

Voordracht gehouden tijdens het NVA-NBV-symposium 'Immobilisatie en afvalwaterbehandeling' op 2 april 1987 te Rotterdam.

Inleiding

Bij de ontwikkeling van de afvalwater-zuivering, zoals deze vooral vanaf het begin van deze eeuw is ingezet, speelt het gebruik van oxydatiebedden al snel een belangrijke rol. In tabel I is de toepassing van oxydatie-bedden in Nederland gedurende de afgelopen twintig jaar weergegeven. Uit tabel I blijkt dat het aantal oxydatie-bedden de afgelopen 10 jaar duidelijk is afgenomen, door het uit gebruik nemen van oude, veelal kleine rwzi's, terwijl er nauwelijks nieuwe installaties zijn bijgebouwd.



I.R. F. W. A. M. RIJSART
Witteveen+Bos,
Raadgevende ingenieurs Deventer

Reden hiervan is veelal de minder goede zuiveringsresultaten ten opzichte van actief-slibinstallaties en oxydatiesloten.

Een sterke toename wordt geconstateerd in de tweetrapssystemen met veelal een hoog-belast oxydatiebed als eerste trap. Deze rwzi's hebben in het algemeen een grote capaciteit. In dit artikel zal op enige belangrijke procesparameters en ontwikkelingen nader worden ingegaan. Vervolgens worden de zuiveringsresultaten van de Nederlandse installaties weergegeven en tenslotte wordt ingegaan op de toepassingsmogelijkheden die dit systeem (nog) biedt.

Vulmateriaal

De biologische huid waarin de afbraak van de oxydeerbare stoffen in het afvalwater plaatsvindt moet zich kunnen vormen op het in de oxydatiebedden aanwezige vulmateriaal. Hieraan worden de volgende eisen gesteld:

- goede hechtingsmogelijkheden voor de biologische huid;
- gelijkmatige verdeling van de lucht- en waterstromen;

- groot aanhechtend oppervlak per volume-eenheid;
- voldoende reactietijd;
- voldoende grote vrije ruimte voor de afvoer van losgespoelde biologische huid;
- het materiaal mag de groei van micro-organismen niet remmen;
- het materiaal mag niet vergruizen;
- chemisch en biologisch inert voor aantasting door afvalwater, micro-organismen en afscheidingsprodukten.

In Nederland wordt hoofdzakelijk lava als vulmateriaal toegepast. Ook grind, steenslag, basalt, hoogovenslakken e.d. zijn toepasbaar. Lava heeft echter veelal de voorkeur vanwege de kosten en de ruwe poreuze structuur waardoor een goede hechting en een intensief contact tussen slib, lucht en water wordt verkregen. De grootte van de lavabrokken moet een compromis zijn tussen enerzijds een grote vrije ruimte om verstoppingen te voorkomen (dus grote brokken) en anderzijds een groot specifiek oppervlak, een homogene verdeling van lucht en water en een lange contacttijd (ofwel kleine brokken). In het algemeen zijn de brokken 5-8 cm groot. Het specifiek oppervlak is hierbij circa 80-100 m²/m³.

De laatste 20 jaar worden in toenemende mate kunststofvulmaterialen gebruikt, die momenteel in vele uitvoeringsvormen worden gefabriceerd. De voordelen zijn een laag specifiek gewicht (incl. biologische huid en aanhangend water 250-400 kg/m³ tegen 2.000 kg/m³ voor lavaslakken), de grote vrije ruimte (90-98%) en het grote specifiek oppervlak (100-230 m²/m³). Hierdoor wordt hetzelfde zuiveringsrendement verkregen bij 1,5 tot 2 maal zo grote biologische belasting en kunnen lichtere constructies worden toegepast. Bovendien kunnen hogere oxydatiebedden worden toegepast (tot 10 m hoog), waardoor de installatie compacter is, de contacttijd langer en de spoelwerking groter. Ondanks de aanzienlijk hogere kosten van de kunststofmaterialen ten opzichte van lavavulling kunnen deze materialen hierdoor financieel aantrekkelijk zijn, met name bij hoogbelaste installaties (deelzuivering) en hooggeconcentreerd afvalwater. Omdat de

slibaangroei bij hoge belastingen zeer groot is, worden in de hoogbelaste bedden bij voorkeur vulmaterialen met doorlopende reactievlakken of losgestorte ringen met een zeer open structuur toegepast. Gecompleerde en compacte kunststofpakketten, ringen met een groot specifiek oppervlak of pakketten die bij stapeling nauwe doorgangen geven, veroorzaken veelal verstoppingen.

