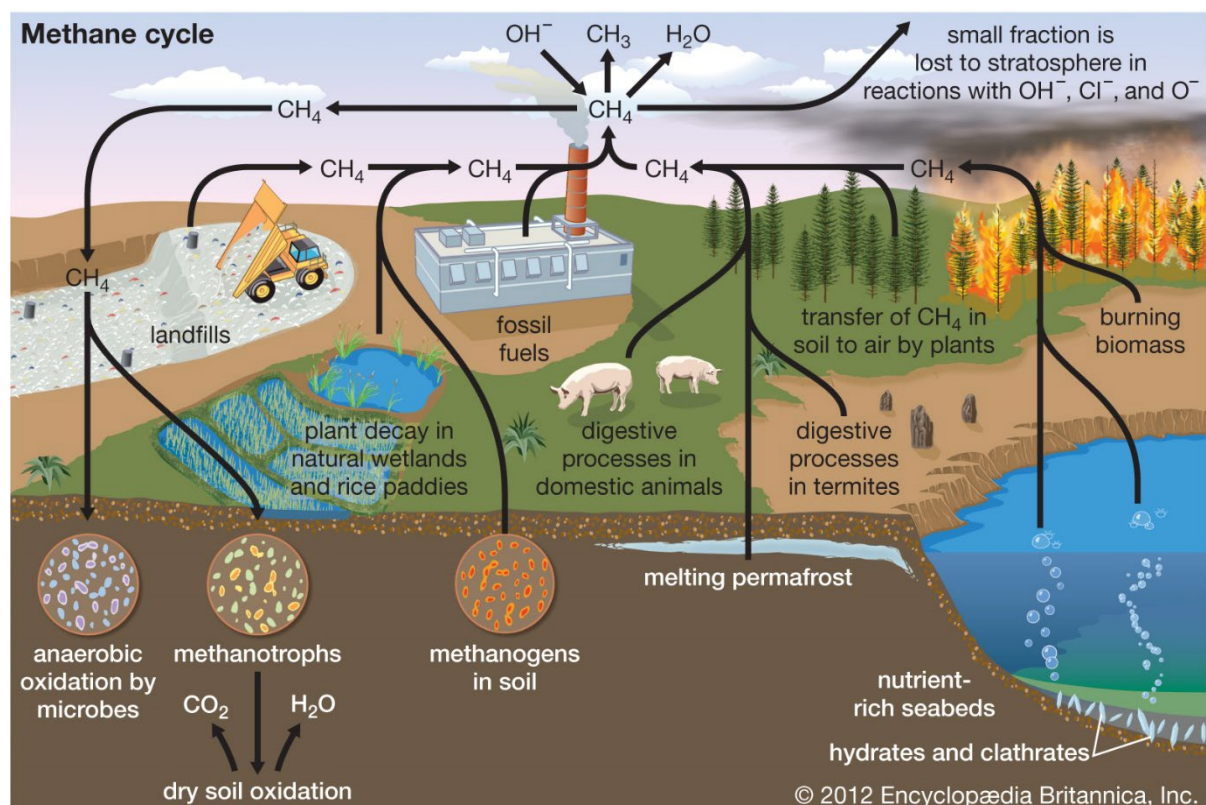
Bijlage 4 Methaanemissies in de wereld en in Nederland

Methaan ofwel CH_4 is een gas dat van nature in de atmosfeer aanwezig is. Het is een niet-toxisch broeikasgas dat een circa 25 maal sterker effect heeft dan CO_2 ([Reducing methane emissions: A new EU strategy to address global warming \(europa.eu\)](#)). CH_4 heeft in de atmosfeer waar het afgebroken wordt, een gemiddelde levensduur van ca 12 jaar. Sinds de industriële revolutie neemt het methaangehalte in de lucht toe door menselijke activiteiten. In Nederland is de concentratie in de lucht ongeveer 2.000 ppb, ofwel 0,0002%.

