

Globale biodiversiteitsraamwerk vir varswatervleilande van Suid-Afrika: Voorlopige berekening van die vordering om die restourasiemikpunt van Doelwit 2 te bereik

H van Deventer,^{1,2} F Durand,³ PL Grundling^{4,5}

¹ Wetenskaplike en Nywerheidsnavorsingsraad, Suid-Afrika

² Departement van Geografie, Geo-informatika en Meteorologie, Universiteit van Pretoria, Suid-Afrika

³ Departement Dierkunde, Universiteit van Johannesburg, Suid-Afrika

⁴ Sentrum vir Omgewingsbestuur, Universiteit van die Vrystaat, Suid-Afrika

⁵ Departement van Bosbou, Visserye en die Omgewing, Regulering, Sektoormonitoring, Suid-Afrika

Korresponderende outeur: Heidi van Deventer **E-pos:** HvDeventer@csir.co.za

Die Nasionale Biodiversiteitsanalise van 2018 het bevind dat vleilande (riviermondings en varswatervleilande) die mees bedreigde van al die ekosisteme in Suid-Afrika is. Teen 2030 moet Suid-Afrika aan die Verenigde Nasies se Globale Biodiversiteitsraamwerk (GBR) rapporteer of Doelwit 2 bereik is, naamlik om 30% van gedegradeerde stelsels in die proses van herstel te hê. Hierdie studie het beoog om die voorlopige omvang as persentasie van varswatervleilande wat aan ekologiese ingrypings onderworpe was in verhouding tot die totale omvang van gedegradeerde varswatervleilande in Suid-Afrika te bereken. Ons het ook die persentasie-omvang in verhouding tot eienaarskap van die gedegradeerde varswatervleilande en dié wat onder ekologiese restourasie is, bepaal. Die Werk vir Vleilandeprogram en die Werk vir Waterprogram se beskikbare data is ingesamel en met die Nasionale Vleilandkaart weergawe 6, gekombineer om die persentasies te bereken. Die meerderheid van Suid-Afrika se varswatervleilande (51%) is gemodelleer om degradasie te bepaal, met >2.0 miljoen hektaar van die 4 miljoen hektaar Suid-Afrikaanse vleilande wat impakte toon ten opsigte van veranderinge aan die hidrologiese siklus, waterkwaliteitsimpakte, fragmentasie en verlies van habitate, voorkoms van indringerspesies en klimaatverandering, of 'n kombinasie van hierdie impakte. Die 30% van Doelwit 2 beteken dus dat amper 613 136 ha van varswatervleilande teen 2030 onder ekologiese herstel moet wees. Ekologiese herstelprogramme het tot dusver slegs ongeveer 203 283 ha (10%) van Doelwit 2 bereik. Die meerderheid (82,8%) van vleilande is op privaat grond geleë, waarvan meer as die helfte gedegradeer is. Baie van die impakte op vleilande, asook die restourasieinisiatiewe wat deur die privaat sektor of individue uitgevoer word, word nie in hierdie berekening weerspieël nie. Monitoring en kwantifisering van alle varswaterhabitate is dus noodsaaklik om Doelwit 2 van die GBR teen 2030 te bereik.

Trefwoorde: biodiversiteit, ekologiese degradering, ekologiese restourasie, erosiebeheer, indringerspesies, Konvensie op Biodiversiteit

Global biodiversity framework for freshwater wetlands of South Africa: Preliminary calculation of progress towards achieving the restoration target of goal 2: The National Biodiversity Assessment of 2018 listed wetlands (estuaries and freshwater ecosystems) as the most threatened ecosystem of South Africa. By 2030, South Africa must report to the United Nations' Global Biodiversity Framework (GBF) to which degree we have reached Target 2 that aims to have 30% of the extent of degraded ecosystems under restoration. This study aimed to calculate the preliminary extent as a percentage of wetlands that have been under ecological restoration interventions, relative to the total extent of degraded freshwater wetlands of South Africa. We also assessed the percentage of extent relative to ownership of the degraded wetlands and those that are under ecological restoration. Data released by the Working for Wetlands and Working for Water programmes were combined with the National Wetland Map version 6 as well as information on land ownership and protection level status of the country. The majority of the freshwater wetlands (51%) were modelled as degraded, with > 2 million ha of the 4 million ha of wetlands showed impacts resulting from various pressures, including changes to the hydrological cycle, water quality, fragmentation and degradation of habitats, climate change, or a combination of these pressures. The 30% GBF Target 2 requires that almost 613 136 ha of freshwater wetlands should be under restoration by 2030. The government's two restoration programmes have reached only 203 283 ha (10%) of the desired target. The majority (82,8%) of freshwater wetlands is located on private land, of which the majority is degraded. Many of the impacts and none of the restoration interventions undertaken by the private sector or individuals are reflected. Monitoring and quantification of all freshwater habitats are therefore needed to attain the 30% extent target of the GBF.

Keywords: biodiversity, Convention on Biodiversity, ecological degradation, ecological intervention, erosion control, invasive species

Inleiding

Vleilande word globaal, ook in Suid-Afrika, as die mees bedreigde ekosistels beskou, wat die terrestriële, mariene en binnelandse akwatiese ryke insluit (IPBES, 2019; Skowno et al., 2019). Teen 2030 moet lidlande van die Konvensie op Biologiese Biodiversiteit ("CBD") oor verandering van natuurlike hulpbronne rapporteer (CBD, 2022). Drie doelwitte is deur die Globale Biodiversiteitsraamwerk (GBR) vir ekosistels gestel: (1) Beplan en bestuur alle areas om biodiversiteitsverlies te verminder; (2) Herstel 30% van alle ekosistels wat degradasie toon; en (3) Bewaar ten minste 30% van alle ekosistels (CBD, 2022a&b). Hierdie doelwit is nie net is op rapportering gerig nie, maar ook volgehoue restourasie (kyk die kontinuum in Gann et al., 2019) van ekosistels, waar nodig.

Suid-Afrika het 30 jaar gelede, in 1995 (DWS, 2001), verskeie ekologiese herstelprogramme begin, waarvan ten minste twee van die programme herstel van varswatervleilande bewerkstellig het. Die Werk vir Vleilande-program is in 2000 as 'n gesamentlike projek tussen die Departement van Omgewingsake, Water en Sanitasie (DWS) en die Departement van Landbou, Bosbou en Visserie op die been gebring (Dini & Bahadur, 2018). Die doelwit van die program is om die beskerming, bewaring, rehabilitasie en volhoubare gebruik van vleilande in Suid-Afrika te fasiliteer (Cowden et al., 2009; Kotze et al., 2019). Die Werk vir Waterprogram, daarteenoor, is in 1995 deur die toentertydse Departement van Water en Bosbou op die been gebring, en beide programme maak tans deel uit van die omgewingsprogramme wat deur die huidige Departement van Bosbou, Visserie en die Omgewing (DBVO) bestuur word (DBVO, 2024). Die hoofdoel van die Werk vir Waterprogram is om uitheemse indringerplante, veral indringerbome, te verwyder (Van Wilgen & Wannenburg, 2016). Die DBVO het 'n databasis van die ekologiese herstelprogramme opgebou wat uit konsultante se verslae saamgestel is, maar die volledigheid daarvan word deur die outeurs van hierdie artikel bevraagteken.

Varswatervleilande beslaan 3 858 176 ha of 3,2% van Suid-Afrika se oppervlakte (vierkante oppervlakte) volgens die Nasionale Vleilandkaart weergawe 6 (NVK6) van die Suid-Afrikaanse Nasionale Instituut vir Biodiversiteit (Engels: South African National Biodiversity Institute ("SANBI")) (SANBI, 2024). Hierdie kaart is 'n verbetering op die vorige weergawe (Van Deventer et al., 2020) waar alle waterhabitate sover moontlik gekarteer was, maar waar daar heelwat ontbrekings en foute teenwoordig was. Volgens die Suid-Afrikaanse Nasionale Waterwet (RSA, 1998:16) sluit waterhabitate die volgende in: (a) 'n rivier of fontein; (b) 'n natuurlike kanaal waarin water vloei, gereeld of ongereeld; (c) 'n vleiland, meer of dam waarin, en waaruit, water vloei; en (d) enige versameling van water wat die Minister, deur middel van 'n Staatskoerant, as 'n waterhabitat kan verklaar. Vleilande as subkategorie word omskryf as grond in oorgang tussen terrestriële en akwatiese stelsels, waar die watertafel gewoonlik by of naby die oppervlak is, of gebiede wat periodiek met vlak water bedek word, en waar die grond, onder normale omstandighede, tipiese plantegroei sou ondersteun wat by groei in versadigde grond aangepas is (RSA, 1998:18). Kunsmatige vleilande word op 'n afsonderlike kaart aangedui en

word nie in die rapportering van waterhabitate in die land se Nasionale Biodiversiteitsanalises (NBA) ingesluit nie (Van Deventer et al., 2018; 2019). Die NVK6 was 'n beduidende verbetering deur die vleilande se oppervlakte en tipes beter op die kaart te verteenwoordig, terwyl van die ander waterhabitate verwyder is. Hierdie kaart is dus beskikbaar om 'n voorlopige evaluering te maak of Suid-Afrika die teiken van Doelwit 2 gaan bereik, en om die moontlike tekortkominge aan te dui wat aandag moet ontvang.

Die doel van hierdie artikel is dus om die minimum persentasie en geografiese verspreiding van ekologiese herstelprogramme en bewaringsaksies wat die afgelope 30 jaar in Suid-Afrikaanse varswatervleilande onderneem is, weer te gee. Die verantwoordelikheid vir hierdie restourasie-ingrypings is ook op grond van eienaarskaptipe van die gebiede bereken, naamlik onderskeidelik in besit van die staat, privaat eienaars en tradisionele owerhede (TO). Die resultate lig die tekortkominge uit wat voor die 2030-rapportering aan die Konvensie op Biologiese Biodiversiteit die hoof gebied moet word. Laastens bespreek die artikel wat moontlik nodig sal wees om die bestaande restourasie-ingrypings beter te verteenwoordig, vergeleke met ander restourasie-ingrypings, en hoe dit verder uitgebrei moet word om die herstel van vleilande te bevorder.

