

# JAARRAPPORT ONDERZOEK EINDBERGING 2021

**Datum:** december 2021

**Auteurs:** Ewoud Verhoef, Erika Neeft, Jeroen Bartol en Marja Vuorio

[www.covra.nl](http://www.covra.nl)



# Inhoudsopgave

---

1. Algemeen .....	1
2. Klei .....	2
3. Zout .....	4
4. Conclusie .....	6
Prestatie-indicatoren en publicaties .....	7

# 1. Algemeen

Bij COVRA wordt al het Nederlandse radioactieve afval ten minste 100 jaar bovengronds opgeslagen. Het afval wordt na deze periode in de diepe ondergrond opgeborgen. Dat heet eindberging. Pas in het jaar 2100 wordt besloten waar die eindberging zal komen. Het onderzoek naar de eindberging is een integraal onderdeel van het Nederlands radioactief afvalbeleid. De coördinatie daarvan behoort tot de kerntaken van COVRA.

In het onderzoek naar eindberging van radioactief afval wordt niet alleen naar een eindberging in Nederland gekeken, maar ook naar het maken van een eindberging samen met andere landen, dit heet het tweesporenbeleid.

## Waarom eindberging?

Na 100 jaar opslag is een deel van het afval nog steeds radioactief en moet daarom voor lange tijd, deels voor meer dan honderdduizend jaar, uit het leefmilieu en de invloedsfeer van de mens worden gehouden. Geologische eindberging is naar de huidige stand van de wetenschap en techniek de enige oplossing, die verzekert dat het afval ook na duizenden jaren buiten de levensruimte van de mens blijft. In de Europese wetgeving wordt eindberging gezien als een noodzakelijke laatste stap bij het verwerken van radioactief afval.

## Waarom nu het COVRA's onderzoeksprogramma?

Het onderzoeksprogramma<sup>1</sup> moet waardevolle wetenschappelijke en technische informatie opleveren voor de besluitvorming over en voorbereiding van een eindberging voor het Nederlandse radioactieve afval. COVRA's nieuwe onderzoeksprogramma is opgezet en gefinancierd door COVRA. De activiteiten binnen het onderzoeksprogramma worden uitgevoerd door COVRA en Nederlandse onderzoeksorganisaties, en in samenwerkingsprojecten met buitenlandse onderzoekspartners. De timing van het programma sluit aan op de huidige actieve fase van onderzoek in Europa en in de wereld om de kennis in Nederland te vergroten.

Dit rapport geeft een overzicht van de werkzaamheden die in 2021 zijn verricht.

## Internationale samenwerking

De ERDO Association<sup>2</sup> (Association for Multinational Radioactive Waste Solutions) heeft als missie om samen te werken om gemeenschappelijke uitdagingen van het beheer van radioactief afval aan te pakken. Het is opgericht in 2021 en is gevestigd in Nederland. De leden van ERDO ontwikkelen zowel nationale als multinationale opties voor de berging van radioactief afval totdat de optimale oplossing voor elk land duidelijk wordt - dit wordt het tweesporenbeleid genoemd (dual track policy). In september 2021 had ERDO een webinar, waar enkele leden hun visie gaven op het tweesporenbeleid. De roadmap van ERDO voor de toekomst werd gepresenteerd en deelnemers konden vragen stellen over gedeelde oplossingen. De documentatie van het webinar is beschikbaar op ERDO's website.

In het ERDO-project Deep borehole disposal (DBD) heeft COVRA samen met andere leden het strategische potentieel van berging van hoogradioactief afval in kilometers diepe boorgaten voor verschillende Europese landen beoordeeld op basis van hun

nationale afvalinventarissen. Diepe boorgat berging is van mogelijk belang voor staten met een kleine afvalinventarissen, omdat de kosten mogelijk lager kunnen zijn voor één diep boorgat dan het bouwen van een ondergrondse faciliteit in een geologisch stabiel gastgesteente alleen voor hoogradioactief afval. Zo'n faciliteit heeft namelijk meerdere schachten en tunnels nodig om het afval te plaatsen. Het DBD-project heeft een basisontwerp geïdentificeerd waarbij zowel verbruikte splijtstof als verglaasd hoogradioactief afval geborgen kunnen worden. Het rapport is verkrijgbaar op ERDO's website.

