



# **Samenvatting van de literatuurstudie: De kracht van de natuur: kansen voor asbest bioremediatie in Nederlandse bodems**

Paula Harkes<sup>a</sup>, Eelco Sijtsma<sup>b</sup> en Violette Geissen<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Soil Physics and Land Management Group, Wageningen University & Research,  
Droevendaalsesteeg 3, 6708 PB Wageningen, The Netherlands

<sup>b</sup> Wageningen Food Safety Research, Wageningen University & Research, Akkermaalsbos 2,  
6708 WB Wageningen, The Netherlands

05-08-2025

---

In opdracht van Projectbureau BAS (Bodem Asbest Sanering)

## Inleiding

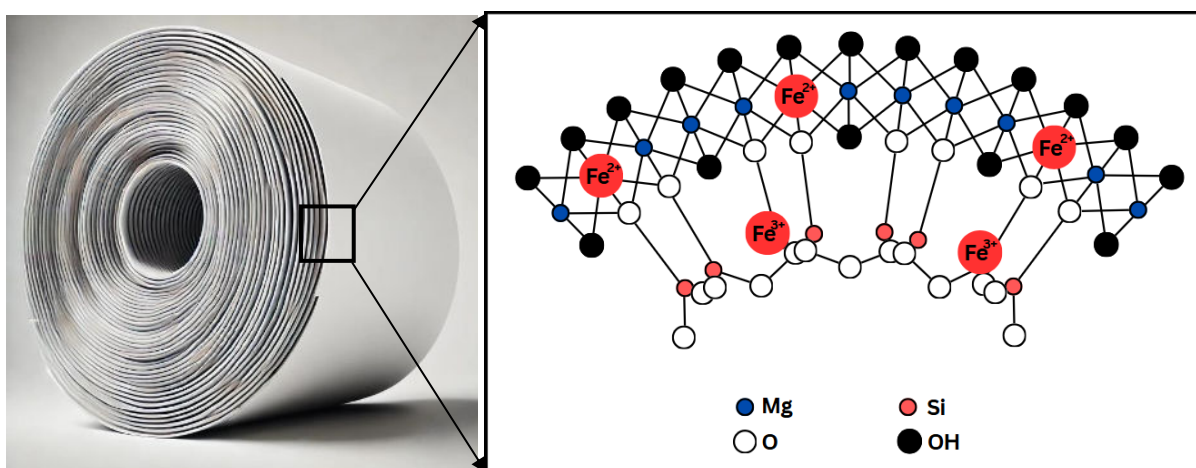
Asbest, een groep van zes natuurlijke mineralen met vezelstructuur, is jarenlang op grote schaal toegepast in de bouwsector vanwege zijn brandwerende en isolerende eigenschappen. Sinds het verbod op asbest in Nederland (1993) is het gebruik gestopt, maar de milieuproblematiek blijft bestaan. In gebieden zoals Twente, waar onder andere de voormalige Eternit-fabriek actief was, is de bodem op veel plekken ernstig verontreinigd met asbest (soms tot 600 keer boven de wettelijke norm). Blootstelling aan asbestvezels kan leiden tot ernstige ziekten zoals longkanker, mesothelioom en asbestose. De noodzaak voor veilige, effectieve saneringsmethoden is dan ook groot. De huidige standaardmethoden voor sanering, zoals het afgraven en afvoeren van verontreinigde grond, zijn kostbaar, arbeidsintensief en kunnen bij onzorgvuldige uitvoering juist zorgen voor extra vezelverspreiding. Daarom groeit de belangstelling voor alternatieve, duurzamere benaderingen, waaronder bioremediatie: het inzetten van micro-organismen om de schadelijkheid van asbestvezels in de bodem te verminderen. De literatuurstudie die uitgevoerd is door Wageningen Universiteit, in opdracht van project bureau BAS, verkent dit alternatief.

## De asbestvezel

De risico's van asbest worden bepaald door fysisch-chemische eigenschappen van de vezels:

- Chrysotiel heeft een buisvormige structuur van opgerolde lagen magnesiumsilicaat. Deze structuur is minder stabiel dan die van amfibolen, waardoor chrysotiel sneller afbreekt onder chemische of biologische invloeden (figuur 1).
- Amfiboolvezels zijn rigide, naaldachtig en chemisch veel stabielier waardoor ze decennia aanwezig kunnen blijven in het milieu en in het lichaam.

In beide gevallen geldt: hoe langer en dunner de vezel, hoe moeilijker het lichaam deze kan opruimen. Bovendien bevatten de vezels ijzer ( $\text{Fe}^{2+}$  /  $\text{Fe}^{3+}$ ), dat via zogeheten Fenton-reacties bijdraagt aan de vorming van reactieve zuurstofsoorten (ROS). Deze radicalen veroorzaken schade aan DNA en celstructuren, een belangrijk mechanisme in de kankerverwekkende werking van asbest.