Belasting oxydatiebedden

Bij de oxydatiebedden die in de eerste helft van deze eeuw werden gebouwd, werd geen recirculatie toegepast. Uitsluitend laagbelaste oxydatiebedden werden toegepast (volume-belasting 0,1-0,2 kg BZV/m³.d). Eind jaren dertig werd ontdekt dat aanzienlijk hogere belastingen mogelijk waren door toepassing van recirculatie. Hierdoor is een voldoende spoelkracht aanwezig om de biologische huid los te spoelen. Tabel II geeft een overzicht van de globale indeling die momenteel in oxydatiebedden met lavavulling wordt gemaakt.

Kunststofvulmaterialen worden in hoofdzaak toegepast in hoogbelaste (voor)zuiverings-systemen. Hetzelfde BZV-verwijderingsrendement als bij lavavulling wordt verkregen bij een 1,5-2 maal zo grote belasting. Echter met kunststofvulmaterialen kunnen aanzienlijk hogere belastingen worden toegepast zonder verstoppingsproblemen. Belastingen van 6 tot 8 kg BZV/m³ · d resulteren in BZV-verwijderingsrendementen van 40 tot 60%. Het gebruik van kunststofvulmaterialen bij laagbelaste systemen heeft nog weinig ingang gevonden, behalve bij compacte individuele zuiveringssystemen. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de stikstofverwijdering – een belangrijk doel van de laagbelaste systemen – niet beter verloopt ten opzichte van lava-gevulde bedden; de financiële voordelen zijn bij toepassing van kunststofmaterialen voor deze situatie dan ook beperkt.

Slibgehalte en slibbelasting

De slibbelasting is bij oxydatiebedden geen criterium voor ontwerp en bedrijfsvoering, aangezien het slibgehalte in de praktijk moeilijk kan worden vastgesteld. Bovendien is het slibgehalte sterk afhankelijk van de toegepaste spoelbelasting en varieert het

TABEL I – Toepassing van oxydatiebedden in Nederland.

		Oxydatie-bedden	Tweetraps-systemen*
aantal installaties	1965	71	6
	1974	96	3
	1985	69	26
capaciteit in i.e.	1965	1.600.000	300.000
	1974	3.100.000	300.000
	1985	2.200.000	3.000.000
gemiddelde capaciteit	1965	22.500	50.000
	1974	32.300	100.000
per installatie in i.e.	1985	31.900	115.000

* Het grootste deel bestaande uit de oxydatiebed-actief-slibinstallaties.

TABEL II – Eigenschappen van oxydatiebedden met lavavulling afhankelijk van de belasting.

Laagbelaste oxydatiebedden	Matig belaste oxydatiebedden	Hoog belaste oxydatiebedden
Biol. bel.: 0,1-0,2 kg BZV/m ³ · d Hydr. bel.: <0,2 m ³ /m ² · h Oxydatie van BZV en N-Kj en gedeeltelijke slibmineralisatie Gemineraliseerde huid laat vanzelf los Voor voldoende stikstofverwijdering en slibmineralisatie moet hydraulische belasting gering zijn, dus geen recirculatie	Biol. bel.: 0,3-0,5 kg BZV/m ³ · d Hydr. bel.: 0,4-0,8 m ³ /m ² · h Oxydatie van BZV en beperkte oxydatie van N-Kj Om te grote slibaangroei en daardoor verstoppingen te voorkomen moet d.m.v. recirculatie en hogere hydraulische belasting worden toegepast, echter niet te hoog om de langzaam groeiende nitrificerende bacteriën te handhaven	Biol. bel.: 0,7-1,0 kg BZV/m ³ · d Hydr. bel.: 0,7-1,5 m ³ /m ² · h Uitsluitend oxydatie van BZV Hoge hydraulische belasting, dus dunne biologische huid Bij nog hogere biologische belastingen is de kans op verstoppingen groot