Nucleaire activiteiten die in het verleden zijn uitgevoerd, hebben in Europa aanzienlijke hoeveelheden radioactief afval gegenereerd die zijn behandeld en geconditioneerd volgens de destijds geldende regels, of soms gewoon zijn opgeslagen. Dit historisch of 'legacy' afval is vaak onvoldoende gekarakteriseerd voor het plannen van mogelijke herbehandeling/herconditionering in overeenstemming met de huidige wettelijke vereisten en/of het controleren van de naleving van de afval acceptatiecriteria (WAC) van opslag en eindbergingsfaciliteiten. Legacy waste (LWC)-project heeft informatie verzameld over historisch afvalstromen van ERDO-leden en de relevante informatie over veelvoorkomende problemen gedeeld.

IGD-TP<sup>3</sup> (Implementing Geological Disposal-Technology Platform) is een organisatie die zich inzet voor het uitvoeren van Europese initiatieven om veilige, eindberging van radioactief afval te vergemakkelijken. Met andere afvalbeheerorganisaties in IGD-TP heeft COVRA in workshops samengewerkt en informatie uitgewisseld over de technische aspecten van terughaalbaarheid, klimaatveranderingsstudies en seismische gevaren. Informatie over deze onderwerpen zal worden gepubliceerd op de website van IGP-TP.

In EURAD-project ROUTES<sup>4</sup> heeft COVRA onze afval acceptatiecriteria, karakterisering, behandeling en conditionering en routes voor het lange termijn afvalbeheer beschreven in workshops en webinars<sup>5</sup> en presenteerde de voorlopige resultaten van ROUTES-taak 6 (Shared solutions) tijdens het eerste jaarlijkse evenement van EURAD.

<sup>1</sup> [www.erdo.org](http://www.erdo.org)

<sup>2</sup> <https://www.covra.nl/nl/downloads/onderzoeksprogramma/>

<sup>3</sup> <https://igdtp.eu/>

<sup>4</sup> <https://www.ejp-eurad.eu/implementation/waste-management-routes-europe-cradle-grave-routes>

<sup>5</sup> <https://predis-h2020.eu/wac2-webinar-20-5-2021/>

## 2. Klei

### Waarom klei?

Klei laat slecht water door. Hierdoor is het transport van radionucliden heel erg langzaam. Daarnaast blijven veel radionucliden aan kleimineralen 'vastplakken' (adsorptie). Er wordt daarom al decennia onderzoek gedaan naar het bergen van radioactief afval in een ondergrondse faciliteit in klei; bijvoorbeeld in België, Frankrijk, Zwitserland, Canada en Hongarije. COVRA is sinds 2014 lid van een internationale club<sup>6</sup> waarin onderzoek wordt gedaan naar kleigesteenten. Uit dit onderzoek kwam ook naar voren dat klei zelfhelende eigenschappen heeft waardoor breukjes in de klei gedicht worden. Tenslotte zijn kleiformaties ontstaan in laagjes, het is een zogenaamd sedimentair gesteente. Hierdoor verloopt het transport van radionucliden met name tussen de laagjes in de ondergrond en niet er doorheen waardoor mogelijk transport van radionucliden vanuit de ondergrond naar ons leefmilieu aan het aardoppervlak zeer beperkt is. In COVRA's onderzoeksprogramma onderzoeken we Paleogene kleien bijvoorbeeld Boomse klei en Ieperse klei. Deze kleien zijn tussen 65 en 24 miljoen jaar geleden afgezet in het Noordzeebekken. Wat nu Nederland, België, Engeland en Denemarken heet, was toen geen land maar zee.