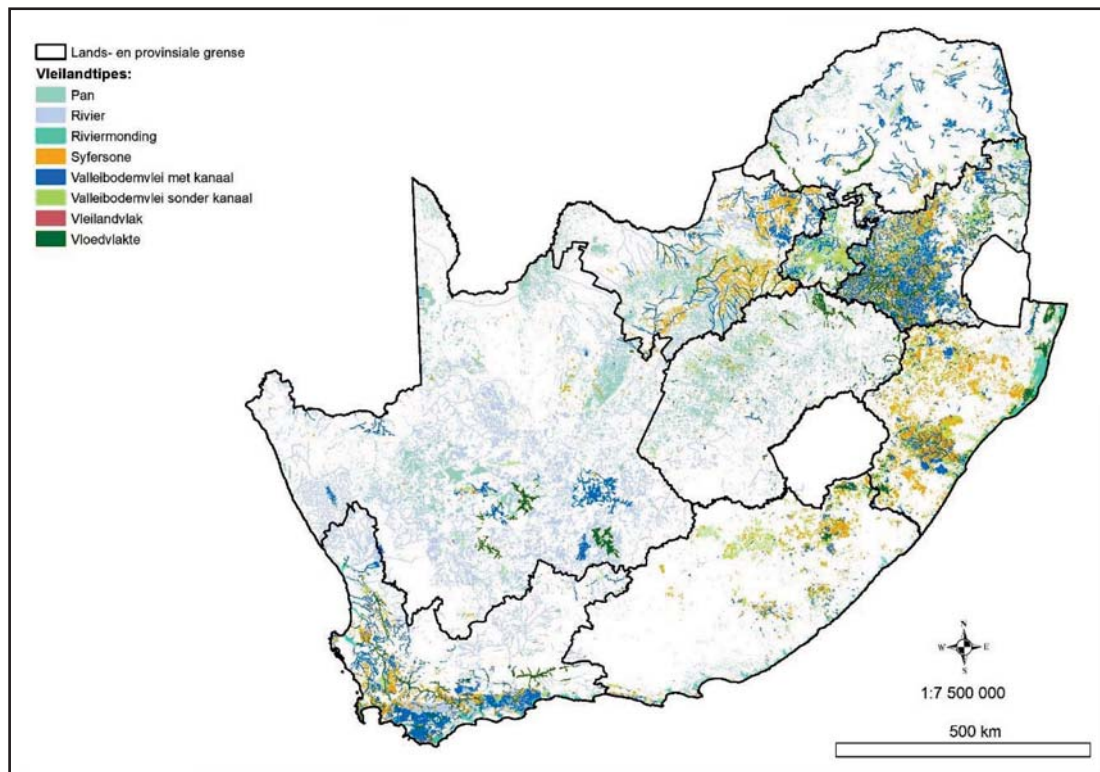
Materiaal en metodes

Studie area

Die studiearea dek die hele Suid-Afrika, met 'n totale grondoppervlakte van 121 955 622 ha (saamgestel uit die Munisipale Afbakeningsraad (MAR) (2016) provinsiale grense en Harris et al. (2019) se kuslyn). Die NVK6 het teen April 2024 'n totaal van 4 057 068 ha vleilande gekarteer, wat 3,3% van die land se oppervlakte beslaan (kyk Figuur 1). Dit sluit varswatervleilande, riviermondings en groot riviere se oppervlakte in, maar nie alle riviere is ingesluit nie, en ook geen fonteine of enige ander waterhabitate nie (en wat ook alle waterlope ingevolge die Nasionale Waterwet insluit). Nadat duplikaatpoligone gekorrigeer is, is die NVK6 se varswatervleilande van 3 858 176 ha wat binne die landsgrense geleë is, vir die doel van hierdie analise onttrek (Figuur 1). Die varswaterstelsels sluit in die ses geohidrologiese tipes, naamlik panne (waaronder ook brakwaterpanne), vloedvlaktes, gekanaliseerde valleibodemvleie, ongekanaliseerde valleibodemvleie, syfersones en vleilandvlaktes (Figuur 1). Die NVK6 word as basis gebruik om die voorlopige rapportering van restourasie in die varswatervleilande te bepaal.

Data insameling en voorbereiding

Die Werk vir Vleiland-data wat restourasie tussen 2002 en 2012 (SANBI, 2012a&b), verteenwoordig, is van die webblaaie afgelaai en ondersoek. Die gerehabiliteerde vleilandpoligone (SANBI, 2012a) is in hierdie studie gebruik om die oppervlakte van die hele vleiland wat voordeel uit die restourasie getrek het te bereken. Hierdie lêer was in poligoonformaat. Daarteenoor het die vleilandrestourasie-datastel (SANBI, 2012b) punte getoon wat die strukture aandui wat geïmplementeer is. Die poligone van NVK6, wat met hierdie datastel oorvleuel, is geselekteer en



Figuur 1: Die verspreiding van ses geohidrologiese varswatervleilantipes, asook gedeeltes van sommige riviere en riviermondings, in Suid-Afrika, na aanleiding van die Nasionale Vleilandkaart weergawe 6 (SANBI, 2024) wat in die Nasionale Biodiversiteitsanalise gebruik word. Die vleilande dek slegs 3,2% van die land (buitelyne is vir beter sigbaarheid op 0,5 punte gestel).

onder hierdie restourasieprogram aangedui, hoewel die totale oppervlakte van die impak van die strukture onbekend is. Die gerehabiliteerde vleilandepolygonelaag is in die Geografiese Inligtingstelsel (GIS) ArcGIS 10.7 (ESRI, 1999–2018) van die geografiese koördinaatstelsel na die "Albers Equal Area"- (AEA-) koördinaatstelsel van Suid-Afrika geprojekteer. Hierdie koördinaatstelsel gebruik die 25° Oos-lengtelyn as sentrale meridiaan, met die twee breedtegrade, 24° en 33° Suid, as parallelle (Snyder 1987; 1993).

Die Werk vir Water-dataset (DBVO, 2023a) is van die internet via die ArcGIS aanlyn skakel afgelaai, en bestaan uit vier verskillende lae, naamlik die 2023 "Natural, Biological Aliens"- (NBALs-), Groter Kaapstad-Waterfonds-, "Wildlands Invasive Alien Project Control"- en "Wildlands Parthenium Control"-laag. 'n Attribuuvelveld is by elkeen gevoeg om die poligone te identifiseer, en daarna is die vier lae gekombineer om 'n enkele laag te vorm. 'n Nuwe attribuuvelveld is geskep om al die attribute en kombinasies van die oorspronklike lêers te kombineer.

Waar topologiese foute, soos dubbele poligone, ná die kombinerings van die verskeie lae gevorm het, is die foute in GIS (Bylaag A) herstel. Daarna is die lae met die NVK6-laag (SANBI, 2024) gekombineer en is die topologie weer gekontroleer en reggestel voordat die tipe restourasieprogramme vir relevante poligone bereken is, asook die oppervlakte in hektaar bygewerk is. Die grondeienaarskapdata is saamgevoeg uit die kombinasie van die Nasionale Bewaarareas van Suid-Afrika (Skowno et al., 2019; SANBI, 2025), staatsgrond (Skowno et al., 2019) en twee tuisland-datasette, wat die tradisionele owerhede aandui (DOT,

2001; DLOG, 2012) (kyk Bylaag A vir meer inligting). 'n Attribuuvelveld is geskep, wat alle kombinasies van hierdie eienaarskaptipes aandui, terwyl die poligone wat buite hierdie staatsgrond, grond van tradisionele owerhede en bewaarareas of enige kombinasie van hierdie drie val, as privaat eiendom beskou is. Die NVK6, die gerehabiliteerde vleilande, en die Werk vir Water-lae is elk gekombineer met die eienaarskapdata van Suid-Afrika, en die resultate is vir duplikaatpoligone getoets en reggestel, waar nodig. In 'n nuwe attribuuvelveld is al die verskillende restourasietipes of kombinasies daarvan vir elke poligoon in die GIS aangedui. Oorblywende rekords waar geen ingryping volgens die datasette plaasgevind het, is dan getipeer as "gedegradeer" aangedui, indien NVK6 enige van die ekologiese toestande onder die verskillende relevante velde tussen C (matige verandering) en F (kritieke of ekstreme verandering) (Kleynhans et al., 2000) was, of andersins die "Res van NVK6", waarvan die ekologiese toestand nog nie op datum gebring is nie.

Data-analise

Die totale oppervlakte en persentasie van alle kombinasies van die ekologiese toestand en restourasies van die totale oppervlakte van die NVK6 is bereken. Die restourasieoppervlakte vir elke kategorie van eienaarskap, of kombinasie daarvan, is in hektaar bereken, asook die persentasies van die totaal van elke eienaarskaptipe. Die totale per provinsie, volgens eienaarskaptipe en as persentasie van die totale oppervlakte van varswatervleilande, en slegs dié van elke provinsie of eienaarskaptipe, is bereken.

Tabel 1: Evaluering van die totale oppervlakte (ha) van varswatervleilande volgens die Nasionale Vleilandkaart weergawe 6 (NVK6; SANBI, 2024) wat gedegradêr is en of die restourasieprogramme bygedra het tot die Globale Biodiversiteitsraamwerk se 30%-restourasiedoelwit. (a) lys die totale oppervlakte (ha) vir restourasieprogramme per eienaarskaptipe, terwyl (b) die persentasie (%) van die oppervlakte lys as totaal van al die land se varswatervleilande. (W4-vleilande = Werk vir Vleilande, en W4-water = Werk vir Water.)