sterk als functie van de hoogte van het bed. In gespoelde matigbelaste oxydatiebedden met lavavulling zijn door verschillende onderzoekers waarden voor het slibgehalte gevonden van 3,2 tot 6,3 kg ds/m³ en in laagbelaste bedden van 4,7 tot 7,2 kg ds/m³. De slibbelasting van de matigbelaste oxydatiebedden (volumebelasting 0,4-0,5 kg BZV/m³·d) is dus 0,06-0,16 kg BZV/kg ds·d tegenover een slibbelasting in actief-slibinstallaties met dezelfde zuiveringsgraad van circa 0,3 kg BZV/kg ds·d. De slibbelasting van laagbelaste oxydatiebedden (volumebelasting circa 0,2 kg BZV/m³·d) is 0,03-0,04 kg BZV/kg ds·d tegenover circa 0,15 kg BZV/kg ds·d voor actief-slibinstallaties met dezelfde zuiveringsgraad. Bij deze lagere slibbelasting in oxydatiebedden moet echter worden bedacht dat de werkelijk actieve biologische huid veelal slechts 0,05-0,1 mm dik is, zodat slechts 0,2-1 kg actieve biomassa per m³ aanwezig is. De slibbelasting betrokken op de actieve massa kan dus wel een factor 5-10 hoger zijn dan hierboven aangegeven. In oxydatiebedden met kunststofvulling waarin de biologische huid veelal zeer dun is en bijna uitsluitend uit actieve massa bestaat, treden dus zeer hoge slibbelastingen op, die kunnen oplopen tot meer dan 10 kg BZV/kg ds·d.

Spoelwerking

Zoals in tabel II is aangegeven is de hydraulische belasting een belangrijke parameter bij het ontwerp en de bedrijfsvoering van een oxydatiebed, voornamelijk om een optimale verwijdering van de overtollige biologische huid te verkrijgen. Enerzijds moeten verstoppingen worden voorkomen en anderzijds moet een voldoende dikke biologische huid worden gevormd. Voor een optimale spoelkracht is echter niet alleen de hydraulische belasting van belang. Tevens dient voor een gelijkmatige verdeling van het water over het bed te worden gezorgd. Bij toepassing van roterende sproeiarmen, zoals tegenwoordig gebruikelijk is bij de grotere installaties, moet de hoeveelheid water die wordt verspreid, kwadratisch toenemen met de afstand tot het middelpunt van de arm.

Daarnaast speelt een belangrijke rol de hoeveelheid water die per passage van een sproeiarm wordt ingebracht. Bij gelijke hydraulische belasting wordt per oppervlakte-eenheid meer water toegevoerd per passage van een arm als de omwentelingsnelheid afneemt of als er minder armen worden toegepast. De spoelkracht wordt dus in die situatie groter. Bij conventionele oxydatiebedden met lavavulling worden in het algemeen 4-20 beregelingen per minuut toegepast met een spoelkracht van 2-6 mm per beregening. Bij zeer hoogbelaste bedden

met kunststofvulling worden echter zonder problemen veel hogere waarden toegepast (rwzi Terwolde 10-20 mm/beregening). Het gebruik van mechanisch aangedreven sproeiarmen heeft in dit verband het voordeel boven aandrijving door middel van overdruk omdat de omwentelingssnelheid eenvoudig kan worden aangepast. De draaisnelheid bij aandrijving door overdruk is afhankelijk van de hydraulische belasting en de grootte c.q. weerstand van de afvoeropeningen. Daarnaast vergt mechanische aandrijving in het algemeen minder energie dan de benodigde extra opvoerhoogte van 0,6-1 m waterkolom bij het systeem met overdruk en is het reinigen van de open sproeiarmen bij mechanische aandrijving eenvoudiger dan de gesloten buizen bij overdruk aandrijving.

Verblijftijd

De verblijftijd van het afvalwater in het oxydatiebed wordt in het algemeen beschreven door de volgende relatie:

$$t = k \frac{H}{(q_0)^n}$$

De verblijftijd per passage t is dus evenredig met de bedhoogte H . Voor de coëfficiënt n zijn de waarden van 0,4-0,8 gevonden, zodat de verblijftijd minder dan omgekeerd evenredig is aan de hydraulische oppervlaktebelasting q_0 .