### Bouwen en plaatsen van afval in de ondergrondse faciliteit in klei

Uit het derde nationale programma OPERA kwam naar voren dat er meer geotechnische gegevens nodig zijn voor het bouwen van een ondergrondse faciliteit in klei in Nederland. Deze gegevens zijn met de huidige technieken alleen te verkrijgen uit mechanisch onderzoek aan verse, bij voorkeur onverstoorde kleikernen. Het werk van COVRA om deze kleikernen te verkrijgen via een ondergrondse boring in Delft in het kader van geothermie is begonnen in 2018. Eerst is onderzocht of er hier voldoende kleimateriaal aanwezig was in de ondergrond. In 2021 zijn op COVRA's website twee rapporten gepubliceerd, één van TNO<sup>7</sup>

en één van TU-Delft<sup>8</sup>. Uit deze rapporten blijkt dat het erg waarschijnlijk is om voldoende kleimateriaal te vinden.

In 2021 is er een contract getekend tussen de TU-Delft en COVRA om deze kernen met een speciale techniek te verkrijgen. Met deze techniek kunnen onverstoorde kleikernen getrokken worden uit de ondergrond maar deze techniek is wel wat duurder. Deze speciale techniek is ook in 2011 gebruikt voor het grondonderzoek in het kader van een tweede kerncentrale in Borsele. De linker foto in Figuur 1 toont een gesloten kleikern met een stalen behuizing en de rechter foto laat klei in een plastic behuizing zien. De kleikernen die getrokken worden in Delft, zullen daarnaast ook vacuüm verpakt worden in aluminium-polyethyleenfolie om oxidatie tegen te gaan.

De in 2011 getrokken Boomse klei was te ondiep voor representatief onderzoek voor een eindberging; ook bleken delen geoxideerd in het OPERA onderzoek. In Delft is Boomse, Ieperse en Landen klei beschikbaar op een diepte tussen de 400 en 500 meter. Kosten en menskracht worden bespaard door samen te werken met de TU-Delft. De planning was om dit jaar al de boring te verrichten maar vanwege een paar meter gewijzigde locatie voor de monitoringsput moest er een andere vergunning worden aangevraagd. In 2022 zal er worden geboord. Een onderzoeker (PhD) wordt aangesteld bij de TU-Delft om het mechanisch onderzoek aan deze verse kleikernen te doen. De rest van de kleikernen met stalen en plastic behuizingen gaat naar COVRA en wordt bewaard onder speciale koude condities zodat er in de toekomst voldoende materiaal is om experimenteel onderzoek te doen.

### Veiligheid na het sluiten van de ondergrondse faciliteit in klei

De veiligheid van een eindberging wordt bepaald hoeveel en hoe snel radionucliden uit het afval in het leefmilieu kunnen komen. Er zitten verschillende barrières om het afval heen zoals staal,



Figuur 1: Foto's van getrokken kleikernen in Borsele in 2011; zwart hoesje heeft een lengte van 12.5 cm.

beton, klei en de gesteentelagen om de kleiformatie heen die de radionucliden tegenhouden en vertragen.

Experimenteel onderzoek naar hoe barrières van staal en beton verouderen in klei wordt in Europees verband gedaan. De veroudering bepaalt hoe en hoe snel radionucliden in de klei kunnen komen. COVRA doet ook eigen experimenteel onderzoek naar de veroudering van beton en werkt samen met Belgische en Duitse organisaties om de chemische en mechanische veranderingen in kaart te brengen. COVRA doet ook de modellering van het experimenteel onderzoek. Rapporten van dit onderzoek zijn<sup>9,10</sup>, en worden gepubliceerd op [ejp-eurad.eu](http://ejp-eurad.eu). Daarnaast bekijkt COVRA samen met dezelfde organisaties welke informatie er beschikbaar is over de chemische evolutie van alle barrières met hoogradioactief verglaasd afval en metallisch en organisch laag en middelradioactief afval.