(a) Eienaarskaptipe per provinsie (rye) teenoor kategorie van varswatervleiland (kolomme)	NVK6: varswatervleilande in 'n goeie ekologiese toestand	NVK6: gedegradêerde varswatervleilande onder restourasieprogram(me) of geen genoteerde restourasieprogram(me) nie						Totaal
		Geen restourasie	W4-vleilande	W4-vleilande en W4-water	W4-water	Totaal van gedegradêerde varswatervleilande	W4- totale ingryping	
Bewaararea	37 692,3	15 954,3	4 020,7	377,7	1 285,3	21 638,0	5 683,7	59 330,2
Bewaararea (privaat)	10 178,8	6 207,2	304,2	0,2	3 289,3	9 800,9	3 593,7	19 979,7
Bewaararea (Staat)	81 201,8	49 443,9	9 424,2	5 098,9	23 757,9	87 724,8	38 280,9	168 926,6
Bewaararea (Staat; TO)	1 981,1	11 494,8	62,3	299,6	781,0	12 637,7	1 142,9	14 618,8
Bewaararea (Staat; TO; privaat)	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Bewaararea (Staatsgrond)	958,9	1 004,0	276,6	114,1	381,9	1 776,6	772,5	2 735,5
Bewaararea (Staatsgrond; privaat)	136,6	33,7	0,0	0,0	2,2	36,0	2,2	172,5
Bewaararea (Staatsgrond; TO)	3 390,9	908,2	1 542,0	249,0	183,3	2 882,5	1 974,3	6 273,4
Bewaararea (Staatsgrond; TO; privaat)	180,9	80,3	0,0	0,0	500,9	581,2	500,9	762,2
Bewaararea (TO)	2 086,5	4 571,4	186,0	5,4	2 463,8	7 226,6	2 655,2	9 313,1
Bewaararea (TO; privaat)	373,7	50,6	0,0	0,0	18,9	69,5	18,9	443,2
Privaat	1 495 834,4	1 551 874,0	48 048,7	1 008,2	61 881,9	1 662 812,8	110 938,8	3 158 647,2
Staatsgrond	49 433,6	43 468,5	849,2	60,8	1 104,2	45 482,6	2 014,2	94 916,3
Staatsgrond en TO	84 771,7	52 928,4	18 358,4	233,3	6 679,7	78 199,8	25 271,4	162 971,5
TO	46 168,5	102 483,4	6 920,1	25,0	3 488,7	112 917,2	10 433,8	159 085,8
Bewaarareas (alle subtypes)	138 181,7	897 48,5	15 815,9	61 44,8	32 664,5	144 373,7	54 625,2	282 555,3
Tradisionele owerheid (en oorvleueling met staatsgrond)	130 940,2	155 411,8	25 278,5	258,3	10 168,4	191 117,0	35 705,2	322 057,2
Totaal	1 814 390,0	1 840 502,8	89 992,3	7 472,2	105 818,9	2 043 786,1	203 283,4	3 858 176,1

(b) Eienaarskaptipe per provinsie (rye) teenoor kategorie van varswatervleiland (kolomme)	NVK6: varswatervleilande in 'n goeie ekologiese toestand	NVK6: gedegradêerde varswatervleilande onder restourasieprogram(me) of geen genoteerde restourasieprogram(me) nie						Persentasie (%) oppervlakte van varswaterstelsels per provinsie en eienaarskaptipe van die totale oppervlakte van varswaterstelsels in die land
		Geen restourasie	W4-vleilande	W4-vleilande en W4-water	W4-water	Persentasie van gedegradêerde varswatervleilande van alle varswaterstelsels per eienaarskaptipe	Doelwit 2 se 30% evaluasie: Persentasie van totale W4* restourasie uit die totaal gedegradêerde stelsels, per eienaarskaptipe	
Bewaararea	0,98	0,41	0,10	0,01	0,03	36,47	26,27	1,54
Bewaararea (privaat)	0,26	0,16	0,01	<0,01	0,09	49,05	36,67	0,52
Bewaararea (Staat)	2,10	1,28	0,24	0,13	0,62	51,93	43,64	4,38
Bewaararea (Staat; TO)	0,05	0,30	<0,01	0,01	0,02	86,45	9,04	0,38
Bewaararea (Staat; TO; privaat)	0,00	<0,01	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	<0,01
Bewaararea (Staatsgrond)	0,02	0,03	0,01	0,00	0,01	64,94	43,49	0,07
Bewaararea (Staatsgrond; privaat)	<0,01	<0,01	<0,01	0,00	<0,01	20,84	6,25	<0,01
Bewaararea (Staatsgrond; TO)	0,09	0,02	0,04	0,01	<0,01	45,95	68,49	0,16
Bewaararea (Staatsgrond; TO; privaat)	<0,01	<0,01	0,00	0,00	0,01	76,26	86,18	0,02
Bewaararea (TO)	0,05	0,12	<0,01	<0,01	0,06	77,60	36,74	0,24
Bewaararea (TO; privaat)	0,01	<0,01	0,00	0,00	<0,01	15,68	27,16	0,01
Privaat	38,77	40,22	1,25	0,03	1,60	52,64	6,67	81,87
Staatsgrond	1,28	1,13	0,02	<0,01	0,03	47,92	4,43	2,46
Staatsgrond en TO	2,20	1,37	0,48	0,01	0,17	47,98	32,32	4,22
TO	1,20	2,66	0,18	0,00	0,09	70,98	9,24	4,12
Bewaarareas (alle subtypes)	3,58	2,33	0,41	0,16	0,85	51,10	37,84	7,32
Tradisionele owerheid (en oorvleueling met staatsgrond)	3,39	4,03	0,66	0,01	0,26	59,34	18,68	8,35
Totaal	47,03	47,70	2,33	0,19	2,74	52,97	9,95	100,00

Resultate en besprekings

Die resultate word in drie afdelings aangebied. Eerstens is die totale restourasie-ingrypings deur die twee staatsprogramme relatief tot die ideale doelpunt van Suid-Afrika se vleilande vir rapportering aan die GBR se Doelwit 2 in 2030 ontleed. Daarna is grondeienaarskap vir die vleilantipes, per ekologiese herstelprogram of kombinasie daarvan, aangetoon en bespreek. Laastens is die tekortkominge van die huidige datastelle uitgelig en verbetering voorgestel.

Verspreiding en totale persentasie van restourasie-ingrypings

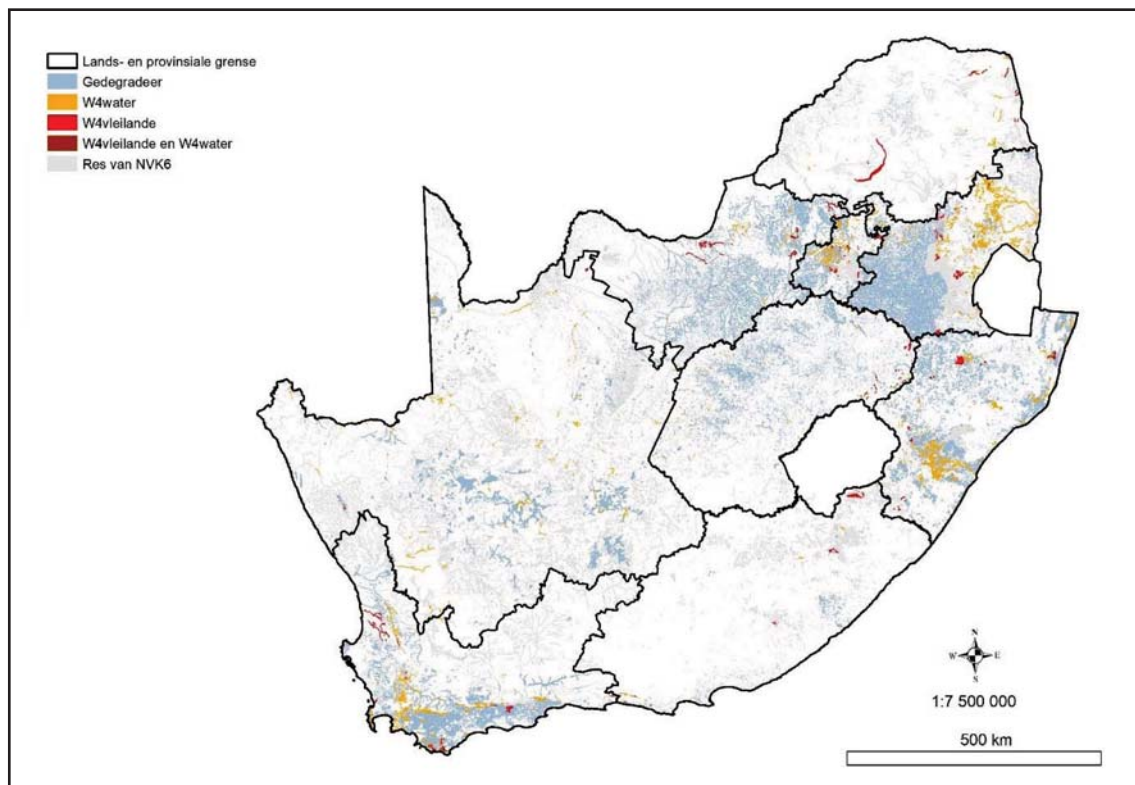
Die NVK6 wys dat meer as helfte van die vleilande as gedegradеer beskou word, naamlik >2 miljoen ha (2 043 786,1 ha), of 53% van alle varswatervleilande (kyk Tabel I a&b). Hierdie totaal sluit in die varswatervleilande in waar daar reeds restourasie gedооn is, sowel as die sonder restourasie, maar nie die res van die NVK6 waarvan die ekologiese toestand nog nie in die laag geïdentifiseer is nie. Die GBR se Doelwit 2 vereis dus dat teen 2030 'n minimum van 30% van hierdie bekende, gedegradеerde vleilande onder restourasie moet wees, dit wil sê 'n minimum van 613 135,8 ha.