Methaan wordt op drie manieren gevormd:

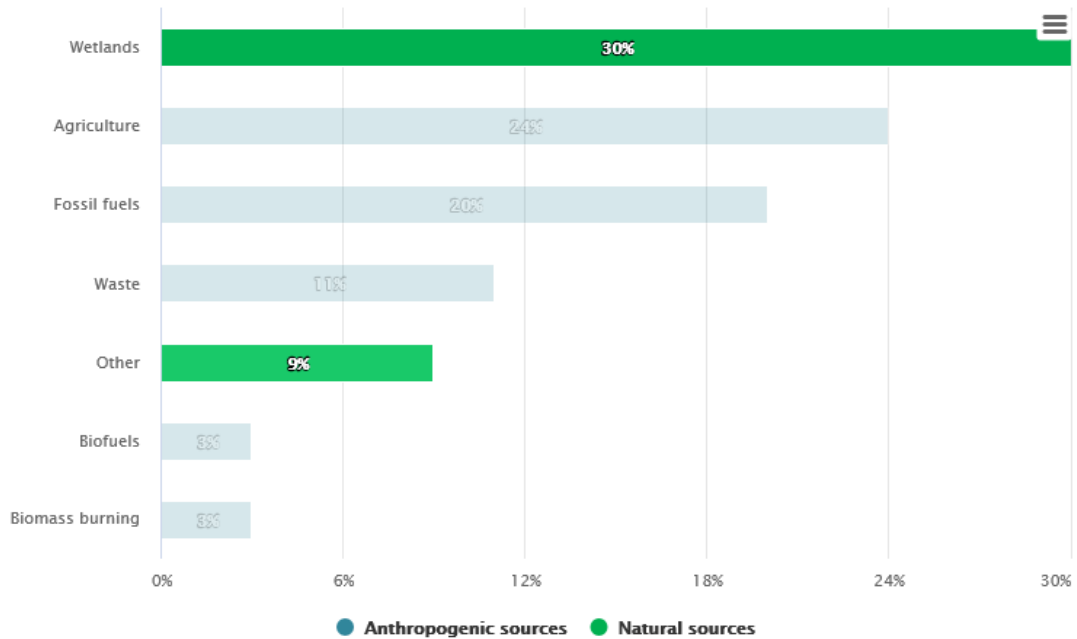
1. Biogeen methaan als gevolg van afbraak van biogeen materiaal onder zuurstofarme condities (bijvoorbeeld in een sloot, moeras, veen).¹⁷
2. Thermogeen methaan als gevolg van samendrukken van plantaardig en dierlijk materiaal onder hoge druk en temperatuur in de aardkorst.
3. Pyrogeen methaan als gevolg van onvolledige verbranding van biomassa en brandstoffen.

Antropogene methaanbronnen zijn een gevolg van menselijke activiteit, zoals de landbouw, de exploratie en productie van fossiele brandstoffen en afvalstortplaatsen. Natuurlijke methaanbronnen zijn onder meer moerassen (wetlands) en methaanlekken (seeps) uit geologische formaties. Methaan wordt ook weer uit de omgeving verwijderd door afbraak in de atmosfeer, en afbraak in de bodem door methaan-oxiderende bacteriën (figuur 1).



Figuur 1. De methaancyclus

De International Energy Agency (EIA) schat dat het aandeel van methaanuitstoot door exploratie en productie van fossiele brandstoffen ca 20% van de totale wereldwijde antropogene en natuurlijke methaan emissies is (figuur 2).

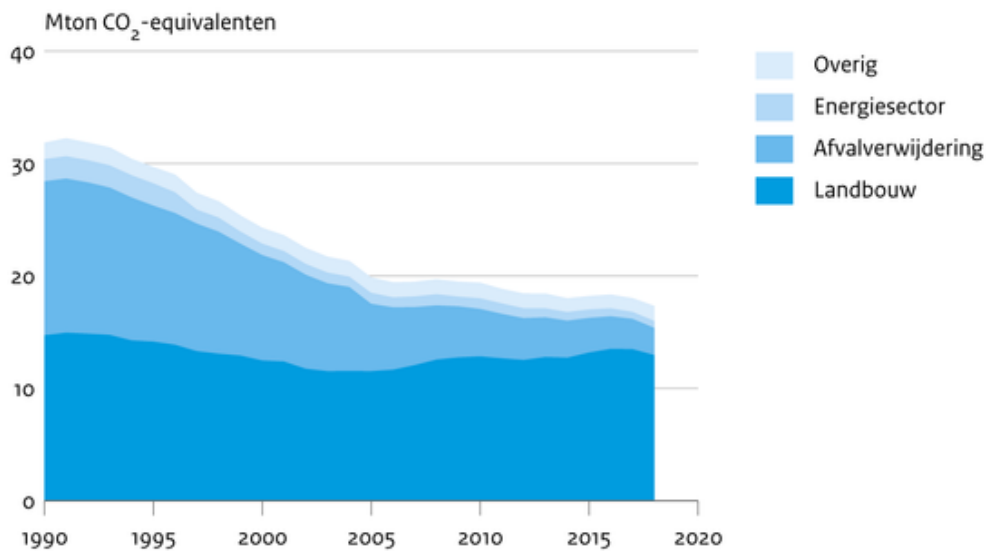


IEA. All rights reserved.