Het is algemeen bekend dat het transport van radionucliden door klei heel langzaam gaat. Maar voor het berekenen van de veiligheid is het belangrijk om te weten welk mechanisme van transport dominant is. Eind dit jaar is een stagiaire van de TU-Delft begonnen. Hij gaat metingen aan klei uit de ondergrond doen. Met deze metingen kan worden berekend welk mechanisme van transport in een klei dominant is.

De chemische veroudering van sommige, met name metallische zoals staal, barrières gaat gepaard met het vormen van gas. Het

is van belang om deze gasvorming te begrijpen. Dat gas kan de klei mogelijk verstoren waardoor het transport van radionucliden misschien sneller gaat. Ook in Europees verband wordt hier onderzoek naar gedaan en een overzicht van de beschikbare kennis is ook dit jaar<sup>11</sup> gemaakt. Ook COVRA's aanpak is hierin opgenomen.

Naast radiologische toxiciteit van het afval moet er uiteindelijk ook gekeken worden naar de chemische toxiciteit van het radioactieve afval. Deze veiligheidsberekening wordt in de toekomst verricht maar COVRA participeert nu al in workshops om hierover meer kennis op te doen.

---

<sup>6</sup> [https://www.oecd-nea.org/jcms/pl\\_29314/working-group-on-the-characterisation-the-understanding-and-the-performance-of-argillaceous-rocks-as-repository-host-formations-clay-club](https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_29314/working-group-on-the-characterisation-the-understanding-and-the-performance-of-argillaceous-rocks-as-repository-host-formations-clay-club)

<sup>7</sup> <https://www.covra.nl/app/uploads/2021/07/R11381-Paly-report-TNO.pdf>

<sup>8</sup> <https://www.covra.nl/app/uploads/2021/07/TUD-report-Vrijenban-SynclineStratigraphy-FinalReportDec2020-1.pdf>

<sup>9</sup> <https://www.ejp-eurad.eu/publications/eurad-deliverable-24-treatment-chemical-evolutions-national-programmes>

<sup>10</sup> <https://www.ejp-eurad.eu/publications/eurad-deliverable-211lw-report-describing-selected-experiments-and-existing-expected>

<sup>11</sup> <https://www.ejp-eurad.eu/publications/eurad-deliverable-61-initial-state-art-gas-transport-clayey-materials>



# 3. Zout

## Waarom Zout?

Zout heeft meerdere eigenschappen waardoor het geschikt is om een eindberging in te bouwen. Zo laat zout bijvoorbeeld geen water door waardoor er geen transport van radionucliden door het zout naar het leefmilieu kan plaatsvinden. Zout heeft ook de eigenschap dat het “stroomt” onder hoge druk, ook wel zout kruip genoemd, waardoor open ruimtes vanzelf sluiten. Ook heeft zout zelfhelende eigenschappen waardoor breukjes in het zout vanzelf sluiten. Daarnaast is er ook veel praktische ervaring met zout (zoutmijnen) en ook met het bergen van radioactief afval in zout. In de Verenigde Staten is er in zout bijvoorbeeld al een eindberging (WIPP, Nieuw Mexico) in bedrijf.

In de ondergrond van Nederland liggen meerdere zoutlagen. Van deze lagen zijn vanwege hun dikte en ligging zowel het Zechstein als het Röt zout potentieel geschikt voor de berging van radioactief afval. Net als klei is zout een sedimentair gesteente. Het Zechstein zout is ongeveer 250 miljoen jaar geleden afgezet in een zee die een groot deel van (noord) Nederland, Duitsland, Polen, Verenigd

Koninkrijk en de Noordzee bestreek. Het grootste deel van het Zechstein zout ligt na 250 miljoen jaar nog redelijk horizontaal, al is het zout op sommige plekken gaan bewegen en zijn er zoutkoepels ontstaan. Dit zijn grote (van 100 m tot enkele km brede) paddenstoelvormige structuren. In Nederland worden deze zoutkoepels voornamelijk in de ondergrond van Noord-Nederland en de Noordzee gevonden.