Die twee restourasieprogramme van die staat, die Werk vir Vleilande- en die Werk vir Waterprogram, se ruimtelik beskikbare poligoondata beslaan 203 283,4 ha, wat 5,3% van die totale oppervlakte van alle varswatervleilande uitmaak, 10% van alle gedegradеerde vleilande, en dus slegs 33% van die Doelwit 2 se teiken van 613 135,8 ha, volgens die data wat beskikbaar was

(kyk Tabel 1b). 'n Addisionele 409 852,5 ha van varswatervleilande kort nog restourasie voor 2030, volgens die bestaande data. Van al die provinsies het slegs Limpopo en die Oos-Kaap die 30%-doelwit bereik (kyk Bylaag B; Tabel I a&b), terwyl die res van die provinsies slegs tussen 4% en 18% van hul gedegradеerde varswatervleilande onder restourasie het (Tabel I a&b).

Werk vir Vleilande se ekologiese rehabilitasieprogram is aanvanklik in die Vrystaat begin en daarna na Limpopo en Mpumalanga uitgebrei. Die ruimtelike poligoondata wat vir die tydperk van 2002 tot 2012 beskikbaar is, wys dat die verspreiding van die herstelprogramme gedurende hierdie jare hoofsaaklik in Gauteng, Mpumalanga, KwaZulu-Natal, Noordwes en Wes-Kaap geleë was (kyk Figuur 2). Ander ekologiese herstelprogramme is ook in Limpopo, Oos-Kaap en die oostelike deel van die Vrystaat ingestel, maar was minder opsigtelik as dié van eersgenoemde drie provinsies, terwyl die minste in die Noord-Kaap aktief was (kyk Figuur 2). Die westelike gedeelte van die Mpumalanga asook die oostelike gedeelte van Noordwes toon 'n oormatige hoeveelheid van gedegradеerde vleilande.

Die SANBI is voortdurend besig met verbetering van die poligone wat die oppervlakte van vleilande en riviere verteenwoordig, asook die beter verteenwoordiging van die geohidrologiese ekosisteltipes, regstelling van weglatings- en verteenwoordigingsfoute en die weergee van die korrekte ekologiese toestand van al die poligone en nie net breedvoerige modellering soos wat in NVK5 gedооn is nie (Van Deventer & Nel, 2025). Aangesien die NVK nog deurlopend verbeter word, is dit onseker wat die werklike totale oppervlakte vir Doelwit 2 in



Figuur 2: Verspreiding van Werk vir Vleilande (W4vleilande) se restourasies vir die jare 2002 tot 2012 (SANBI, 2012a&b) asook Werk vir Water (W4water) se restourasie sedert 2023, asook die Nasionale Vleilandkaart weergawe 6 (NVK6; SANBI, 2024) en oorblywende gedegradеerde varswatervleilande.

2030 sal wees. Die Werk vir Water-program se poligone is verteenwoordigend van restourasie-ingrypings tot en met 2023, terwyl Werk vir Vleilande se data slegs die 11 jaar tussen 2002 en 2012 verteenwoordig, en nie noodwendig die afgelope dekade se restourasie-ingrypings weerspieël nie. Die impakte of degradasie mag dalk ook slegs 'n sekere persentasie van die volledige poligoon beslaan, en nie hele poligoon nie. Restourasie-ingrypings mag dalk net 'n struktuur wees in die Werk vir Vleilande-databasis se lae, maar kan 'n groter oppervlakte van rehabilitasie impliseer, en dus heelwat nader wees aan die Doelwit 2 se teikenoppervlakte. Met verbeterde opdaterings van tekortkominge kan verdere ondersoek gedoen word om die verspreiding van degradasie en restourasie per geohidrologiese varswatervleilandtipe, ekologies funksionele groep (Keith et al., 2022) of provinsie te verstaan, wat prioritisering van tipes of areas kan verbeter, asook rapportering in Suid-Afrika en vir die GBF se ekostelseldoelwitte.

Verspreiding en persentasie van die ekologiese herstelprojekte relatief tot grondeienaarskaptipes

Die meerderheid (3 158 647,2 ha of 82,0%) van NVK6 se varswatervleilande in Suid-Afrika is op privaat grond geleë, terwyl die bewaarareas (kombinasies van alle tipes) 282 555,3 ha (7,3%), staatsgrond 94 916,27 ha (2,5%) en tradisionele owerhede 322 057,2 ha (8,4%) beslaan (kyk Tabel 1a&b en Figuur 3). Bewaarareas het reeds 38% van gedegradeerde varswatervleilande op hul eiendom onder rehabilitasie, teenoor die staatsgrond wat slegs 4,4% onder restourasie het, en die tradisionele owerhede 18,7% (kyk Tabel 1b). In totaal het Suid-Afrika reeds 10% van gekarteerde gedegradeerde varswatervleilande onder restourasie, maar skiet steeds te kort wat

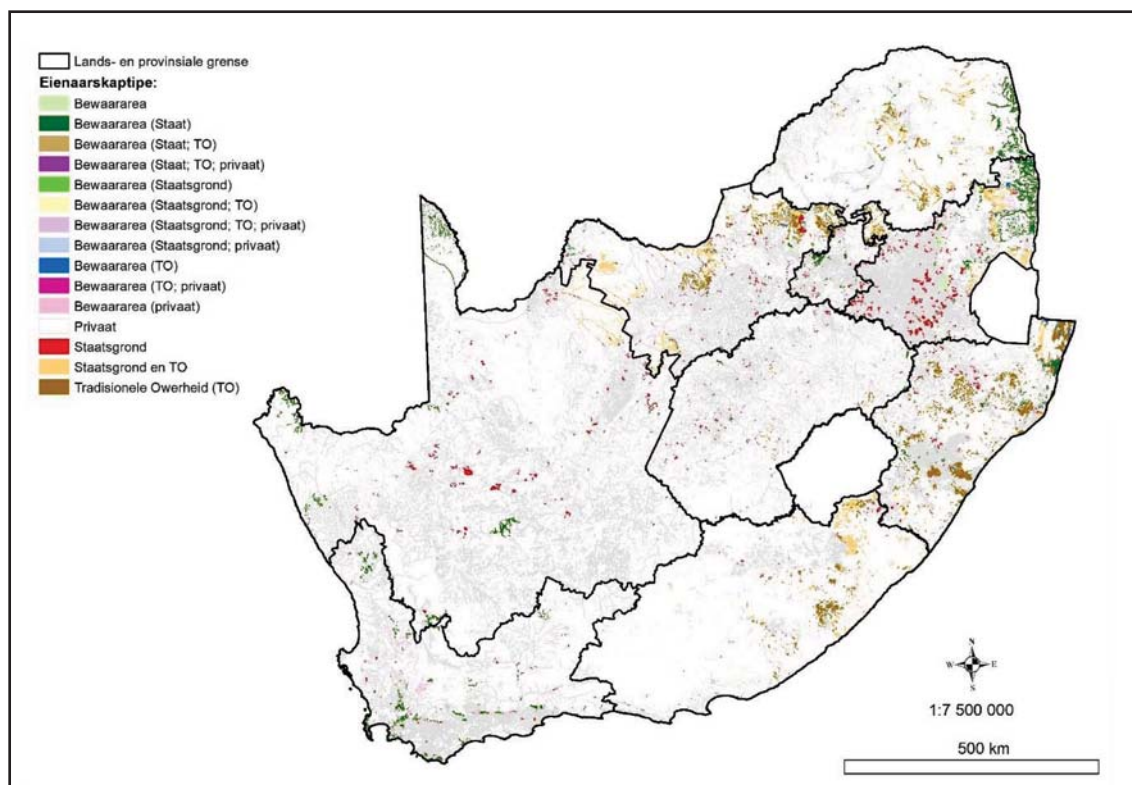
betref Doelwit 2 se 2030-mikpunt.

Restourasie-ingrypings wat ontbreek – aanbevelings vir verbeterde verteenwoordiging en rapportering ten opsigte van GBR-doelwit 2

Vleilande en ander waterhabitatte ondervind druk uit verskeie oorde. Dudgeon et al. (2006) het dit opgesom as die impakte veroorsaak deur die volume van wateronttrekking, waterkwaliteitsveranderinge, degradasie of agteruitgang van habitatte – ook in die opvangsgebiede van die waterhabitatte – en indringerspesies. Die volgende subafdelings lewer kommentaar op elkeen van hierdie druktyes, die kennis van die impakte waarvan ons tot op dag en datum weet, en voorstelle oor hoe daarop verbeter kan word.

Impakte van wateronttrekking en -toevoeging

Die totale volume water wat tussen dreineringsgebiede oorgedra word, verander die hoeveelheid wat oorspronklik binne die opvangsgebied was (Van Deventer et al., 2019). Geohidroloë kan help om die persentasie volume van toevoeging of onttrekking vir elke vyfde vlak van die opvangsgebiede te bereken, bv., die sub-kwaternêre ("quinary") (Nel et al., 2011) of vyfde vlak van opvangsgebiede (Maherry et al., 2013). Hidrologiese modellering kan die kumulatiewe impak op die waterhabitatte bereken vir die oppervlakte van vloei sowel as die persentasie grondwater wat in hierdie gebiede verander het. Daar is reeds beduidende afname in die hoeveelheid grondwater vir vleilande in die Maputalandse kusgebied, waar die vleilande opgedroog het, en toenemend in die afgelope dekade begin brand het (Grundling et al., 2021), ten spyte van



Figuur 3: Verspreiding van die Nasionale Vleilandkaart weergawe 6 (SANBI, 2024) volgens verskeie grondeienaarskaptipes.

hul ligging in die strategiese waterbronareas (Lötter & Le Maitre, 2021). Die verantwoordelikheid regulering van die oorhoofse wateronttrekking berus by die staat, met grondeienaars wat onder verpligting is om toegekende waterregte te eerbiedig.

Die rapportering van die restourasie-ingryping sal dus hoofsaaklik die staat se verantwoordelikheid wees, op grond van die regulering van wateronttrekking volgens die berekende ekologiese reserwe vir bepaalde waterbronne of opvangsgebiede, binne die oorkoepelende hidrologiesesiklusfase. Suid-Afrika het 'n wisselvallige reënval met die natuurverskynsels van droogtes en vloede, binne die groter hidrologiese siklus.