Figuur 2. Globale methaanemissies, bron IEA

TNO heeft in 2018 in opdracht van SodM een rapport uitgebracht over de emissie van methaan door olie- en gasexploratie en productie in Nederland¹⁸. De olie- en gasexploratie en productiesector is verantwoordelijk voor 3% van de totale Nederlandse methaanemissie. In 2015 bedroeg dit 760 kton CO₂ equivalenten per jaar. De landbouwsector is verantwoordelijk voor 70% van de totale methaanemissie. Deze emissies worden jaarlijks gerapporteerd door het Rijks Instituut voor Veiligheid en Milieu RIVM (figuur 3).

Emissie methaan (CH₄) per sector

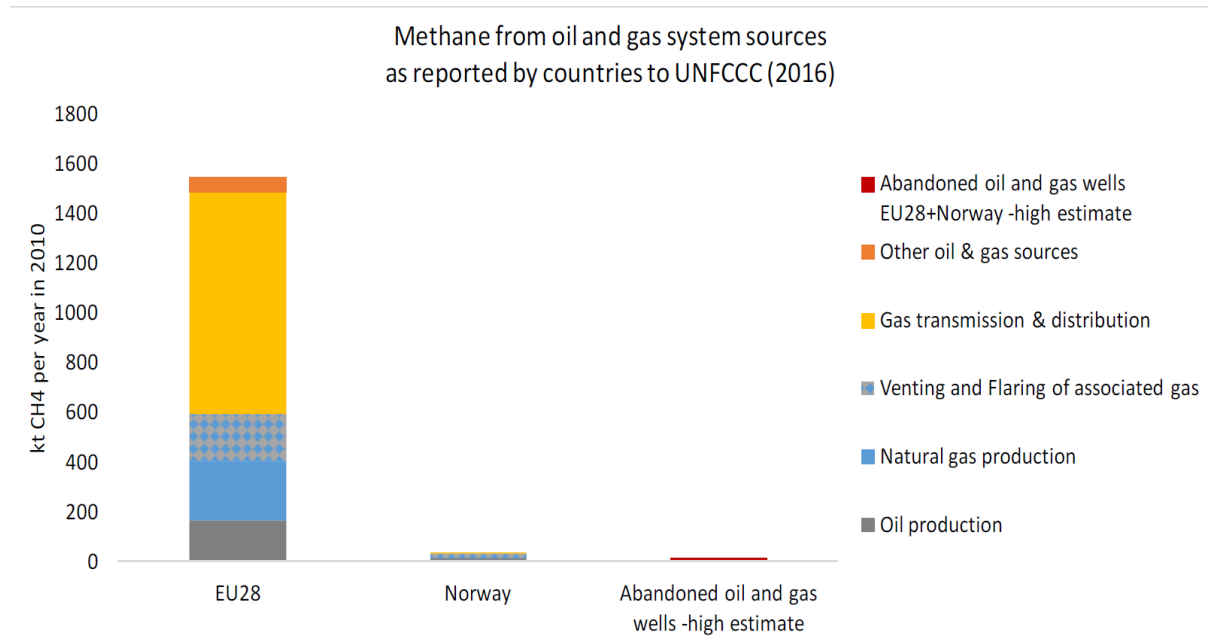


Bron: Emissieregistratie

RIVM/sep19
www.clo.nl/nl016535

Figuur 3. Methaanemissies in Nederland per sector

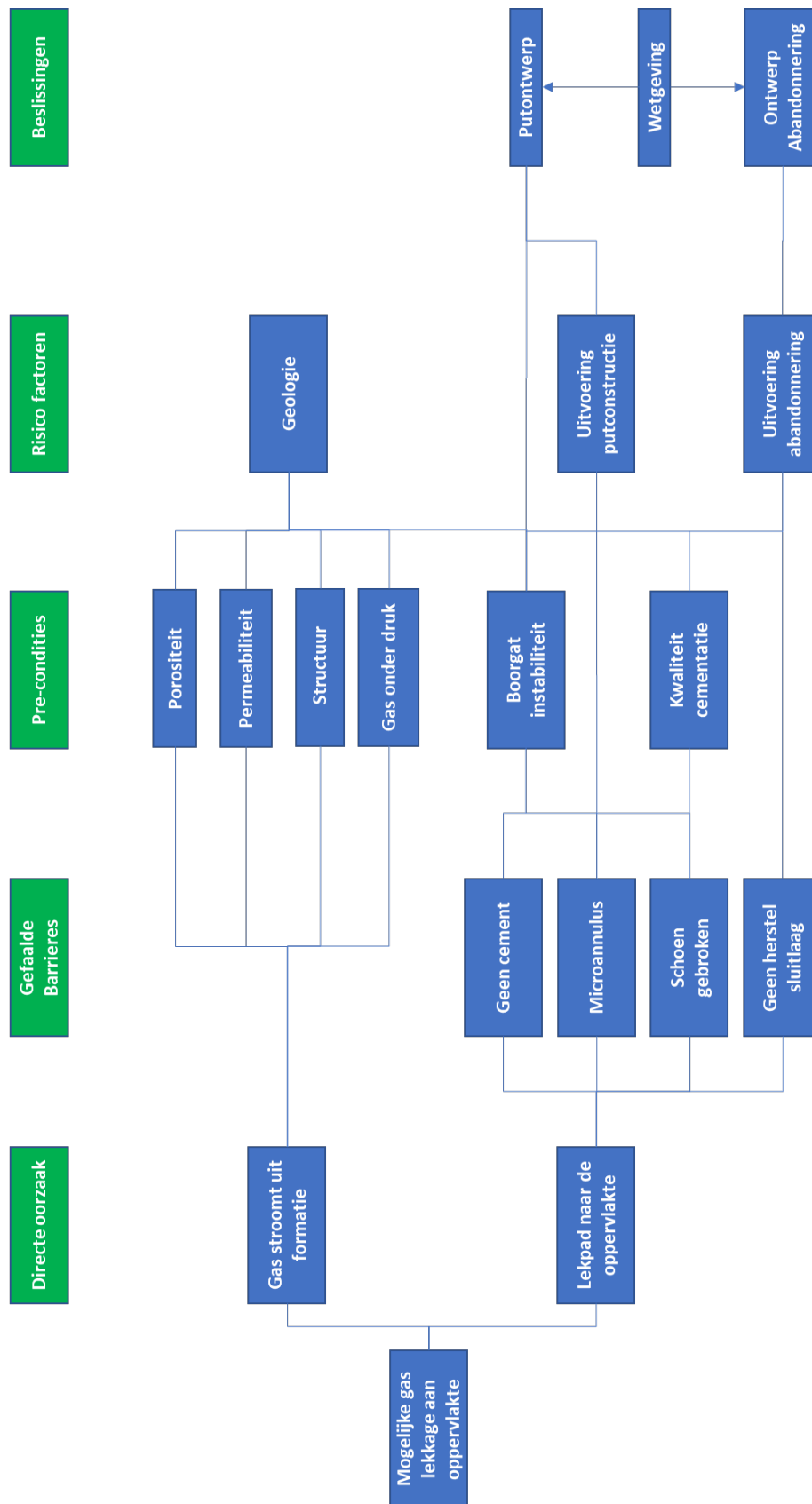
De Verenigde Naties (United Nations Framework Convention on Climate Change) schat dat het aandeel van methaanemissies uit verlaten olie- en gaswinningsputten in de EU en Noorwegen¹⁹ in 2016 met 15 kton/jaar ca 1% is van de emissie van de gehele sector, waarbij de grootste emissie geschiedt in het gastransmissie en -distributie netwerk (figuur 4).