Het Röt zout is ook in een zee afgezet maar dan enkele miljoenen jaren later: ongeveer 244 miljoen jaar geleden. Deze zee bestreek een deel van Noord-Duitsland, de Noordzee en oostelijk Nederland. Het Röt zout ligt na 244 miljoen jaar nog (relatief) horizontaal en er zijn dus geen zoutkoepels in Nederland bekend van dit zout. In tegenstelling tot het Zechstein zout, is er niet veel bekend over waar precies het Röt zout ligt en hoe dik deze zout laag is. Daarom is COVRA samen met TNO en een student van Universiteit Utrecht een onderzoek gestart om deze zout laag beter in beeld te brengen met behulp van publiek data. Resultaten worden halverwege volgend jaar verwacht.



Figuur 2: Berging van radioactief afval in de WIPP, Nieuw Mexico.<sup>12</sup>

Zout wordt niet alleen gevonden in de ondergrond van Nederland maar ook in de ondergrond van heel veel andere landen waaronder Duitsland, Verenigd Koninkrijk, Australië en de Verenigde Staten. Vanwege de goede eigenschappen van zout, wordt er al decennia onderzoek gedaan door landen naar het bergen van radioactief afval in zout. De bekendste voorbeelden zijn Duitsland en de Verenigde Staten. COVRA werkt samen met deze, maar ook andere, landen om kennis en ervaring te delen. Zo is COVRA sinds 2012 lid van de zoutclub<sup>13</sup>, waarin onderzoek wordt gedaan naar zout. Ook neemt COVRA deel aan DECOVALEX 2023<sup>14</sup>; een internationaal consortium van 17 organisaties. Binnen deze samenwerking wordt geprobeerd om experimenten in zout na te bootsen met een computersimulatie. Dit geeft inzicht in welke processen belangrijk zijn en hoe de verschillende processen elkaar beïnvloeden en hoe deze gesimuleerd kunnen worden.

### Bouwen en plaatsen van afval in de ondergrondse faciliteit in zout

Om het onderzoek te sturen, is er een eerste eindbergingconcept gemaakt. Dit concept laat zien hoe een eindberging eruit kan komen te zien en hoe de eindberging werkt. Het concept geeft ook aan welke open vragen er nog zijn en dus welk onderzoek er nodig is. Zo wordt in het huidige eindbergingconcept zoutgruis gebruikt om open ruimtes op te vullen na plaatsing van het radioactief afval. Direct na het opvullen van een open ruimte, laat zoutgruis (relatief) makkelijk water door en biedt het dus weinig barrière tegen het transport van radionucliden (opgelost in water) naar het leefmilieu. Door verdichting maar ook andere processen is het de verwachting dat het zoutgruis na verloop van tijd zeer slecht en zelfs helemaal geen water meer doorlaat. Hoelang het precies duurt voordat zoutgruis waterdicht is, is nu nog onbekend. Dat is belangrijk om te weten, omdat de radionucliden die zijn opgelost in water alleen via deze met zoutgruis opgevulde open ruimtes (gangen/schachten) het leefmilieu zouden kunnen bereiken. Het zout waarin een eindberging is gebouwd laat immers geen water door. Daarom is er een onderzoeker (PhD) aangesteld bij de Universiteit Utrecht om te onderzoeken hoelang het duurt voordat zoutgruis (bijna) geen water meer doorlaat. Tot dat moment moeten de containers waarin het radioactief afval wordt geplaatst, ervoor zorgen dat er geen water bij kan komen. Voor het ontwerp van deze containers is COVRA in gesprek met verschillende organisaties en de verwachting is dat dit project volgend jaar zal starten.