Waterkwaliteitsimpakte en restourasie-ingrypings

Waterkwaliteitsveranderinge word tans hoofsaaklik vir riviere gerapporteer (Job et al., 2019) en skiet te kort vir varswatervleilande. Die impak van waterbesoedeling op waterhabitatte wat aan besoedelde riviere gekoppel is, is onbekend. In die Nasionale Biodiversiteitsanalise van 2019 is gerapporteer dat 46 (4%) van die > 1 150 rioolwerke van Suid-Afrika (DWS, 2018; News24, 2019) 'n kritieke toestand bereik het, en dus 'n negatiewe impak op die aangrensende waterhabitatte het. Die mees onlangse Groendruppelverslag van DWS toon dat 63% van die 1 150 rioolwerke van die land se toestand tussen 2013 en 2021 as swak tot kritiek beskou word, dus 9% van al die land se rioolwerke is (DWS, 2022:13). Hierdie wanfunksionele rioolwerke is regoor die land versprei (DWS, 2022:15), maar dié wat in die mees kritieke toestand verkeer, kom hoofsaaklik in Gauteng, die noordelike deel van KwaZulu-Natal (veral in die eThekwin-metro) en Limpopo (DWS, 2022:16) voor. In November 2024 het die Minister van die DWS 88 strafregtelike sake teen munisipaliteite aangehangig gemaak, met die DBVO wat ook die impak van hierdie besoedeling op varswater-ekostelsels ondersoek (DWS, 2024).

Die voorkoms van waterhiasinte (*Pontederia crassipes*), 'n kategorie 1-indringer, is reeds meer as 'n dekade gelede in damme en riviere in al die provinsies van die land aangeteken (Pérez et al., 2011), met die gevolglike vermindering van beide watervolume en -kwaliteit in die betrokke ekosistels (Gounden & Subramany, 2023). Beheermaatreëls sluit in die fisiese verwydering van die plante (met die hand of meganiese) om die probleem die hoof te bied (bv. Moffat et al., 2024; Nefdt, 2024), of biologiese beheer (Coetzee et al., 2022; Miller et al., 2023). Die hooforsaak, naamlik die swak waterkwaliteit, moet eerder deur die staat, provinsie of munisipaliteit aangepak word. Rapportering van beide die volume en oppervlakarea van hierdie probleem mag dalk belangrik wees, maar dalk belangriker is die verbetering van waterkwaliteit, wat die oorsprong van die probleem is.

Die toename in plastiekbesoedeling, wat beide makro- (> 5 mm) en mikroplastiek (≤ 5 mm) insluit, in varswaterhabitatte regoor Afrika is ook kommerwekkend (Yakubu et al., 2024). Verskeie studies wys daarop dat die oppervlak- en grondwater, sediment en akwatiese organismes mikroplastiek opneem, en dat dit 'n negatiewe impak op organismes het (Bouwman et al., 2018; Dalu et al., 2023, 2024; Yakubu et al., 2024). Daar is nog geen

studie wat die omvang van plastiekbesoedeling in Suid-Afrika se binnelandse waters ondersoek het nie, en die DWS se monitoringsprogramme sluit geen evaluering van plastiek of die minimum aanvaarbare standaard in nie. Alternatiewe produkte en verbeterde hersirkulering van plastiek word egter tans ondersoek (Bouwman et al., 2018). Informele nedersettings word as een van die brandpunte beskou (Hendricks et al., 2024), terwyl informele herwinnaars ook bydra tot die onwettige storting van afval naby riviere (persoonlike waarnemings van skrywers). Volgens die DBVO (2020) het plastiek die laagste herwinningskoers vergeleke met ander afvaltipes, het dit 'n beduidende negatiewe impak op die omgewing en is dit dus 'n topprioriteit van hul nasionale afvalbestuurstrategie (DBVO, 2020).

Habitatdegradasie en restourasie-ingrypings

Vleilandvorming spruit uit verskeie dryfkragte, waaronder tipe geomorfologiese terrein, hidrologie, fisiese en biologiese prosesse. Die wisselwerking tussen dié dryfkragte lei tot die funksies en dienste (bv. vloedbeheer en watersuiwering) wat met bewaring van vleilande vereenselwig word (Kotze et al., 2008). Voorts is vleilande ook 'n geïntegreerde deel van opvanggebiede en breër landskappe en word die aard en tempo van prosesse wat 'n invloed op vleilande het dikwels deur menslike ontwikkeling binne opvanggebiede en in landskappe beïnvloed (Kotze et al., 2008).

Verandering in opvangsgebiede, soos stedelike ontwikkeling, oopgroefmyne, landbouuitbreidings en vestiging van plantasies, het nie net 'n direkte impak op habitatte nie maar verander die hidrologiese en geomorfologiese eienskappe van die grondoppervlak wat ontwikkel word. Ontboste en verharde oppervlakke lei tot verhoogde stormwaterafloop, wat verhoogde sedimentasie en/of erosie in vleilande tot gevolg het in vleilande veroorsaak en verdere habitatdegradasie veroorsaak. Nog meer vernietigend is die bou van damme of die vestiging van dreinerings in vleiland met nie net die gevolglike impak op habitat en biodiversiteit nie, maar ook die verlies aan vleilandfunksie en ekosisteldienste soos stormwaterbeheer, wateropberging, filtrering, erosiebeheer en koolstofopberging. Die Werk vir Vleilande-program fokus veral daarop om die impakte van vleilanddreinerings en erosie met restourasie-ingrypings soos herbenattingswalle en erosiebeheerstrukture te herstel.

Die versnelde ontwikkeling in verskeie streke in die Suid-Afrikaanse landskap noep egter restourasie-ingrypings wat meer voorkomend van aard is. Hier is die regulatoriese raamwerke wat sedert 1998 deur die Nasionale Waterwet (Wet 36 van 1998) en die Nasionale Omgewingsbewaringswet (Wet 107 van 1998) daargestel is van belang. Die wette maak onder andere voorsiening vir regulasies wat die moontlike degradasie en besoedeling van waterhabitatte, waterlope en veral vleilande proaktief die hoof bied deur waterlisensies en omgewings-impakstudies. Die onus om te verhoed dat hierdie regulasies omseil word, bly egter die verantwoordelikheid van die aansoeker/gebruiker in die gees van artikel 24 van die Suid-Afrikaanse grondwet, ingevolge waarvan elkeen die reg het op

die beskerming van die omgewing en wat “redelike wetgewende en ander maatreëls” vereis “wat... die ekologies volhoubare ontwikkeling en aanwending van natuurlike hulpbronne verseker terwyl dit regverdigbare ekonomiese en maatskaplike ontwikkeling bevorder.”

Indringerspesies en restourasie-ingrypings

Die Werk vir Water-program fokus hoofsaaklik op die verwydering van 14 indringerboomspepies (DBVO, 2023a). Die totale omvang van alle indringerplant- en dierspesies in waterhabitatte bly egter onbekend. Pogings tot beter begrip en monitering van alle indringerspesies in waterhabitatte, asook die opvangsgebiede daarvan, is belangrik.

Volgens die Nasionale Biodiversiteitsassessering 2018 (Skowno et al., 2019) is varswatervisse die mees bedreigde van die 658 inheemse varswatertaksons wat geassesseer is (Skowno et al., 2019; Van Wilgen & Wilson, 2018). Hierdie varswatertaksons sluit visse, amfibieë, reptiele, voëls, soogdiere, Odonata (naaldekoekers en waterjuffers) en 'n groep waterplante in, waarvan 160 taksons endemies is en waarvan 41% met uitwissing bedreig word (Van der Colff et al., 2019). Varswatervisse maak 36% van alle taksons en 66% van die endemiese taksons uit wat in Suid-Afrika deur uitwissing bedreig word.

Die bewaringstatus van die verskillende varswatertaksons verskil redelik baie. Terwyl slegs 18% van varswatervissies goed bewaar word, geniet 100% van die reptiele wat in varswaterhabitatte voorkom beskerming, terwyl 83% van die voëls, 76% van die amfibieë en 65% van die soogdiere wat in varswaterhabitatte voorkom, ook beskerm word (Van der Colff et al., 2019). Die hoofrede vir hierdie kwesbaarheid onder varswatervisse is hul totale afhanklikheid van riviere, en slegs 14% van hierdie visse kom in gebiede voor wat bewaar word. Daarbenewens is slegs 43% van Suid-Afrika se riviere in 'n natuurlike of naas natuurlike toestand, terwyl die res weens indringerspesies, besoedeling, stedelike uitbreiding, swak dam- en waterbestuur, habitatverlies en fragmentering en ooronttrekking van water degradasie toon (Skowno et al., 2019).

Tot dusver het die pogings van verskillende natuurbe-
waringsgroepe verhoed dat varswatervissies heeltemal
uitsterf, ten spyte daarvan dat hul verspreidingsgebiede
algaande verklein. Suksesvolle ekologiese herstelprogramme
(soos dié wat Wes-Kaapse Raad Natuurbewaringsraad
("CapeNature") van stapel gestuur om uitheemse indringer-
varswatervissies in die Wes-Kaap uit te roei (Impson et al.,
2017)), moet uitgebrei word en uiteindelik landwyd toegepas
word. Die bewaring van inheemse akwatiese taksons, en veral
visse, sal slegs suksesvol wees as groter dele van rivierstelsels en
vleilande in natuurbewaringsgebiede ingesluit word (Skowno
et al., 2019).