Figuur 4. Methaanemissies uit de olie- en gasector in de EU en Noorwegen

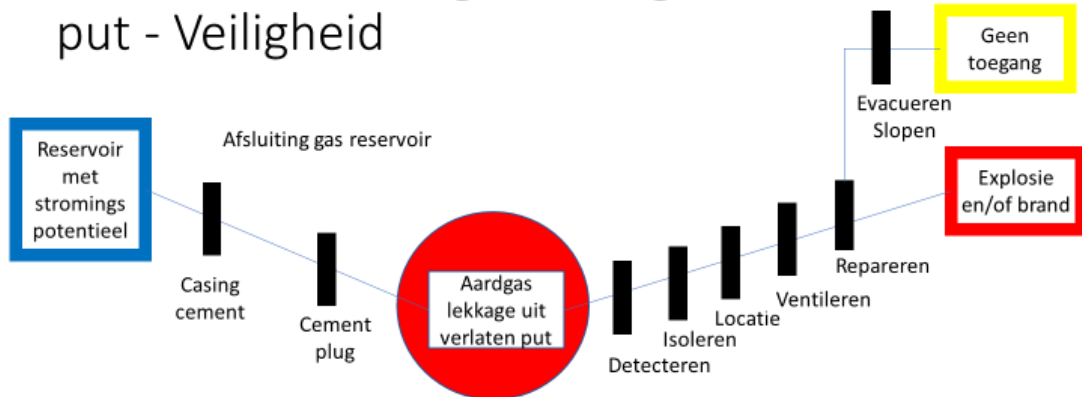
In het Verenigd Koninkrijk zijn ca 1400 verlaten putten op land, en hier is schatting dat deze gezamenlijk niet meer dan 0.02 kton methaanuitstoot hebben.

Bijlage 5 Risicofactoren voor emissie uit een verlaten put

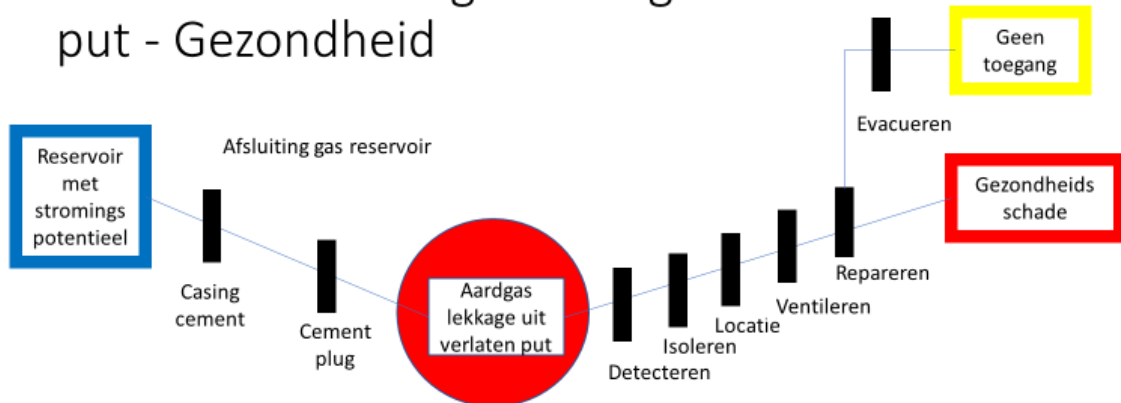


Bijlage 6 Bowtie-analyses voor een aardgaslekkage uit een verlaten put

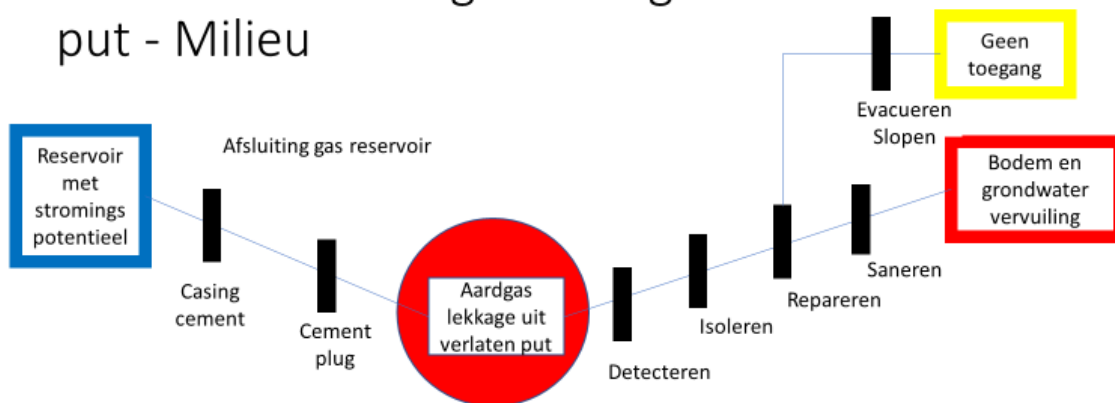
Bow-tie voor aardgas lekkage uit een verlaten put - Veiligheid