De literatuur geeft geen duidelijk inzicht in de waarden van de constante k en de coëfficiënt n , met name voor een vergelijking van een lavavulling en de verschillende kunststofvulmaterialen. Een zo groot mogelijke contacttijd is van groot belang voor de stabiliteit van het zuiveringsproces (sterk beïnvloed door fluctuerende hydraulische en biologische belastingen) en voor de nitrificatie. Uit de bovenstaande relatie blijkt dat de hoogte van het oxydatiebed van belang is. Bij toepassing van kunststofvulmaterialen zijn er nauwelijks bezwaren tegen het gebruik van aanzienlijk hogere bedden dan momenteel gebruikelijk is. Ook recirculatie geeft een verhoging van de contacttijd, omdat deze minder dan omgekeerd evenredig is aan de hydraulische belasting.

Temperatuursinvloed

De invloed van de temperatuur op de werking van oxydatiebedden is aanzienlijk groter dan in actief-slibsystemen. De BZV-verwijdering kan in de winter 20% tot 50% lager zijn dan in de zomer. Nitrificatie treedt ook bij de laagbelaste systemen in de winter nauwelijks op. Bij deze invloed van de temperatuur op de biologische activiteit in het bed is een duidelijk vertragend effect te constateren. In de herfst worden veelal nog goede zuiveringsresultaten verkregen tot in november/december. In het voorjaar ver-

betert de effluentkwaliteit echter pas duidelijk vanaf eind mei.

Voor een verbetering van de effluentkwaliteit is het van belang om de afkoeling van het water zo gering mogelijk te houden.

Factoren die hierbij een rol spelen zijn:

- recirculatie; door afkoeling in de nabezinkingstank en tijdens het versproeien kan de recirculatie in de winter voor een extra afkoeling zorgen;
- luchttoevoer; bij natuurlijke ventilatie kan door het grote temperatuurverschil tussen water en lucht een grote luchttek door het bed optreden bij lage buitentemperaturen.

Afdekking oxydatiebedden

De oxydatiebedden die momenteel worden gebouwd, zijn veelal afgedekt in verband met de geuremissie, met name door het versproeien van het afvalwater.

Het bed wordt bij voorkeur geventileerd van boven naar beneden. Het voordeel hiervan is dat de geurstoffen die vooral bij de versproeiing boven in het bed vrijkomen, door de biologische activiteit in het bed voor een belangrijk deel worden afgebroken.

De ervaringen die hiermee zijn opgedaan, onder meer op de rwzi's Terwolde, Woerden en Den Helder, zijn zeer positief.

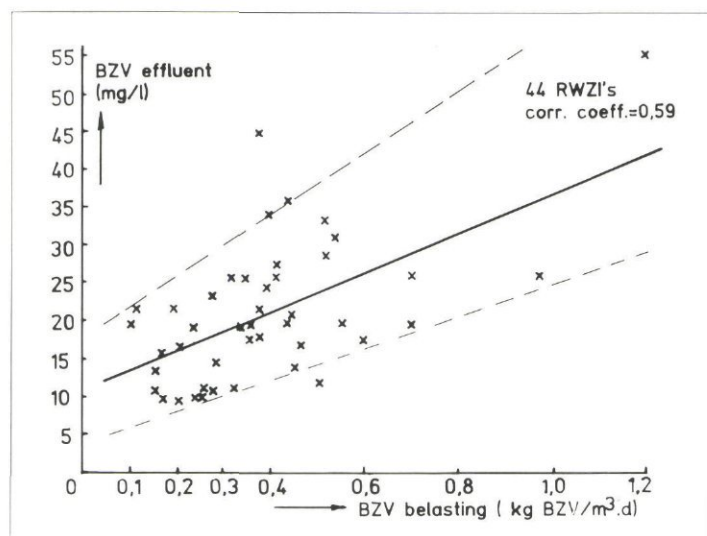
Afdekken heeft nog de volgende voordelen:

- door de gecontroleerde luchttoevoer vindt geen onnodige afkoeling van het bed plaats in koude perioden;
- er vindt geen omslag van de luchttek door het bed plaats in de herfst en het voorjaar zoals deze bij natuurlijke ventilatie door de omslag van een positief naar een negatief temperatuurverschil tussen water en lucht optreedt; het zogenaamde ruilen van het bed (loslaten van een grote hoeveelheid slib) in deze perioden wordt voorkomen. De hierbij optredende tijdelijke effluentkwaliteitsvermindering wordt hierdoor vermeden. De luchttoevoer bij mechanisch geventileerde bedden bedraagt in het algemeen circa 4,5-6 m³/h per m³ bedinhoud.