Die ekologiese rol van ongewerweldes wat in vleilande voor-
kom, is van kardinale belang, aangesien hulle as die hoof-
voedselbron dien vir visse, amfibieë, watervoëls en soogdiere
wat in varswatervleilande voorkom. Hierdie invertebrate is
veral sensitief vir besoedeling en moet net soos die werwel-diere

bewaar word. Talle nuwe en tot dusver onbekende onge-
werwelde spesies is tydens opnames in varswatervleilande
ontdek, wat daarop dui dat ongewerweldes 'n baie groter
diversiteit toon en dus ook 'n baie groter rol in die ekologie speel
as wat voorheen bereken is (De Moor & Barber-James, 2013). Die
volledige weergawe van alle tipes indringerspesies in alle
varswaterhabitatte is dus uiters belangrik, en so ook is alle tipes
restourasieprogramme of pogings, nie slegs dié van die DBVO
nie.

Die gebruik van afstandswaarneming dra toenemend by tot die
verbeterde en meer akkurate kartering van indringerplante,
veral indringerbome, in die kwantifisering van areas vir Doelwit
2. Verskeie studies bewys dat satellietbeelde van die Europese
Ruimteagentskap se Sentinel 1 en 2, met 'n 10 m ruimtelike
resolusie, die verspreiding van indringerbome in Suid-Afrika
beter kan karteer (Holden et al., 2020; Rebelo et al., 2021) as die
vorige uitsette van die Landsat-satellietbeelde wat 'n 30 m-
ruimtelike resolusie het (Kotzé et al., 2010; DBVO, 2023). Die
verbeterde ruimtelike resolusie, en die feit dat die Sentinel-
satellietbeelde ook meer bande as die Amerikaanse Landsat
het, dra tot verbeterde herkenning van verskillende tipe plant
spesies by (Holden et al., 2020; Rebelo et al., 2021). Hierdie
tegnologie kan dus bydra tot die identifisering van areas waar
daar erge indringing van kategorie 1 indringerbome is. Dit geld
veral in die strategiese waterbronareas van Suid-Afrika (Lötter &
Le Maitre, 2021), wat dan vir verwydering geprioritiseer kan
word, ongeag die eienaarskaptipe van die grond.

Die impak van klimaatsverandering op vleilande

Hoewel alles daarop dui dat klimaatsverandering tot veran-
dering in reënvalpatrone, temperature en verdampingkoerse
wêreldwyd lei (IPCC, 2023), is dit tans moeilik om die impak van
klimaatsverandering van ander antropologiese impakte te
onderskei. Suid-Afrika het 'n baie wisselvallige reënvalpatroon
en hoë verdampingskoerse, wat oor die algemeen gekenmerk
word deur droogtes en vloede en wat as deel van die natuurlike
hidrologiese siklus beskou word (Schulze, 2022). Die April
2022-vloed in KwaZulu-Natal, byvoorbeeld, word eerder
geassosieer met 'n 1:50- tot 1:100-jaar vloed as met
klimaatsverandering (Schulze, 2022), maar aangesien mense
binne die vloedvlakte gebou het, word die skade nou as erger as
voorheen beskou. Ten spyte daarvan dat dit tans moeilik is om
tussen die impakte van klimaatsverandering op die natuur en
die bestaande antropologiese impakte op vleilande te
onderskei, is dit belangrik ekologiese herstel te prioritiseer in
gebiede waar die meeste van die impakte negatief is.

Die Nasionale Biodiversiteitsanalise van 2018 (Skowno et al.,
2019; Snaddon et al., 2019) het 'n deeglike oorsig gegee van die
impakte van klimaatsverandering op ekosistels, wat varswater-
stelsels insluit. Oor die algemeen wys data dat 'n veran-
dering van reënvalpatrone en 'n verhoging van gemiddelde
temperature en verdampingskoerse veral in die noorde,
noordooste en suidwestelike dele van Suid-Afrika, tot op datum
besig is om plaas te vind (Dallas & Rivers-Moore, 2014). Alle
aanduidings is dat vleilande erg onder klimaatsverandering sal
lei (Ellery et al., 2016), veral waar reënvalpatrone meer

wisselvallig sal wees, met onvoorspelbare intense storms (Meissner et al., 2013). Gevolglik sal vleilande in droër streke minder reën kry en aan toenemende uitdroging onderworpe wees, terwyl vleilande in opvanggebiede met intense storms beduidende geomorfologiese veranderinge te wagte kan wees, wat erosie, sedimentasie en gevolglike degradasie in vleiland-prosesse, -funksies en habitatte insluit.

Temperatuurveranderinge van waterhabitatte kan veral 'n beduidende en negatiewe impak op die verspreiding van warm- en kouewaterlewende visse hê (Dallas & Rivers-Moore, 2014; Reizenberg, 2017), veral dié in bergagtige gebiede waar geen migrasie na hoër gebiede met koeler watertemperatuur moontlik is nie. Amfibieë word oor die algemeen as uiters kwesbaar vir temperatuurverandering beskou, aangesien daar geen alternatiewe habitatte gaan wees om heen te vlug as hul bestaande habitatte uitdroog nie (Urban, 2015), en 70 spesies toon reeds inkrimpings in hulle verspreidingsgebied (Skowno et al., 2019). 11 Suid-Afrikaanse voëlspesies wat in vleilande voorkom, word reeds deur droogtes, storms en vloede bedreig (Taylor & Peacock, 2018). Die drempelvlak van toleransie van varswaterspesies is egter onbekend, terwyl inligting oor die persentasie impak van klimaatsveranderinge op habitatte en spesies bykomend by bestaande direkte antropologiese impakte onduidelik is.

Tans is daar 'n groot mate van onsekerheid ten opsigte van die geografiese ligging en skaal van die impak van klimaatsverandering, aangesien die getal operasionele weerstasies in Suid-Afrika aan die afneem is, terwyl die begroting van die DWS, wat vir die monitoring van alle waterhabitatte verantwoordelik is, voortdurend besnoei word (Skowno et al., 2019). Daarbenewens monitor die DWS die abiotiese en biotiese eienskappe van riviere, maar nie van ander varswaterhabitatte nie (Van Deventer et al., 2019). Groot kommer bestaan oor die voortdurende besnoeiing van die regering se befondsing vir die analise van die rivierhabitatte, terwyl die ander varswatervleilande se monitoring steeds nie verbeter het nie, ten spyte van die belangrikheid van hierdie ryk in die Nasionale Biodiversiteitsanalises (Skowno et al., 2019; Van Deventer et al., 2019). Die impakte van indirekte en direkte antropologiese impakte op die abiotiese en biotiese eienskappe van vleilande is dus nie duidelik vir alle tipe vleilande in alle streke nie, wat die prioritisering van areas vir ekologiese restourasieingryping met die oog op die GBR se Doelwit 2 bemoeilik.

Gevolgtrekkings

SANBI werk die NVK6 deurlopend by om seker te maak dat die volgende vleilandkaartweergawe tekortkominge sal ondervang. Daarmee saam is hulle ook in die proses om regoor die land onderhoude te voer om meer inligting aangaande die ekologiese toestande van vleilande te bekom. Tans is daar amper geen monitoringspunte van die DWS in vleilande nie (Van Deventer et al., 2019). Dit verhoed dus akkurate verteenwoordiging van die totale volume of oppervlakte van waterhabitatte asook van hul voortdurend veranderende ekologiese toestande, waarop waterkwaliteit 'n negatiewe impak het.

'n Volledige kaart van varswaterhabitatte, wat ook riviere en fonteine insluit, is belangrik vir toekomstige rapportering na die Globale Biodiversiteitsraamwerk, en so ook die berekening van die korrekte oppervlakte of volume van alle varswaterhabitatte waar restourasie-ingryping nodig is. 'n Oorsig van die degradasie van watervolume en oppervlakte in varswaterhabitatte sal groter duidelikheid gee oor die tipe rapportering, asook die tipe monitoringsprogramme, wat die DWS en die DBVO, in samewerking met Natuurbewaringsagentskappe en vrywilligheidsorganisasies, kan koördineer.

Die voorlopig beskikbare elektroniese data wat in die poligoonlae aangeteken is, dui daarop dat Suid-Afrika nie op koers is om die GBR se Doelwit 2 te bereik nie. Maar heelwat van die restourasie-ingrypings word nie in die beskikbare gekarteerde data verteenwoordig nie, en dus sal heelwat werk nodig wees vir akkurate rapportering teen 2030.

Erkennings

Ons bedank dr Nacelle Collins, vleilandkenner van die Vrystaatse Departement van Toerisme, Omgewing en Ekonomiese Sake, wat die vertaling van "wetland flat" as "vleilandvlak[te]" voorgestel het. Ons wil ook ons waardering uitspreek vir die keurders se insette en kommentaar op hierdie artikel. Hierbenewens bedank ons ook dr Andrew Skowno en me Sediqa Kathieb van SANBI, wat aan ons die bygewerkte data van die Bewaarareas se totale oppervlakte en eienaarskap verskaf het.

Befondsing

Van dr Van Deventer se ure is in 2024 deur die Wetenskaplike en Nywerheidsnavorsingsraad (WNNR) se Parlementêre Toekening-projek befonds, maar die ander outeurs het geen befondsing ontvang nie.

ORCID

H van Deventer <https://orcid.org/0000-0002-7854-2155>

F Durand <https://orcid.org/0000-0003-2966-1163>

PL Grundling <https://orcid.org/0000-0001-8251-3819>

Literatuurverwysings

- Bouwman, H., Minnaar, K., Bezuidenhou, C., et al., 2018, Microplastics in freshwater water environments: A scoping study, Watervanavorsingskommissie (WVK), Verslag No. 2610/1/18, WVK, Pretoria, Suid-Afrika.
- Convention on Biological Diversity (CBD), 2022a, Briefing note on scientific and technical issues related to the global monitoring of biodiversity, CBD/ID/OM/2022/1/INF/2. Verkrygbaar by: <https://www.cbd.int/doc/c/0aef/09cb/0f9654d62722534df6c7a98/id-om-2022-01-inf-02-en.pdf>. Toegang verkry op 9 Desember 2024.
- CBD, 2022b, Decision adopted by the conference of the parties to the convention on biological diversity: 15/4 Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Verkrygbaar by: <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf>. Toegang verkry op 9 Desember 2024.
- CBD, 2022c, Proposed monitoring framework for the post-2020 global biodiversity framework. Verkrygbaar: <https://www.cbd.int/doc/recommendations/sbstta-24/sbstta-24-rec-02-en.pdf>. Toegang verkry op 9 Desember 2024.
- Coetzee, J.A., Miller, B.E., Kinsler, D., et al., 2022, It's a numbers game: inundative biological control of water hyacinth (*Pontederia crassipes*), using *Megamelus scutellaris* (Hemiptera: Delphacidae) yields success at a high elevation, hypertrophic reservoir in South Africa, *Biocontrol Science and Technology* 32(11), 1302-1311. <https://doi.org/10.1080/09583157.2022.2109594>.