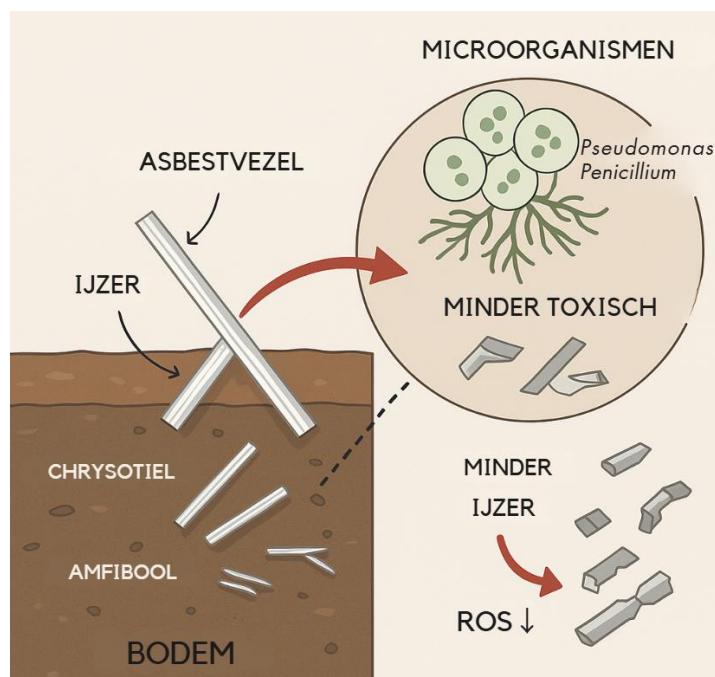
*Figuur 1: Model van de doorsnede van de witte asbestvezel (links) kristalstructuur van chrysotiel asbest met schematisch de mogelijkheden voor ijzer ( $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ ) substitutie van magnesium en silicium (rechts)*

### Bioremediatie: Hoe werkt het?

Bioremediatie maakt gebruik van natuurlijke processen waarin bacteriën en schimmels de chemische structuur van asbestvezels aantasten. Daarbij ligt de focus op het verwijderen van ijzer en magnesium uit asbest vezel, met name chrysotiel; het meest voorkomende type asbest in Nederland. Het verwijderen van ijzer is belangrijk omdat dit element betrokken is bij de vorming van reactieve zuurstofsoorten (ROS), die verantwoordelijk zijn voor veel van de kankerverwekkende effecten van asbest. De literatuurstudie identificeert meerdere micro-organismen die actief kunnen bijdragen aan dit proces, waaronder:

- *Pseudomonas putida*: produceert sideroforen (ijzerchelerende stoffen), waardoor  $\text{Fe}^{2+}$  en  $\text{Fe}^{3+}$  uit de asbeststructuur worden verwijderd.
- *Penicillium simplicissimum*: produceert organische zuren die de vezelstructuur aantasten en metalen mobiliseren.

In laboratoriumomstandigheden is tot 70% van het ijzer en magnesium verwijderd uit chrysotielvezels. Ook wordt aangetoond dat combinaties van bacteriën en schimmels synergetisch kunnen werken, bijvoorbeeld door eerst metaalmobilisatie (bacterie) en daarna structurele aantasting (schimmel).



Figuur 2: schematisch overzicht werking bioremediatie

### Toepassing in Nederland

Wageningen Universiteit start een bioremediatie onderzoek dat is toegespitst op de Nederlandse context, en meer specifiek op zandige bodems zoals in Twente. Daarbij is gekeken naar de overlevingskansen van micro-organismen onder Nederlandse omstandigheden (temperatuur, pH, vocht, enz.) en zijn pathogene soorten uitgesloten. Enkel robuuste, niet-pathogene micro-organismen zijn geselecteerd. Het vervolgonderzoek richt zich op het testen van geselecteerde micro-organismen in mesocosm-studies met echte Twentse bodem. Hierbij worden onder

gecontroleerde omstandigheden grondmonsters behandeld met specifieke bacterie- en schimmelcombinaties. De effectiviteit wordt gemeten aan de hand van:

- Concentraties van losgekomen metalen (Fe, Mg, Si)
- DNA-metabarcoding van de microbiële gemeenschap
- SEM-EDX-analyses van de vezelstructuur

Als de resultaten positief zijn, volgt een tweede fase waarin pilots op locatie worden uitgevoerd in verontreinigde gebieden rondom Goor.

### **Conclusie**

Hoewel verdere veldvalidatie nodig is, tonen de resultaten uit verschillende studies aan dat de natuur ons krachtige instrumenten biedt om te kijken of zelfs de hardnekkigste vervuiling aan te pakken is. Bioremediatie past goed binnen het Nederlandse duurzaamheidsbeleid ("Bodem en Ondergrond 2050") en kan, mits succesvol opgeschaald, zorgen voor een betaalbare, veilige en milieuvriendelijke oplossing die zowel lokaal als internationaal toepasbaar is.