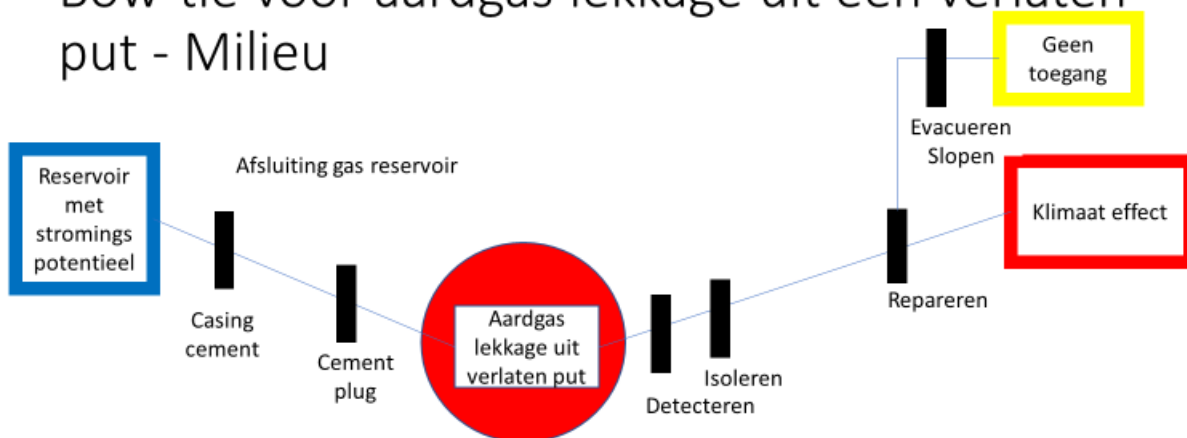
Bow-tie voor aardgas lekkage uit een verlaten put - Gezondheid



Bow-tie voor aardgas lekkage uit een verlaten put - Milieu



Bow-tie voor aardgas lekkage uit een verlaten put - Milieu



Bijlage 7 Stappenplan voor decentrale overheden

Indien buiten gebruik gestelde putten zich in een gebied bevinden dat in aanmerking komt of ontwikkeld wordt voor bebouwing, is het van belang om dit in een zo vroeg mogelijk stadium te adresseren. De ervaringen van Monster 2 en recentelijk Rotterdam IJsselmonde hebben aangetoond dat onderzoeken naar methaan emissies tijdrovend kunnen zijn, en voor vertraging en uitstel kunnen zorgen in de uitvoering van eerder gemaakte bouwplannen.

Om dit te voorkomen moeten de volgende stappen genomen worden alvorens overgegaan wordt tot het maken van definitieve plannen:

1. Stel door middel van de TNO NLOG database ([Kaart boringen | NLOG](#)) vast of er buiten gebruik gestelde putten aanwezig zijn. De NLOG database van TNO kan ook geraadpleegd worden voor geologische en technische details van de putten*.
2. Controleer de categorie van de put(ten) volgens Bijlage 1 en stel vast wie de (laatste) vergunninghouder is.
3. Bepaal of volgens het handelingsperspectief in figuur 11 op pagina 27 van dit rapport gasmetingen uitgevoerd moeten worden volgens de daarvoor ontwikkelde leidraad. Voor de putten in Zuid-Holland wordt in verband met de geologie aanbevolen om ook voor Categorie 1 putten gasmetingen uit te voeren.
4. Indien methaan emissies vastgesteld worden, bepaal de grootte daarvan, en vergelijk deze met de NEN-8078 norm in Tabel 1. Stel de (laatste) vergunninghouder en SodM op de hoogte van de resultaten van de gasmetingen.
5. Voer met de (laatste) vergunninghouder een risico evaluatie uit volgens Hoofdstuk 8.8 en bepaal de beheersmaatregelen volgens Hoofdstuk 8.9.
6. Pas de beheersmaatregelen toe.
7. Indien de NEN-8078 norm overschreden wordt, moet de (laatste) vergunninghouder nader onderzoek doen en indien nodig, maatregelen te nemen om een put gerelateerde emissie te beperken of te elimineren.

Bij vragen kunt u contact opnemen met het SodM via info@sodm.nl of op het algemeen telefoonnummer 070-379 8400.

*De Basis Registratie Ondergrond (BRO - [Planning 4 tranches - Basisregistratieondergrond](#)) heeft ten tijde van het schrijven van dit document, nog geen putnamen en -coördinaten opgenomen. Daarom wordt tot die tijd direct verwezen naar NLOG voor deze gegevens.

Staatstoezicht op de Mijnen

Henri Faasdreef 312 | Den Haag

Postbus 24037 | 2490 AA Den Haag

T 070 379 84 00

F 070 379 84 55

info@sodm.nl

www.sodm.nl