- Cowden, C., Kotze, D., Breen, C., et al., 2009, WET-RehabEvaluate. Water Navorsingskommissie (WNK), Verslag No. TT 342/09, WNK, Pretoria, Suid-Afrika, 84 bl.
- Dallas, H.F., Rivers-Moore, N.A., 2014, Ecological consequences of global climate change for freshwater ecosystems in South Africa, *South African Journal of Science*, 110(5/6), <https://doi.org/10.1590/sajs.2014.20130274>.
- Dalu, T., Themba, N.N., Dondofema, F., et al., 2023, Nowhere to go! Microplastic abundances in freshwater fishes living near wastewater plants, *Environmental Toxicology and Pharmacology* 101, 104210. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2023.104210>.
- Dalu, T., Themba, S.T., Dondofema, F., et al., 2024, Assessing microplastic abundances in freshwater fishes in a subtropical African reservoir, *Research* 5(360), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00589-5>.
- De Moor, F.C., Barber-James, H.M., 2013, A survey of the aquatic macroinvertebrates of selected tributary rivers of the Olifants and Doring Rivers in the Cederberg, Western Cape to help assess conservation status and assist conservation planning of the biodiversity of these rivers. In: Bills, I.R., Impson, N.D. (Uitg.). Conservation biology of endangered freshwater fishes - linking conservation of endangered freshwater fishes with river conservation, focussing on the Cederberg. Waternavorsingskommissie (WNK), Verslag No. KV 305/12, pp. 95-122. WNK, Pretoria, Suid-Afrika.
- Departement van Bosbou, Visserie en die Omgewing (DBVO), 2020, National Waste Management Strategy 2020, DBVO, Pretoria, Suid-Afrika. Verkrygbaar by: https://www.dffe.gov.za/sites/default/files/docs/nationalwaste_management_strategy.pdf. Toegang verkry 19 September 2018.
- DBVO, 2023a, Working for Water Information Management System (WIMS). Verkrygbaar by: https://dffeportal.environment.gov.za/hosting/rest/services/Hosted/Working_for_Water/FeatureServer of via die ArcGIS Online Map Viewer https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?url=https%3A%2F%2Fdffeportal.environment.gov.za%2Fhosting%2Frest%2Fservices%2FHosted%2FWorking_for_Water%2FFeatureServer&source=sd. Toegang verkry 1 Julie 2024.
- DBVO, 2023b, Working for Water Programme. Verkrygbaar by: <https://www.dffe.gov.za/working-water-wfw-programme>. Toegang verkry 10 Desember 2024.
- DBVO, 2023c, Working for Wetlands Programme. Verkrygbaar by: <https://www.dffe.gov.za/WorkingforWetlands>. Toegang verkry 10 Desember 2024.
- DBVO, 2024, Environmental Programmes. Verkrygbaar by: Branch - EP Home | Department of Environmental Affairs, Toegang verkry 12 Desember 2024.
- Departement van Omgewingsake en Toerisme (DOT), 2001, Omgewingspotentiaalatlant ('Environmental Potential Atlas for South Africa' of 'ENPAT'). DOT in samewerking met die Universiteit van Pretoria, Pretoria, DOT, Suid-Afrika.
- Departement van Grondsake (DGS), datum onbekend, Tradisionele Owerhede se gebiede. Ruimtelike datastel, DGS, Pretoria, Suid-Afrika.
- Departement van Landelike Ontwikkeling en Grondhervorming (DLOG), 2012, Transkei, Bophuthatswana, Venda, and Ciskei poligoondatalaag, Pretoria, Suid-Afrika.
- DLOG, 2013, Land Audit Report. Phase 1 State Land Audit Report, DLOG, Pretoria, Suid-Afrika. Verkrygbaar by: <http://www.ruraldevelopment.gov.za/phocadownload/Cadastral-Survey-management/Booklet/land%20audit%20booklet.pdf>. Toegang verkry 22 April 2025.
- DLOG, 2017, Land Audit Report. Phase II: Private Land Ownership by race, gender and nationality, DLOG, Pretoria, Suid-Afrika. Verkrygbaar by: https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/201802/landauditreport13feb2018.pdf. Toegang verkry 22 April 2025.
- DLOG, 2019, Staatsgrond poligoonlaag, DLOG, Pretoria, Suid-Afrika.
- Departement van Water & Sanitasie (DWS), 2001, Working for Water Programme: Briefing and handing out of the Working for Water Programme Annual Report 2000/1 (Working for Water). Verkrygbaar by: <https://pmg.org.za/committee-meeting/757/>. Toegang verkry 12 Desember 2024.
- Dini, J.A., Bahadur, U., 2018, South Africa's National Wetland Rehabilitation Programme: Working for Wetlands. In: Finlayson, C.M., et al. (Uitg.) The Wetland Book. Springer, Dordrecht, Nederland. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9659-3_145.
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., et al., 2006, Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges, *Biological Reviews* 81(2), 163-182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>.
- DWS, 2018, National Water and Sanitation Master Plan Volume 1: Call to Action v9.4, DWS, Pretoria, Suid-Afrika, Verkrygbaar by: <http://www.dwa.gov.za/National%20Water%20and%20Sanitation%20Master%20Plan/Documents/NWSMP%20Call%20to%20Action%20Final%20Draft%20PDF.pdf>. Toegang verkry 19 September 2018.
- DWS, 2019, Water quality monitoring points and weirs at the time of the National Biodiversity Assessment of 2018, DWS, Pretoria, Suid-Afrika.
- DWS, 2022, Green Drop: Department of Public Works 2022. Verkrygbaar by: https://ws.dws.gov.za/IRIS/releases/Report_DPW_Rev02_29Mar22_MN%20web.pdf. Toegang verkry 10 Desember 2024.
- DWS, 2024, Deputy Minister Sello Seithlolo on Gauteng's Waste Water Treatment Plants being main polluters of province's water courses. South African Government Official Information and Services. Verkrygbaar by: <https://www.gov.za/news/media-statements/deputy-minister-sello-seithlolo-gauteng%E2%80%99s-waste-water-treatment-plants-being>. Toegang verkry 10 Desember 2024.
- Ellery, W.N., Grenfell, S.E., Grenfell, M.C., et al., 2016, Wetlands in southern Africa. In: J. Knight, Grab, S., (Uitg.), Quaternary Environmental Change in southern Africa: Physical and Human Dimensions, Cambridge Universiteit Drukkery, Cambridge, Verenigde Koninkryk, pp. 188-202. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107295483.012>.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI), 1999-2018, ArcGIS desktop 10.7, Redlands, California, ESRI, United States of America, <https://www.esri.com/en-us/home>.
- Gann, G.D., McDonald, T., Walder, B., et al., 2019, International principles and standards for the practice of ecological restoration, Second edition, *Restoration Ecology* 51-546. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>.
- Gounden, T., Subramany, D., 2023, Your sewage is contributing to Hartbeespoort Dam's alien hyacinth invasion, Rhodes Universiteit, Suid-Afrika. Verkrygbaar by: <https://www.ru.ac.za/centreforbiologicalcontrol/latestnews/yoursewageiscontributingtohartbeespoortdamsalienhyacinthinvasion.html#:~:text=For%20decades%2C%20the%20dam%20has,for%20ornamental%20purposes%20in%20aquariums>. Toegang verkry 10 Desember 2024.
- Grundling, P.-L., Grundling, A.T., Van Deventer, H., et al., 2021, Current state, pressures and protection of South African peatlands, *Mires & Peat* 27, article 26. <https://doi.org/10.19189/Map2020.OMB.StA.2125>.
- Harris L.R., Bessinger M., Dayaram A., et al., 2019, Advancing land-sea integration for ecologically meaningful coastal conservation and management, *Biol Conserv* 237, 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.020>.
- Hendricks, N., Olatunji, O.S., Gumbi, B.P., 2024, Microplastic occurrence in sediments of informal settlement in Durban, South Africa: assessing the ocean impact in the aftermath of floods, *Environ Sci: Adv* 3, 850-860. <https://doi.org/10.1039/D3VA00382E>.
- Holden, P.B., Rebelo A.J., New M.G., 2020, Mapping invasive alien trees in water towers: a combined approach using satellite data fusion, drone technology and expert engagement, *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 21, 100448. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100448>.
- Impson, D., Van der Walt, R., Jordaan, M.S., 2017, Freshwater fishes, In: Turner, A.A. (Uitg.) Western Cape State of Biodiversity, pp. 87-102, CapeNature Wetenskaplike Dienste, Stellenbosch, Suid-Afrika.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2019, Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. In: Diaz S, Settele J, Brondizio ES, et al. (Uitg.) IPBES secretariat, Bonn, Germany, 56 pp. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023, AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. Verkrygbaar by: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>, Toegang verkry 12 Desember 2024.
- Job, N., Van Deventer, H., Smith-Adao, L., et al., 2019, Chapter 9: Responses to Pressures in the Inland Aquatic Realm. In: Van Deventer, H., et al. in South African National Biodiversity Assessment 2018: Technical Report. Volume 2b: Inland Aquatic (Freshwater) Realm. Wetenskaplike en Nywerheidsnavorsingsraad (WNNR), Verslag Nommer CSIR/NRE/ECOS/IR/2019/0004/A. Suid-Afrikaanse Nasionale Biodiversiteitsinstituut (SANBI), Pretoria, Suid-Afrika. <http://hdl.handle.net/20.500.12143/6230>.
- Keith D.A., Ferrer-Paris J.R., Nicholson E., et al., 2022, A function-based typology for Earth's ecosystems, *Nature* 610, 513-518. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05318-4>.
- Kleynhans, C.J., 2000, Desktop Estimates of the Ecological Importance and Sensitivity Categories (EISC), Default Ecological Management Classes (DEMC), Present Ecological Status Categories (PESC), Present Attainable Ecological Management Classes (Present AEMC), and Best Attainable Ecological Management Class (Best AEMC) for Quaternary Catchments in South Africa. Verslag van die Departement van Waterwese en Bosbou (DWB), Instituut vir Waterkwaliteitsstudies, DWB, Privaatsak X313, Pretoria, 0001, Suid-Afrika.
- Kotzé, I., Beukes, H., Van den Berg, E., et al., 2010, National Invasive Alien Plant Survey. ARC Report No. GW/A/2010/21. Landbounavorsingsraad, Instituut vir Grond, Klimaat en Water, Pretoria, Suid-Afrika.
- Kotze, D., Ellery, W., Rountree, M., et al., 2008, WET-RehabPlan. Water Navorsingskommissie (WNK), Verslag No. TT 336/08, WNK, Pretoria, Suid-Afrika.
- Kotze, D.C., Tererai, F., Grundling, P.L., 2019, Assessing, with limited resources, the ecological outcomes of wetland restoration: a South African case, *Restoration Ecology* 27(3), 495-503. <https://doi.org/10.1111/rec.12891>.
- Lötter, M.C., Le Maitre, D., 2021, Fine-scale delineation of Strategic Water Source Areas for surface water in South Africa using Empirical Bayesian Kriging Regression Prediction: Technical report, Prepared for SANBI, Pretoria, Suid-Afrika. 33 bl.

- Maherry, A.M., Horan, M.J.C., Smith-Adao, L.B., et al., 2013, Delineating river network quinary catchments for South Africa and allocating associated daily hydrological information, Waternavorsingskommissie (WNK), Verslag No. 2020/1/12, WNK, Pretoria, Suid-Afrika.
- Meissner, H.H., Scholtz, M.M., Engelbrecht, F.A., 2013, Sustainability of the South African Livestock Sector towards 2050, Part 2: Challenges, changes and required implementations, *South African Journal of Animal Science* 43(3), 289-319. <https://doi.org/10.4314/sajas.v43i3.5>.
- Miller, B.E., Coetzee, J.A., Hill, M.P., 2023, Evaluating the establishment of a new water hyacinth biological control agent in South Africa, *African Entomology* 31. <https://doi.org/10.17159/2254-8854/2023/a15613>.
- Moffat, R., Weaver, K., Ngxande-Koza, S., et al., 2024, Bridging boundaries: Six years of community engagement with biological control implementation and monitoring of water hyacinth on Hartbeespoort Dam, Suid-Afrika, *Biological Control* 194, 105544. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105544>.
- Munisipale Afbakeningsraad, 2016, Provinsiale grense van Suid-Afrika, Pretoria, Suid-Afrika.
- Nefdt, A., 2024, Benonians remove tons of hyacinth to restore water body. Verkrygbaar by: <https://www.goodthingsguy.com/environment/benonians-remove-tons-of-hyacinth-to-restore-water-body/>. Toegang verkry 30 November 2024.
- Nel, J.L., Driver, A., Strydom, W.F., et al., 2011, Atlas of Freshwater Ecosystem Priority Areas in South Africa: Maps to Support Sustainable Development of Water Resources, Waternavorsingskommissie (WNK), Verslag No. TT 500/11, WNK, Pretoria, South Africa.
- News24, 2019, SA has over 40 'critical' sewerage plants under close watch. Verkrygbaar by: <https://www.news24.com/SouthAfrica/News/sa-has-over-40-critical-sewerage-plants-under-close-watch-20190101>. Toegang verkry 15 January 2019.
- Pérez, E.A., Coetzee, J.A., Téllez, T.R., et al., 2011, A first report of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) soil seed banks in South Africa, *South African Journal of Botany* 77(3), 795-800. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2011.03.009>.
- Rebelo A.J., Gokool S., Holden P.B., et al., 2021, Can Sentinel-2 be used to detect invasive alien trees and shrubs in Savanna and Grassland Biomes? *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 23, 100600. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100600>.
- Reizenberg, J.L., 2017, The thermal tolerances and preferences of native fishes in the Cape Floristic Region: towards understanding the effect of climate change on native fish species, Master's dissertation, University of Cape Town, Cape Town, South Africa.
- Republiek van Suid-Afrika (RSA), 1998, Nasionale Waterwet, Wet No. 36 of 1998. Verkrygbaar by: http://www.dwaf.gov.za/Documents/Legislature/nw_act/NWA.pdf. Toegang verkry 1 Oktober 2010 asook Staatsdrukkers, Pretoria, Suid-Afrika.
- Schulze, R., 2022, What did cause the April KZN floods? *The Water Wheel* July/August, 24-27. <https://journals.co.za/doi/pdf/10.10520/ejc-waterb-v21-n4-a5>.
- Snaddon, K., Robinson, J., Foden, W., et al., 2019, Chapter 3: Climate change - our changing environment from a freshwater ecosystems perspective. In: Van Deventer, H. et al., South African National Biodiversity Assessment 2018: Technical Report. Volume 2b: Inland Aquatic (Freshwater) Realm. WNNR, Verslag No. CSIR/NRE/ECOS/IR/2019/0004/A. SANBI, Pretoria. Verkrygbaar by: <http://hdl.handle.net/20.500.12143/6230>. Toegang verkry 10 Desember 2024.
- South African National Biodiversity Institute (SANBI), 2012a, Rehabilitated Wetlands 2012. SANBI, Pretoria, Suid-Afrika. Verkrygbaar by: <https://bgis.sanbi.org/SpatialDataset/Detail/502>. Toegang verkry 1 Julie 2024.
- SANBI, 2012b, Wetland Interventions 2012. SANBI, Pretoria, Suid-Afrika. Verkrygbaar by: <https://bgis.sanbi.org/SpatialDataset/Detail/503>. Toegang verkry 1 Julie 2024.
- SANBI, 2024, National Wetland Map 6 (shapefile) [Vector geospatial dataset], SANBI, Pretoria, Suid-Afrika.
- SANBI, 2025, Bewaarareas van Suid-Afrika [bygewerk in Maart 2025, asook op 2 Februarie 2024, met wat as Privaateiendom beskou is], SANBI, Pretoria, Suid-Afrika.
- Skowno, A.L., Poole, C.J., Raimondo, D.C., et al., 2019, National Biodiversity Assessment 2018: The status of South Africa's ecosystems and biodiversity, Synthesis Report, SANBI, 'n entiteit van die DBVO, Pretoria, Suid-Afrika. Verkrygbaar by: <http://hdl.handle.net/20.500.12143/6362>. Toegang verkry 10 Desember 2024.
- Story M., Congalton R., 1986, Accuracy Assessment: A User's Perspective. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) J Photogramm Remote Sens 52, 397-399. https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1986journal/mar/1986_mar_397-399.pdf.
- Taylor, M.R., Peacock, F., 2018, State of South Africa's Bird Report 2018. BirdLife South Africa: Johannesburg, South Africa.
- Urban, M.C., 2015, Accelerating extinction risk from climate change, *Science* 348(6234), 571-573. <https://doi.org/10.1126/science.aaa4984>.
- Van Der Colff D., Raimondo D., Chakona K.A., et al., 2019, Chapter 7: Inland Aquatic Indigenous Freshwater Species Assessments. In: Van Deventer, H. et al. (Uitg.) South African National Biodiversity Assessment 2018: Technical Report. Volume 2b: Inland Aquatic (Freshwater) Realm. WNNR, Verslag No. CSIR/NRE/ECOS/IR/2019/0004/A. SANBI, Pretoria, Suid-Afrika. Verkrygbaar by: <http://hdl.handle.net/20.500.12143/6230>. Toegang verkry 10 Desember 2024.
- Van Deventer H., Nel J.L., 2025, Assessment of the of inland wetland ecosystem types in South Africa: threats and protection, *African Journal of Aquatic Science* 50(1), 12-32, <https://doi.org/10.2989/16085914.2025.2465387>.
- Van Deventer H., Smith-Adao L., Collins N.B., et al., 2019, South African National Biodiversity Assessment 2018: Technical Report. Volume 2b: Inland Aquatic (Freshwater) Component. WNNR en SANBI, Pretoria, Suid-Afrika. WNNR, Verslag Nommer CSIR/NRE/ECOS/IR/2019/0004/A. SANBI handle, Verkrygbaar by: <http://hdl.handle.net/20.500.12143/6230>. Toegang verkry 10 Desember 2024.
- Van Deventer H., Van Niekerk L., Adams, J., et al., 2020, National Wetland Map 5 - An improved spatial extent and representation of inland aquatic and estuarine ecosystems in South Africa, *Water SA* 46(1), 66-79. <https://doi.org/10.17159/wsa/2020.v46.i1.7887>.
- Van Wilgen, B.W., Wannenburgh, A., 2016, Co-facilitating invasive species control, water conservation and poverty relief: achievements and challenges in South Africa's Working for Water programme, *Current opinion in environmental sustainability* 19, 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.08.012>.
- Van Wilgen, B.W., Wilson, J.R., (Uitg.), 2018, The status of biological invasions and their management in South Africa in 2017, SANBI, Kirstenbosch en die Department van Wetenskap en Tegnologie – Nasionale Navorsingstigting (DWT-NNS) se Sentrum vir Uitnemendheid in Indringerbiologie, Stellenbosch, Suid-Afrika.
- Yakubu, S., Miao, B., Hou, M., et al., 2024, A review of the ecotoxicological status of microplastic pollution in African freshwater systems, *Science of The Total Environment* 946(10), 174092. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174092>.