### Veiligheid na het sluiten van de ondergrondse faciliteit in zout

Om te kunnen aantonen dat een eindberging in zout voor (zeer) lange periodes veilig is, worden computersimulaties gebruikt. In deze computersimulaties worden processen zoals bijvoorbeeld zoutkruip gesimuleerd maar ook hoe de verschillende processen elkaar beïnvloeden. Voor deze computersimulaties wordt door COVRA internationaal samengewerkt via DECOVALEX 2023 met Duitsland, Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten. Met deze landen worden computersimulaties naar de veiligheid van een generieke eindberging in zout gedaan en de uitkomsten daarvan worden onderling met elkaar vergeleken. Voor deze computersimulaties zijn de eerste stappen, waaronder het opzetten van de computersimulaties en wat er vergeleken zal worden. De opgedane ervaring en kennis uit het project zal worden gebruikt in computersimulaties naar de veiligheid van een Nederlandse eindberging in zout.

Om de computersimulaties te kunnen doen, is uiteraard ook veel kennis nodig van de processen die gesimuleerd moeten worden. Twee voorbeelden zijn subrosie en diapirisme. Subrosie is het oplossen van zout door grondwater en diapirisme is het proces waardoor zoutkoepels ontstaan. Voordat beide processen gesimuleerd kunnen worden moet eerst bekend zijn wat de subrosie en diapirisme snelheden in de natuur zijn. Daarom heeft COVRA samen met een student van de Universiteit Utrecht bezig om de subrosie en diapirisme snelheid van verschillende zoutkoepels in Nederland in kaart gebracht.

Naast de processen is ook kennis nodig van de eigenschappen van bijvoorbeeld zout, omdat deze de processen kunnen beïnvloeden. Zo bepaalt de thermische geleidbaarheid de maximale temperatuur van zout wanneer er warmtegenerend radioactief afval in een eindberging wordt geplaatst. Om deze eigenschappen te verzamelen maar ook beschikbaar te maken, is COVRA samen met TNO bezig deze data te verzamelen en ze toegankelijk te maken voor andere organisaties. De eerste data voor deze database wordt op dit moment verzameld.

Uiteindelijk zullen de verschillende projecten hierboven genoemd, maar ook andere, bijdragen aan de kostenschatting voor een eindberging in zout en de safety case.

<sup>12</sup> Foto van <https://wipp.energy.gov/community-relations-photos.asp>

<sup>13</sup> [https://www.oecd-nea.org/jcms/pl\\_31091/expert-group-on-repositories-in-rock-salt-formations-salt-club](https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_31091/expert-group-on-repositories-in-rock-salt-formations-salt-club)

<sup>14</sup> <https://decovallex.org/>



## 4. Conclusie

---

Onderzoeksprogramma is eind 2020 gestart en het eerste jaar is veel tijd besteed aan het leggen van contacten met geschikte partners en het starten van projecten. Ondanks de COVID-maatregelen die tot veranderingen in de werkmethoden hebben geleid, is het eerste jaar daarin succesvol geweest en heeft zelf al eerste resultaten opgeleverd.

# Prestatie-indicatoren en publicaties

Kritische prestatie-indicator	doel	prestatie in 2021
Aantal wetenschappelijke publicaties en onderzoeksrapporten per jaar	25	25
Percentage van publicaties op de COVRA website of open access	95%	100%
Deelname aan bijeenkomsten van internationale gremia per jaar (e.g. ERDO, EURAD, IAEA, NEA)	20	23
Studenten betrokken in onderzoeksprogramma t/m 2025	6	3
PhDs gefinancierd vanuit het onderzoeksprogramma t/m 2025	3	0
Publieke informatiebijeenkomsten over het onderzoeksprogramma t/m 2025	2	0

## Publicaties

Mladenovic A., Neeft E., Deissmann G., Dähn R., Gen G., Kosakowski G., and Markku L. (2019), ILW- Report describing the selected experiments and the existing/expected experimental results. Final version of 24.12.2019 of Deliverable D 2.11 of the HORIZON 2020 project EURAD. EC Grant agreement no: 847593. EURAD ACED.