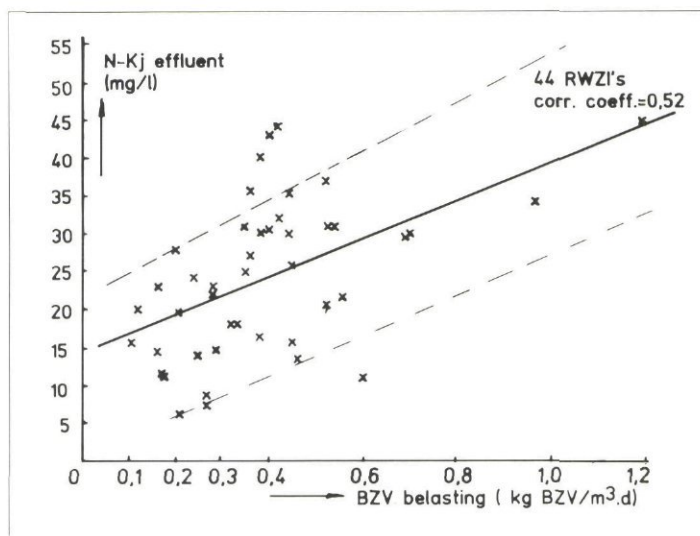
Nederlandse praktijkervaringen

Van 50 Nederlandse rwzi's die het oxydatiebedsysteem toepassen zijn de jaargemiddelde resultaten van 1984 geïnventariseerd. De gegevens zijn verkregen uit de jaarverslagen van de verschillende waterkwaliteitsbeheerders. Al deze installaties zijn tussen 1955 en 1976 in bedrijf genomen, met uitzondering van de rwzi Den Helder (1982). In alle gevallen wordt mineraal vulmateriaal (lava) toegepast. De ventilatie vindt op natuurlijke wijze plaats, behalve op de rwzi Den Helder.

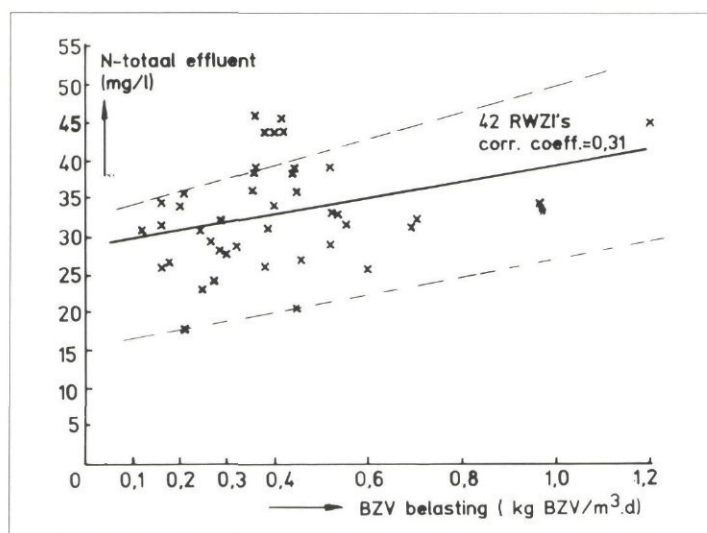
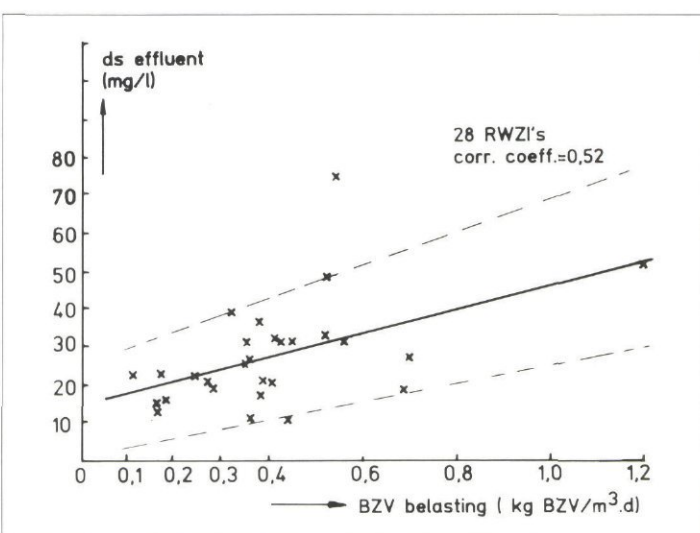
In de afb. 1 t/m 4 zijn de jaargemiddelde effluentgehalten aan BZV, N-Kj, N-totaal (N-Kj + NO₃) en zwevende stof van deze inrichtingen voor zover bekend weergegeven



Afb. 1 - Effluent BZV-gehalte als functie van de BZV-volumebelasting.



Afb. 2 - Effluent N-Kj-gehalte als functie van de BZV-volumebelasting.

Afb. 3 - Effluent N-totaal-gehalte (N-Kj + N-NO₃) als functie van de BZV-volumebelasting.

Afb. 4 - Effluent zwevende stofgehalte als functie van de BZV-volumebelasting.

als functie van de BZV-belasting. Uit deze afb. blijkt dat er bij hogere BZV-volumebelasting een duidelijke toename wordt geconstateerd in BZV- en N-Kj-gehalte in het effluent en in mindere mate van het zwevende stofgehalte. Het totaal stikstofgehalte verandert slechts in beperkte mate als functie van de belasting. De denitrificatie is dus gering. De spreiding in de resultaten is groot. In een momenteel in uitvoering zijnde STORA-studie 'Kosten van rwzi's als functie van effluenteisen' blijkt deze spreiding ook bij andere zuiveringssystemen op te treden. Vele factoren kunnen hierop van invloed zijn, zowel op de rwzi (mogelijkheden voor procescontrole en -regeling, optreden van storingen, bedrijfsvoering en dergelijke) als ten gevolge van invloeden van buiten (fluctuaties in aanvoer, aanwezigheid toxische stoffen en dergelijke). Kunststofvulmaterialen worden in Nederlandse rwzi's in enkele gevallen (onder andere

rwzi's Woerden en Terwolde) ten behoeve van hoogbelaste eerste trapzuivering toegepast.

In deze rwzi's wordt bij een belasting van 3-3,5 kg BZV/m³·d een BZV-verwijdering van 50-60% bereikt en voldoen daarmee aan de verwachtingen die hieraan bij het ontwerp zijn gesteld. Nitrificatie treedt bij deze belastingen uiteraard niet op.

Een interessante ervaring is opgedaan met een oxydatiebed met kunststofvulling ten behoeve van een woonhuis in het kader van een nog lopend VROM-onderzoek 'Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide lozingen'. Deze installatie van 5 i.e. is gedurende 2 jaar in bedrijf.

Bij een BZV-belasting van circa 0,2 kg BZV/m³·d zijn gemiddelde effluentgehalten van 24 mg BZV/l (90% verwijdering) en 60 mg N-Kj/l (43% verwijdering) vastgesteld. In de zomer worden in het algemeen BZV-gehalten

< 10 mg/l en N-Kj-gehalten < 20 mg/l bereikt.

Evaluatie en toekomstverwachtingen

Oxydatiebedden zijn reeds vanaf het begin van deze eeuw in gebruik en zijn vooral in de jaren vijftig en zestig op grote schaal toegepast. In de jaren zeventig is de bouw ervan als een trapssysteem volledig tot stilstand gekomen en zijn veel bestaande installaties geamoveerd vanwege de centralisatie van de rioolwaterzuivering en de aanzienlijk strengere eisen die aan de effluentkwaliteit – met name de stikstofverwijdering – werden gesteld. De afgelopen 10 jaar zijn nog wel diverse grote twee-trapssystemen gerealiseerd met oxydatiebedden als eerste biologische zuiveringstrap.

Sinds kort is de belangstelling voor oxydatie-