Verhoef E.V., Neeft E.A.C., Bartol J., Vuorio M.R., Scholten C., Buitenhuis A., and Van der Veen G. (2020), COVRA's Long term research programme. COVRA.

Lemire R.J., Palmer D.A., Taylor P., and Schlenz H. (2020). Chemical thermodynamics of iron Volume 13b, Part 2. NEA TDB.

Grenthe I., Gaona X., Plyasov A.V., Rao L., Runde W.H., Grambow B., Konings R.J.M., Smith A.L., and Moore E.E. (2020), Chemical thermodynamics Volume 14 Second update on the chemical thermodynamics of uranium, neptunium, plutonium, americium and technetium. NEA TDB.

Plas, F., Gobel, A., Vuorio, M., Gaus, I., van Geet, M., Vokal, A., Ekeroth, E., Vidstrand, P. Baldwin, T., Scourfield, S., and Johnson, L. (2020), Vision 2040 - Strategic Research Agenda. IGD-TP.

Neeft, E., Weetjens E., Vokal A., Leivo M., Cochapin B., Martin C., Munier I., Deissmann G., Montoya V., Poskas P., Grigaliuniene D., Narkuniene A., García E., Samper J., Montenegro L., and Mon A. (2019), Treatment of chemical evolution in National Programmes, D 2.4 of the HORIZON 2020 project EURAD. EC Grant agreement no: 847593. EURAD ACED.

Geoff Freeze, S. David Sevougian, Christi Leigh, Michael Gross, Jens Wolf, Jörg Mönig, Jeoren Bartol and Dieter Buhmann (2020), Generic FEPs Catalogue and Salt Knowledge Archive. SANDIA.

Abels, H.A. and Vardon P.J. (2020), Early Cenozoic stratigraphy in the Vrijenban syncline - compilation of current information. TU Delft.

Munsterman, D.K. (2020), The palynological results of the Paleogene and Neogene successions in wells PNA-GT-01 and PNA-GT-04. TNO.

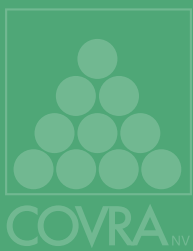
Pekala, M., Wersin, P., Pastina, B., Lamminmäki, R., Vuorio, M., and Jenni, A. (2021), Potential impact of cementitious leachates on the buffer porewater chemistry in the Finnish repository for spent nuclear fuel - A reactive transport modelling assessment. Appl. Geochem. Vol 131.

ERDO Board and Secretariat (2021), The ERDO Association for Multinational Radiactive Waste Solutions. ATW vol. 66, Issue 4.

Maes N., Glaus M., Baeyens B., Marques Fernandes M., Churakov S., Dähn R., Grangeon S., Tournassat C., Geckeis H., Charlet L., Brandt F., Poonosamy J., Hoving A., Havlova V., Fischer C., Scheinost A., Noseck U., Britz S., Siitari-Kauppi M., and Missana T. (2021), State-of-the-Art report on the understanding of radionuclide retention and transport in clay and crystalline rocks. Final version as of 30.04.2021 of deliverable D5.1 of the HORIZON 2020 project EURAD. EC Grant agreement no: 847593. EURAD FUTURE.

Levasseur S., Collin F., Daniels K., Dymitrowska M., Harrington J., Jacobs E., Kolditz O., Marschall P., Norris S., Sillen X., Talandier J., Truche L. and Wendling J. (2021), Initial State of the Art on Gas Transport in Clayey Materials. Deliverable D6.1 of the HORIZON 2020 project EURAD, Work Package Gas. EC Grant agreement no: 847593. EURAD GAS.





Spanjeweg 1  
4455 TW Nieuwdorp



Postbus 202  
4380 AE Vlissingen



E: [info@covra.nl](mailto:info@covra.nl)  
T: +31(0)113 616 666

Volg ons op:

