Witteveen + Bos

Markiezaatsmeer

Nader onderzoek natuur en waterkwaliteit

Provincie Noord-Brabant

26 april 2018

Project	Markiezaatsmeer
Opdrachtgever	Provincie Noord-Brabant
Document	Nader onderzoek natuur en waterkwaliteit
Status	Definitief
Datum	26 april 2018
Referentie	102512/18-006.519
Projectcode	102512
Projectleider	dr. C. Cusell
Projectdirecteur	drs. M. Klinge
Auteur(s)	dr. C. Cusell, drs. R. van Ek, MSc. J. Mandemakers, drs. M. Klinge
Gecontroleerd door	drs. M. Klinge
Goedgekeurd door	dr. C. Cusell
Paraaf	

Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Van Twickelostraat 2
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 7

1.1 Aanleiding 7

1.2 Doel 7

1.3 Leeswijzer 8

2 SYSTEEMOMSCHRIJVING, GEBRUIKSFUNCTIES EN BELEIDSDOELEN 9

2.1 Algemene systeemeigenschappen 9

2.2 Gebruiksfuncties en beleidsdoelen 9

2.2.1 KRW-doelen 9
2.2.2 Natura 2000-doelen 10
2.2.3 KRW versus Natura 2000 10

3 METHODIEK 12

3.1 Beschrijving zoete, brakke en zoute scenario's 12

3.1.1 Reeds geanalyseerde scenario's: zoet en zout 12
3.1.2 Nieuwe scenario's: brak 13

3.2 Aanpak per deelonderdeel 15

3.2.1 Hydrologisch functioneren 15
3.2.2 Nutriëntenhuishouding en lichtklimaat 16
3.2.3 Zoet-zout overgangen 17
3.2.4 Evalueren van de vogelstand in de afgelopen decennia 21
3.2.5 Te verwachten biologische toestand 25

3.3 Kwantitatieve of kwalitatieve doelen 25

4 ZOET MARKIEZAATSMEER 26

4.1 Hydrologisch functioneren 26

4.2 Nutriëntenhuishouding en lichtklimaat 26

4.3 Zoet-zout overgangen 27

4.3.1 Huidige vegetatiesamenstelling 27
4.3.2 Beschrijving van de bodemprofielen en grondwaterstanden 29
4.3.3 Verloop van het EGV 31
4.3.4 Toekomstperspectief zoet-zout overgangen in een zoet scenario 33

4.4 Aanbevolen maatregelen en geraamde kosten 37

4.5 Te verwachten biologische toestand 38
4.5.1 Fytoplankton 38
4.5.2 Aquatische vegetatie 38
4.5.3 Terrestrische (oever)vegetatie 38
4.5.4 Bodemfauna 39
4.5.5 Vissen 39
4.5.6 Vogelstand 40
4.6 Confrontatie met Natura 2000 en KRW-doelen 48

5 ZOUT MARKIEZAATSMEER DOOR INLAAT VAN ZOUT WATER UIT HET SCHELDE-RIJNKANAAL VIA EEN GEMAAL 50

5.1 Hydrologisch functioneren 50
5.2 Nutriëntenhuishouding en lichtklimaat 51
5.3 Zoet-zout overgangen 51
5.4 Aanbevolen maatregelen en geraamde kosten 51
5.5 Te verwachten biologische toestand 51
5.5.1 Fytoplankton 52
5.5.2 Macroalgen 52
5.5.3 Aquatische vegetatie 52
5.5.4 Terrestrische (oever)vegetatie 52
5.5.5 Bodemfauna 53
5.5.6 Vissen 53
5.5.7 Vogels 53
5.6 Confrontatie met Natura 2000 en KRW-doelen 54

6 ZOUT MARKIEZAATSMEER DOOR INLAAT VAN ZOUT WATER UIT HET SCHELDE-RIJNKANAAL VIA EEN OPENING IN DE MARKIEZAATSKADE 56

6.1 Hydrologisch functioneren 56
6.2 Nutriëntenhuishouding en lichtklimaat 56
6.3 Zoet-zout overgangen 58
6.4 Aanbevolen maatregelen en geraamde kosten 58
6.5 Te verwachten biologische toestand 58
6.5.1 Fytoplankton 59
6.5.2 Macroalgen 59
6.5.3 Aquatische vegetatie 59
6.5.4 Terrestrische (oever)vegetatie 59
6.5.5 Bodemfauna 60
6.5.6 Vissen 60
6.5.7 Vogels 60
6.6 Confrontatie met Natura 2000 en KRW-doelen 62

7 BRAK MARKIEZAATSMEER DOOR INLAAT VAN ZOUT WATER UIT DE OOSTERSCHELDE VIA ONDERLEIDERS 64

7.1 Hydrologisch functioneren 64

7.2 Nutriëntenhuishouding en lichtklimaat 66

7.3 Zoet-zout overgangen 66

7.4 Aanbevolen maatregelen en geraamde kosten 67

7.5 Te verwachten biologische toestand 67

7.5.1 Fytoplankton 67
7.5.2 Macroalgen 67
7.5.3 Aquatische vegetatie 68
7.5.4 Terrestrische (oever)vegetatie 68
7.5.5 Bodemfauna 69
7.5.6 Vissen 69
7.5.7 Vogels 70

7.6 Confrontatie met Natura 2000 en KRW-doelen 70

8 BRAK MARKIEZAATSMEER DOOR INLAAT VAN ZOUT WATER UIT DE BINNENSCHELDE VIA ONDERLEIDERS 72

8.1 Hydrologisch functioneren 72

8.2 Nutriëntenhuishouding en lichtklimaat 74

8.3 Zoet-zout overgangen 75

8.4 Aanbevolen maatregelen en geraamde kosten 75

8.5 Te verwachten biologische toestand 76

8.5.1 Fytoplankton 76
8.5.2 Macroalgen 76
8.5.3 Aquatische vegetatie 76
8.5.4 Terrestrische (oever)vegetatie 76
8.5.5 Bodemfauna 78
8.5.6 Vissen 78
8.5.7 Vogels 78

8.6 Confrontatie met Natura 2000 en KRW-doelen 79

9 BELEIDSSAMENVATTING 81

10 LITERATUURLIJST 82

Laatste pagina 83

Bijlage(n)

		Aantal pagina's
I	Scatterplots en trends van de watervogelaantallen in het Markiezaat	58
Ii	Legenda vegetatiekartering	1
III	Uitkomsten multiple regressie vogelgegevens Markiezaat	1
IV	Ramingen voor het inrichten en gebruiken van onderleiders in het markiezaatsmeer	2

1

INLEIDING

1.1 Aanleiding

In 1983 is aan de voet van de Brabantse Wal in de omgeving van Bergen op Zoom een verzoetend watersysteem ontstaan als gevolg van afdamming van de Oosterschelde, namelijk het Markiezaatsmeer. Het Markiezaatsmeer heeft zich ontwikkeld tot een waardevol en vogelrijk wetland dat als vogelrichtlijngebied onderdeel is van het Natura 2000-netwerk. Het meer is tevens een KRW-waterlichaam. In het Natura 2000-beheerplan (Provincie Noord-Brabant 2014) zijn de instandhoudingsdoelen voor de vogelsoorten in het gebied beschreven, waarbij geen eenduidige keuze is gemaakt voor zoete of zoute doelen. Daarnaast zijn in het Uitvoeringsprogramma Biodiversiteit en Leefgebieden (Royal HaskoningDHV 2012) provinciale biodiversiteitsdoelen voor het Markiezaat benoemd. De provinciale biodiversiteitsdoelen hebben betrekking op het behoud en herstel van zilte vegetaties met kenmerkende flora van zoute tot brakke condities, alsook het behoud en herstel van kust- en pionierbroedvogels. Het Markiezaat vormt samen met het Zoommeer (Prinsesseplaat) de belangrijkste locatie in Noord-Brabant voor deze doelen.

In 2015-2016 is het onderzoek 'Watersysteemanalyse Markiezaat en Binnenschelde' door Witteveen+Bos (2016a) uitgevoerd. Aanleiding voor de watersysteemanalyse was de verslechterende waterkwaliteit in beide verzoetende meren (die beide tot circa 1983 onderdeel uitmaakten van de zoute Oosterschelde), waardoor waterkwaliteits- en natuurdoelen niet worden gerealiseerd (Waterschap Brabantse Delta 2014; Provincie Noord-Brabant 2014). Doel van de watersysteemanalyse was om inzicht te krijgen in kansrijke, structurele maatregelen (korte en lange termijn) om de integrale watersysteemdoelen duurzaam te kunnen realiseren, en daarbij zowel naar een zoete als zoute mogelijke eindsituatie te kijken. Uit de rapportage blijkt dat voor het Markiezaatsmeer geldt dat zowel een zoete als zoute toekomstige eindsituatie denkbaar is, maar dat waterkwaliteitsdoelen in beide gevallen niet (geheel) worden gerealiseerd (Witteveen+Bos 2016a).

In de watersysteemanalyse (Witteveen+Bos 2016a) zijn een aantal onderdelen onderbelicht gebleven, waardoor het voor de provincie Noord-Brabant en de gebiedspartners nog niet goed mogelijk was om conclusies te trekken over wat de beste eindsituatie is en wat de beste maatregelen zijn voor het Markiezaat. In dit rapport zijn deze onderbelichte onderdelen geïncorporeerd in het eerder opgestelde rapportage. Het gaat met name om de volgende twee onderdelen:

- de interessante zoet-zout overgangen in de terrestrische vegetatie van het Markiezaat, die mogelijk een goede basis vormen voor het bereiken van de provinciale biodiversiteitdoelstellingen en de vastgestelde Natura 2000-doelen;
- de mogelijkheid dat toevoer van zout water vanuit de Oosterschelde of een zoute Binnenschelde (via onderleiders) verdere ontzilting van het Markiezaatsmeer kan stoppen en daarmee kan bijdragen aan behoud van de huidige zoet-zout overgangen in het systeem en de instandhouding of het herstel van zoutminnende vegetaties en gewenste kust- en pionierbroedvogels.

1.2 Doel

Het doel van dit aanvullende onderzoek is om de reeds beschikbare informatie (uit Witteveen+Bos 2016a) zodanig aan te vullen dat helder wordt welke eindsituatie realistisch en het meest optimaal is voor het Markiezaat. Dit aanvullende onderzoek spitst zich toe op twee onderdelen:

- **onderzoeken aanvullende waterkwaliteitsscenario's voor het Markiezaatsmeer**. Het doel van dit onderdeel is om inzicht te verkrijgen in het ecologische effect van twee scenario's, waarmee zout water uit de Oosterschelde in het Markiezaatsmeer terecht kan komen om daarmee de zoet-zout overgang in de terrestrische delen van het Markiezaatsmeer te behouden of zelfs te versterken. Het behouden en versterken van de brakke terrestrische vegetatie in het Markiezaatgebied kan in potentie alleen bewerkstelligd worden door het hele meer brakker te maken (door de snelle menging in het meer kan dit niet lokaal worden bewerkstelligd) en vervolgens de oevers te laten overstromen met dit brakke water via verhoogde waterstanden in het meer. Hiermee wordt feitelijk de situatie van voor de verzoeting nagebootst, alhoewel het niet om dagelijkse getijdenbewegingen gaat en de chloride (Cl)-concentraties van het brakke meer ook een stuk lager liggen dan in het verleden. Om de overstromingen mogelijk te maken worden de volgende twee scenario's onderzocht:
  - de aanleg van onderleiders tussen de Oosterschelde en het Markiezaatsmeer;
  - de aanleg van een korte onderleider tussen een zoute Binnenschelde en het Markiezaatsmeer. In dit scenario wordt de Binnenschelde gevoed met zout water uit de Oosterschelde via een aparte onderleider: voor de invulling van dit scenario gaan we uit van de onderleider optie voor de Binnenschelde uit Witteveen+Bos (2016a);
- **natuurwaarden van het Markiezaat**. Het doel van dit onderdeel is om de potentiële natuurwaarden van het Markiezaatgebied bij verschillende scenario's (zoet, brak en zout) in kaart te brengen. Het gaat daarbij zowel om de ontwikkeling van de bedreigde soorten uit het uitvoeringsprogramma als om de aangewezen Natura 2000-doelen.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt gestart met een algemene systeembeschrijving van het Markiezaatsmeer. Daarnaast is er in dit hoofdstuk aandacht voor de huidige stand van zaken wat betreft de beleidsdoelen van het Markiezaatsmeer (Natura 2000 en KRW). In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de gebruikte methodiek. Vervolgens wordt in hoofdstukken 4 tot en met 8 ingegaan op de uitgevoerde systeemanalyse voor het Markiezaatsmeer. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een zoet tot licht brak Markiezaatsmeer (de huidige situatie; hoofdstuk 4), een zout Markiezaatsmeer door inlaat van zout water uit het Schelde-Rijnkanaal via een gemaal (hoofdstuk 5), een zout Markiezaatsmeer door inlaat van zout water uit het Schelde-Rijnkanaal via een gat in de Markiezaatskade (hoofdstuk 6), een brak Markiezaatsmeer via een onderleider vanuit de Oosterschelde (hoofdstuk 7) en een brak Markiezaatsmeer via een onderleider vanuit een zoute Binnenschelde (hoofdstuk 8). Naast de systeemanalyse van het aquatische deel van het Markiezaatsmeer wordt er in deze hoofdstukken ook ingegaan op de effecten van de scenario's op de oevers, terrestrische vegetaties en de vogelstand. Tevens wordt er aandacht besteed aan het ontwikkelingsperspectief en de maatregelen die toegepast zouden kunnen worden. Bij hoofdstukken 4, 5 en 6 wordt veelal gebruik gemaakt van beschrijvingen die in aangepaste vorm zijn overgenomen uit Witteveen+Bos (2016a). In hoofdstuk 9 volgt ten slotte een beleidssamenvatting, waarin de ontwikkelingsperspectieven en de maatregelen zijn toegelicht, geformuleerd en op geraamd.

2

SYSTEEMOMSCHRIJVING, GEBRUIKSFUNCTIES EN BELEIDSDOELEN

2.1 Algemene systeemeigenschappen

Het Markiezaatsmeer beslaat een gebied van circa 1.800 ha, waarvan circa 1.100 ha open water is. Op basis van geologische kaarten van het Holoceen (Bazelmans et al. 2012) is afgeleid dat het gebied 10.000 jaar zoet is geweest. Alleen in de afgelopen 1.000 jaar is het gebied brak tot (laatste 400 jaar) zout geweest. Verzilting trad vooral op na de Sint Felixvloed in 1530. Het meer is ontstaan door de aanleg van de Markiezaatskade rond 1983, waardoor het gebied is afgesloten van de zoute Oosterschelde. Hierdoor is de getijwerking weggevallen, is de aan- en afvoerdynamiek van sediment veranderd en is het meer gaan verzoeten.

Het Markiezaatsmeer ligt aan de voet van de Brabantse Wal, waar het dekzandgebied overgaat in het zeekleigebied. Naast open water bestaat het gebied uit slikken en schorren, met daartussen een overgangsgebied. De waterbodem en de slikken bestaan grotendeels uit fijn zand. De oevers zijn erg vlak, waardoor een groot deel van het meer ondiep is (minder dan 1 m waterdiepte). Hierdoor varieert het wateroppervlak van het meer sterk in afhankelijkheid van het waterpeil. Het meer bevat overigens ook behoorlijk veel diepere gebieden van circa 4 m diep, waardoor de gemiddelde diepte gelijk is aan 2,1 m.

2.2 Gebruiksfuncties en beleidsdoelen

Het Markiezaatsmeer is een natuurgebied dat een belangrijk habitat vormt voor beschermde vogelsoorten. Voor de ontwikkelingen van dit gebied zijn de Natura 2000 en Kaderrichtlijn Water (KRW) leidend.

2.2.1 KRW-doelen

In 2014 is er voor het Markiezaatsmeer een KRW-factsheet opgesteld, waarin staat aangegeven aan welke biologische en fysisch-chemische toestand het waterlichaam in de toekomst dient te voldoen (Waterschap Brabantse Delta 2014). Er is uitgegaan van het doelwatertype M30, oftewel een zwak brak water (STOWA 2012). Het GEP (Goed Ecologisch Potentieel), dat gezien kan worden als het uiteindelijke KRW-doel, staat weergegeven in Tabel 2.1. Het GEP voor de vissenmaatlatten is verlaagd ten opzichte van de standaard van 0,6 vanwege het sterk veranderde hydromorfologische karakter van het meer. Het meer ligt immers vrijwel geïsoleerd waardoor vismigratie onmogelijk is.

Uit een vergelijking van de fysisch-chemische toestand in 2014 ten opzichte van de vastgestelde GEP's blijkt dat de watertemperatuur, zuurstofverzadiging en Cl-concentraties binnen de vastgestelde normen vallen. De concentraties aan totaal stikstof (N) en fosfor (P) en de pH zijn volgens de KRW-normering matig van kwaliteit, en het doorzicht is slecht. Deze condities leiden tot een toestand, waarin de verschillende biologische groepen matig tot ontoereikend scoren, zelfs nadat gecorrigeerd is voor de sterk veranderde hydromorfologie van het meer. De goede kwaliteit voor overige waterflora (vaatplanten) is vermoedelijk veroorzaakt door een gewijzigde methodiek waarmee deze maatlat sinds 2012 wordt opgenomen voor met name oevervegetaties (STOWA 2012), aangezien deze maatlat in 2009 nog als 'slecht' gewaardeerd werd voor het Markiezaatsmeer (Waterschap Brabantse Delta 2014). Deze goede KRW-waardering komt in ieder geval niet overeen met de zeer troebele toestand die momenteel in het meer wordt waargenomen.

Tabel 2.1 Het GEP voor de biologische en fysisch-chemische toestand van het Markiezaatsmeer (Waterschap Brabantse Delta 2014). GEP's zijn gebaseerd op maatlatten voor zwak brakke wateren (M30; STOWA 2012). Met kleuren is de toestand in 2014 aangegeven ten opzichte van het vastgestelde GEP voor de sterk veranderende meren: rood = slecht, oranje = ontoereikend, geel = matig, groen = goed

Maatlat M30	GEP Markiezaatsmeer (2014)
Biologie	
Fytoplankton (EKR)	≥0,6
Overige waterflora (EKR)	≥0,6
Macrofauna (EKR)	≥0,6
Vissen (EKR)	≥0,4*
Algemene fysische parameters	
Temperatuur (maximum waarde; °C)	≤25,0
Zuurstofverzadiging (zomergemiddelde; %)	60 - 120
Cl (zomergemiddelde; mg/l)	300 - 3.000
Totaal P (zomergemiddelde; mg/l)	≤0,11
Totaal N (zomergemiddelde; mg/l)	≤1,80
Zuurgraad (zomergemiddelde)	6,0 - 9,0
Doorzicht (zomergemiddelde; m)	≥0,9

* de GEP is verlaagd vanwege de sterk veranderde hydromorfologie van het Markiezaatsmeer

2.2.2 Natura 2000-doelen

Het gehele Markiezaat is aangeduid als Natura 2000-gebied en rustgebied voor vogels, waarbij vooralsnog alleen de Vogelrichtlijn van belang is en niet de Habitatrichtlijn. In het beheerplan zijn voor 22 vogelsoorten instandhoudingsdoelstellingen opgesteld (Provincie Noord-Brabant 2014). Het betreft zowel vogels die kenmerkend zijn voor zoete als zoute wateren, waarbij onderscheid is gemaakt tussen broedende en niet-broedende vogels (Tabel 2.2). De combinatie van zoet- en zoutwater vogels is moeilijk te realiseren. Het is echter niet alleen de combinatie van zoete en zoute soorten die tot problemen leidt, want uit Tabel 2.2 blijkt tevens dat onder de huidige condities zowel een aantal zoete soorten als alle kenmerkende zoute soorten niet aan de instandhoudingsdoelstellingen voldoen. Het afgelopen decennium worden met name de doelen voor steltlopers (zoals de kluut en de bontbekplevier) en zichtjagers (bijvoorbeeld de fuut) niet meer gehaald, terwijl verschillende zoetwater vogels (zoals de lepelaar, kleine zwaan en een aantal ganssoorten) het erg goed doen. Toekomstige ontwikkelingen in het Markiezaatsmeer zullen bepalen voor welk type vogels het gebied het meest geschikt zal worden.

2.2.3 KRW versus Natura 2000

Zowel de KRW als Natura 2000 hebben tot doel een goed functionerend watersysteem, waarbij de focus van de KRW ligt bij de waterkwaliteit en de focus van Natura 2000 bij het behalen van biologische uitbreidings- en instandhoudingsdoelstellingen. In veel gevallen zijn de KRW en Natura 2000 complementair en versterkend aan elkaar, maar in sommige gevallen is de ene richtlijn strenger dan de andere richtlijn of gaan de richtlijnen zelfs tegen elkaar in. In het geval dat de richtlijnen niet even streng zijn, dient in principe uitgegaan te worden van de strengste richtlijn waardoor de normen/doelstellingen van beide richtlijnen behaald worden (EU 2011). In het geval de richtlijnen tegenstrijdigheden bevatten, wat vooral kan optreden in artificieel veranderende watersystemen, zoals verzoetende voormalige estuaria, prevaleren de ecosysteemdoelen boven de doelen van een individuele soort (EU 2011). Voor het Markiezaatsmeer, waar dergelijke tegenstrijdige doelen aanwezig zijn, geldt dus dat in deze gevallen de Natura 2000-doelstellingen prevaleren boven de KRW-doelen.

Tabel 2.2 Instandhoudingsdoelstellingen voor broedende en niet-broedende vogels in het Markiezaatsmeer (provincie Noord-Brabant 2014). Voor niet-broedende vogels wordt gebruik gemaakt van maandgemiddelden of -maxima, waarbij alle maanden meetellen. Kleuren geven aan of de doelen de afgelopen 5 - 10 jaar gehaald zijn in het Markiezaatsmeer: rood = geen van de jaren bereikt, geel = sommige jaren bereikt maar andere jaren niet bereikt, groen = alle jaren bereikt (bron: www.sovon.nl)

Niet broedende vogels			broedende vogels	
Vogel	**Functie**	**Aantal vogels per seizoen**	**Vogel**	**Minimaal aantal paren**
Lepelaar	Foerageren	50 (gemiddelde)	Lepelaar	30
Kleine zwaan	Foerageren	30 (gemiddelde)	Dodaars	30
Grauwe gans	Foerageren & slapen	510 (gemiddelde)		
Brandgans	Foerageren & slapen	130 (gemiddelde)		
Meerkoet	Foerageren	920 (gemiddelde)		
Krakeend	Foerageren	280 (gemiddelde)		
Wintertaling	Foerageren	700 (gemiddelde)		
Slobeend	Foerageren	150 (gemiddelde)		
Pijlstaart	Slapen	480 (maximum)		
Aalscholver	Slapen	680 (maximum)		
Smient	Foerageren	1.600 (gemiddelde)		
Geoorde fuut	Foerageren	50 (gemiddelde)		
Fuut	Foerageren	200 (gemiddelde)		
Bergeend	Foerageren	250 (gemiddelde)		
Kluut	Foerageren	140 (gemiddelde)	Kluut	2.000 (Delta-niveau)
Bontbekplevier	Slapen	360 (maximum)	Bontbekplevier	105 (Delta-niveau)
Zilverplevier	Slapen	1.300 (maximum)	Strandplevier	220 (Delta-niveau)
Kanoet	Slapen	1.600 (maximum)		
Bonte strandloper	Slapen	6.400 (maximum)		
Zwarte ruiter	Slapen	210 (maximum)		

3

METHODIEK

3.1 Beschrijving zoete, brakke en zoute scenario's

Voor het Markiezaatsmeer zijn zoete, brakke en zoute scenario's geanalyseerd. De zoete en zoute scenario's waren reeds in het hoofdrapport opgenomen (Witteveen+Bos 2016a). Hieronder staat een korte beschrijving van deze scenario's (paragraaf 3.1.1). De scenario's waarin wordt uitgegaan van verbrakking door aanvoer van zout water uit de Oosterschelde via onderleiders zijn niet opgenomen in het hoofrapport uit 2016. Deze nieuwe scenario's staan toegelicht in paragraaf 3.1.2.

3.1.1 Reeds geanalyseerde scenario's: zoet en zout

Voor de **zoete situaties** van het Markiezaatsmeer is in de systeemanalyse in eerste instantie uitgegaan van een voortzetting van de huidige condities en het huidige systeemfunctioneren, waarbij zowel de ecologische toestand als de voorwaarden zijn beschreven (Witteveen+Bos 2016a). Vervolgens is bepaald of de ecologische toestand verbeterd kan worden door maatregelen uit te voeren die aangrijpen op de belangrijkste voorwaarden van het zoete watersysteem. In het voorliggende rapport wordt in hoofdstuk 4 alleen ingegaan op maatregelen die in de systeemanalyse uit 2016 geadviseerd worden om uit te voeren, namelijk lokaal de rietmoerasontwikkeling stimuleren via droogval en/of uitrastering (Witteveen+Bos 2016a).

Er zijn twee zoute scenario's onderzocht. Deze zoute scenario's zijn niet alleen relevant omdat het Markiezaatsmeer tot circa 35 jaar geleden nog een zout systeem was, maar ook omdat het Volkerak-Zoommeer mogelijk rond 2025 verzout gaat worden waarmee het Markiezaatsmeer ook weer zout kan worden. Het is bekend dat toxineproducerende blauwalgen slecht bestand zijn tegen zout water. Hoewel enkele soorten (zoals *Anabaena*) nog wel bestand zijn tegen enigszins brak water, zullen er zeker geen bloeien meer optreden als de Cl-concentraties hoger is dan 10.000 mg/l (Peperzak 2003; Verspagen et al. 2005). De volgende twee scenario's zijn beschouwd, waarbij in het voorliggende rapport alleen de resultaten van de voorkeursvarianten worden behandeld:

- **inlaatwater uit een zout Schelde-Rijnkanaal via een gemaal**. In dit scenario wordt er via een gemaal zout water ingelaten vanuit het Schelde-Rijnkanaal. Hiervoor is een nieuw gemaal op de Markiezaatskade vereist. In dit scenario is uitgegaan van een vast debiet dat elke dag wordt ingelaten. In de systeemanalyse zijn drie varianten doorgerekend; de voorkeursvariant betreft een inlaatdebiet van 50.000 m^3/dag. Dit is het hoogste inlaatdebiet dat is doorgerekend;
- **inlaatwater uit een zout Schelde-Rijnkanaal via een opening in de Markiezaatskade**. In dit scenario komt er zout water binnen vanuit het Schelde-Rijnkanaal via een opening in de Markiezaatskade. Het watertransport wordt veroorzaakt door de dagelijkse getijbeweging van circa 30 cm in het toekomstige Schelde-Rijnkanaal, waardoor een drukverschil ontstaat tussen het Markiezaatsmeer en het Schelde-Rijnkanaal. De uiteindelijke uitwisseling is afhankelijk van het peilverschil tussen beide wateren (dit is immers de drijvende kracht achter het watertransport) en de grootte van de opening. Aangezien het peil in het Volkerak-Zoommeer en het Schelde-Rijnkanaal incidenteel 2,3 m kan stijgen als er zoet water uit de Rijn moet worden opgeslagen, dienen er keersluizen in de dijkopening van de Markiezaatskade te worden geplaatst. In de systeemanalyse zijn vijf varianten doorgerekend; de voorkeursvariant betreft een opening van 200 m^2. Dit is de grootste opening die is doorgerekend, waarbij wel onderzocht is dat een grotere opening geen aanvullende voordelen heeft.

Voor beide scenario's wordt in het voorliggende rapport in hoofdstukken 5 en 6 alleen ingegaan op maatregelen die in de systeemanalyse geadviseerd worden om uit te voeren (Witteveen+Bos 2016a).

3.1.2 Nieuwe scenario's: brak

Er worden twee brakke scenario's onderzocht. Het doel van beide scenario's is om inzicht te krijgen in het ecologische effect van inbrengen van zout water uit de Oosterschelde in het Markiezaatsmeer via onderleiders (al dan niet via de Binnenschelde). Het doel is om op deze wijze de zoet-zout overgangen in de terrestrische delen van het Markiezaatsmeer te behouden of zelfs te versterken. Het behouden en versterken van de brakke terrestrische vegetatie in het Markiezaatgebied kan in potentie alleen bewerkstelligd worden door het hele meer brakker te maken (door de snelle menging in het meer kan dit niet lokaal worden bewerkstelligd) en vervolgens de oevers te laten overstromen met dit brakke water via verhoogde waterstanden in het meer. Er is gekeken of het meer brakker gemaakt zou kunnen worden via aanvoer van zout via vrachtwagens of vrachtboten. Om de Cl-concentratie in het Markiezaatsmeer eenmalig te verhogen van circa 700 naar 4.000 mg/l zijn echter enorme hoeveelheden droog zout nodig: circa 30.000 volgeladen vrachtwagens van 50 ton of circa 1.500 volgeladen vrachtboten van 1.000 ton. Dit is geen realistische optie.

De enige realistische optie is om het Markiezaatsmeer structureel te verbrakken en periodiek het peil fors op te zetten, zodat een substantieel deel van de oeverzone (in ieder geval dat deel waar thans nog brakke soorten voorkomen) in directe aanraking komt met het brakke water:

- **voor de verbrakking** is er in eerste instantie uitgegaan van een gewenste Cl-concentratie in het Markiezaatsmeer van circa 3.000 - 4.000 mg/l. Deze concentratie is hoog genoeg om voldoende zouten aan te voeren voor de brakke terrestrische vegetatie, maar niet zo hoog dat het Markiezaatsmeer weer een zout watersysteem wordt. In de huidige situatie ligt de Cl-concentratie in het Markiezaatsmeer rond de 700 mg/l. Na de afsluiting in de jaren '80 van de vorige eeuw is de Cl-concentratie in het meer afgenomen van ca. 13.000 mg/l in 1983 naar ca. 4.000 mg/l begin jaren '90 van de vorige eeuw naar circa 2.000 mg/l rond de eeuwwisseling (Witteveen+Bos 2016b). Door de nu te realiseren verbrakking zou de Cl-concentratie dus weer uitkomen rond de waarden die in de jaren '90 van de vorige eeuw voorkwamen in het Markiezaatsmeer;
- **voor de peilopzet** is uitgegaan van een opzet van circa 1,0 meter bovenop het huidige winterpeil, wat vaak NAP +0,50 à +0,55 m bedraagt. Wanneer het peil wordt opgezet tot een waterstand van NAP +1,55 m komt het grootste deel van de oever dat nu nog een brak karakter heeft onder water te staan (Afbeelding 3.1). Zoals in Afbeelding 3.1 is te zien, komt het eiland "De Spuitkop" onder water te staan. Aangezien De Spuitkop een belangrijke broedplaats voor beschermde lepelaars is, moet deze peilopzet (inclusief het aflaten tot het originele niveau) gebeuren in de periode september tot en met februari[1].

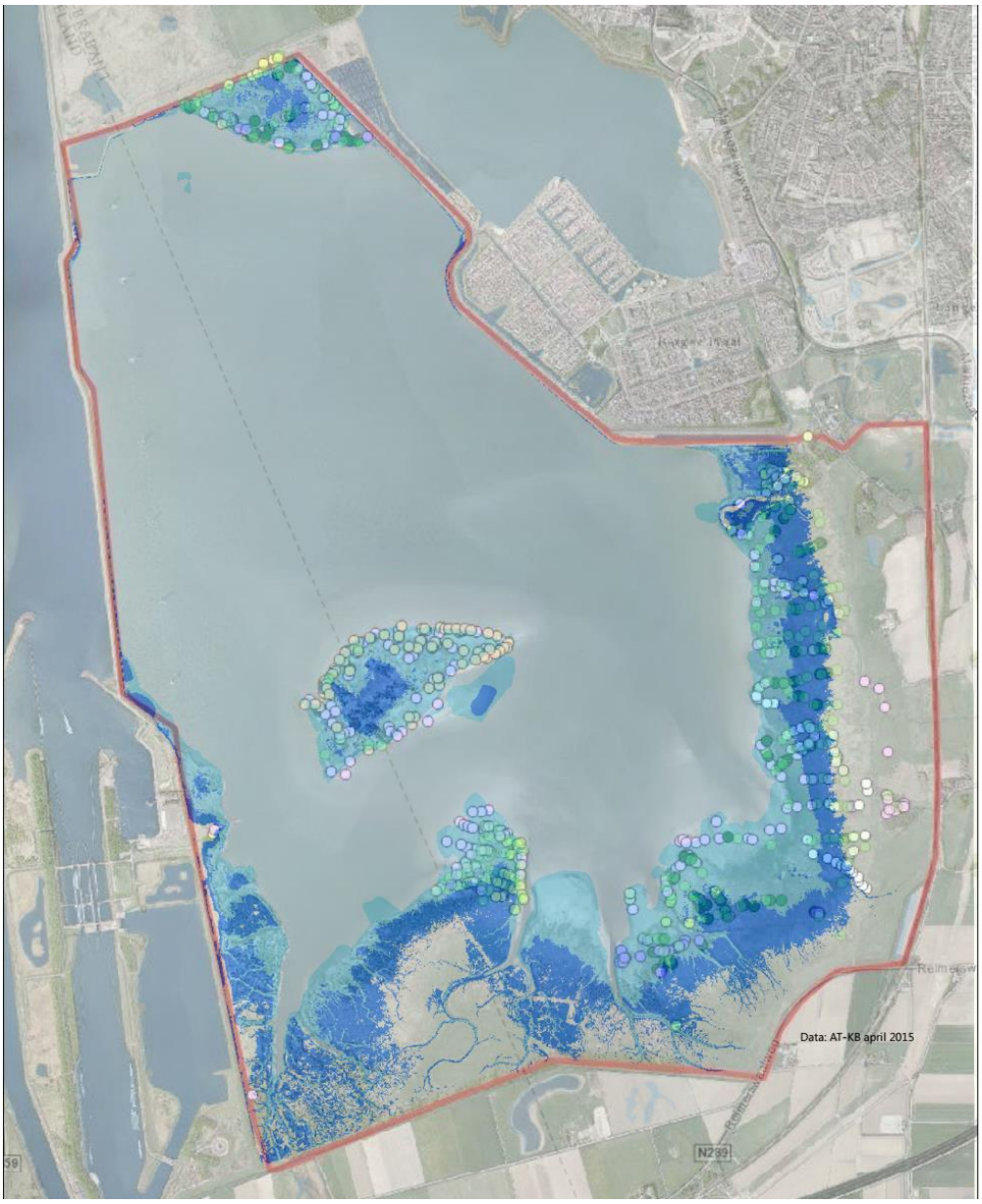
De twee scenario's die worden onderzocht verschillen alleen in de manier waarop het water uit de Oosterschelde wordt aangevoerd naar het Markiezaatsmeer:

1. **Inlaat (en uitlaat) via onderleiders direct vanuit de Oosterschelde**: in dit scenario is er van uitgegaan dat het Markiezaatsmeer verbrakt wordt door met behulp van onderleiders direct water in te laten uit de Oosterschelde. De Oosterschelde kent een grote dagelijkse peilfluctuatie waardoor het peil een deel van de dag hoger staat dan het peil in het Markiezaatsmeer. Op die momenten kan onder vrij verval water worden ingelaten via onderleiders onder het Schelde-Rijnkanaal door. Wanneer het peil in de Oosterschelde lager staat dan het peil in het Markiezaatsmeer, kan alleen met behulp van pompen water worden ingelaten. In dit scenario is er van uitgegaan dat het wateroverschot uit het Markiezaatsmeer na de peilopzet weer via onderleiders wordt afgelaten op de Oosterschelde.
2. **Inlaat via onderleiders vanuit een zoute Binnenschelde (en uitlaat naar het Schelde-Rijnkanaal)**: In dit scenario is er van uitgegaan dat het Markiezaatsmeer verbrakt wordt door water in te laten uit de Binnenschelde. Hierbij is aangenomen dat de Binnenschelde in de toekomst verzout wordt door zout water uit de Oosterschelde in te laten (volgens het scenario 'Onderleider Oosterschelde' zoals beschreven is voor de Binnenschelde in Witteveen+Bos 2016a). De Cl-concentratie in de Binnenschelde

[1] Het broedseizoen van lepelaars is van 15 mei tot 15 juni. Om verstoring uit te sluiten mag de broedplaats vanaf maart tot en met augustus niet verstoord worden.

komt in dat scenario rond de 14.000 mg/l te liggen, wat hoog genoeg is voor de verbrakking van het Markiezaatsmeer. Het peil in de Binnenschelde (NAP +1,4 à +1,6 m) ligt hoger dan in het Markiezaatsmeer (tot NAP +0,6 m), waardoor in eerste instantie onder vrij verval water kan worden ingelaten middels onderleiders. Door de toenemende waterstand in het Markiezaatsmeer zal tijdens de peilopzet toch gebruik gemaakt moeten worden van een pomp om tot een peil van NAP +1,55 m te komen in het Markiezaatsmeer. In dit scenario is er van uit gegaan dat het water na de peilopzet wordt afgevoerd naar het Schelde-Rijnkanaal en wel ten zuiden van de sluis. Het aflaten van dit water terug naar de Binnenschelde is namelijk om meerdere redenen onwenselijk: a) de Binnenschelde kent een hoger peil dan het Markiezaatsmeer waardoor dit energetisch niet voordelig is, b) het aflaten vanuit het Markiezaatsmeer naar de Binnenschelde leidt tot verzoeting van de Binnenschelde en heeft mogelijk andere onvoorziene negatieve effecten op de Binnenschelde en c) vervolgens zou het wateroverschot moeten worden afgelaten vanuit de Binnenschelde naar het Zoommeer, wat leidt tot een onwenselijke verzouting aldaar, of zeer kostbaar moeten worden weggepompt naar de Oosterschelde.

Afbeelding 3.1 Luchtfoto van het Markiezaatsmeer met daarin de waarnemingen van brakke vegetatie (ronde stippen). Het lichtblauwe vlak geeft het deel van de oever weer dat onder water komt te staan als het peil met 50 cm wordt opgezet (tot NAP +1,05 m). Het donkerblauwe vlak geeft het deel van de oever aan dat onder water komt te staan als het peil met nog eens 50 cm wordt opgezet (tot NAP +1,55 m)



3.2 Aanpak per deelonderdeel

3.2.1 Hydrologisch functioneren

Zoete scenario

Om inzicht te krijgen in het hydrologisch functioneren van het Markiezaatsmeer is in de reeds uitgevoerde systeemanalyse een waterbalans opgesteld (Witteveen+Bos 2016a). Deze waterbalans bestaat uit twee 'bakjes': een bakje voor het open water en een bakje voor de omliggende, afwaterende percelen. De ingaande waterstromen op het open water zijn neerslag, kwel, uitspoeling vanuit de afwaterende percelen en inlaat (vanuit de Blaffert). De uitgaande waterstromen zijn verdamping, wegzijging, intrek in de omliggende percelen en uitlaat over de stuw.

Beide zoute scenario's

Het hydrologisch functioneren van de beide zoute scenario`s is ook doorgerekend in waterbalansen (Witteveen+Bos 2016a). Hierbij is uitgegaan van de waterbalansen die zijn opgesteld voor de huidige (zoete) situatie zoals hierboven beschreven. Op sommige punten zijn deze balansen aangepast om bruikbaar te zijn voor de verschillende zoute scenario's. De aanpassingen staan omschreven in Deltares (2016).

Brakke scenario's

Met behulp van de eerder opgestelde waterbalansen voor het Markiezaatsmeer en de Binnenschelde (Witteveen+Bos 2016b) zijn voor beide scenario`s de volgende zaken doorgerekend:

- **het inlaatdebiet dat nodig is om de vereiste Cl-concentratie van 3.000 mg/l te behalen:**
  - voor het inlaatwater uit de Oosterschelde is uitgegaan van een vaste Cl-concentratie van 17.500 mg/l (Rijkswaterstaat, meetpunt Wissenkerke);
  - voor het inlaatwater uit de Binnenschelde is er in beginsel van uitgegaan dat de Binnenschelde een Cl-concentratie krijgt van ca. 14.000 mg/l (hiervoor dient er vanuit de Oosterschelde 2.500 m^3/dag water via een onderleider ingelaten te worden naar de Binnenschelde). In de situatie dat vanuit de Binnenschelde water wordt doorgevoerd naar het Markiezaatsmeer volstaat deze aanvoer van 2.500 m^3/dag mogelijk niet langer. In een iteratief proces is doorgerekend welk debiet vanuit de Binnenschelde nodig is om de Cl-concentratie in het Markiezaatsmeer op het gewenste peil te krijgen. Vervolgens is berekend wat dat betekent voor de Cl-concentratie en het waterpeil in de Binnenschelde, waarna bepaald is welke eisen dit stelt aan de benodigde inlaat van de Oosterschelde naar de Binnenschelde. Uit deze berekeningen volgt dat bij een inlaat van 2.500 m^3/dag van de Binnenschelde naar het Markiezaatsmeer de gewenste Cl-concentratie in het Markiezaatsmeer gehaald kan worden. Hiervoor moet 3.500 m^3/dag (in de winter) à 4.500 m^3/dag (in de zomer) ingelaten worden vanuit de Oosterschelde in de Binnenschelde. De Cl-concentratie in de Binnenschelde schommelt in deze situatie tussen de 12.000 en 16.000 mg/l;
- **het inlaatdebiet dat nodig is om een peilopzet van 1 meter te realiseren en ook weer af te laten binnen een tijdsbestek van zes maanden**. De peilopzet is in de balans gesimuleerd in een gemiddelde meteorologische winter met een cumulatief neerslagoverschot tussen 1 september 2007 tot 29 februari 2008 van 200 mm. In deze periode moet het peil met 1,0 meter worden opgezet, maar ook weer afgelaten. Er is een totaal inlaatvolume nodig van grofweg het wateroppervlak (m^2) maal de peilopzet (m), minus het neerslagoverschot gedurende de vulperiode, plus intrek in de oever. Dit gaat orde grootte om een volume van bijna elf miljoen m^3.
  Hierbij is overigens gerekend met een vast wateroppervlak (1.050 ha) en landoppervlak (801 ha). In werkelijkheid zal het wateroppervlak geleidelijk aan steeds groter worden door de peilopzet, tot een oppervlakte van circa 1500 ha bij een peil van NAP +1.55 m. Wat dit precies betekent voor de uitwisseling tussen het oppervlaktewater- en het grondwaterpeil en voor de kwel- en wegzijgingsfluxen in het gebied is niet geheel duidelijk. In de meest ongunstige situatie is aanvullend op het berekende volume dat nodig is voor de peilopzet (van bijna elf miljoen m^3) 20% extra inlaat nodig. Het wateroppervlak neemt immers met 450 ha toe en over dit gehele oppervlak neemt het peil met gemiddeld 50 cm toe. In de berekeningen moet geanticipeerd worden op deze onzekerheidsmarge: de benodigde leidingen en pompen moeten dus ruim voldoende capaciteit hebben (minimaal +20%);
- **de afvoer na peilopzet**: bij het scenario dat het water direct uit de Oosterschelde komt, is berekend hoe het overschotvolume na een aantal maanden weer kan worden afgevoerd naar de Oosterschelde via

dezelfde onderleiders die ook nodig zijn voor de inlaat. In het Binnenschelde-scenario is aangenomen dat het water via een kunstwerk wordt afgevoerd naar het Schelde-Rijnkanaal. Het huidige uitlaatwerk heeft zeer waarschijnlijk onvoldoende capaciteit, maar in de voorliggende studie is geen ontwerp gemaakt van een vernieuwd uitlaatwerk. Belangrijk aandachtspunt in een toekomstig ontwerp is de uitstroomrichting en -snelheid in het Schelde-Rijnkanaal. In een eventuele nadere uitwerking van deze maatregel 'verbrakking Markiezaatsmeer' dient dus de optimale uitlaatconstructie bepaald te worden.

3.2.2 Nutriëntenhuishouding en lichtklimaat

Zoete scenario

Ondiepe meren kunnen verschillende verschijningstoestanden hebben: van helder en plantenrijk aan de ene kant tot troebel en algenrijk aan de andere kant. De externe nutriëntenbelasting is een sterk bepalende factor voor de toestand: bij een hoge externe belasting (die hoger is dan de kritische belasting) kan een helder meer omslaan naar een troebele toestand. De confrontatie tussen de externe belasting en de kritische belasting geeft dan ook inzicht in de nutriëntenhuishouding in het water.

Op basis van de waterbalans heeft Witteveen+Bos (2016a) de externe nutriëntenbelasting bepaald voor P en N. Dit is gedaan door aan alle ingaande waterstromen een stofconcentratie te koppelen. De uitgangspunten voor deze concentraties zijn opgesomd in paragraaf 2.2.1 van Witteveen+Bos (2016b). De kritische belastingen van het meer is vervolgens berekend met het ecologische model PCLake. PCLake simuleert de belangrijkste ecologische processen die spelen in ondiepe meren (Janse 2005) op basis van de input die de gebruiker opgeeft zoals het ingaande debiet, de externe belastingen, de waterdiepte en de strijklengte. De gehanteerde input staat beschreven in paragraaf 2.2.3 van Witteveen+Bos (2016b). De kritische grenzen zijn berekend in een iteratief proces waarbij PCLake verschillende keren wordt gerund. Aan het einde van iedere run wordt de eindtoestand beoordeeld: helder (veel waterplanten, weinig algen) of troebel (weinig waterplanten, veel algen). Bij de volgende run wordt de belasting iets verhoogd (bij een heldere eindtoestand) of verlaagd (bij een troebele eindtoestand). Op deze manier wordt toegewerkt naar de kritische belasting: de drempel tussen een heldere en troebele toestand.

Wanneer de nutriëntenhuishouding in het water op orde is en er geen grootschalige algenbloeien optreden, dan kan het lichtklimaat in bredere zin nog wel beperkend zijn voor de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten door hoge concentraties aan zwevend stof en/of organische zuren. Er dient immers voldoende licht op de waterbodem te komen voor kieming van ondergedoken waterplanten. De lichtbeschikbaarheid en de concentraties aan zwevend stof en organische zuren worden dan ook meegenomen in de analyses.

Als de lichtbeschikbaarheid op orde is, dan is er ruimte voor de groei en ontwikkeling van ondergedoken waterplanten. Welke onderwatervegetatie zich zal ontwikkelen, is dan onder andere afhankelijk van de samenstelling van de waterbodem. Bij een hoge nutriëntbeschikbaarheid in de bodem kunnen snelgroeiende waterplanten als waterpest, grof hoornblad en aarvederkruid gaan domineren, terwijl langzamer groeiende soorten (zoals kranswieren) dan geen kans hebben (o.a. Lamers et al. 2012). Om inzicht te krijgen in de nutriënthuishouding in de onderwaterbodems zijn op 22 locaties bodemvochtmonsters (toplaag) en bodemmonsters van de toplaag genomen. Tevens zijn er kolomexperimenten uitgevoerd met bodemmateriaal uit het Markiezaatsmeer om inzicht te krijgen in de P-nalevering vanuit de waterbodems naar het oppervlaktewater. Voor een omschrijving van de monstername, de chemische analyses en de kolomexperimenten wordt verwezen naar het rapport van onderzoekcentrum B-WARE (2015).

Zoute scenario's

Op basis van de aangepaste waterbalansen voor de beide zoute scenario's heeft Deltares (2016) de externe nutriëntenbelasting bepaald voor P en N. Dit is gedaan door aan alle ingaande waterstromen een stofconcentratie te koppelen. De uitgangspunten voor de concentraties staan opgesomd in Deltares (2016).

Voor de zoute scenario's heeft Deltares (2016) verder gebruik gemaakt van DELWAQ. In essentie bestaat dit model uit twee onderdelen: (a) de rekenkern die het transport van stoffen berekend en (b) de processenbibliotheek waarin alle fysische, chemische en biologische processen zijn opgenomen. In iedere

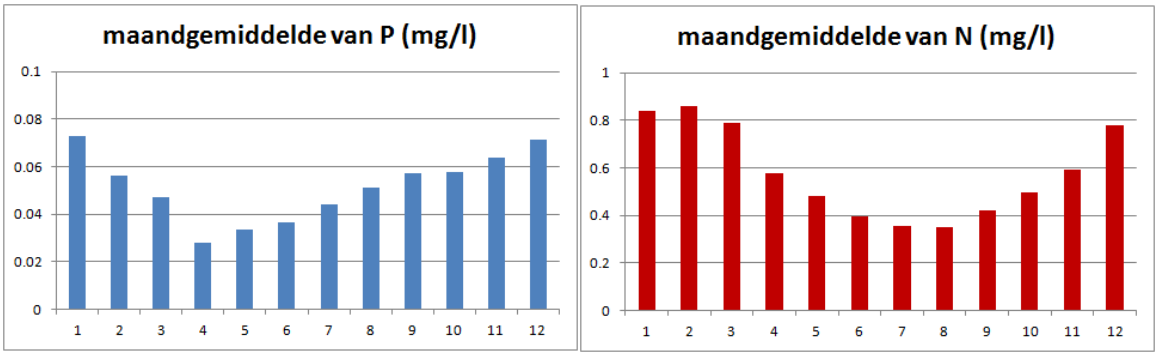
modelstudie wordt een selectie van relevante processen gekozen die voor die specifieke studie voldoen aan de vraagstelling. Voor de zoute scenario's voor het Markiezaatsmeer is gebruik gemaakt van de standaard set die voor de Noordzee-modellering is ontwikkeld, aangevuld met gedetailleerde processen in de bodem die in de Westerschelde en de Eems-Dollard zijn toegepast (Deltares 2013, 2015).

In tegenstelling tot PCLake zijn in de DELWAQ-modelleringen geen hogere trofische niveaus meegenomen. Hoewel het mogelijk is om schelpdieren, zoals mosselen, kokkels en Amerikaanse zwaardschede in DELWAQ mee te nemen, heeft Deltares (2016) ervoor gekozen om in de basisopzet geen schelpdieren mee te nemen, omdat het voor de zoute scenario's op voorhand onbekend is of er schelpdieren vestigen, in welke hoeveelheden ze gaan voorkomen en op welke locaties ze dan gaan voorkomen.

Brakke scenario's

Op basis van de aangepaste waterbalansen voor de beide brakke scenario's is de externe nutriëntenbelasting bepaald voor P en N. Dit is gedaan door aan de ingaande waterstroom uit de Oosterschelde of de Binnenschelde een stofconcentratie te koppelen. De P- en N-concentraties van het inlaatwater uit de Oosterschelde zijn gebaseerd op de maandgemiddelde meetwaarde op meetpunt Wissenkerke gedurende de periode 2005 tot en met 2014 (Afbeelding 3.2). Voor het Binnenschelde-scenario zijn de P- en N-concentraties in het inlaatwater echter onbekend. In de achterliggende tien jaar lagen de concentraties in de Binnenschelde rond de 0,1 à 0,2 mg P/l en 2 à 4 mg N/l (Witteveen+Bos 2016b). Het ligt voor de hand om te veronderstellen dat de concentraties in de zoute Binnenschelde (door water in te laten vanuit de Oosterschelde) minder nutriënten bevatten, omdat de nutriëntconcentraties in de Oosterschelde lager zijn dan in de huidige Binnenschelde. Als grove (en conservatieve) aanname is uitgegaan van een P-concentratie van 0,10 mg/l en een N-concentratie van 2 mg/l.

Afbeelding 3.2 Maandgemiddelde concentraties van totaal P (links) en N (rechts) in de Oosterschelde gedurende de periode 2005 - 2014 (Bron: live.waterbase.nl; locatie: Wissenkerke)



3.2.3 Zoet-zout overgangen

De schorren bij Bergen op Zoom vormde begin jaren '80 van de vorige eeuw de meest gedifferentieerde schorren in het hele Oosterscheldebekken, omdat hier de pleistocene zandgronden (met zoete kwel) waren aansloten op de schorren. Een unieke overgang voor het Nederlandse landschap. Een vegetatiekartering uit 1978 meldt een terrasvormige opbouw van het schor met verschillende vegetatiegordels aan de oostkant van het Markiezaat (de Kogel & de Jong 1983). De laagste vegetatiegordel bestond uit Engels slijkgras met zeeaster. Plaatselijk kwam op oeverwallen gewone zoutmelde voor en ook klein slijkgras (destijds één van de drie groeiplaatsen in Nederland; thans is deze soort geheel verdwenen in Nederland). Een tweede gordel bestond uit gewoon kweldergras, lamsoor, schorrenzoutgras, zeeweegbree en gewone zoutmelde. Een derde gordel bestond uit rood zwenkgras, zilte rus, melkkruid, Engels gras en dunstaart. De laatste gordel bestond uit zoete en zoute soorten met fioringras, strandkweek, gewone kweek, Engels raaigras, veldgerst, herfstleeuwetand, smalbladige rolklaver, aardbeiklaver en witte klaver. Rond het gebied "de Duintjes" lag een gebied met zoete kwel en een aanspoelgordel bestaande uit riet met in de ondergroei zeerus, zilte rus, gewoon kweldergras, Engels slijkgras, strandkweek en plaatselijk veel zilt torkruid en wilde asperge.

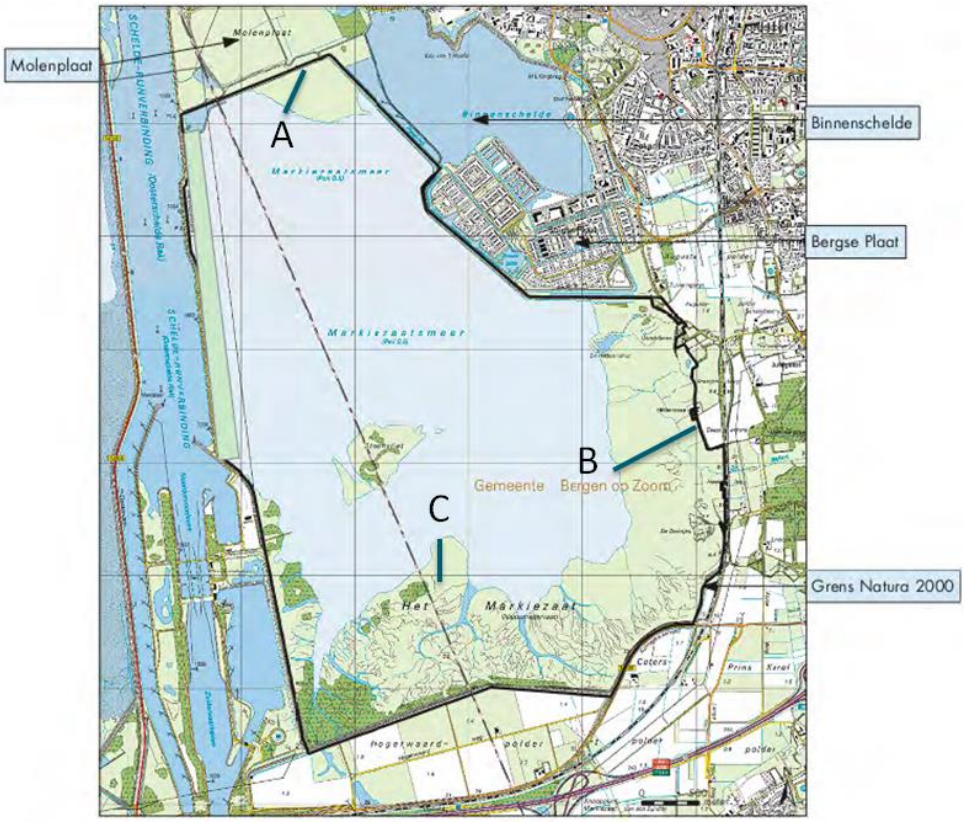
De sluiting van de Markiezaatskade in augustus 1983 betekende voor het Markiezaat het wegvallen van de getijdebeweging. Tevens viel de aanvoer van zout water uit de Oosterschelde weg en is de sedimentaanvoer en -afvoer gestopt. Hiermee veranderde het gebied van een zout intergetijdengebied in een langzaam zoeter wordend gebied met een relatief constant waterpeil (Röling 1994). Door de verzoeting is het brakwater karakter van de terrestrische vegetaties in het Markiezaat achteruitgegaan. Desondanks worden er na ruim drie decennia verzoeting nog steeds veel planten aangetroffen die kenmerkend zijn voor brakke standplaatsen. Hoewel deze brakke vegetaties (nog) geen onderdeel uitmaken van de Natura 2000-status, zijn ze ecologische gezien wel zeer waardevol voor het gebied en vormen ze ook onderdeel van de provinciale doelstellingen uit het Uitvoeringsprogramma Biodiversiteit en Leefgebieden (Royal HaskoningDHV 2012). Er is in deze studie dan ook ingeschat wat het effect van de verschillende scenario's is op deze brakke vegetaties.

Aanpak

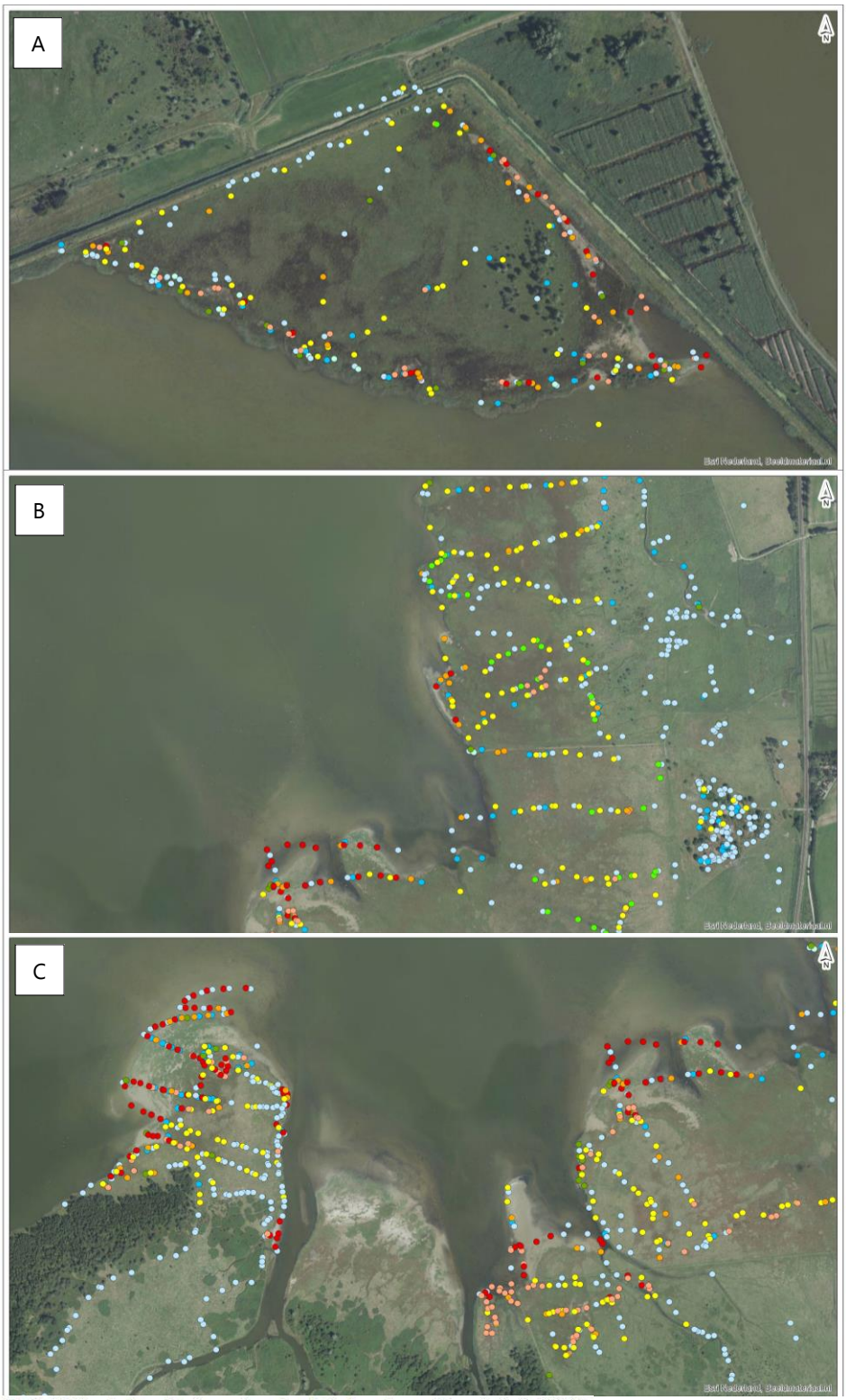
Om met beperkte beschikbaarheid van tijd en middelen iets te kunnen zeggen over het effect van de verschillende scenario's op de huidige zoet-zout overgangen in het Markiezaat is kennis verzameld over de sturende processen in de huidige situatie. Het beter begrijpen van de uitgangssituatie vormt namelijk de basis voor een kwalitatieve inschatting van de effecten van de scenario's. De vegetatie kan verzoeten door uitspoeling van zout door regenwater, door de invloed van zoet grondwater en door de invloed van verzoetend oppervlaktewater. Daarnaast kan er aanrijking van zout optreden via saltspray.

Om meer inzicht te krijgen in de relevante processen zijn er eind september 2017 drie transecten uitgezet en bezocht in het Markiezaat (Afbeelding 3.3). De ligging van de transecten is zodanig gekozen dat een volledige gradiënt van brak naar zoet in beeld is gebracht aan de noord-, oost- en zuidzijde van het gebied. De locaties zijn gebaseerd op het voorkomen van brakke en zoete plantensoorten (Brabants Landschap 2013), de topografie (nabijheid van de waterlijn) en het maaiveldverloop (AHN2). In het gebied komen vooral in de lager gelegen natte delen nabij de oever van het Markiezaat nog soorten voor die kenmerkend zijn voor brakke tot zoute milieus (Afbeelding 3.4).

Afbeelding 3.3 Liggingen van drie transecten in het Markiezaat waar zoet-zout overgangen zijn bestudeerd



Afbeelding 3.4 Indicatie saliniteit op basis van voorkomen van plantsoorten op de Molenplaat (transect A), de oostkant van het Markiezaat (transect B) en de zuidrand van het Markiezaat (transect C). De vegetatiegegevens zijn afkomstig uit de vaatplanteninventarisatie van Brabants Landschap (2013)

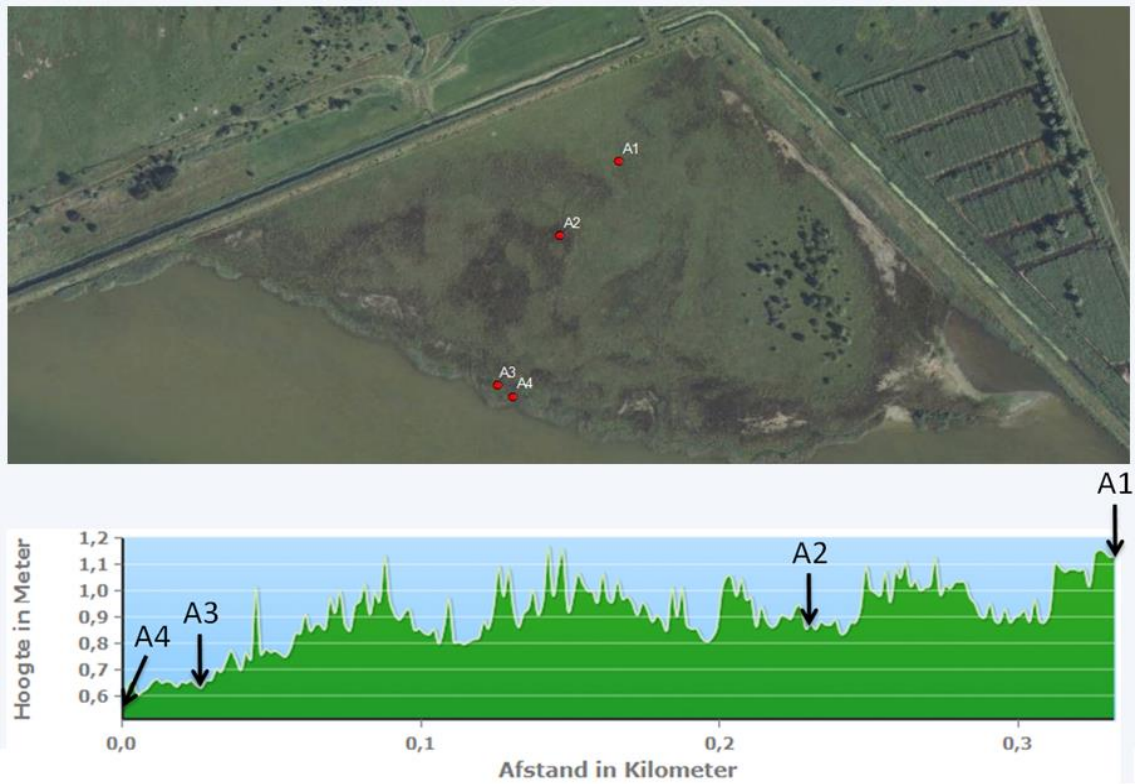


- Euhalin tot Hyperhalin, op bodem met zeer hoog tot extreem hoog chloorgehalte (> 2,3% Cl)
- Euhalin, op bodem met zeer hoog chloorgehalte (1,6 - 2,3% Cl)
- Polyhalin, op bodem met hoog chloorgehalte (1,2 - 1,6% Cl)
- Alfa - mesohalin, vooral op bodem met matig chloorgehalte (0,7 - 0,9% Cl)
- Alfa/Beta - mesohalin, bodem met gering tot matig chloorgehalte (0,5 - 0,7% Cl)
- Beta - mesohalin, bodem met gering chloorgehalte (0,3 - 0,5% Cl)
- Oligohalin, bodem met zeer gering zoutgehalte (0,05 - 0,3% Cl)
- Zout verdragend, toch vooral om zoutloze bodems (0 - 0,1% Cl)
- zoet

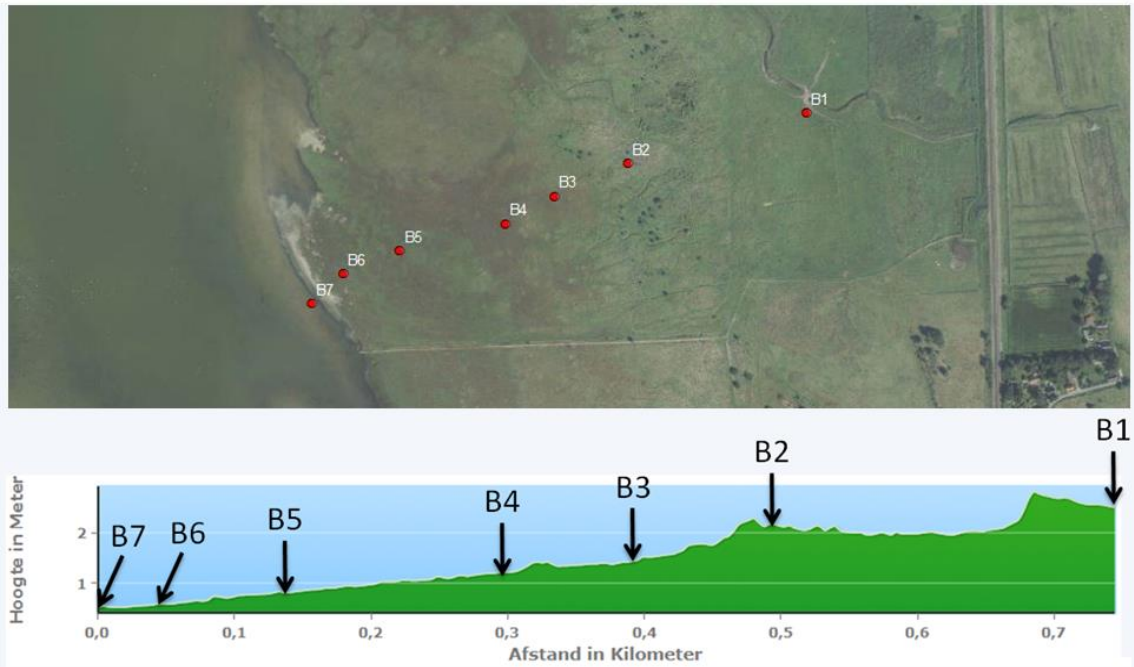
Langs de transecten zijn meetlocaties geselecteerd waar boringen zijn uitgevoerd, bodemprofielen zijn beschreven en waar op verschillende dieptes metingen van het elektrisch geleidend vermogen (EGV; een maat voor het zoutgehalte) zijn uitgevoerd om een indruk te krijgen van het voorkomen van brak/zout water in de ondergrond. Meestal is op vier dieptes de bodem bemonsterd en zijn schudmonsters geanalyseerd op EGV-waarde. Daarbij is steeds een vast volume bodem (~ 13 cm^3) in een vast volume demiwater (70 cm^3) geschud en bemeten met een EGV-meter. Op de vier dieptes is ook de zuurgraad gemeten met pH-papier in het bereik 4,0 – 7,0 om eventuele regenwaterlenzen aan te kunnen aantonen. Tenslotte zijn dominant voorkomende plantensoorten genoteerd.

De drie transecten die zijn opgenomen verschillen van elkaar. Zo staan transecten A en C niet onder invloed van zoete kwel uit de Brabantse Wal, in tegenstelling tot transect B. Transect A ligt op de voormalige kwelderplaat (de Molenplaat) die in het verleden geheel los lag van het vaste land. Dit transect ligt in een relatief vlak gebied (NAP +0,4 tot +1,1 m; Afbeelding 3.5). De plaat bij transect C lag altijd verbonden aan het vaste land en heeft iets meer reliëf (tot NAP +1,5 m) dan de Molenplaat (Afbeelding 3.7). Het achterland bij transecten C loopt door tot NAP +2,2 m aan de dijk. Dit is vergelijkbaar met transect B waar verder naar het oosten de Brabantse wal (NAP +20 m) ligt (Afbeelding 3.6).

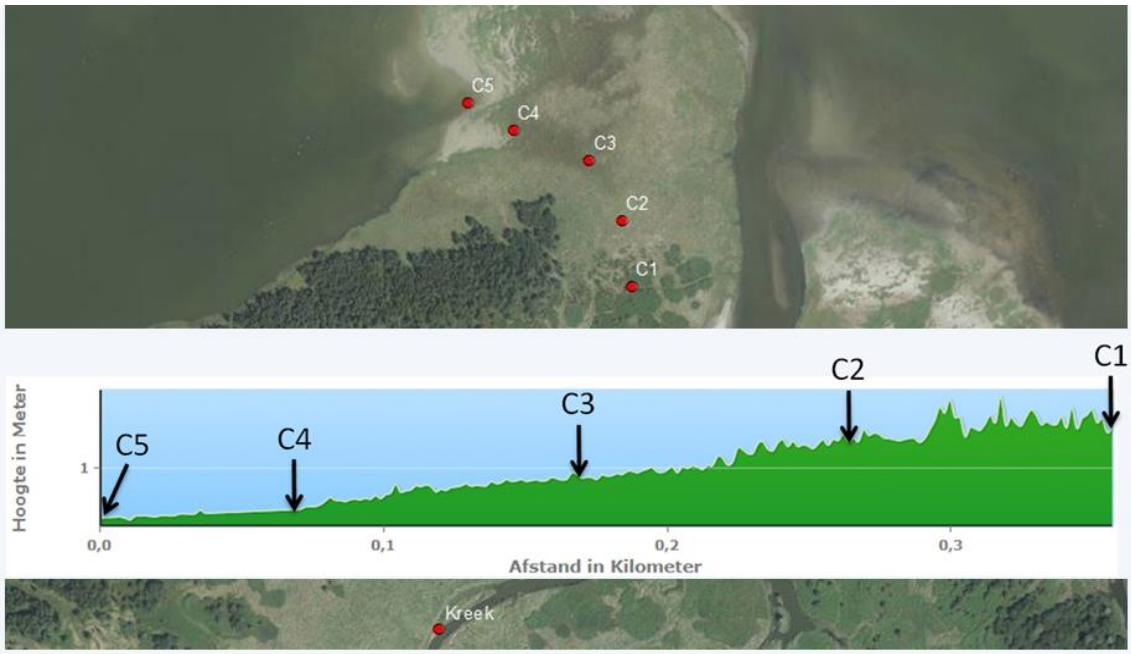
Afbeelding 3.5 Locatie en hoogteligging van meetlocaties A1 tot en met A4 in transect A



Afbeelding 3.6 Locatie en hoogteligging van meetlocaties B1 tot en met B7 in transect B



Afbeelding 3.7 Locatie en hoogteligging van meetlocaties C1 tot en met C5 in transect C. Locatie C5 lijkt in onderstaande figuur in het water te liggen, maar stond tijdens het veldbezoek droog en bevatte zeekraal en is daarom meegenomen



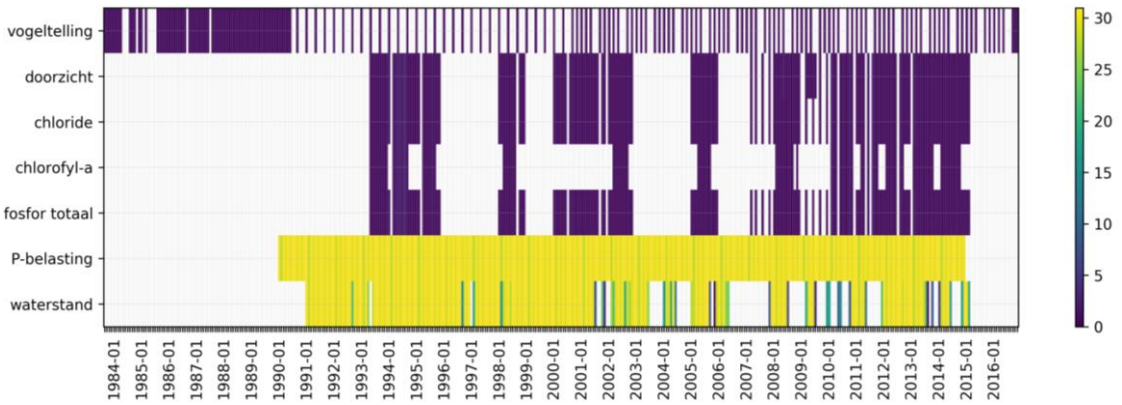
3.2.4 Evalueren van de vogelstand in de afgelopen decennia

De Provincie Noord-Brabant heeft speciale interesse voor de ontwikkeling van de vogelstand in het Natura 2000-gebied Markiezaatsmeer dat is aangewezen als vogelrichtlijngebied. Om een inschatting te kunnen maken van het effect van de verschillende scenario's is besloten om de trends in vogelaantallen sinds 1983, en oorzaken van deze trends, te analyseren met behulp van een trendanalyse en een multiple regressie. Hierbij is gebruik gemaakt van de volgende data:

- watervogeltellingen bij het Markiezaatsmeer (gegevens van Vogelwerkgroep Bergen op Zoom; Hidde Bult): er zijn gegevens vanaf 1983, toen het Markiezaat werd afgesloten van de Oosterschelde (deze gegevens zijn deels op maandbasis en deels op kwartaalbasis, maar grotendeels per twee maanden);
- broedaantallen in het Markiezaatsmeer (SOVON[1], seizoensgemiddelde bestaande uit 1 waarde voor elk jaar) van lepelaar, strandplevier, kluut en bontbekplevier
- watervogel- en broedaantallen in de provincie Zeeland (SOVON[1], seizoensgemiddelde bestaande uit 1 waarde voor elk jaar)
- watervogel- en broedaantallen in Nederland (SOVON[1], seizoensgemiddelde bestaande uit 1 waarde voor elk jaar)
- abiotische gegevens (deze datasets bevatte in sommige gevallen behoorlijk grote gaten (Afbeelding 3.8); bij kleine gaten in deze datareeksen van minder dan 3 maanden zijn de reeksen opgevuld met behulp van een lineaire regressie):
  - Cl (waterschap Brabantse Delta; maandelijks data vanaf 1993 met veel gaten in de dataset);
  - doorzicht (waterschap Brabantse Delta; maandelijks data vanaf 1993 met veel gaten in de dataset);
  - waterstanden (dagelijkse meetgegevens vanaf 1991 met behoorlijk veel gaten in de dataset);
  - waterstanden (dagelijkse modelgegevens vanaf 1990). Deze gegevens zijn gebruikt omdat er in de gemeten reeks van waterstand vrij veel onderbrekingen zaten (Afbeelding 3.8). De reeks is voor gaten tot 15 dagen opgevuld met lineaire interpolatie, maar voor grotere gaten is de uiteindelijke meetreeks aangevuld met modelreeks van de waterstand (zie bovenste figuur van Afbeelding 3.9);
  - P-belasting (dagelijkse modelgegevens vanaf 1990);
  - bathymetrie van het Markiezaatsmeer op basis van dieptemetingen die in 2016 zijn uitgevoerd (Witteveen+Bos 2016a).

Vogelteldagen waarin minder dan 5 verschillende soorten zijn waargenomen, zijn als onvolledig beschouwd en zijn niet in de analyse meegenomen. Deze dagen zijn vermoedelijk geregistreerd vanwege incidenteel voorkomen van één specifieke vogel of grote groepen vogels. In totaal zijn hiermee 4 teldagen verwijderd.

Afbeelding 3.8 Databeschikbaarheid in meetwaarden per maand



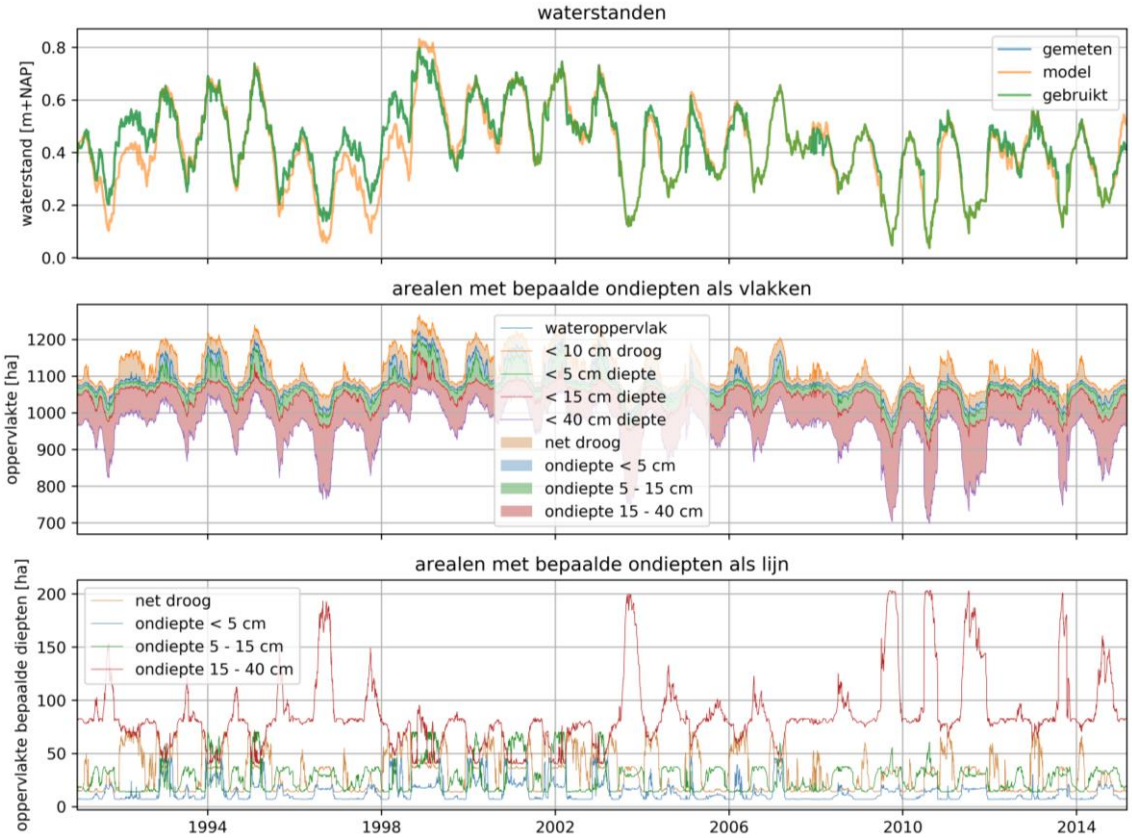
Berekende data

Op basis van de combinatie van bathymetrie en de uiteindelijke waterstandsreeks is per tijdstip het areaal van ondiep water in het Markiezaatsmeer berekend. Hierbij zijn de volgende aannames gedaan:
- de bathymetrie heeft een convexe vorm zonder kommetjes erin, waardoor het wateroppervlak een één-op-één relatie vertoont met de waterstand. Er ontstaan dus geen poelen bij een zakkend waterpeil;
- de bathymetrie is als constant verondersteld over de gehele periode.

[1] www.sovon.nl

Voor vier verschillende dieptes zijn de arealen op elk tijdstip berekend. In Afbeelding 3.9 is voor de volgende dieptes te zien hoe groot de arealen zijn op verschillende tijdstippen:
- drooggliggend, tot 10 cm boven waterstand;
- ondiepte, tot 5 cm diepte;
- ondiepte, tussen 5 en 15 cm diepte;
- ondiepte, tussen 15 en 40 cm diepte.

Afbeelding 3.9 Waterstanden en berekende arealen in functie van de tijd



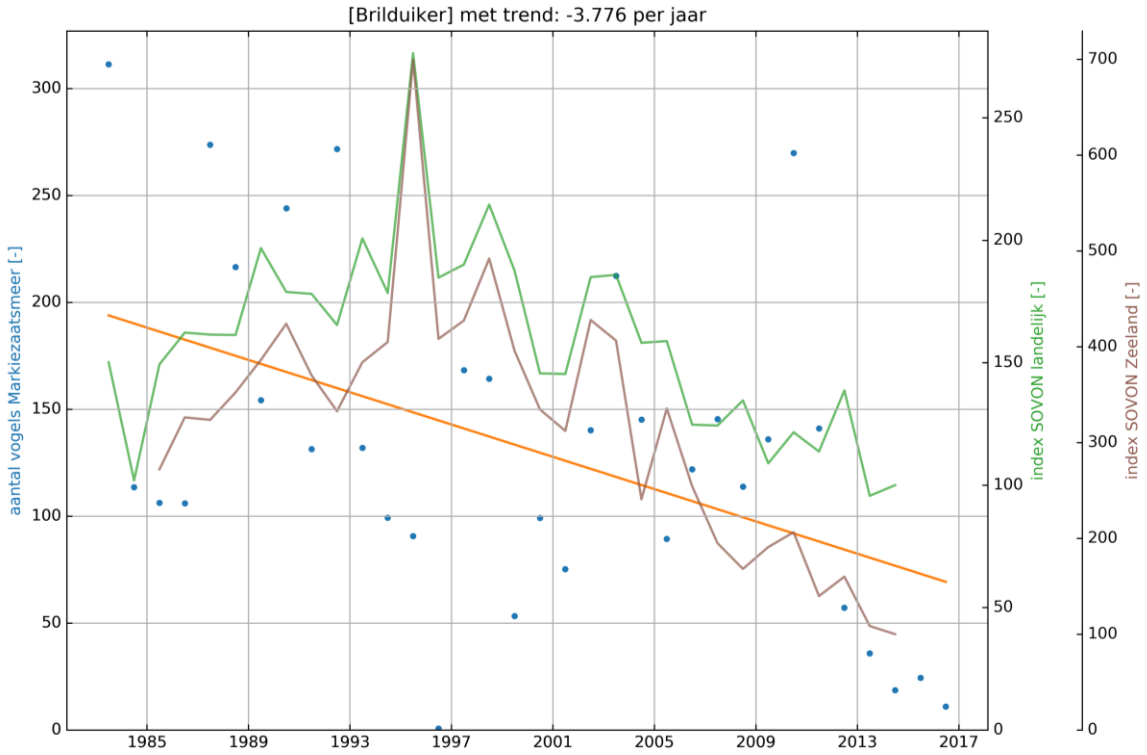
Statistische analyse

De uitgevoerde statistische analyse bestaat uit twee delen. De eerste analyse is uitgevoerd op basis van de vogeltellingen zelf. Er is gebruik gemaakt van een lineaire trendanalyses om te bepalen hoe de aantallen van alle watervogels zich hebben ontwikkeld sinds de afsluiting van het Markiezaatsmeer in 1983. In de tweede analyse is met behulp van een stapsgewijs multiple regressiemodel bepaald welke factoren gecorreleerd zijn met de ontwikkelingen van de watervogeltellingen. Hierbij zijn de volgende factoren meegenomen: fysisch-chemische data, gemodelleerde P-belasting, de arealen aan verschillende waterdieptes en de trends voor de Zuidwestelijke Delta en heel Nederland.

Lineaire trendanalyse

De data van alle getelde watervogels is uitgezet in de tijd, en daarvan is een lineaire trend bepaald. Tevens is bepaald of deze trend significant is. Voor al deze vogelsoorten zijn de seizoensgemiddelden in een afbeelding geplot (zie Bijlage I). Oranje trendlijnen geven een significante trend aan (p < 0,05), grijze lijnen zijn niet-significante trends. Indien van de betreffende vogelsoort SOVON-data beschikbaar waren voor de Provincie Zeeland en/of geheel Nederland, dan zijn deze eveneens geplot in groen (landelijke cijfers) en bruin (Provincie Zeeland). Deze provinciale en landelijk waarden zijn geïndexeerd met jaar 2015 = 100%.

Afbeelding 3.10 Voorbeeld van een tijdreeks voor de brilduiker, met significant dalende trend



Stapsgewijs multiple regressiemodel voor het vinden van verbanden met omgevingsparameters

Voor deze analyse zijn alle gegevens van de verschillende bronnen geaggregeerd naar jaarlijkse gemiddelden. Op deze wijze kunnen de gegevens goed met elkaar vergeleken worden. Daarnaast hebben nulmetingen (bijvoorbeeld van watervogels in het zomerseizoen) en tijdelijke pieken van vogelsoorten dan een minder sterk effect op de uitkomsten van de stapsgewijze multiple regressie. De aggregatie is voor de verschillende gegevens op de volgende wijze uitgevoerd:

- **watervogeltellingen van het Markiezaatsmeer**: Er is gebruik gemaakt van seizoensgemiddelden. Een seizoen loopt van 1 juli in het ene jaar tot 30 juni in het volgende jaar. Het seizoensgemiddelde is het gemiddelde van de gemiddelde maandwaarden, waarbij er alleen gegevens zijn gebruikt als er in die maand een telling is uitgevoerd;
- **watervogeltellingen in de Provincie Zeeland en geheel Nederland**: De SOVON-cijfers (landelijk en provinciaal) van één vogelsoort zijn gebruikt als verklarende variabele van die betreffende vogelsoort. Deze cijfers zijn als geïndexeerde seizoenswaarde (juli-juni) aangeleverd;
- **broedvogeltellingen van aangewezen Natura 2000-vogelsoorten in het Markiezaatsmeer**: De vijf soorten waarvan broedaantallen van het Markiezaatsmeer zijn gebruikt, zijn toegevoegd als 'aparte' nieuwe vogelsoort aan de dataset. Ze zijn vervolgens ook vergeleken met dezelfde omgevingswaarden;
- **fysisch-chemische data**: Voor de fysisch-chemische data zijn seizoenswaarden bepaald op basis van het gemiddelde van alle maandgemiddelden;
- **arealen**: De seizoenswaarden voor de vier verschillende waterdiepte-arealen zijn bepaald door het maximum van de (twaalf) maandgemiddelden te nemen. Het maximum van deze waarden zegt vermoedelijk meer over de beschikbaarheid van foerageer- en/of broedgebieden van diverse vogels, en is daarmee een logischere ecologische maat.

De multiple regressieanalyse is uitgevoerd met een stapsgewijze lineaire multiple regressie. Deze methode start met een leeg, initieel model, en voegt telkens de best verklarende variabele toe die significant is. Met het toevoegen van nieuwe verklarende variabelen kunnen andere variabelen die al in het model zitten, overbodig worden. Deze worden dan weer uit het model gehaald. Uiteindelijk blijft er een model over dat de alleen meest verklarende variabelen bevat. De *p*-waarde voor het invoegen van een nieuwe verklarende variabelen is vastgesteld op 0,01. De *p*-waarde voor het verwijderen van verklarende variabelen uit het model is vastgesteld op 0,10.

3.2.5 Te verwachten biologische toestand

De te verwachten biologische toestand is kwalitatief ingevuld voor de verschillende soortgroepen (fytoplankton, aquatische vegetatie, terrestrische (oever)vegetatie, (bodem)fauna, vissen en vogels. Bij de inschatting van effecten van de verschillende brakke en zoute varianten op de biologische toestand in het Markiezaatsmeer is uitgegaan van de eindsituatie, waarbij het ecosysteem zich aan de brakke of zoute toestand (en de nieuwe waterkwaliteit) heeft aangepast.

3.3 Kwantitatieve of kwalitatieve doelen

In de KRW en de Natura 2000 - Vogelrichtlijn wordt uitgegaan van gekwantificeerde doelen die iedere zes jaar getoetst dienen te worden. In de KRW gaat het om biologische en fysisch-chemische variabelen die inzicht geven in de ecologische toestand, terwijl er voor de Vogelrichtlijn inzage gegeven moet worden in het aantal aanwezige (broed)vogels. In beide gevallen ligt de focus nu dus vaak op het kwantificeren van de toestand, terwijl wij juist de voorwaarden (die de ecologische toestand bepalen) zouden willen kwantificeren omdat beheerders alleen op deze voorwaarden kunnen (bij)sturen. In het eerdere rapport (Witteveen+Bos 2016a) en in deze rapportage zijn dan ook de voorwaarden gekwantificeerd, terwijl de daaruit volgende ecologische toestand wordt beschreven.

4

ZOET MARKIEZAATSMEER

4.1 Hydrologisch functioneren

Voor de afsluiting van het Markiezaat was het gebied onderdeel van de Oosterschelde en was er een sterke getijbeweging van circa NAP -2 tot +2 m. Sinds de aanleg van de Markiezaatskade is deze dagelijkse getijbeweging verdwenen en ligt het meer geïsoleerd. Neerslag is dan ook de voornaamste ingaande waterstroom (75%), gevolgd door kwel (13%). Ongeveer de helft van de kwel wordt lateraal aangevoerd vanaf de Brabantse Wal en de andere helft wordt via diepe kwel aangevoerd. Voor de laterale kwel geldt dat het om zoet water gaat, terwijl voor de diepe kwel niet goed bepaald kan worden of het om zoet en/of zout water gaat. Tenslotte is er sprake van uitspoeling vanuit aanliggende slikken en schorren (7%) en wordt er water aangevoerd via De Blaffert (5%). Door de beperkte inlaat is de verblijftijd circa twee jaar.

Momenteel kan het waterpeil in het Markiezaatsmeer vrijwel vrij fluctueren. Door een onderdimensionering van de stuw, die de laatste jaren op NAP +0,40 m heeft gestaan, is het waterpeil de afgelopen jaren tot maximaal NAP +0,58 m gestegen. Hierdoor kent het peil een jaarlijkse variatie van 0,25 tot 0,40 m. Dit is niet een dagelijkse getijbeweging, maar een seizoensgebonden schommeling van de waterstand. Doordat de oevers van het Markiezaat flauw hellen, heeft deze seizoensgebonden fluctuatie een sturend effect op de verhouding water/land in het Markiezaatsmeer. Bij een jaarlijks peil tussen de NAP +0,20 en +0,60 m ontstaat dan ook een seizoensmatig droogvallende en weer onderlopende zone van circa 125 ha, oftewel 12% van het vaste wateroppervlak van 1025 ha.

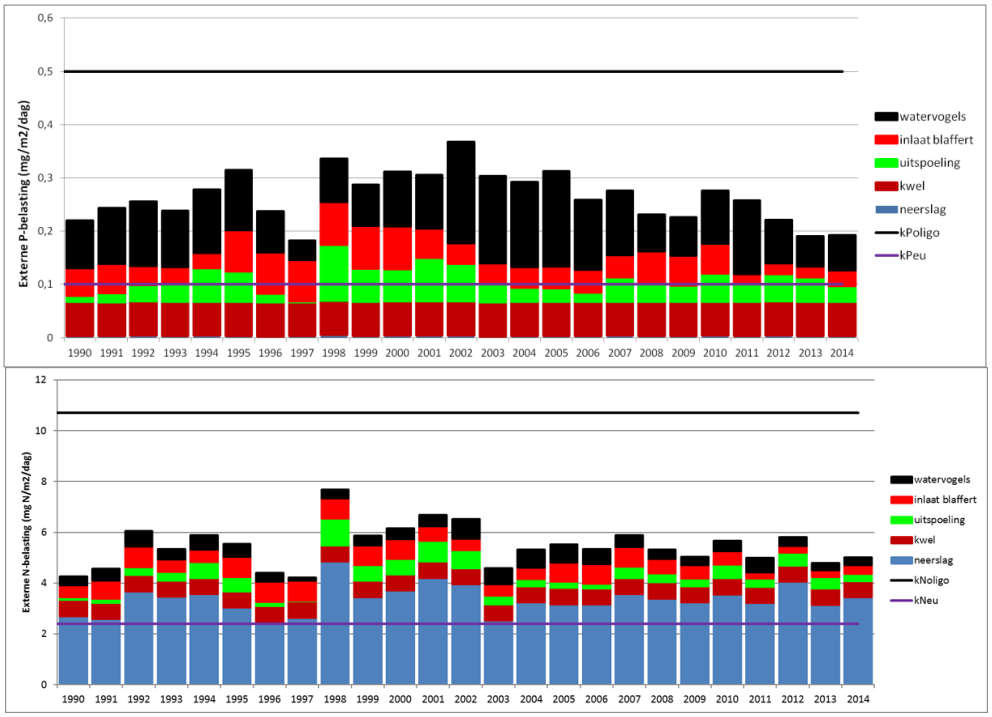
Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.1.2 van Witteveen+Bos (2016a).

4.2 Nutriëntenhuishouding en lichtklimaat

Op basis van waterbalansen zijn de externe belastingen berekend. Het grootste deel van de N-belasting wordt veroorzaakt door atmosferische depositie via neerslag (Afbeelding 4.1). Kwel, uitspoeling, inlaat vanuit de Blaffert en watervogels leveren ieder een geringe bijdrage aan de N-belasting. De P-belasting wordt daarentegen nauwelijks veroorzaakt door neerslag, maar vooral door watervogels, kwel en uitspoeling. Watervogels hebben een relatief grote bijdrage op de externe P-belasting van het Markiezaatsmeer.

Voor het Markiezaatsmeer geldt dat de externe nutriëntbelastingen niet erg hoog (geweest) zijn en dat die altijd tussen de kritische grenzen hebben gelegen (Afbeelding 4.1). De kritische belasting is behoorlijk laag door de grote strijklengte van de wind, waardoor het lichtklimaat behoorlijk sterk beïnvloed wordt door opwerveling van bodemsediment: door de opwerveling is het water van ‘nature’ redelijk snel troebel, waardoor het systeem minder externe belasting aan kan. Hierbij dient vermeld te worden dat het doorzicht in de afgelopen jaren (sinds 2012) om onbekende redenen verder verslechterd is van circa 40 cm naar circa 25 cm. Geconcludeerd kan worden dat de externe belastingen relatief laag zijn, maar dat ze nog te hoog zijn voor een autonome omslag van troebel naar helder water (STOWA 2008).

Afbeelding 4.1 Berekende externe P- (boven) en N-belasting (onder) in mg/m^2/dag voor het Markiezaatsmeer. Tevens zijn de gemiddelde kritische belastingen weergegeven voor de omslag van helder naar troebel (kPoligo; zwarte lijn, waarbij je boven de lijn met troebel water te maken hebt) en van troebel naar helder (kPeu; lila lijn, waarbij je boven de lijn met troebel water te maken hebt)



In het Markiezaatsmeer treedt er kwel op, vooral aan de oostzijde van het meer. Hierdoor verzoet het meer minder snel en ver dan de naastgelegen Binnenschelde, waar alleen sprake is van wegzijging. De Cl-concentratie in het Markiezaatsmeer blijft hierdoor steken op circa 600 mg/l. Ook de sulfaat (SO_4)-concentraties zijn om deze reden nog steeds vrij hoog in het Markiezaatsmeer (circa 125 mg/l). Dit leidt tot minder goede binding van P aan ijzer (Fe) en tot sulfideophoping in de toplaag van de onderwaterbodems: in het meer worden veelal zwarte pyrietbodems gevonden die naar sulfide stinken. Niet alleen de binding van P aan Fe wordt beïnvloed door de vrij hoge SO_4-concentraties in het oppervlaktewater en het bodemvocht, maar door de verhoogde SO_4-concentraties verloopt de (anaerobe) afbraaksnelheid van organisch materiaal in het Markiezaatsmeer naar verwachting ook behoorlijk snel. Vooral in het diepste gedeelte van het meer, waar een voedselrijke sliblaag aanwezig is, zorgen deze twee processen voor een 'nutriëntenpomp' die een behoorlijke P-nalevering veroorzaakt. Tezamen met de overschrijding van de onderste belastinggrens betekent dit dat de kansen op een heldere en plantenrijke toestand klein zijn.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.1.3 van Witteveen+Bos (2016a).

4.3 Zoet-zout overgangen

4.3.1 Huidige vegetatiesamenstelling

De dominante plantensoorten die zijn aangetroffen op de verschillende meetlocaties staan aangegeven in Tabel 4.1. In de tabel is met een kleur aangegeven welke saliniteit de vegetatie indiceert (licht blauw = zoet, oranje = zwak brak, rood = matig brak).

Tabel 4.1 Dominante plantensoorten per meetlocatie. Een indicatie voor de saliniteit is aangegeven met kleuren (licht blauw = zoet, oranje = zwak brak met voornamelijk zoutverdragende en zoutminnende soorten, rood = matig brak en nat met voornamelijk halofyten)

Locatie	Soorten
A1	Lage vegetatie wordt gedomineerd door zoete soorten (zandzegge, voederwikke, veldlathyrus en grauwe wilg) en bevat daarnaast wat zoutverdragende soorten (bitterling en heelblaadjes) en enkele halofyten (zeeaster, melkkruid) in een lage bedekking
A2	Lage vegetatie wordt gedomineerd door halofyten (schorrenzoutgras, melkkruid, zeerus, hertshoornweegbree). De locatie ligt 15 cm lager dan omgeving en komt natter (minder vergrast) over
A3	Lage vegetatie wordt gedomineerd door zoutverdragende soorten (zilverschoon, kleine leeuwentand, heelblaadjes en fioringras). Verder komen er wat zoutminnende soorten (fraai duizendguldenkruid, zilte zegge, aardbeiklaver) en zoete soorten (watermunt en wolfspoot) voor
A4	Hoge vegetatie wordt gedomineerd door riet. In de ondergroei staat wat zeerus en watermunt
B1	Cultuurgrasland met zoete soorten (Engels raaigras, grote weegbree, gewone paardenbloem, akkerdistel, rode klaver, voederwikke, kale jonker) en wat zoutverdragende soorten (zilverschoon en kleine leeuwentand)
B2	Hoge vegetatie wordt gedomineerd door zoete soorten (rietgras, moerasvaren, koninginnenkruid en grijze wilg)
B3	Lage vegetatie wordt gedomineerd door zoutverdragende soorten (zilverschoon, kleine leeuwentand, heelblaadjes). Tevens komen wat zoete soorten (kale jonker en wolfspoot) en zoutminnende soorten (fraai duizendguldenkruid) in lage bedekking voor
B4	Zie B3 en tevens wat kleine rietplanten
B5	Lage vegetatie wordt gedomineerd door halofyten (lamsoor, zeeaster, melkkruid). Tevens komt de zoutminnende soort fraai duizendguldenkruid veel voor
B6	Lage vegetatie wordt gedomineerd door de halofyt melkkruid
B7	Kale zandgrond met zoete soorten (knolrus, waterviolier en riet), zoutminnende soorten (goudknopje) en wat halofyten (strandmelde), waarbij *waterviolier* een duidelijke indicator is voor zoete kwel
C1	Hoge vegetatie wordt gedomineerd door zoete soorten (adelaarsvaren en biezenknoppen)
C2	Hoge vegetatie wordt gedomineerd door zoete soorten (rietgras (hoog), grijze wilg) en wat zoutverdragende soorten (bitterling en fioringras)
C3	Lage grasvegetatie met dominantie van zout verdragende soorten (kleine leeuwentand, fioringras), zoutminnende soorten (aardbeiklaver) en halofyten (zeeaster, melkkruid en zilte rus)
C4	Lage vegetatie met dominantie van echt halofyten (zeekraal, lamsoor, Engels gras, melkkruid, hertshoornweegbree) en zoutminnende soorten (goudknopje)
C5	Kaal zand met halofyten (melkkruid), zoutminnende soorten (goudknopje) en zoutverdragende soorten (waterpunge)

Langs alle transecten is een gradiënt waar te nemen van voornamelijk zoete vegetatie naar brakke vegetatie. De zoete vegetatie ligt op relatief grote afstand van de oeverlijn en ligt tamelijk hoog (meetlocaties A1, B1, B2, C1 en C2). De meer brakke en natte vegetatie met zoutverdragende soorten (zilverschoon, bitterling, kleine leeuwentand, heelblaadjes en fioringras) en zoutminnende soorten (fraai duizendguldenkruid en

aardbeiklaver) ligt nabij de oeverlijn (meetlocaties B3, B4 en C3). De zoutverdragende en -minnende soorten zijn vaak facultatief halofyt, wat inhoud dat het 'zout' niet voor vitale levensfuncties nodig is. Slechts een klein deel van de Nederlandse flora vereist permanent een zoute of zilte bodem voor het voltooien van hun vitale biologische functies (Corporaal et al. 2011). Deze halofyten, waarbij onder andere gedacht moet worden aan zeekraal, zeeaster, melkkruid en Engels gras, komen vooral nabij de natte oeverlijn voor (meetlocaties A2, B5, B6 en C4). Bij alle drie de transecten reikte deze halofytische vegetatie echter niet tot de oeverlijn zelf: de laatste zone van 20 - 50 m breed wordt namelijk bij transect A gekenmerkt door een zoete rietkraag (meetlocatie A4) en in transecten B en C door kale grond met voornamelijk zoutverdragende en zoutminnende soorten (meetlocaties B7 en C5). Deze zones zijn in de winter geïnundeerd en stonden bij het huidige peil (circa +0,40 m NAP) droog.

4.3.2 Beschrijving van de bodemprofielen en grondwaterstanden

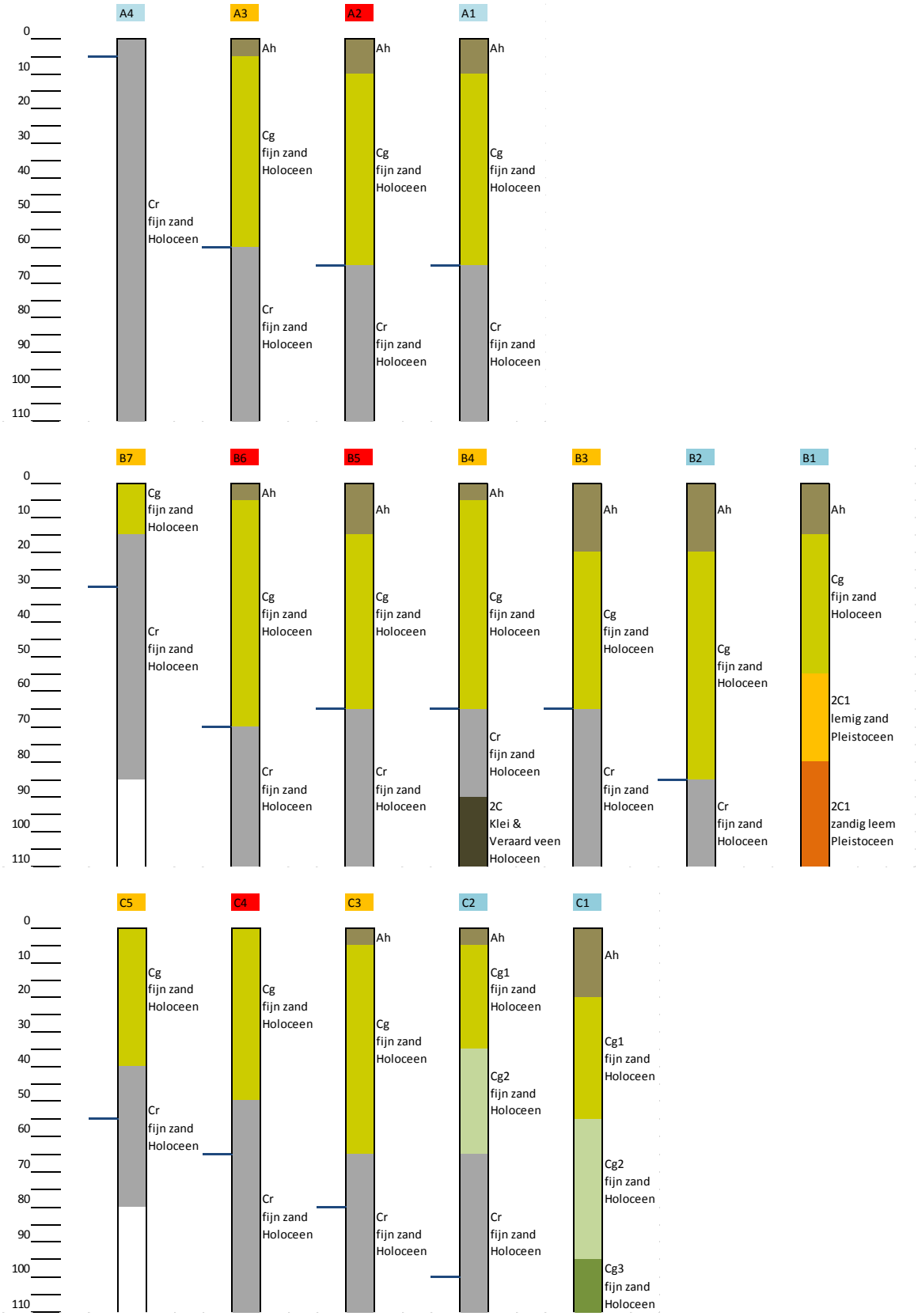
De beschrijvingen van de bodemprofielen langs de drie transecten staan beschreven in Afbeelding 4.2. De bovenste 110 cm van de bodem (die met de recente boringen is bestudeerd) bestaat veelal uit fijn zand dat in het Holoceen is afgezet door de Oosterschelde. Uit verscheidene studies in het Markiezaat en de omgeving (Koning 1976; Drost 1982; Slager & Fluit 1989; Röling 1994) is bekend dat deze enkele meters dikke zandige Holocene afzetting lokaal regelmatig worden onderbroken door 0,4 - 0,8m dikke klei- en veenlagen (Afbeelding 4.3).

Alleen op meetlocatie B4 is een dergelijke kleiige veenlaag aangetroffen op circa 100 cm diepte. Onder de zandige Holocene afzetting ligt op enkele meters diepte een veenpakket van enkele meters dik (Hollandveen) op een kleiafzetting van enkele meters dik (Formatie van Naaldwijk; nieuwe term voor de voormalige Afzetting van Calais). Dit alles ligt op een zandige Pleistocene afzetting die op de Brabantse Wal dagzoomt (Slager & Fluit 1989; Röling 1994). Alleen in hoogst gelegen profiel van meetlocatie B1 werd deze Pleistocene afzetting met leemlagen aangetroffen.

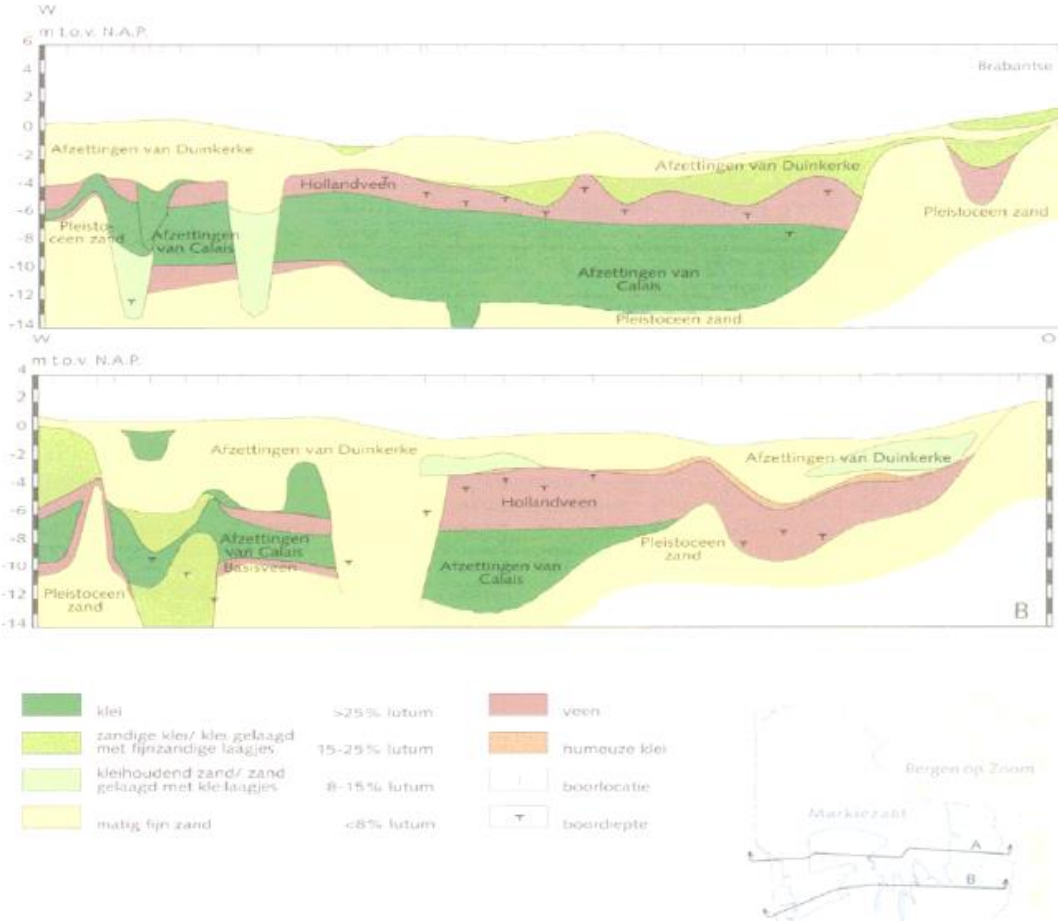
De meeste profielen bevatten een duidelijke grijze Cr-horizont, die indicatief is voor gereduceerd Fe als gevolg van een permanente grondwaterverzadiging. Meer nabij de waterlijn zijn deze Cr-horizonten hoger in het bodemprofiel waargenomen (hogere GLG; gemiddelde laagste grondwaterstand). Profiel A4, B7 en C5 liggen zeer dicht nabij de waterlijn, waardoor de Cr-horizont hier het dichtst onder het maaiveld lagen. De gemeten grondwaterstanden waren hier ook het ondiepst. Verder van de oever worden de bodems gekenmerkt door een 40 - 60 cm dikke Cg-horizont bovenop de Cr-horizonten. In deze Cg-horizonten zijn duidelijke gley-vlekken zichtbaar als gevolg van wisselende waterstanden, waardoor gereduceerde grijze zones (gereduceerd Fe) en geoxideerde oranje zone (geoxideerd Fe) naast elkaar voorkomen. De waargenomen grondwaterstanden zijn vermoedelijk representatief voor de GLG, aangezien ze ongeveer op de overgang van de Cg- naar Cr-horizonten lagen. Dit komt overeen met de vrij droge periode waarin de boringen zijn uitgevoerd. De profielen van B1 en C1 bevatten geen Cr-horizont binnen de eerste 110 cm van de bodem. Op deze droge meetlocaties werd de waterstand ook niet binnen de eerste 110 cm van de bodem waargenomen.

Zowel de bodem als de vegetatie geven aan dat de meetlocaties B1, B2, C1 en C2 relatief droog en goed ontwaterd zijn. Vochtige tot natte condities treffen we vooral aan op meetlocaties A1, A2, A3, B3, B3, B5, B6 en C3, en locaties die sterk onder invloed staan van frequente inundaties zijn A4, B7, C4 en C5.

Afbeelding 4.2 Bodemprofielen op de verschillende meetlocaties langs transecten A, B en C. Het blauwe streepje links van elk bodemprofiel geeft een indicatie van de waargenomen grondwaterstand. De kleuren van de locatieaanduiding geven een indicatie van de saliniteit op deze locatie (licht blauw = zoet, oranje = zwak brak met voornamelijk zoutverdragende en zoutminnende soorten, rood = matig brak en nat met voornamelijk halofyten)



Afbeelding 4.3 Geologische profielen van de bovenste 14 m bodem in en nabij het Markiezaat (Röling 1994)



4.3.3 Verloop van het EGV

De EGV-waarden die zijn gemeten in de bodemprofielen staan samengevat in Afbeelding 4.4. De EGV-waarden zijn vaak lager bovenin het profiel dan op grotere diepte. Meetlocaties A1, A2, B1, B2, C1, C2 en C3 laten bovenin het profiel lage EGV-waarden zien van onder de 100 µS/cm. Als men bedenkt dat regenwater een EGV-waarde van 30 tot 60 µS/cm heeft, zeewater een EGV-waarden van circa 54.000 µS/cm heeft en het Markiezaatsmeer momenteel een EGV-waarde van circa 2.800 µS/cm heeft, dan indiceren de lage EGV-waarden bovenin de profielen van meetlocaties A1, A2, B1, B2, C1, C2 en C3 dat er hier een sterke invloed van regenwater is. Op deze locaties is de afgelopen 35 jaar uitspoeling van eventueel aanwezig zout water opgetreden. Er is echter wel een duidelijk onderscheid in 2 klassen binnen deze groep:

- bij de relatief droge meetlocaties A1, B1, B2, C1 en C2 leidt de regenwaterlens tot zoet-indicerende vegetaties. Bij meetlocaties B1, B2 en C1 is er niet alleen bewijs voor zoutuitspoeling in de topbodems, maar zijn de (voormalig kalkrijke) zandige topbodems na 35 jaar zelfs al (gedeeltelijk) ontkalkt, waardoor de pH hier rond de 5 - 6 ligt terwijl die elders in het gebied overal boven de 7 ligt. Op deze locaties is continue een regenwaterlens aanwezig, en komt basisch grond- of oppervlaktewater nooit meer in de wortelzone terecht;
- meetlocaties A2 en C3 vormen een uitzondering. Op deze locaties is de gemeten EGV-waarde in de wortelzone ook laag (circa 75 µS/cm), maar de vegetatie geeft een brakke standplaats aan. Op deze locaties neemt de EGV in de diepte snel toe. Mogelijk is de wortelzone op deze locaties een stuk zouter gedurende andere momenten van het jaar, wanneer de grondwaterstand hier omhoog komt.

Afbeelding 4.4 De EGV-waarden die zijn gemeten op de transecten A, B en C. Lage EGV-waarden (indicatie voor zoete condities) hebben een blauwe kleur, terwijl hoge EGV-waarden (indicatie voor brakke/zoute condities) een rode kleur hebben. De kleuren van de locatieaanduiding geven een indicatie van de saliniteit op deze locatie (licht blauw = zoet, oranje = zwak brak met voornamelijk zoutverdragende en zoutminnende soorten, rood = matig brak en nat met voornamelijk halofyten)

	EGV [µS/cm]															
cm	A4	A3	A2	A1	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	C5	C4	C3	C2	C1
5												730	410			
10		280	70	60	760	600	1660	330	340	100	30					
15												510	1170	80	40	60
20																
25	480		380													
30														230		
35																
40		580	2390	750	550	2650	2200	2070	880	190	60					
45												440	3230	950	100	60
50																
55																
60																
65																
70		840	4500	710	510	2320	1840	2110	600	330	100	850	4560	1835	360	80
75																
80																
85																
90																
95																
100		1070	4500	1200	640	2160	1370	1710	620	260	950		3540	1670	480	80
105																
110																

De locaties met zoutverdragende en/of zoutminnende vegetaties die wat lager liggen dan zoete vegetaties (meetlocaties A3, B3, B4 en C3) worden veelal gekenmerkt door hogere EGV-waarden in de topbodems van circa 300 µS/cm (Afbeelding 4.4). Op circa 40 cm diepte is de bodem op deze locaties brak met EGV-waarden van 1.000 tot 2.000 µS/cm. Dit blijft zo tot een diepte van 100 cm. Nog lager in het landschap, waar halofyten de vegetatie domineren (meetlocaties C4, B5 en B6), is het EGV al op 10 cm diepte op 500 - 1.500 µS/cm. Ook hier nemen de EGV-waarden met de diepte toe tot waarde tussen de 2.000 en 4.500 µS/cm. Hoewel in deze beide zones dus veel zoutminnende en/of halofitische soorten voorkomen, geldt ook hier dat er in de topbodems lagere EGV-waarden worden gemeten dan wat dieper in de bodem als gevolg van regenwaterinvloed bovenin de bodem. Daarnaast is het duidelijk dat de EGV-waarden landinwaarts afnemen, doordat het zoute/brakke grondwater daar dieper in de ondergrond zit (lagere grondwaterstanden) en daardoor minder van invloed is op de bovenste meter van de bodem.

Dicht bij de vloedlijn van het Markiezaatsmeer (meetlocaties A4, B7 en C5) vinden we (vooral dieper in het profiel) lagere EGV-waarden dan in de zone die gedomineerd wordt door halofyten. Een mogelijke verklaring is dat in deze inundatiezones meer waterbewegingen plaatsvinden en daarmee meer afvoer van zout optreedt. In transect B lijkt daarnaast sprake van aanvoer van zoet grondwater afkomstig uit de Brabantse wal. Dit wordt ondersteund door de aanwezigheid van de kwelindicator waterviolier op deze locatie. Vooral bij de vloedlijn (waar de waterdruk van het Markiezaatsmeer het meest aanwezig is) komt de zoete kwel vermoedelijk het makkelijkst aan het maaiveld. Door dit watertransport wordt niet alleen zoet water aangevoerd, maar wordt tevens makkelijker zout water afgevoerd. Dit kan de relatief lage EGV-waarden bij meetlocatie B7 verklaren.

Wanneer men vanaf de vloedlijn landinwaarts gaat dan ziet men in eerste instantie dus al snel een toename in het zoutgehalte in bodem en grondwater. Het is opvallend dat op een relatief korte afstand vanaf de vloedlijn brak grondwater in de ondergrond voorkomt dat aanmerkelijk zouter is dan het water in het Markiezaatsmeer. Er is hier dus nauwelijks sprake van laterale indringing van licht brak water uit het meer. Het voorkomen van zout/brak water lijkt hier dan ook relatief stabiel. Naast de geringe invloed van laterale indringing vanuit het Markiezaatsmeer, is er namelijk ook geen sprake van sterke drainage of van uitspoeling van zout via regenwater naar het grondwater (het regenwater kan immers niet ver de bodem indringen door de hoge grondwaterstanden). Verder landinwaarts is de uitspoeling van zout naar het grondwater wel mogelijk omdat de grondwaterstand hier dieper liggen. Door het stabiele voorkomen van zout/brak grondwater kunnen in de natte zones rondom het Markiezaatsmeer zich al 35 jaar lang plantensoorten handhaven die kenmerkend zijn voor een brak milieu, terwijl het meer zelf al sterk verzoet is.

4.3.4 Toekomstperspectief zoet-zout overgangen in een zoet scenario

Röling (1994) beschrijft de ontwikkelingen in hydrologie, bodem en vegetatie in het gebied in de periode na de afsluiting van de Oosterschelde, inclusief de ontzilting van de bodem en de verzoeting van het oppervlaktewater. Als gevolg van de afsluiting traden er vele veranderingen op in de bodem. Het proces van fysische rijping zorgde ervoor dat een aanvankelijk slap, kleiig sediment veranderde in een steviger bodem door wateronttrekking als gevolg van drainage, verdamping en vegetatieontwikkeling. De structuur van de grond veranderde en door het bodemleven verdween de oorspronkelijke gelaagdheid. Op basis van de waarnemingen die Röling (1994) heeft beschreven voor de eerste 10 jaar na afsluiting van de Oosterschelde en de huidige toestand die is waargenomen in het Markiezaatsmeer, wordt in deze paragraaf een inschatting gemaakt van het toekomstperspectief (aankomende 20 jaar) van de zoet-zout overgangen in het Markiezaatsmeer in een zoet scenario.

Ontzilting van de bodem

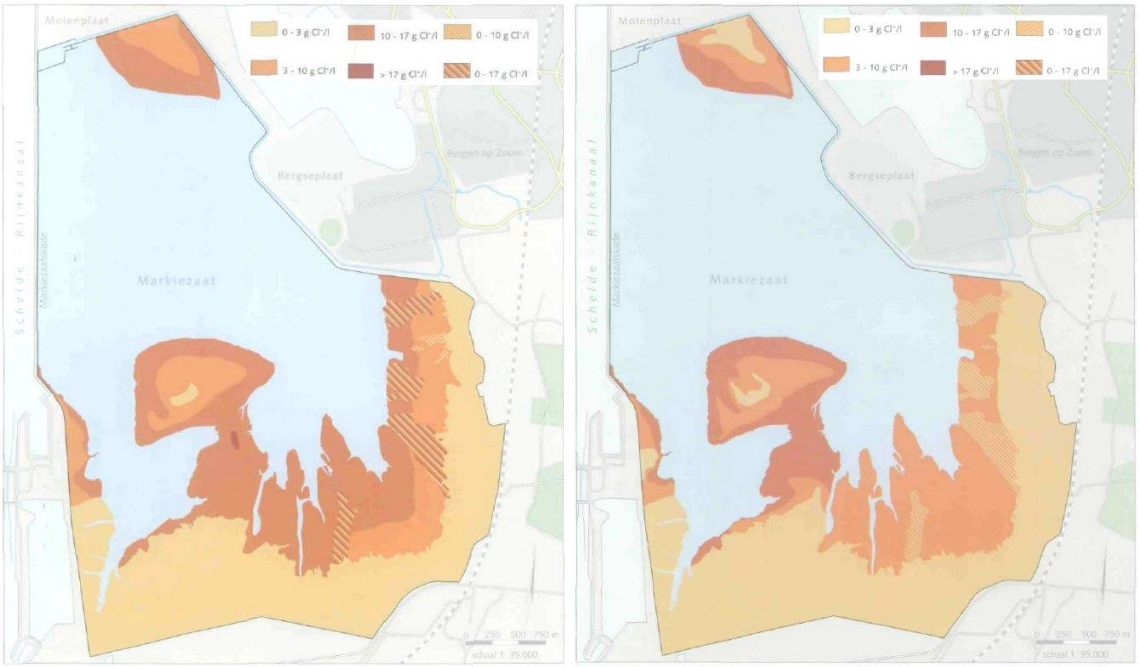
Kort na de afsluiting van de Oosterschelde was de Cl-concentratie in het grondwater nabij het ontstane Markiezaatsmeer net zo hoog als in het eerder overspoelende zeewater (15.000 tot 16.000 mg/l; Röling 1994). Ontzilting trad op als gevolg van het indringen van regenwater in de bodem. Dit trad vooral op locaties op waar het regenwater diep kon indringen, namelijk in gebieden met lage grondwaterstanden in de winter. Op natte gronden, waar de grondwaterstand in de winter nabij of boven het maaiveld staat, kan immers minder/geen infiltratie van regenwater optreden. Hier kan de ontzilting alleen via diffusie optreden. Dit proces verloopt echter langzaam, en zal nog trager worden naar mate het verschil in concentratie tussen het water op en in de bodem kleiner wordt. Röling (1994) sprak daarom al de verwachting uit dat op dergelijke plekken het grondwater lang brak/zout zou blijven, waarbij de dynamiek van de grondwaterstand dus zou bepalen welke locaties langdurig brak tot zout zouden blijven. Factoren die een belangrijke rol spelen voor de dynamiek van de grondwaterstand zijn: de hoogteligging, de helling van het maaiveld, de afstand naar kreken of open water en de doorlatendheid van de grond, en dus de bodemopbouw.

Naast de regenwaterinvloed speelde zoete kwel vanuit de hoger gelegen Brabantse Wal ook een rol in de ontzilting, met name in de oostelijke schorren (Röling 1994). Op kwelplekken met zoete kwel vanuit de Brabantse wal kan zoet water in de ondergrond het zoute water naar boven toe wegdrukken. Hoe sterker de overdruk en hoe beter doorlatend de grond, des te sneller zal deze vorm van ontzilting zijn verlopen. Een geringe kweldruk kan echter de infiltratie van regenwater tegenhouden waardoor juist ontzilting wordt tegengegaan. Welke van deze twee effecten op een bepaalde plek doorslaggevend is, hangt af van de omstandigheden (Slager & Visser 1990; Groen 1991; Groen et al. 1991; Slager 1993). Door de grote verschillen in hoogteligging en bodemopbouw binnen het Markiezaat zijn verschillen te verwachten in kwelintensiteit en daarmee in ontziltingssnelheden.

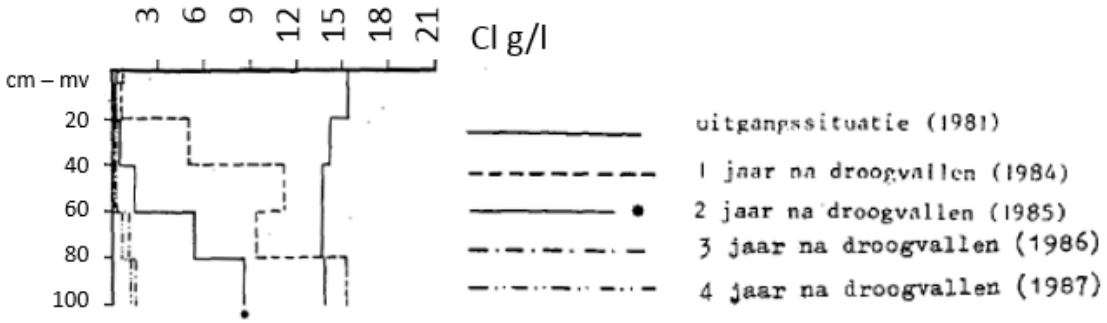
De ontzilting rondom het Markiezaatsmeer is de eerste 10 jaar na de afsluiting van de Oosterschelde nauwkeurig gevolgd (Röling 1994). Het ruimtelijk beeld van de Cl-concentraties in de topbodem is voor het gehele gebied bepaald in 1986 en 1992. Gedurende deze metingen zijn op alle plekken waar de grondwaterstand werd gemeten grondmonsters genomen van de laag 0 - 0,2 m (Afbeelding 4.5). Op basis van deze metingen kwam Röling (1994) tot de volgende conclusies omtrent de ontzilting:

- op de hoog liggende schorren is de ontzilting vanaf het begin vrij snel verlopen. Al in 1986 was bijna overal de Cl-concentratie in de bovenste meter van het profiel lager dan 1.000 mg/l (Afbeelding 4.6);
- op de schorren in het zuidoosten blijft de grondwaterstand vrij ondiep, waarschijnlijk als gevolg van enige overdruk in de ondergrond. De ontzilting naar de diepte verloopt hier langzamer;
- in het voorjaar van 1992 is op de zuidelijke schorren ten noorden van de Hogerwaardpolder aanvullend onderzoek verricht naar de ontziltingsdiepte (Röling 1994). Uit dat onderzoek bleek dat zich op een diepte van circa 3 m beneden maaiveld een zware ondoorlatende kleilaag bevond waarop zout water bleef staan. In de laag boven de klei zat nog veel zout in het grondwater dat in droge periodes, door capillair transport, mogelijk nog van invloed kon zijn op de vegetatie;
- de kreken in het zuiden waren nog tamelijk zout in het voorjaar van 1992 (Röling 1994). Door overdruk werden de kreken gevoed met nog aanwezig zout grondwater onder de kreekbodem. Röling (1994) gaf aan dat in de diepe kreken het zout nog heel lang een grote rol zou blijven spelen;
- op de slikken is duidelijk ontzilting opgetreden tussen 1986 en 1992 (Afbeelding 4.5), maar deze slikken bevatten in 1992 nog grotendeels brakke kenmerken. Röling spreekt de verachting uit dat de slikken langzaam minder zout zullen worden, maar dat een brakke situatie nog heel lang zal blijven.

Afbeelding 4.2 Cl-concentraties in de bovenste 20 cm van de bodem in maart 1986 en 1992 (Röling 1994)



Afbeelding 4.3 Ontzilting van de bovenste 100 cm van de bodem in een hoog liggende schor in de eerste 4 jaren na afsluiting van het Markiezaatsmeer van de Oosterschelde (Slager & Fluit 1989)



De recente veldresultaten van de EGV (paragraaf 4.3.3) zijn consistent met de verwachting van Röling (1994) dat de ontzilting op de slikken langzaam zou doorzetten maar dat de brakke situatie nog heel lang zou blijven. Ons veldbezoek, dat 25 jaar na de laatste veldbezoeken van Röling (1994) heeft plaatsgevonden, laat zien dat er nog steeds brakke standplaatsen aanwezig zijn. Dergelijke locaties treffen we aan in een zone met hoge grondwaterstanden nabij de oeverlijn van het Markiezaatsmeer, maar ook op de natte gronden in de kreek op de zuidelijke schorren (Afbeelding 4.7). Op basis van oude en recente foto's bestaat wel de indruk dat de bedekking van zeekraal, en dus het aandeel aan brakke standplaatsen, is afgenomen.

Afbeelding 4.4 Zeekraal in de kreek op de zuidelijke middenschor in 2017

Vegetatie

In de periode dat het Markiezaat nog deel uitmaakte van de Oosterschelde waren de slikken kaal tot schaars begroeid met zoutminnende en halofytische vegetatie. Ook op een groot deel van de schorren was zoutminnende en halofytische vegetatie aanwezig. Alleen op de hoogste delen kwam vegetatie met grove grassen voor (Janssen & Wegerif 1983). Kort na de afsluiting kwam op de schorren een ruigtevegetatie tot ontwikkeling met distels en wilgenroosjes. In de loop der jaren is de ruigte bijna verdwenen en zijn grassen als duinriet en strandkweek steeds meer toegenomen op de schorren. Voorts kwamen ook wilgen en andere houtige gewassen tot ontwikkeling op de schorren (Röling 1994).

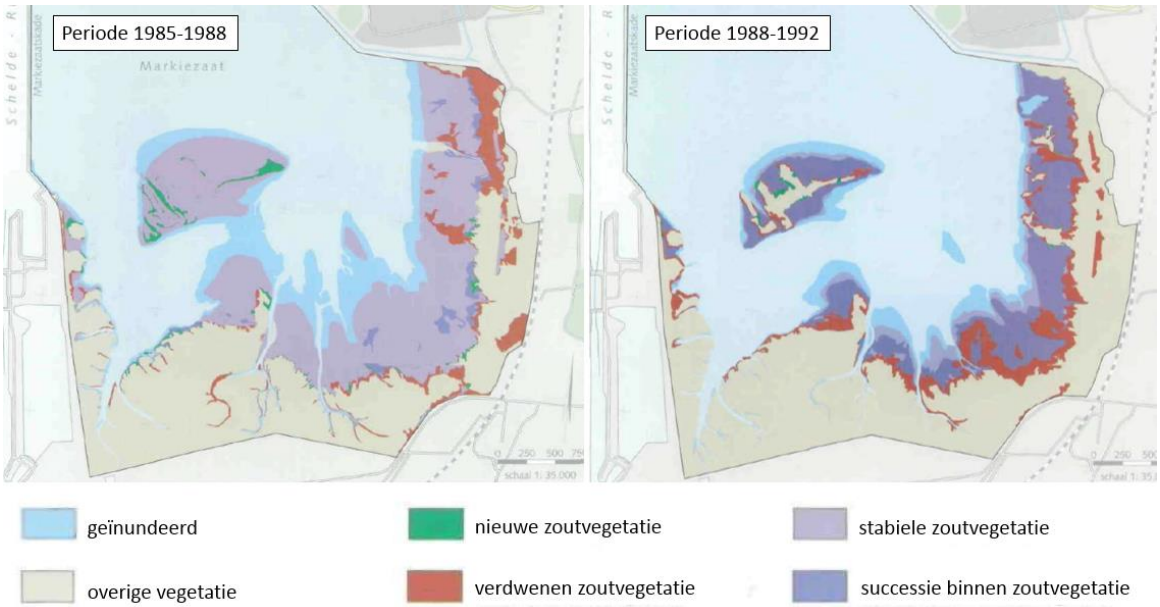
In 1985, 1988 en 1992 zijn er op systematische wijze vegetatiekartering gemaakt van het drooggevallen deel van het Markiezaat. Globaal zijn de kaarteenheden in te delen in (voor beschrijvingen van de kaarteenheden wordt verwezen naar Bijlage II):

- **zoutminnende vegetaties met halofyten**: Deze groep (kaarteenheden *Kl, K2, K3,* G7) is afhankelijk van zoute tot brakke bodems. Vaak betreft het pioniersvegetaties *(Kl, K2)* met een lage bedekking. Ze kwamen tussen 1985 en 1992 voor op de natte, niet ontzilte slikken langs het water. Kenmerkende soorten zijn zeekraal en gerande schijnspurrie. Ook open en laag grasland (*G7*) hoort in deze groep met soorten als gewoon kweldergras en fioringras. Dit grasland stond op plaatsen die vaak al enigszins ontzilt waren, maar nog te zout waren voor andere vegetaties;

- **ruigtes**: Soorten als harig wilgenroosje, akkerdistel en grote brandnetel horen bij deze groep. Deze vegetaties (kaarteenheden *R, RH, RH1, GR, DR*) zijn gesloten, vaak hoog en hebben een grote biomassa. Op de kaarten is deze groep tussen 1985 en 1992 terug te vinden op de schorren;
- **grove grassen**: Het zijn lage tot middelhoge, ruige grasvegetaties met een hoge bedekking (kaarteenheden *D, D7, D2, DG, DG1, DG2, DH1 t/m DH6, DRH, MD*). Soms betreft het monotone vegetaties met vooral duinriet (*D*), er kunnen ook soorten als strandkweek en fioringras in voorkomen (*DG*). Ook de grove grassen staan op de kaarten van 1985, 1988 en 1992 vooral op de schorren;
- **grazige vegetatie**: Dit zijn graslandtypen met een korter grazig weilandachtig karakter dan de grove grassen met bijvoorbeeld fioringras, gewoon struisgras en Engels raaigras (kaarteenheden *G2, G3, GH*). Ze zijn op de kaarten van 1985, 1988 en 1992 hoofdzakelijk in het oosten van het gebied terug te vinden;
- **riet**: Vegetaties met veel Riet (kaarteenheid *Ph*) zijn apart onderscheiden en komen in 1988 en 1992 pleksgewijze op de oostelijke slikken voor;
- een aantal kaarteenheden heeft de toevoeging '/-/' gekregen voor de aanwezigheid van veelal jong en laag struweel. Röling (1994) gaf aan dat deze houtige soorten bij gelijkblijvend beheer in de toekomst nadrukkelijker aanwezig zouden zijn in het landschap. Het ging hoofdzakelijk om wilgen en vlier.

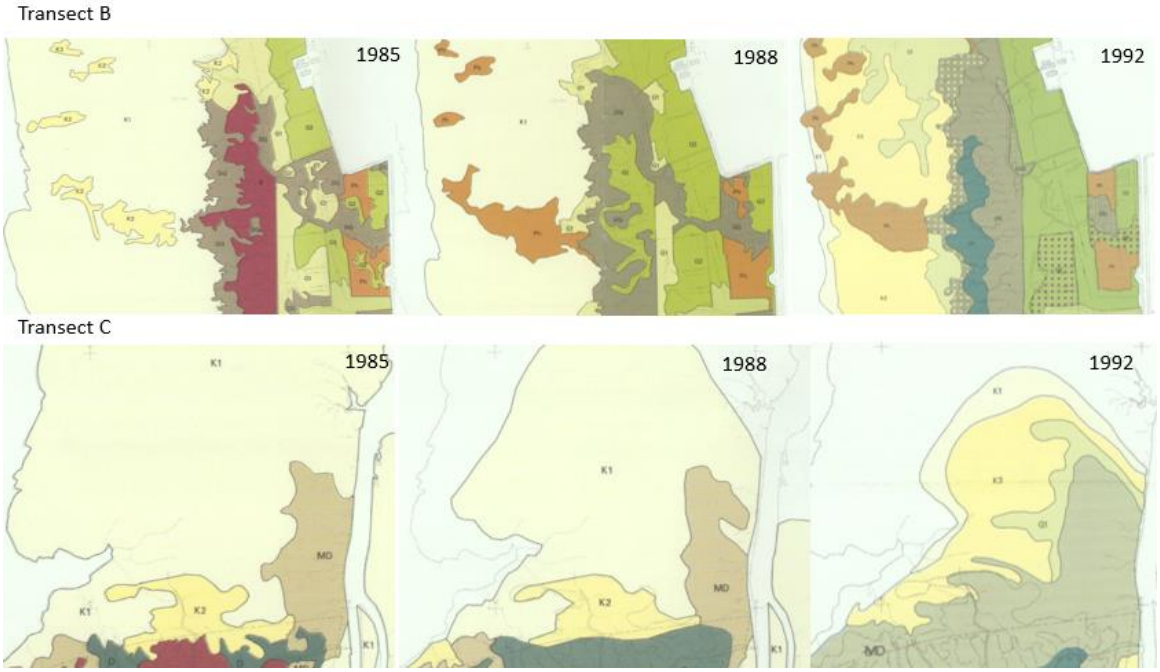
In 1985 was meer dan de helft van het Markiezaat begroeid met zoutminnende vegetatie en halofyten (Röling 1994). Deze vegetatie kwam bijna overal op de slikken voor, maar zelfs ook op delen van de schorren. Op de slikken kwamen ook wat grove grassen voor, maar de meeste grove grassen stonden op de schorren. De schorren waren echter hoofdzakelijk met ruigte begroeid. In 1988 is al een duidelijke afname van het aandeel zoutminnende vegetatie te zien (Afbeelding 4.8). Opvallend is ook de forse achteruitgang van ruigte op de schorren. Ze is vooral vervangen door grove grassen, een ontwikkeling die zich in 1992 verder heeft doorgezet. In 1992 zijn zoute pioniersvegetaties bijna verdwenen. Waar nog zoutminnende vegetatie voorkomt, betreft het hoofdzakelijk zilt grasland. Ook de ruigte is bijna verdwenen. De grove grassen hebben steeds meer de overhand gekregen.

Afbeelding 4.8 Verschilsituaties in de vegetatie van het Markiezaat in de periode 1985-1988 en 1988-1992



Uit de vegetatiekarteringen is op te maken dat de zoutminnende vegetatie met halofyten (*K1*) al in 1992 is teruggedrongen tot een smalle zone rondom de oeverzone van het meer. In Afbeelding 4.9 zijn voorbeelden hiervan te zien op de locaties waar wij in 2017 transecten B en C hebben neergelegd. De smalle zone van zoutminnende vegetatie met halofyten is ook in 2017 aangetroffen. Achter deze vegetatiezone werd in 1992 een ruime zone gevonden met grasland en soorten die kenmerkend zijn voor brakke standplaatsen (*K2*). Ook deze zone is in 2017 aangetroffen, alhoewel er geen goed overzicht is van de totale omvang van de huidige zone. Het is dan ook onduidelijk hoe de huidige zone zich verhoudt ten opzichte van de situatie in 1992.

Afbeelding 4.9 Vegetatiekartering van transect B en transect C in de jaren 1985, 1988 en 1992. Voor de legenda wordt verwezen naar Bijlage II



Toekomstperspectief in een zoet scenario

Bij voortzetting van het huidige waterbeheer zal de langzame ontzilting in de kwelderzones als gevolg van uitspoeling vermoedelijk door blijven gaan, maar de verwachting is dat brakke soorten zich nog lange tijd kunnen handhaven op de plekken waar ze nu voorkomen. Op basis van de reeds beschikbare gegevens is het echter onmogelijk om deze verzoetingssnelheid te kwantificeren. Er wordt sterk aangeraden om een monitoringsprogramma op te zetten, waarin zowel vegetatief als biogeochemisch gemonitord wordt hoe snel de verzoeting daadwerkelijk verloopt. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de vegetatiekartering die afgelopen jaar is uitgevoerd en kunnen de gradiëntmetingen uit dit onderzoek verder worden uitgebreid. De eerste stap zou zijn om een monitoringsplan op te stellen. Op basis van de monitoring zal meer begrip ontstaan en kan op het juiste moment worden bijgestuurd.

4.4 Aanbevolen maatregelen en geraamde kosten

Voor de meeste Natura 2000-doelstellingen onder de huidige zoete (of eigenlijk zwak brakke) condities heeft helder water weinig meerwaarde boven troebel water. Voor zichtjagers, zoals fuut en geoorde fuut, en verschillende duikeenden is een helder watersysteem wel voordelig en ook de lepelaar zou er vermoedelijk licht van profiteren, maar voor de meeste andere Natura 2000-soorten heeft een helder watersysteem vermoedelijk weinig meerwaarde. Dit gebrek aan meerwaarde voor veel vogelsoorten en de zeer lastige tot onmogelijke opgave om het meer helder te maken, leiden er toe dat in dit scenario geen maatregelen worden aanbevolen die focussen op een verbetering van het lichtklimaat.

In plaats daarvan adviseren wij te focussen op een maatregel die de habitatcondities voor vogels duurzaam verbetert onder de huidige zoete condities. Voor broedende steltlopers is het van belang dat de waterstand in het voorjaar snel genoeg uitzakt (wat nu in sommige jaren niet goed mogelijk is) en vervolgens niet te veel stijgt gedurende het voorjaar. Dit levert namelijk kale pioniersgronden op die onder andere bontbekplevier en strandplevier kunnen gebruiken als broedhabitat. Hierbij dient wel vermeld te worden dat de zones aan het vasteland gevoelig blijven voor predatie. Om de voorgestelde snellere peildaling in het voorjaar te kunnen bewerkstelligen zal de huidige ondergedimensioneerde stuw moeten worden vervangen. De kosten voor deze stuw moeten nog geraamd worden.

Tenslotte raden we sterk aan om een monitoringsprogramma op te zetten, waarin zowel vegetatief als biogeochemisch gemonitord wordt hoe snel de verzoeting in het gebied daadwerkelijk verloopt. Hierbij kan informatie uit de vegetatiekartering van afgelopen jaar worden gebruikt. Deze kartering dient om de 10 jaar te worden herhaald op exact dezelfde locatie om eventuele veranderingen waar te nemen. Daarnaast dienen de gradiëntmetingen uit dit onderzoek verder te worden uitgebreid door op exact dezelfde locatie bodemvochtmonsters op verschillende diepten te nemen en hierin naast de EGV en pH ook de concentraties aan Cl, SO_4 Ca, Mg, Fe, Al, P, NH_4 en NO_3 te meten. Er wordt geadviseerd om deze uitgebreidere metingen zo snel mogelijk uit te voeren (als ware het een nulmeting) en deze metingen dan vervolgens om de 5 jaar te herhalen. De eerste stap zou zijn om dit in een monitoringsplan te zetten, zodat de monitoring consequent kan worden uitgevoerd. Als er uitgegaan wordt van een werkingstermijn van 10 of 40 jaar worden de kosten voor de monitoring geraamd op circa EUR 4.000,-- per jaar (inclusief omzetbelasting).

4.5 Te verwachten biologische toestand

4.5.1 Fytoplankton

Uit KRW-metingen die de afgelopen 10 jaar zijn uitgevoerd blijkt dat er in het voorjaar en de zomer vaak algenbloeien optreden die grotendeels veroorzaakt worden door kleine blauwalgen, waarvan vooralsnog in de wetenschap wordt uitgegaan dat ze geen toxines kunnen produceren (Witteveen+Bos 2016b). Hoewel de toekomstige algensamenstelling onmogelijk kan worden vastgesteld met een model, mag worden aangenomen dat bij voortzetting van de huidige licht brakke condities en het huidige beheer algenbloeien in het groeiseizoen zullen blijven voorkomen in het Markiezaatsmeer. Vermoedelijk zullen deze bloeien blijven bestaan uit kleine blauwalgen die geen toxines produceren, maar het is zeker niet uit te sluiten dat er onder ongunstige condities ook af en toe bloeien van toxineproducerende blauwalgen gaan optreden.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.1.4 van Witteveen+Bos (2016a).

4.5.2 Aquatische vegetatie

Een zoet Markiezaatsmeer zal vermoedelijk troebel blijven. Er zal lokaal sprake zijn van ontwikkeling van waterplanten, waarbij gedacht moet worden aan soorten als snavelruppia, schedefonteinkruid, zannichellia en wat kranswiersoorten. Deze waterplanten zullen vooral voorkomen langs de ondiepe randzones van het Markiezaatsmeer waar het doorzicht toch nog voldoende is ondanks de troebelheid van het meer.

Bovenstaande beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.1.4 van Witteveen+Bos (2016a).

4.5.3 Terrestrische (oever)vegetatie

De toekomstverwachtingen die Röling (1994) destijds had, zijn deels uitgekomen. Zij verwachtte dat het open landschap op de oostelijke schorren en slikken zou verdwijnen, waarbij riet en vooral duinriet de vegetatie een steeds ruiger aanzien zouden geven. Dit is niet uitgekomen. In het veld is wel wilgenstruweel en riet aanwezig, maar de arealen zijn beperkt van omvang en het landschap is nog steeds overwegend open door de relatief hoge (jaarrond) graasdruk. Deze ontwikkeling komt overeen met het Lauwersmeer, waarbij na vele jaren afsluiting slechts sprake is van verspreide solitaire bomen en van struweeleilandjes. Op de zuidelijke schorren heeft zich wel in een deel van het gebied wilgenbos ontwikkeld.

Kort na de afsluiting van de Oosterschelde is een snelle ontzilting en afname van zoute standplaatsen opgetreden in het Markiezaatsmeer, maar planten die kenmerkend zijn voor brakke standplaatsen hebben zich nog steeds gehandhaafd op locaties waar het zout in de ondergrond moeilijk kon uitspoelen. Dergelijke locaties bevinden zich vooral nabij de oeverzone rondom het Markiezaatsmeer. Bij een ongewijzigd hydrologisch regime zal de verdere ontzilting onder invloed van diffusie traag verlopen, waardoor verwacht wordt dat de soorten zich hier nog vele tientallen jaren kunnen handhaven.

De huidige rietzones langs de oevers zullen ook blijven bestaan, maar zonder aanvullende maatregelen zullen deze zones zich waarschijnlijk niet snel kunnen uitbreiden als gevolg van vraat door ganzen en/of vee.

In Tabel 4.2 is een verwachting gegeven van het effect van het scenario voor een selectie van aandachtsoorten in de komende decennia. De verwachting is gebaseerd op een veronderstelde verandering in abiotische omstandigheden, de ecologische voorkeur van de afzonderlijke soorten en hun huidig voorkomen. Er is alleen gekeken naar het effect van de waterhuishoudkundige ingreep. Door de trage verzoeting wordt er een lichte achteruitgang verwacht van soorten die kenmerkend zijn voor brakke standplaatsen en een lichte toename van soorten die kenmerkend zijn voor zoete standplaatsen.

Tabel 4.2 Verwachting van de vegetatieontwikkeling voor een selectie van aandachtsoorten in het Markiezaat (-- = sterke achteruitgang, - = achteruitgang, 0 = geen grote verandering, + = toename, ++ = sterke toename) bij voortzetting van het huidige beheer

CBSnr	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Zeldzaamheid	Toekomst
13	Agrimonia eupatoria	Gewone agrimonie	a	+
76	Apium graveolens	Selderij	z	-
91	Armeria maritima	Engels gras	z	-
231	Carex extensa	Kwelderzegge	zz	-
256	Carex punctata	Stippelzegge	zzz	0
288	Centunculus minimus	Dwergbloem	zz	0
386	Cynosurus cristatus	Kamgras	a	+
461	Epipactis palustris	Moeraswespenorchis	z	0
558	Genista anglica	Stekelbrem	a	+
637	Hordeum secalinum	Veldgerst	a	+
685	Juncus maritimus	Zeerus	zz	-
713	Lathyrus nissolia	Graslathyrus	zz	0
857	Nardus stricta	Borstelgras	a	+
870	Oenanthe lachenalii	Zilt torkruid	zz	-
877	Ononis repens subsp. spinosa	Kattendoorn	a	+
880	Ophrys apifera	Bijenorchis	z	0
963	Polygala vulgaris	Gewone vleugeltjesbloem	z	0
1107	Ruppia maritima	Snavelruppia	zz	-
1111	Sagina nodosa	Sierlijke vetmuur	z	-
1290	Torilis nodosa	Knopig doornzaad	z	0
1308	Trifolium striatum	Gestreepte klaver	zz	0
1312	Trisetum flavescens	Goudhaver	a	+
6079	Blackstonia	Bitterling (G)	z	0

4.5.4 Bodemfauna

Bij een schelpdierinventarisatie op potentieel kansrijke locaties in het voorjaar van 2013 zijn nul schelpdieren gevonden in het Markiezaatsmeer (Lambregts van de Clundert 2013). Tijdens macrofauna bemonsteringen voor de KRW in 1995, 2002, 2005, 2008 en 2011 is ook maar één keer een driehoeksmossel aangetroffen. Vermoedelijk is er voldoende goed substraat in het meer aanwezig, maar zorgt de geïsoleerde ligging van het meer er voor dat er geen larven worden aangevoerd vanuit het Volkerak-Zoommeer (waar de mosselen sinds 2008 veelvuldig voorkomen). Zonder aanvullende maatregelen zullen er op termijn dan ook waarschijnlijk geen grootschalige mosselbanken in het Markiezaatsmeer gaan voorkomen.

4.5.5 Vissen

In een afgesloten licht brak Markiezaatsmeer, waar de Cl-concentraties rond de 600 mg/l blijft hangen, werd de vissamenstelling in 2016 gedomineerd door brasem en snoekbaars (Tabel 4.3), waarbij het opvallend is dat er met name grote snoekbaarzen voorkomen en dat brasem in alle gewichtsklassen voorkomt in het

Markiezaatsmeer en dat er veel jonge brasems zijn. Onder de huidige troebele condities zal de dominantie van brasem vermoedelijk verder toenemen. Bij de huidige Cl-concentratie wordt de reproductie van brasem niet meer geremd en kunnen individuen groot worden. De brasem'explosie' die Witteveen+Bos (2016a) al voorspelde, is dus daadwerkelijk opgetreden. Hoewel de draagkracht van het Markiezaatsmeer niet exact bekend is, is het een zeer reële optie dat de brasembiomassa kan oplopen tot circa 400 kg/ha (een hoeveelheid die rond 2000 werd waargenomen in de Binnenschelde). Vermoedelijk zal de brasembiomassa in het Markiezaatsmeer zonder verder ingrijpen ook op een hoog niveau blijven (en niet verminderen, zoals in de Binnenschelde), omdat het Markiezaatsmeer minder snel en ver verzoet dan de Binnenschelde als gevolg van de kwelinvloed in het Markiezaatsmeer.

Tabel 4.3 Visstand (kg/ha) in het Markiezaatsmeer in 2016 (0,0 is minder dan 0,05 kg/ha; - = niet aangetroffen)

Gilde	Vissoort	Totaal	0-15 cm	16-25 cm	26-40 cm	> 41 cm
Eurytoop	Paling	14,3	0,0	0,5	6,2	7,6
	Baars	0,8	0,0	0,1	0,6	0,1
	Blankvoorn	0,9	0,1	0,3	0,5	-
	Brasem	125,5	16,4	10,4	35,7	63,0
	Giebel	0,9	-	0,0	0,6	0,3
	Hybride	6,5	0,8	3,5	1,8	0,4
	Karper	0,8	-	-	-	0,8
	Kolblei	0,1	0,1	0,0	0,0	-
	Snoekbaars	34,8	0,1	2,3	4,5	28,0
	Snoek	0,0	-	0,0	0,0	0,0
Limnofiel	Rietvoorn/ruisvoorn	0,8	0,0	0,1	0,7	-
Exoot	Zwartbekgondel	0,1	0,1	-	-	-
Totaal		**185,6**				

4.5.6 Vogelstand

Aangezien het Markiezaatsmeer als vogelrichtlijngebied is aangewezen, is besloten om de vogelstand in het meer nauwkeurig te analyseren. Voordat ingegaan wordt op de toekomstige (te verwachten) toestand in een zoet scenario wordt daarom eerst ingegaan op de trends die de verschillende vogels hebben laten zien in de afgelopen 35 jaar en wordt ingegaan op de oorzaken van deze trends. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende vogelgroepen, zoals ganzen, duikende eenden, grondeleenden en futen. Niet alleen de habitatsoorten zijn meegenomen, maar ook soorten die zijn aangewezen in het Uitvoeringsprogramma Biodiversiteit en Leefgebieden als provinciale biodiversiteitsdoelen en overige indicatieve soorten. De resultaten zijn gebaseerd op figuren en tabellen die worden afgebeeld in de volgende bijlagen:

- bijlage I: scatterplots van de soortaantallen, waaruit blijkt of er een significante trend is sinds 1983 en of deze trend lijkt op de landelijke en Deltabrede trend. In Tabel 4.4 wordt voor de watervogels samengevat wat de trend sinds 1983 is en hoe die zich verhoudt ten opzichte van de trend in de Zuidwestelijk Delta. Een algemeen beeld wat hieruit volgt, is dat soorten die in het Markiezaatsmeer zijn toegenomen ook in de Zuidwestelijke Delta zijn toegenomen, maar dat er behoorlijk wat soorten zijn die in de Zuidwestelijke Delta wel zijn toegenomen terwijl dat in het Markiezaatsmeer niet het geval is.
- bijlage III: een weergave van de uitkomsten van de multiple regressie, waaruit blijkt welke factoren een verklarende factor lijken te zijn voor de waargenomen ontwikkeling in het Markiezaatsmeer tussen 1983 en 2017.

Tabel 4.4 Trend van watervogels in het Markiezaatsmeer en de Zuidwestelijke Delta. Voor het Markiezaatsmeer is uitgegaan van een lineaire regressieanalyse, terwijl bij de Zuidwestelijk Delta is uitgegaan van een regressieanalyse die eerder is uitgevoerd door van der Winden et al. (2017). rode pijl = significante daling, groene pijl = significante stijging, oranje pijl = constant gebleven

	Naam	Markiezaatsmeer vanaf 1985	Delta vanaf 1987
grondeleenden	Wilde eend	↓	→
	Smient	↓	→
	Krakeend	↑	↑
	Pijlstaart	→	→
	Slobeend	→	↑
	Wintertaling	→	→
	Zomertaling	→	
duikende eenden	Tafeleend	↑	↑
	Krooneend	↑	↑
	Rosse stekelstaart	↑	
	Middelste zaagbek	↓	↑
	Brilduiker	↓	↓
	Kuifeend	↓	→
ganzen	Rotgans	↓	↑
	Bergeend	↓	↑
	Grote Canadese gans	↑	↑
	Brandgans	↑	↑
	Nijlgans	↑	↑
	Grauwe gans	↑	↑
	Kolgans	→	↑
zwanen	Knobbelzwaan	→	→
	Kleine zwaan	↑	→
reigers	Blauwe reiger	→	↑
	Grote zilverreiger	↑	↑
	Kleine zilverreiger	→	↑
futen & meerkoet	Fuut	↓	↓
	Dodaars	→	→
	GeoordeFuut	→	↑
	Meerkoet	→	↓
overige visetende vogels	*broed Lepelaar*	↑	↑
	Lepelaar	↑	↑
	Aalscholver	→	↑
	Visdief	↓	↑
steltlopers	Tureluur	↓	↓
	broed Strandplevier	↓	↓
	broed Kluut	↓	→
	Zwarte ruiter	↓	↓
	broed Bontbekplevier	↓	
	Rosse grutto	↓	→
	Scholekster	↓	↓
	Strandplevier	↓	↓
	Bonte strandloper	↓	→
	Zilverplevier	↓	→
	Kievit	↓	↑
	Witgat	→	→
	Kluut	↓	↓
	Kanoet	→	→
	Bontbekplevier	→	↓
	Groenpootruiter	↓	→
	Krombekstrandloper	→	↓
	Steenloper	↓	→
	Wulp	↓	↑
	Goudplevier	↓	→
	Grutto	→	→
	Kemphaan	→	
	Kleine plevier	↓	↑
	Kleine strandloper	→	
	Oeverloper	→	
	Watersnip	→	→

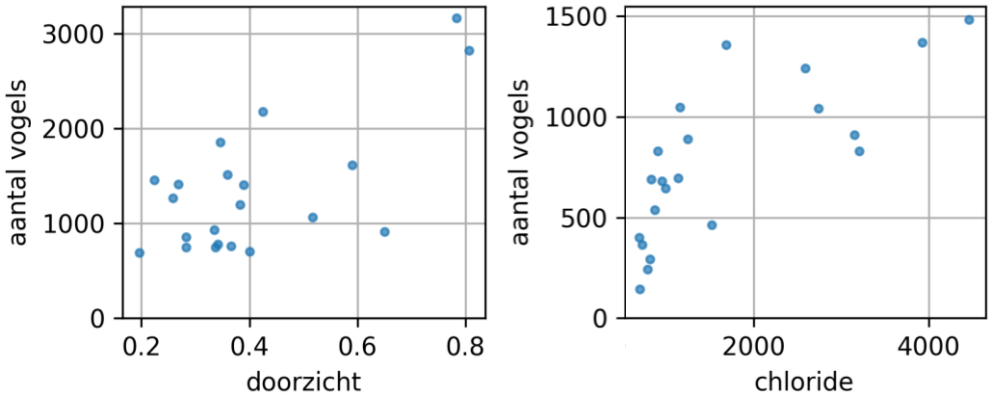
Trends van de vogelstand in de afgelopen 35 jaar

Grondeleenden

Het aantal smienten (N2000) en wilde eenden in het Markiezaatsmeer is duidelijk afgenomen in de afgelopen 35 jaar, terwijl hun aantallen zowel in Nederland als in de Zuidwestelijke Delta (van der Winden et al. 2017) zijn gestegen of constant zijn gebleven. Voor de smient geldt dat uit de multiple regressie blijkt dat de afname gecorreleerd lijkt te zijn met de afname in doorzicht in het Markiezaatsmeer (Afbeelding 4.10). Tot 1995 komen er behoorlijk veel smienten voor in het heldere Markiezaatsmeer. Vervolgens neemt het doorzicht sterk af van circa 80 cm naar 40 cm, en tegelijkertijd neemt het aantal smienten binnen enkele jaren af tot circa 1/3 van de eerdere populatie. Vermoedelijk is het beperktere voedselaanbod (waterplanten) in het troebele meer de oorzaak van de achteruitgang. Voor de wilde eend geldt dat uit de multiple regressie lijkt te volgen dat de afname (een decimering tussen 1983 en 2017) veroorzaakt wordt door een

afnemende Cl-concentratie in het oppervlaktewater (Afbeelding 4.10). Dit is vreemd want de wilde eend heeft een voorkeur voor zoete wateren. Het verband met de Cl-concentratie is dan ook vermoedelijk geen causale relatie. Een duidelijke oorzaak voor de afname van wilde eend kan dus niet worden gegeven.

Afbeelding 4.10 Het aantal smienten in afhankelijkheid van het doorzicht (m) in het Markiezaatsmeer (links) en het aantal wilde eenden in afhankelijkheid van de Cl-concentratie (mg/l) in het Markiezaatsmeer (rechts)



Niet alle grondeleenden nemen echter af in het Markiezaatsmeer. De aantallen van pijlstaart (N2000), slobeend (N2000), wintertaling (N2000) en zomertaling schommelen wat in het Markiezaatsmeer, maar laten geen dalende of stijgende trend zien sinds 1983. Tenslotte is de krakeend (N2000) net als in de rest van Nederland (van der Winden et al. 2017) toegenomen in het Markiezaatsmeer in de afgelopen decennia, waarbij er wel grote schommelingen van jaar tot jaar worden waargenomen.

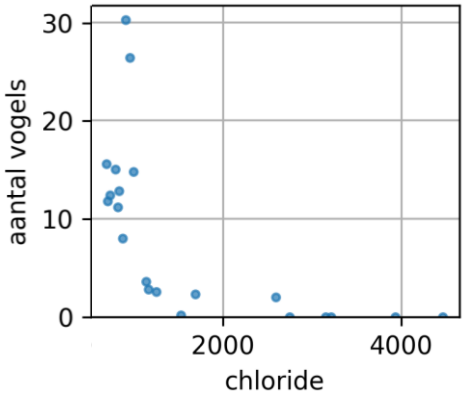
Duikende eenden

Het aantal tafeleenden (N2000) en krooneenden is in de afgelopen decennia zowel in het Markiezaatsmeer als in de Zuidwestelijke Delta (van der Winden et al. 2017) significant toegenomen, waarbij voor de krooneend geldt dat er ook sprake is van een landelijke toename. In het Markiezaatsmeer kwamen deze soorten niet voor tot 1995 (tafeleend) en 2005 (krooneend). Voor de tafeleend, die zowel landelijk als internationaal een zorgwekkende afname laten zien (Fox et al. 2016), is het opvallend dat er (redelijk) veel individuen voorkomen tussen 1998 en 2014, maar dat er de laatste jaren een afname lijkt te zijn. Mogelijk komt de afname in de laatste jaren door de verdere verslechtering van het doorzicht in het Markiezaatsmeer in de afgelopen jaren van circa 40 cm rond 2010 naar circa 25 cm in 2014. De rosse stekelstaart (een exoot uit Noord-Amerika, die ongewenst is vanwege menging met de inheemse en zeldzame witkopeend) komt net als de tafeleend en krooneend pas sinds eind jaren ’90 van de vorige eeuw (1998) voor in het Markiezaatsmeer en is sindsdien toegenomen. Dit valt samen met de landelijke stijging van de rosse stekelstaart (NB. Dit kon niet statistisch worden bewezen in de multiple regressie, omdat de landelijke gegevens voor deze soort niet openbaar toegankelijk zijn). Het lijkt er daarbij op dat de rosse stekelstaart het vooral goed doet wanner de Cl-concentratie lager is dan 1.000 mg/l (Afbeelding 4.11).

Drie andere duikende eenden laten in tegenstelling tot bovengenoemde soorten een dalende trend zien in het Markiezaatsmeer, te weten de kuifeend en de visetende brilduiker en middelste zaagbek. Voor brilduiker geldt dat de soort ook landelijk en in de Zuidwestelijke Delta (wat echt een kerngebied is voor deze soort) een dalende trend laat zien vanaf eind jaren ’90 van de vorige eeuw (van der Winden et al. 2017). De exacte oorzaak van deze landelijke afname is niet bekend, maar is mogelijk veroorzaakt door een verandering van het voedselaanbod (van der Winden et al. 2017). Het is opvallend dat het aantal brilduikers in het Markiezaatsmeer sterk gedaald is sinds 2012. Vermoedelijk komt dit door verdere verslechtering van het doorzicht in het Markiezaatsmeer rond 2012, waardoor deze vis- en planteneter (Heunks et al. 2016) zijn voedsel niet goed meer kan vinden. Voor de visetende middelste zaagbek, waarvan vrijwel de gehele Nederlandse populatie voorkomt in de Zuidwestelijke Delta, geldt dat soort sinds circa 1995 (op een kleine opleving na) eigenlijk vrijwel niet meer wordt waargenomen in het verzoetende Markiezaatsmeer, terwijl de soort in de Zuidwestelijke Delta is toegenomen (van der Winden et al. 2017). Voor 1995 was deze “zoute”

vogel wel regelmatig te zien in het zoutere Markiezaatsmeer. Overigens is het Markiezaatsmeer wel een belangrijke slaapplaats voor circa 1.500 middelste zaagbekken en honderden brilduikers (van der Winden et al. 2017), maar deze vogels worden niet meegenomen in bovenstaande tellingen.

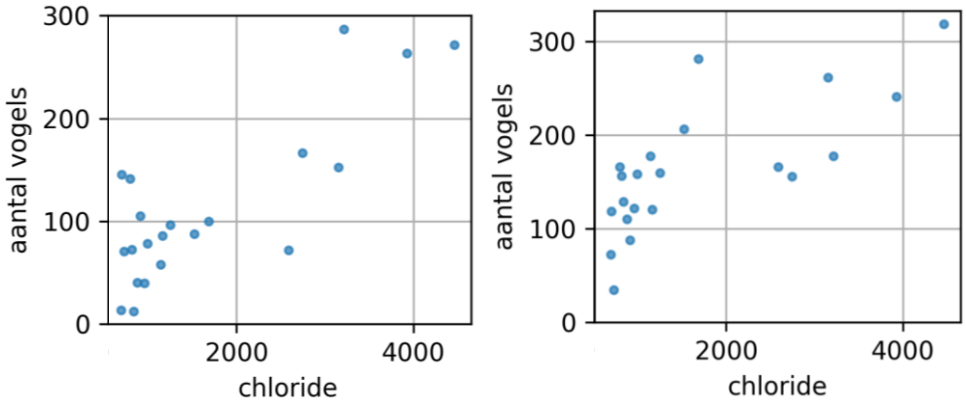
Afbeelding 4.11 Aantal rosse stekelstaarten in afhankelijkheid van de Cl-concentratie (mg/l) in het Markiezaatsmeer



Ganzen

Voor de grote Canadese gans, nijlgans, brandgans (N2000), en grauwe gans (N2000) geldt dat de trend net als in de rest van Nederland stijgend is in het Markiezaatsmeer, waarbij het aantal grauwe ganzen in het Markiezaatsmeer en de Zuidwestelijke Delta het laatste decennium ongeveer constant blijft terwijl er landelijk gezien nog steeds een stijgende trend is. Niet alle ganzensoorten in het Markiezaatsmeer volgen echter de landelijke stijgende trend. De bergeend (N2000) en rotgans zijn sinds 1983 duidelijk afgenomen in het Markiezaatsmeer, terwijl deze soorten gedurende deze periode juist een stijgend trend laten zien in Nederland en de Zuidwestelijke Delta. Voor beide soorten geldt dat de Zuidwestelijke Delta een topgebied is (van der Winden et al. 2017), waarbij ze vooral veel voorkomen in brakke tot zoute milieus waar zij vooral waterplanten (rotgans) of invertebraten (bergeend) eten. De afname van beide soorten in het Markiezaatsmeer is dan ook waarschijnlijk veroorzaakt door de verzoeting van het meer (Afbeelding 4.12). Dit blijkt ook uit de multiple regressie. Tenslotte volgt de kolgans, waarvoor de Zuidwestelijke Delta een topgebied is (van der Winden et al. 2017), in het Markiezaatsmeer ook niet de stijgende landelijke en Deltabrede trend. De aantallen van deze soort zijn sinds 1983 ongeveer constant gebleven. Het is onduidelijk waarom de kolgans niet de landelijke trend volgt in het Markiezaatsmeer.

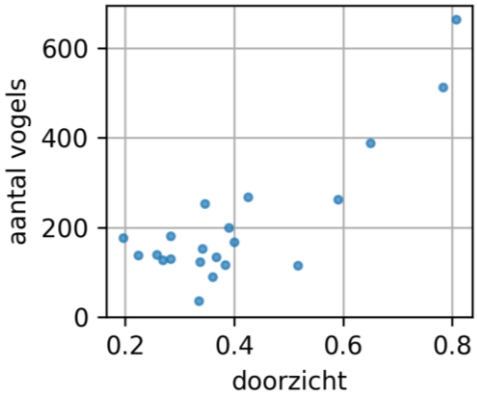
Afbeelding 4.12 Aantal rotganzen (links) en bergeenden (rechts) in afhankelijkheid van de Cl-concentratie (mg/l) in het Markiezaatsmeer



Zwanen

In het Markiezaatsmeer komen twee plantenetende zwanensoorten redelijk veel voor, te weten de kleine zwaan (N2000) en de knobbelzwaan (N2000). Het aantal kleine zwanen in het Markiezaatsmeer was tot 2000 erg laag en is sindsdien licht toegenomen, terwijl de landelijke trend en de trend in de Zuidwestelijke Delta negatief was gedurende deze periode (van der Winden et al. 2017). Uit de multiple regressie volgen geen duidelijke aanwijzingen die dit verschil tussen de landelijke daling en de stijging in het Markiezaatsmeer kunnen verklaren. Voor de knobbelzwaan geldt dat zowel in de Zuidwestelijke Delta (van der Winden et al. 2017) als in het Markiezaatsmeer geen significante trend wordt waargenomen vanaf 1983, terwijl de soort landelijk aan een opmars bezig is. Wat wel heel duidelijk zichtbaar is, is dat de knobbelzwaan begin jaren '90 van de vorige eeuw veel meer voorkwam. Toen was het water in het Markiezaatsmeer helder (Afbeelding 4.13). In de multiple regressie bleek het doorzicht in het Markiezaatsmeer dan ook de enige verklarende factor te zijn voor de aantalsontwikkeling van de knobbelzwaan in het Markiezaatsmeer.

Afbeelding 4.13 Aantal knobbelzwanen in afhankelijkheid van het doorzicht (m) in het Markiezaatsmeer



Reigers

Tot eind jaren '90 van de vorige eeuw was de blauwe reiger de enige reigersoort in het Markiezaatsmeer. Sinds 1983 is het aantal blauwe reigers ongeveer constant gebleven, waarbij het opvallend is dat de multiple regressie aangeeft dat het aantal blauwe reigers wat hoger is in jaren dat de P-belasting wat hoger is. Vanaf eind jaren '90 van de vorige eeuw komen er naast de blauwe reiger ook grote en kleine zilverreigers voor in het Markiezaatsmeer. De grote zilverreiger laat in het Markiezaatsmeer net als elders in Nederland en in de Zuidwestelijk Delta (van der Winden et al. 2017) een sterk stijgende trend zien: in het Markiezaatsmeer komt de grote zilverreiger tegenwoordig vrijwel net zo vaak voor als de blauwe reiger. De kleine zilverreiger volgt daarentegen niet de stijgende trend in de Zuidwestelijke Delta, dat een kerngebied van de kleine zilverreiger is in Nederland (van der Winden et al. 2017). De soort, die gevoelig is voor strenge winters, wordt slechts sporadisch aangetroffen in het Markiezaatsmeer. Het beperkt voorkomen van kleine zilverreigers in het meer kan op basis van de huidige gegevens niet makkelijk worden geduid, maar vermoedelijk wordt dit veroorzaakt door het troebele water en/of de zoete condities in het meer. Dit laatste komt ook overeen met waarnemingen van Hidde Bult, die aangeeft dat de kleine zilverreiger in de Zuidwestelijke Delta een sterke voorkeur heeft voor zout water.

Futen en meerkoet

Binnen deze groep van vogels zijn in het Markiezaatsmeer weinig significante veranderingen opgetreden in de afgelopen 35 jaar. De aantallen dodaarzen (N2000), geoorde futen (N2000) en meerkoeten (N2000) schommelt behoorlijk, maar is overall niet sterk veranderd. Het is daarbij opvallend dat de populatie van visetende dodaars en geoorde futen in het Markiezaatsmeer netjes de landelijke en regionale aantallen volgt tussen 1983 en circa 1998, waarbij het aantal dodaars gedurende deze periode sterk fluctueert en het aantal geoorde futen sterk toeneemt (van der Winden et al. 2017). Vanaf 2000-2001 blijft het aantal dodaars en geoorde futen zowel landelijk als in de Delta vrij hoog, terwijl er vanaf dat moment in het Markiezaatsmeer veel minder dodaars en geoorde futen worden waargenomen. Vermoedelijk komt dat door de verslechtering van het doorzicht vanaf die periode, waardoor beide visetende soorten problemen krijgen bij hun visjacht.

De enige fuutsoort die over de gehele periode tussen 1983 en 2017 wel een duidelijk trend laat zien in het Markiezaatsmeer is de visetende fuut. Sinds eind jaren '90 van de vorige eeuw is de populatie in het Markiezaatsmeer behoorlijk sterk afgenomen. Deze daling wordt niet alleen in het Markiezaatsmeer waargenomen, maar ook in de rest van de Zuidwestelijke Delta en Nederland (van der Winden et al. 2017). Het beperkte doorzicht in het Markiezaatsmeer helpt de populatie in het meer in ieder geval niet.

Overige visetende vogels (lepelaars, visdieven en aalscholvers)

Behalve de futen en reigers zijn er nog een aantal andere vogels in het Markiezaatsmeer die vissen op het hoofdmenu hebben staan, waarvan lepelaar (N2000), visdief en aalscholver (N2000) de meest voorkomende zijn. De lepelaar, waarvoor de Zuidwestelijke Delta een nationaal en internationaal topgebied is, is sinds de jaren '90 van de vorige eeuw zeer sterk toegenomen in de Zuidwestelijke Delta (van der Winden et al. 2017) en elders in Nederland. Ook in het Markiezaatsmeer is de lepelaar sindsdien zeer sterk toegenomen, niet alleen als foeragerende vogel maar ook als broedvogel op het zeer rustige en predatievrije eiland de Spuitkop. Hoewel lepelaars heldere watersystemen prefereren bij het foerageren, vormt de troebelheid van het Markiezaatsmeer niet een direct probleem voor lepelaars omdat zij al wadend in het ondiepe water op de tast vissen vangen. Het is wel van belang dat er voldoende ondiep water aanwezig is voor de voedselbeschikbaarheid (van der Winden et al. 2017). In het Markiezaatsmeer is dat momenteel ruim in orde. Voor de broedende lepelaars is het overigens zeer belangrijk dat de waterstanden in het voorjaar niet te hoog worden als gevolg van de beperkte uitlaatcapaciteit van de huidige stuw, omdat dit anders leidt tot wegspoelen en verdrinking van eieren zoals in 2016 is gebeurd (van der Winden et al. 2017).

In tegenstelling tot de lepelaar is de ontwikkeling van de visdiefpopulatie in het Markiezaatsmeer minder gunstig. De visdief kwam tot eind jaren '90 van de vorige eeuw regelmatig voor op het Markiezaatsmeer, maar sinds 2005 wordt de vogel vrijwel niet meer waargenomen terwijl de trend in de Zuidwestelijke Delta positief is. Het is niet geheel duidelijk waarom de visdief vrijwel is verdwenen uit het Markiezaatsmeer (uit de multiple regressie volgen geen verklarende factoren). Mogelijk komt dit door het beperkte doorzicht en/of een beperkte beschikbaarheid van kleine vissen in de bovenste waterlaag. Visdieven zijn voor hun voedsel namelijk erg afhankelijk van deze oppervlakkig zwemmende visjes (van der Winden te al. 2017).

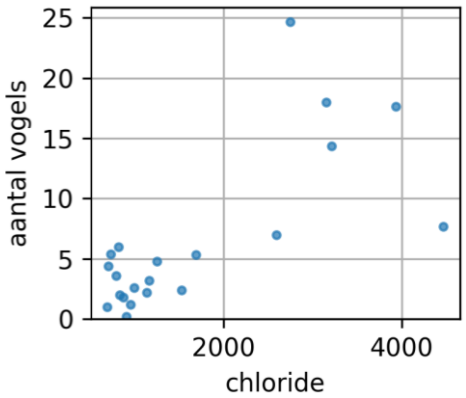
Tenslotte is het aantal aalscholvers in het Markiezaatsmeer sinds 1983 onderhevig aan behoorlijk schommelingen, die veelal samenhangen met landelijke trends. In de multiple regressie kwam de landelijk trend dan ook als enige verklarende factor naar voren voor het aantal aalscholvers in het Markiezaatsmeer. Het is zeer opvallend dat het aantal waargenomen aalscholvers in de afgelopen jaren (sinds 2012) heel erg laag is. Dit kan te maken hebben met de verdere verslechtering van het doorzicht sinds 2012 (van ca. 40 cm naar circa 25 cm).

Steltlopers

Voor een flinke groep steltlopers geldt dat uit de multiple regressie blijkt dat de aantallen (sterk) afhangen van de Cl-concentratie in het Markiezaatsmeer (zie het voorbeeld van strandplevieren in Afbeelding 4.14). Al deze soorten laten een (sterke) afname zien in het Markiezaatsmeer in de afgelopen decennia. Het gaat om de tureluur, zwarte ruiter (N2000), rosse grutto, scholekster en strandplevier. Het zijn veelal soorten die gebruik maken van wadplaten in de Oosterschelde om te foerageren op wormen, schelpdieren, slakken, kreeftachtigen en insecten, waarbij het menu verschilt per vogelsoort. Ze kwamen vooral naar het Markiezaat om te overtijen tijdens hoogwater in de Oosterschelde. Het Markiezaatsmeer fungeerde voor de meeste steltlopers meer als hoogwatervluchtplaats (HVP) dan voedselgebied. Door het verdwijnen van de getijdedynamiek en de vergaande verzoeting zijn de condities voor deze soorten sterk verslechterd in het Markiezaatsmeer. Hierdoor is het voedselaanbod vermoedelijk verminderd en de verdergaande successie van de vegetatie heeft het gewenste, open karakter aangetast. Na voltooiing van de Deltawerken ontstonden door de veranderde getijdedynamiek gaandeweg HPV's in de Oosterschelde. Bij springtij lopen die echter nog wel onder water en dan moeten de steltlopers nog steeds in groten getalen het Markiezaat opzoeken om te overtijen. Er dient wel vermeld te worden dat al deze vogelsoorten (behalve de rosse grutto) ook een negatieve trend laten zien in de gehele Zuidwestelijke Delta, waarbij verzoeting niet de hoofdoorzaak is maar vooral het geleidelijk verdwijnen van dynamisch pionierslandschap in het kustgebied een probleem vormt (van der Winden et al. 2017). Hun afname in de Oosterschelde heeft ook een negatieve invloed op de aantallen die in het Markiezaat komen overtijen.

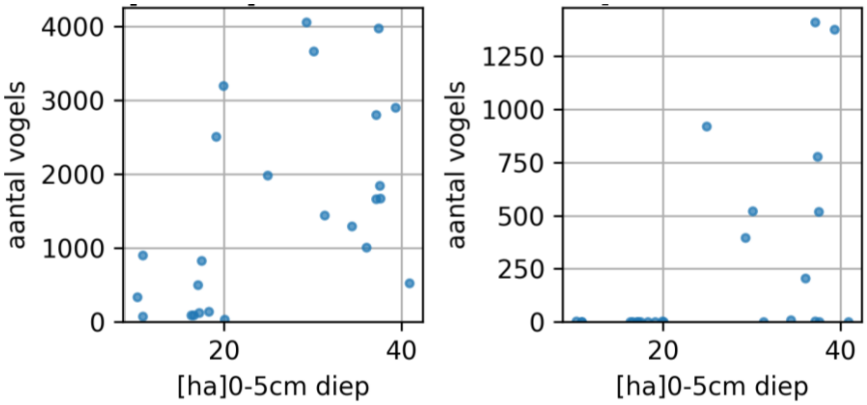
Voor de broedende steltlopers die vanuit de Natura 2000 zijn aangewezen voor het Markiezaatsmeer (kluut, bontbekplevier en strandplevier) blijkt uit de multiple regressie dat de Cl-concentratie in het meer ook de enige verklarende factor is voor hun broedaantallen. Van alle drie de soorten is het broedsucces in het Markiezaatsmeer zeer sterk afgenomen in de afgelopen 35 jaar. De Zuidwestelijke Delta is een topgebied voor deze drie broedende steltlopers (hoewel de aantallen ook in de Delta achteruit gaan; van der Winden 2008, 2017; Boele et al. 2016), maar het Markiezaatsmeer draagt daar weinig aan bij. Alle drie de soorten broeden op schaars begroeide locaties, die vaak schaars begroeid zijn door (a) de brakke tot zoute condities, (b) de dynamische getijdewerking en/of (c) de aanwezigheid van net opgespoten eilanden of kust. Verder kunnen ze slecht tegen predatie van vossen, ratten, roofvogels en meeuwen (Meiniger et al. 2006; van der Winden et al 2008). De verhoogde predatiedruk van vossen in het Markiezaatsmeer, waar de populatie waarschijnlijk behoorlijk is toegenomen in de afgelopen decennia als gevolg van de verruiging van de hoger gelegen oevers, vormt vermoedelijk een groot probleem langs de oevers van het meer. Wanneer tijdelijk eilandjes in het Markiezaatsmeer door deze vogels worden gebruikt als broedlocaties, hebben vossen een feestmaal als de waterstand daalt en de eilandjes droogvallen (mondelinge mededeling van dhr. H. Bult). Tenslotte kunnen te hoge waterstanden in het voorjaar leidden tot overspoeling van de eieren en kan vertrapping door vee ook een probleem vormen voor de broedende steltlopers (van der Winden et al. 2008; Vergeer et al. 2016).

Afbeelding 4.14 Aantal strandplevieren in afhankelijkheid van de Cl-concentratie (mg/l) in het Markiezaatsmeer



Voor een aantal andere steltlopers geldt dat uit de multiple regressie volgt dat niet de Cl-concentratie in het Markiezaatsmeer, maar het areaal aan ondiepe waterzone (het oppervlak waar 0 tot 5 cm water stond tijdens de vogeltelling) de meest verklarende factor is voor de populatiegrootte in het Markiezaat (Afbeelding 4.15 voor voorbeelden). Het gaat veelal om steltlopers die in ondiepe intergetijdenzones en/of net droogvallende wadplaten foerageren op wormen, slakken, schaaldieren en/of garnalen zoals bonte strandlopers, kluut, kanoet en zilverplevier (allen N2000). De meeste van deze soorten laten een overall dalende trend zien in het Markiezaatsmeer, waarbij het opvallend is dat er bij alle vier de soorten een negatieve knik valt waar te nemen rond 2006-2007 (voor de kluut is dat al een paar jaar eerder). Dit komt overeen met het moment dat al deze soorten in de gehele Zuidwestelijke Delta een duidelijke afname laten zien, terwijl de landelijke en internationale trend positiever is (van der Winden et al. 2017), behalve voor de kluut. Vermoedelijk is de regionale afname veroorzaakt door de afname van intergetijdengebied in de Zuidwestelijk Delta en de daaraan gekoppelde beperktere voedselbeschikbaarheid voor deze vogelsoorten (van der Winden et al. 2017). Momenteel komen door het gebrek aan ondiepe waterzones (intergetijdengebied) in het Markiezaatsmeer en de regionale nadelige ontwikkelingen zeer weinig tot geen bonte strandlopers, kanoeten, kluten en zilverplevieren voor in het Markiezaat.

Afbeelding 4.15 Aantal bonte strandlopers (links) en kanoeten (rechts) in afhankelijkheid van het areaal ondiep water (0 - 5 cm diep; in ha) in het Markiezaatsmeer tijdens de vogeltellingen



Tenslotte is er een flinke groep met steltlopers waarvoor de multiple regressie geen significante verklarende factoren opleverde voor de waargenomen aantalsveranderingen in de afgelopen 35 jaar. Het gaat enerzijds om steltlopers die kenmerkend zijn voor intergetijdengebieden, namelijk bontbekplevier (N2000), groenpootruiter, krombekstrandloper, steenloper en wulp. De groenpootruiter, steenloper en wulp laten een dalende trend zien in het Markiezaatsmeer in de afgelopen 35 jaar, terwijl hun aantallen in de Zuidwestelijke Delta constant zijn gebleven of zijn toegenomen als gevolg van een zuidelijke verschuiving van leefgebied (wulp) (van der Winden et al. 2017). Voor bontbekplevier en krombekstrandloper geldt dat er nog niet sprake is van een significant dalende trend in het Markiezaatsmeer, maar de afgelopen jaren zijn de aantallen van beide soorten wel sterk afgenomen in het Markiezaatsmeer. Het aantal bontbekplevieren in het Markiezaatsmeer neemt al af sinds 1995, waarbij zeer lage aantallen worden waargenomen vanaf 2013. De krombekstrandloper wordt eigenlijk sinds 2000 slechts sporadisch waargenomen in het Markiezaat, wat samenvalt met een daling van de aantallen in de Zuidwestelijke Delta in deze periode (van der Winden et al. 2017). Voor deze vijf intergetijdensteltlopers geldt dus dat de condities in het Markiezaatsmeer verre van optimaal zijn. Hoewel de multiple regressie geen duidelijke aanknopingspunten geeft voor de oorzaken, komt dit vermoedelijk door het niet meer aanwezig zijn van dagelijks intergetijdengebied in het Markiezaat.

Naast deze vijf intergetijdensteltlopers is er een tweede groep van steltlopers, waarvoor de multiple regressie geen significante verklarende factoren opleverde. Het gaat om vogelsoorten die voorkomen in zowel zoete, brakke als zoute habitats en niet altijd een binding hebben met het intergetijdengebied. Dit zijn kleine plevier, goudplevier, grutto, kemphaan, oeverloper en watersnip. Alleen de kleine plevier en goudplevier nemen duidelijk af sinds 1983 en komen tegenwoordig vrijwel niet meer voor in het Markiezaat. De vier andere soorten lijken constant te blijven sinds 1983. Er zijn immers geen significante trends waargenomen. Het is echter wel opvallend dat veel van deze soorten een piek in aantallen laten zien eind jaren ’90 van de vorige eeuw (grutto en oeverloper) of behoorlijk sterk afnemen na 2000 (kemphaan). Deze soorten komen nu nog maar sporadisch voor in het Markiezaat. Sinds het begin van deze eeuw lijken de condities voor deze soorten dus te zijn verslechterd. Het is niet geheel duidelijk waar dit door komt. In het geval van de kemphaan speelt de sterk dalende landelijke trend vermoedelijk een belangrijke rol.

Toekomstperspectief vogelstand in zoete scenario

Zonder aanvullende maatregelen zal er in dit scenario weinig veranderen in het hoger gelegen deel van het Markiezaat. Er worden dan ook geen grote veranderingen verwacht in het aantal grasland- en struweelvogels dat kenmerkend is voor verruigde graslanden en struweel. Het gaat hierbij om aandachtsoorten van verruigde graslanden (cetti’s zanger, graspieper, klapekster, paapje, putter, roodborsttapuit, veldleeuwerik en sprinkhaanzanger), struweel en bosschages (blauwborst, boompieper, groene specht, kneu, staartmees en nachtegaal), die de afgelopen twee decennia door de verzoeting van de schorren veelal als nieuwkomers naar het Markiezaatsmeer zijn gekomen. Hoewel deze vogelsoorten allemaal niet zijn opgenomen in het aanwijzingsbesluit van het Markiezaatsmeer, gaat het wel om kritische soorten die gewenst zijn.

Een aantal rietvogels, die ook geen instandhoudingsdoelstellingen hebben in het Markiezaatsmeer zoals baardman, rietzanger en waterral, is sinds 2000 toegenomen (Provincie Noord-Brabant 2014). Dit heeft zeer waarschijnlijk te maken met de langzame verzoeting van het meer, waardoor zones met overjarig riet zijn ontstaan, vooral op locaties met zoete kwel aan de oost en zuidzijde van het meer. Een mogelijke uitbreiding van deze rietzones zal gunstig zijn voor deze soorten.

Wanneer de huidige zoete condities zonder getijdendynamiek worden voortgezet, verandert de situatie voor steltlopers (vrijwel) niet. Veel steltlopers zijn nu al afwezig of in (zeer) lage aantallen aanwezig. Door het sneller laten uitzakken van de oppervlaktewaterstanden in het voorjaar (waarvoor de stuw moet worden aangepast) kan wel wat meer kale pioniersgronden worden gecreëerd voor broedende bontbekplevieren en strandplevieren. Hierbij dient echter wel vermeld te worden dat de zones aan het vasteland gevoelig blijven voor predatie, waardoor de winst waarschijnlijk beperkt zal zijn en de instandhoudingsdoelstellingen niet bereikt zullen worden. Het Markiezaatsmeer zal overigens wel als hoogwaterrustplaats blijven fungeren.

Voor zichtjagers als futen, sommige duikeenden, aalscholvers en visdieven zullen de condities vermoedelijk niet verbeteren: het Markiezaatsmeer blijft immers troebel. Voor de meeste andere 'zoete' soorten die het meer als foerageergebied gebruiken (ganzen, zwanen, verschillende grondeleenden en lepelaars), geldt dat er niet veel zal veranderen en dat de huidige (vaak positieve) trends zich dus vermoedelijk zullen voortzetten.

4.6 Confrontatie met Natura 2000 en KRW-doelen

Voor de Natura 2000-doelen geldt de bijzondere situatie dat er momenteel zowel soorten van zoete milieus als soorten van zoute milieus in het aanwijsbesluit zijn opgenomen (Provincie Noord-Brabant 2014). Dit is indertijd gedaan vanwege de reeds toen heersende onzekerheid rond de toekomst van het Markiezaatsmeer. De 'zoute' vogelsoorten kunnen echter niet duurzaam in stand worden gehouden bij het hierboven beschreven zoete (of eigenlijk zwak brakke) scenario, waarin geen dagelijks fluctuerend getijgebied ontstaat. Het gaat hierbij om de zes onderste soorten in Tabel 4.5.

Voor andere vogelsoorten wordt echter ingeschat dat de omstandigheden wat beter worden doordat de oever- en rietvegetaties zich onder de huidige condities vermoedelijk verder zullen ontwikkelen in de nabije toekomst. Het gaat hierbij om 'zoetwater' vogels die al voldoen aan de instandhoudingsdoelstellingen, maar ook om (eenden)soorten die momenteel niet of soms aan de instandhoudingsdoelstellingen voldoen zoals pijlstaart, wintertaling en slobeend (Tabel 4.5). Rietontwikkeling zorgt niet alleen voor een meer broedhabitat voor rietvogels, futen en meerkoeten die veelal in rietkragen broeden, maar het heeft ook voor de niet-broedende (eenden)soorten een gunstig effect. Wanneer zich op meer plekken riet kan ontwikkelen, betekent dit dat er achter de rietkragen luwe zones ontstaan. Voor veel eendensoorten, waaronder de pijlstaart, wintertaling, slobeend en smient, zijn deze luwe rustige plekken essentieel onderdeel van hun leefgebied om te rusten en te slapen.

Voor de KRW-doelen, die in het Markiezaatsmeer volgend zijn op de Natura 2000-doelstellingen (EU 2011), geldt dat het meer zwak brak blijft in dit scenario en dus blijft behoren tot KRW-type M30 (zwak brakke wateren). Aangezien wordt verwacht dat het meer troebel blijft, valt het sterk aan te raden om specifieke, op het waterlichaam toegesneden MEP's (Maximaal Ecologische Potentieel) en GEP's (Goed Ecologische Potentieel) vast te stellen voor stroomgebiedsplan (SGBP) 3. Hierbij zal het MEP gelijk zijn aan een helder en plantenrijk ideaalbeeld, maar zullen de GEP's overeenkomen met een troebel meer.

Tabel 4.5 Stand van zaken van de instandhoudingsdoelstellingen voor broedende en niet-broedende vogels in het Markiezaatsmeer voor de huidige situatie en na uitvoering van de voorgestelde maatregelen, die moerasontwikkeling stimuleren in het zwak brakke Markiezaatsmeer. Kleuren geven aan of de doelen gehaald zijn/worden in het Markiezaatsmeer: rood = nooit bereikt, geel = sommige jaren bereikt maar andere jaren niet bereikt, groen = alle jaren bereikt

Toestand nu		Toestand na maatregelen	
Broedvogels	**Niet-broedende vogels**	**Broedvogels**	**Niet-broedende vogels**
Lepelaar	Lepelaar	Lepelaar	Lepelaar
Dodaars	Kleine zwaan	Dodaars	Kleine zwaan
	Brandgans		Brandgans
	Krakeend		Krakeend
	Meerkoet		Meerkoet
	Grauwe gans		Grauwe gans
	Pijlstaart		Pijlstaart
	Wintertaling		Wintertaling
	Slobeend		Slobeend
	Geoorde fuut		Geoorde fuut
	Fuut		Fuut
	Aalscholver		Aalscholver
	Smient		Smient
	Bergeend		Bergeend
Kluut	Kluut	Kluut	Kluut
Bontbekplevier*	Bontbekplevier	Bontbekplevier*	Bontbekplevier
Strandplevier*	Zilverplevier	Strandplevier*	Zilverplevier
	Kanoet		Kanoet
	Bonte strandloper		Bonte strandloper
	Zwarte ruiter		Zwarte ruiter

Bovenstaande beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.1.7 van Witteveen+Bos (2016a).

5

ZOUT MARKIEZAATSMEER DOOR INLAAT VAN ZOUT WATER UIT HET SCHELDE-RIJNKANAAL VIA EEN GEMAAL

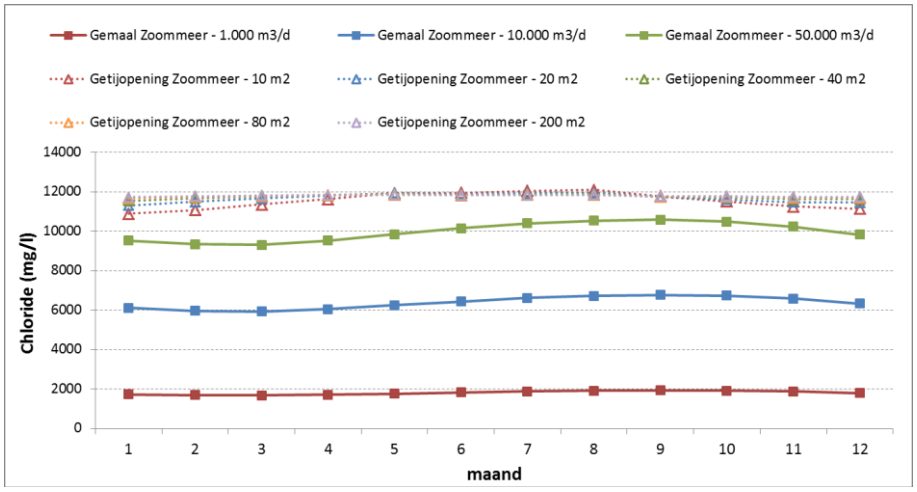
In dit hoofdstuk staan de bevindingen beschreven van een scenario waarbij zout water via een gemaal wordt ingelaten in het Markiezaatsmeer vanuit een zout Schelde-Rijnkanaal. Alleen de resultaten voor de voorkeursvariant worden gepresenteerd; dit betreft de variant waarin is uitgegaan van een inlaatdebiet van 50.000 m^3/dag (Witteveen+Bos 2016a).

5.1 Hydrologisch functioneren

Een inlaatdebiet van 50.000 m^3/dag is voldoende om al het waterverlies in het Markiezaatsmeer als gevolg van wegzijging en verdamping ruim te compenseren. Hierdoor leidt deze inlaat er toe dat het waterpeil van het Markiezaatsmeer niet of nauwelijks meer uitzakt: het waterpeil zal vrijwel constant op het maximale peil staan, welke bepaald wordt door de stuwhoogte (er is in het scenario uitgegaan van 0,55 m +NAP).

Om er zeker van te zijn dat er geen bloeien van toxineproducerende blauwalgen en goudalgen kunnen optreden (ook niet van *Anabaena*- en *Prymnesium*-soorten), is het verstandig om Cl-concentraties boven de 10.000 mg/l na te streven (Peperzak et al. 2002; Verspagen et al. 2005; Mazur-Marzec et al. 2005). Een inlaatdebiet van minimaal 50.000 m^3/dag is nodig om deze Cl-concentratie te bereiken (Afbeelding 5.1).

Afbeelding 5.1. Gemiddelde berekende Cl-concentratie per maand voor de periode 2005-2014 in het Markiezaatsmeer voor zoute scenario's. De groene lijn geeft de berekende concentratie bij een inlaatdebiet van 50.000 m^3/dag bij een gemaalvariant (voorkeursvariant voor dit scenario)



Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.1 van Witteveen+Bos (2016a).

5.2 Nutriëntenhuishouding en lichtklimaat

In dit scenario is er in het voorjaar sprake van P-limitatie, wat leidt tot een chlorofyl-a concentratie van 30 - 40 µg/l. Dit is aanzienlijk lager dan de huidige concentraties, die tussen de 100 - 200 µg/l liggen. Zoute algen bevatten onder nutriëntgelimiteerde condities echter veel minder chlorofyl per mg koolstof dan zoete algen (ongeveer een factor 1:2,5; Deltares 2016). De totale algenbiomassa zal dus vermoedelijk niet veel verschillen tussen de huidige condities en het onderzochte scenario. Het doorzicht in deze zoute gemaalvariant is met circa 0,4 m in de zomer dan ook even slecht als onder de huidige zoete condities.

Door de inlaat van zout water uit het Schelde-Rijnkanaal neemt niet alleen de aanvoer van P en N toe, maar wordt ook meer SO_4 aangevoerd. Dit is zeer vermoedelijk een belangrijke aanjager van een snelle circulatie van nutriënten, wat in de huidige zoete situatie al bijdraagt aan de hoge productiviteit in het meer (Witteveen+Bos 2016a). Door de toevoer van extra SO_4 wordt de nutriëntenpomp gaande gehouden en mogelijk zelfs aangewakkerd. Hierdoor zal de waterbodem zeker niet als sink voor nutriënten gaan fungeren, maar juist als bron van nutriënten blijven functioneren.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.2 van Witteveen+Bos (2016a).

5.3 Zoet-zout overgangen

In dit scenario komt de Cl-concentratie in het Markiezaatsmeer rond de 10.000 mg/l te liggen. Er is echter geen enkele peilfluctuatie in het meer. Doordat de laterale indringing beperkt is, zal er vrijwel geen zoutaanrijking optreden in de terrestrische delen van het Markiezaat. De waterstand staat immers continue op 0,55 m +NAP (het huidige maximum peil) zonder enige dagelijkse of seizoenale peilfluctuatie. Door de continue hoge waterstand zullen de grondwaterstanden op de kwelders overigens wel wat omhoog gaan. De huidige, langzame ontzilting in de kwelderzone zal door deze lichte stijging in grondwaterstanden waarschijnlijk nog verder afnemen.

5.4 Aanbevolen maatregelen en geraamde kosten

Naast het plaatsen van een gemaal heeft Witteveen+Bos (2016a) geen aanvullende maatregelen voor dit scenario voorgesteld, omdat aanvullende maatregelen niet in staat zullen zijn om de negatieve effecten die dit scenario met zich meebrengt voor de waterkwaliteit op te heffen. Indien toch voor dit scenario gekozen wordt, is het eenmalig wegvangen van zoetwater vissen noodzakelijk om grootschalige vissterfte te voorkomen. De kosten hiervoor bedragen EUR 320.000,-- (inclusief omzetbelasting), exclusief monitoring.

Uit een grove kostenraming blijkt dat het plaatsen van een nieuw gemaal op de Markiezaatskade met een capaciteit van 50.000 m^3/dag ongeveer EUR 1.500.000,-- (inclusief omzetbelasting) zal kosten. Daarnaast moet rekening gehouden worden met jaarlijkse energie- en onderhoudskosten van circa EUR 330.000,-- (inclusief omzetbelasting).

Als er uitgegaan wordt van een werkingstermijn van 10 jaar komt dit in het totaal neer op circa EUR 515.200,-- per jaar (inclusief omzetbelasting) en bij een werkingstermijn van 40 jaar komt het neer op circa EUR 375.500,-- per jaar (inclusief omzetbelasting).

5.5 Te verwachten biologische toestand

Bij de inschatting van de effecten van dit zoute scenario op de biologische toestand in het Markiezaatsmeer is uitgegaan van de eindsituatie, waarbij het ecosysteem zich aan de zoute toestand en de nieuwe waterkwaliteit heeft aangepast. De overgangssituatie kan echter enige jaren in beslag nemen. Zo zal het jaren duren voordat de bodemfauna- en vogelpopulatie zich volledig hebben aangepast. In die periode is het systeem voor veel soorten minder geschikt en kunnen er chaotische fluctuaties optreden.

5.5.1 Fytoplankton

Bij Cl-concentraties nabij de 10.000 mg/l is de kans op bloeien van toxineproducerende blauwalgen en *Prymnesium*-soorten erg klein (Peperzak et al. 2002; Verspagen et al. 2005; Mazur-Marzec et al. 2005). Verder is de kans op plaagbloeien van *Dinoflagellaten* (mariene algen) gering vanwege de dynamische en turbulente condities in het vrij ondiepe en grootte meer. Bloeien van *Dinoflagellaten* zouden alleen kunnen optreden na een dagenlange periode met extreem weinig wind (totale windstilte), wat in Nederland vrijwel nooit voorkomt.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.3 van Witteveen+Bos (2016a).

5.5.2 Macroalgen

In een zout Markiezaatsmeer zal met enige regelmaat een deel van de primaire productiviteit van het systeem niet gedomineerd worden door fytoplankton, maar door macroalgen als zeesla en draadalgen. Er is een reële kans op bloeien van deze soorten. Het is echter moeilijk te voorspellen of fytoplankton of draadalgen zullen gaan domineren. Dit kan van jaar tot jaar verschillen en zal sterk afhangen van de begincondities en weersomstandigheden in het begin van het jaar.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.3 van Witteveen+Bos (2016a).

5.5.3 Aquatische vegetatie

Voor ondergedoken vegetatie lijkt de ruimte zeer beperkt. In een zout Markiezaatsmeer hebben we het in feite uitsluitend over zeegrassen. In dit scenario zijn de condities voor zeegras echter slecht, gezien het ontbreken van getijdewerking of stroming en vanwege de vermoedelijke ontwikkeling van macroalgen en het slechte doorzicht. Mogelijk dat de aandachtsoort snavelruppia wat profiteert van de permanent zoute omstandigheden, maar ook deze soort is niet gebaad bij het slechte doorzicht.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.3 van Witteveen+Bos (2016a).

5.5.4 Terrestrische (oever)vegetatie

Op plekken waar brak water in de ondergrond zit kunnen plantensoorten met een voorkeur voor brakke standplaatsen profiteren van de vermoedelijke lichte stijging in grondwaterstanden in dit scenario. Daarnaast zal de standplaats op deze locaties waarschijnlijk wat natter worden, wat ook gunstig is voor de brakke vegetatie. De verwachting is dan ook dat brakke soorten zich nog lange tijd kunnen handhaven op de meeste plekken waar ze nu ook voorkomen. In een smalle zone langs de oeverlijn kunnen zouttolerante soorten (als zeekraal) zelfs lokaal profiteren in dit scenario als deze soorten tenminste onder invloed komen te staan van het zoute water in het Markiezaatsmeer (bijvoorbeeld via zout intrusie en golfoverslag).

In dit scenario dient er wel rekening mee te worden gehouden dat plantensoorten van pioniersmilieus, die momenteel in de zone tussen 0,20 en 0,55 m +NAP voorkomen, permanent onder water komen te staan en daarmee verdwijnen in deze zone. Het verlies is naar verwachting beperkt, omdat dit deel nu veelal uit kale grond bestaat. In het oostelijke deel van het Markiezaat komt in deze zone ook waterviolier voor als gevolg van kwel uit de Brabantse Wal. Deze soort zal waarschijnlijk geheel verdwijnen.

De verwachte effecten van dit scenario op de aandachtsoorten staan beschreven in Tabel 5.1. Er verandert weinig. Mogelijk zijn er positieve gevolgen voor Engels gras, kwelderzegge en snavelruppia.

Tabel 5.1 Verwachting van vegetatieontwikkeling voor een selectie van aandachtsoorten in het Markiezaat (-- = sterke achteruitgang, - = achteruitgang, 0 = geen grote verandering, + = toename, ++ = sterke toename) in een scenario waarbij het Markiezaat zout wordt via een gemaal dat 50.000 m^3/dag zout water inlaat vanuit het Schelde-Rijnkanaal

CBSnr	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Zeldzaamheid	Scenario
13	Agrimonia eupatoria	Gewone agrimonie	a	0
76	Apium graveolens	Selderij	z	0
91	Armeria maritima	Engels gras	z	+
231	Carex extensa	Kwelderzegge	zz	+
256	Carex punctata	Stippelzegge	zzz	0
288	Centunculus minimus	Dwergbloem	zz	0
386	Cynosurus cristatus	Kamgras	a	0
461	Epipactis palustris	Moeraswespenorchis	z	0
558	Genista anglica	Stekelbrem	a	0
637	Hordeum secalinum	Veldgerst	a	0
685	Juncus maritimus	Zeerus	zz	0
713	Lathyrus nissolia	Graslathyrus	zz	0
857	Nardus stricta	Borstelgras	a	0
870	Oenanthe lachenalii	Zilt torkruid	zz	0
877	Ononis repens subsp. spinosa	Kattendoorn	a	0
880	Ophrys apifera	Bijenorchis	z	0
963	Polygala vulgaris	Gewone vleugeltjesbloem	z	0
1107	Ruppia maritima	Snavelruppia	zz	+
1111	Sagina nodosa	Sierlijke vetmuur	z	0
1290	Torilis nodosa	Knopig doornzaad	z	0
1308	Trifolium striatum	Gestreepte klaver	zz	0
1312	Trisetum flavescens	Goudhaver	a	0
6079	Blackstonia	Bitterling (G)	z	0

5.5.5 Bodemfauna

Voor een rijke benthosgemeenschap is het wenselijk om Cl-concentraties boven de 11.000 mg/l te creëren (Ysebaert & Meire 1999). In de beschouwde voorkeursvariant komt de Cl-concentratie in de buurt van deze gewenste concentratie. Vanwege de geringe waterbeweging zullen er echter geen banken van oesters en andere filteraars ontstaan, omdat er te weinig algen langskomen voor de hoge filtratiebehoefte die deze banken nodig hebben. Wel kunnen individuele, of kleine clusters van oesters zich vestigen.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.3 van Witteveen+Bos (2016a).

5.5.6 Vissen

Bij een zout Markiezaatsmeer kan het gebied vermoedelijk weer een functie krijgen voor trekvissen, zoals paling en fint, vanwege de connectie met de zoete Blaffert. Een zout Markiezaatsmeer dat in open verbinding staat met andere zoute wateren zal mogelijk ook weer een kraamkamerfunctie kunnen gaan vervullen voor verschillende mariene vissoorten. Hiervoor zijn dan wel aanvullende maatregelen nodig. Het gemaal dient dan visvriendelijk te worden uitgevoerd.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.3 van Witteveen+Bos (2016a).

5.5.7 Vogels

Zonder aanvullende maatregelen zal er in dit scenario weinig veranderen in het hoger gelegen deel van het Markiezaat. Er worden dan ook geen grote veranderingen verwacht in het aantal grasland- en struweelvogels dat kenmerkend is voor verruigde graslanden en struweel. Het gaat hierbij om aandachtsoorten van

verruigde graslanden (cetti's zanger, graspieper, klapekster, paapje, putter, roodborsttapuit, veldleeuwerik en sprinkhaanzanger), struweel en bosschages (blauwborst, boompieper, groene specht, kneu, staartmees en nachtegaal), die de afgelopen twee decennia als gevolg van de verzoeting van de schorren veelal als nieuwkomers naar het Markiezaatsmeer zijn gekomen. Hoewel deze vogelsoorten allemaal niet zijn opgenomen in het aanwijzingsbesluit van het Markiezaatsmeer, gaat het wel om kritische soorten die gewenst zijn.

Langs de oeverlijn zullen de condities mogelijk wel veranderen in dit scenario. Door de zoute condities zou het areaal aan overjarig riet kunnen verminderen. Dit zal dan een nadelig effect hebben op rietvogels zoals de aandachtsoorten baardman, rietzanger en waterral.

Het scenario, dat gekenmerkt wordt de combinatie van zout water en een zeer strak hoog waterpeil, leidt niet tot nieuw intergetijdengebied. In tegenstelling, door het ontbreken van een seizoenale peilfluctuatie raken veel steltlopers vermoedelijk zelfs foerageergebied kwijt. Veel van deze steltlopers zijn momenteel al afwezig of in (zeer) lage aantallen aanwezig. Deze situatie zal niet veranderen in dit zoute scenario. Het gebied zal wel als hoogwaterrustplaats blijven fungeren.

Op de Spuitkop broeden sinds de jaren '90 van de vorige eeuw lepelaars. Deze soort zal waarschijnlijk niet zo veel problemen hebben met een zout meer, aangezien ze bijvoorbeeld ook in het Waddengebied vaak in de buurt van zout water broeden. Een van predatoren afgesloten broedplek is meer bepalend voor het voorkomen van de soort, en dat blijft het geval. Voor andere typische zoetwatersoorten zijn enige negatieve gevolgen te verwachten als gevolg van een zout meer. Dit geldt vooral voor de dodaars, waarvoor het gebied als broedgebied in waarde afneemt vanwege het verdwijnen van zoete waterplanten die ze gebruiken voor hun nesten. Daarnaast neemt de dekking langs rietkragen waarschijnlijk af. Ook voor de kleine zwaan zal het gebied veel minder geschikt worden om te foerageren, vanwege het verdwijnen van hun voorkeursvoedsel (wortelstokken van zoete waterplanten als fonteinkruiden). Voor zichtjagers als futen, sommige duikeenden, aalscholvers en visdieven zullen de condities vermoedelijk niet verbeteren: het meer blijft immers troebel. De meeste andere 'zoete' soorten die het Markiezaatsmeer als foerageergebied gebruiken, zoals ganzen en verschillende grondeleenden, kunnen in principe ook op zout water foerageren, al is het op basis van onze modelvoorspellingen niet mogelijk kwantitatieve uitspraken te doen over hun voedselbeschikbaarheid. Het is niet uit te sluiten dat een zout Markiezaatsmeer vooral voor een aantal grondeleenden (wintertaling, slobeend en krakeend) uiteindelijk toch minder aantrekkelijk zal zijn. Uitzondering zijn de rotgans en de bergeend, die graag in ondiepe zoute gebieden foerageren. Beide soorten zullen vermoedelijk toenemen in aantallen bij dit scenario.

Deze beschrijving is sterk aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.3 van Witteveen+Bos (2016a).

5.6 Confrontatie met Natura 2000 en KRW-doelen

Uit de systeemanalyse blijkt dat dit scenario wat betreft water- en habitatkwaliteit voor vogels weinig extra kansen biedt voor een duurzame instandhouding van de Natura 2000-doelen (Tabel 5.2). Er wordt weliswaar een Cl-concentratie van circa 10.000 mg/l gehaald, maar de algenbiomassa zal toenemen vanwege de hoge externe nutriëntenbelasting. Tevens is er grote kans op ontwikkeling van macroalgen (zoals draadwieren en zeesla). Verder leidt dit scenario niet tot een intergetijdengebied, waardoor veel plevieren en steltlopers geen enkel voordeel hebben aan een dergelijke ingreep. Dit is dus een onwenselijke situatie voor het Natura 2000-gebied, en deze nadelen kunnen niet worden opgeheven door aanvullende maatregelen uit te voeren.

Voor de KRW-doelen, die in het Markiezaatsmeer volgend zijn op Natura 2000 (EU 2011), geldt dat het meer zout wordt in dit scenario en dus een ander KRW-type wordt: M32 (grote brakke tot zoute meren) in plaats van M30 (zwak brakke wateren). Aangezien het meer vermoedelijk troebel blijft, valt het sterk aan te raden om uiteindelijk specifieke (op het waterlichaam toegesneden) MEP's en GEP's vast te stellen als dit scenario in praktijk gaat worden gebracht. Hierbij zal het MEP gelijk aan een helder ideaalbeeld, maar zullen de GEP's overeenkomen met een troebele toestand.

Tabel 5.2 Stand van zaken van de instandhoudingsdoelstellingen voor broedende en niet-broedende vogels in het Markiezaatsmeer voor de huidige situatie en na uitvoering van de voorgestelde maatregelen in het gemaalscenario. Kleuren geven aan of de doelen gehaald zijn/worden in het Markiezaatsmeer: rood = nooit bereikt, geel = sommige jaren bereikt maar andere jaren niet bereikt, groen = alle jaren bereikt

Toestand nu		Toestand na maatregelen	
Broedvogels	**Niet-broedende vogels**	**Broedvogels**	**Niet-broedende vogels**
Lepelaar	Lepelaar	Lepelaar	Lepelaar
Dodaars	Kleine zwaan	Dodaars	Kleine zwaan
	Brandgans		Brandgans
	Krakeend		Krakeend
	Meerkoet		Meerkoet
	Grauwe gans		Grauwe gans
	Pijlstaart		Pijlstaart
	Wintertaling		Wintertaling
	Slobeend		Slobeend
	Smient		Smient
	Geoorde fuut		Geoorde fuut
	Fuut		Fuut
	Aalscholver		Aalscholver
	Bergeend		Bergeend
Kluut	Kluut	Kluut	Kluut
Bontbekplevier	Bontbekplevier	Bontbekplevier	Bontbekplevier
Strandplevier	Zilverplevier	Strandplevier	Zilverplevier
	Kanoet		Kanoet
	Bonte strandloper		Bonte strandloper
	Zwarte ruiter		Zwarte ruiter

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.5 en 5.2.6 van Witteveen+Bos (2016a)

6

ZOUT MARKIEZAATSMEER DOOR INLAAT VAN ZOUT WATER UIT HET SCHELDE-RIJNKANAAL VIA EEN OPENING IN DE MARKIEZAATSKADE

In dit hoofdstuk staan de bevindingen beschreven van een scenario waarbij zout water via een opening in de Markiezaatskade vanuit het Schelde-Rijnkanaal het Markiezaatsmeer in kan stromen. Alleen de resultaten voor de voorkeursvariant worden gepresenteerd; dit betreft de variant waarin is uitgegaan van een gat van 200 m^2 in de Markiezaatskade (Witteveen+Bos 2016a).

6.1 Hydrologisch functioneren

In dit scenario wordt de waterbalans van het Markiezaatsmeer gedomineerd door de uitwisseling met het Schelde-Rijnkanaal en wordt de verblijftijd circa 4 dagen. De Cl-concentratie in het Markiezaatsmeer wordt dan ook gelijk aan de concentratie in een zout Schelde-Rijnkanaal (11.000 tot 12.000 mg/l) en is hoog genoeg om blauwalgbloeien te voorkomen. Door het openen van de Markiezaatskade zal het waterpeil in het Markiezaatsmeer met circa 0,5 m zakken en variëren rondom de 0,10 m -NAP (het gemiddelde peil van het zoute Schelde-Rijnkanaal). In de voorkeursvariant is de getijvariatie daaromheen circa 30 cm. Deze getijslag van 30 cm is gelijk aan de getijslag op het Zoommeer zelf. Bij een getijslag van 30 cm zal een intergetijdengebied van circa 125 ha ontstaan in het Markiezaatsmeer (Afbeelding 6.1).

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.1 van Witteveen+Bos (2016a).

6.2 Nutriëntenhuishouding en lichtklimaat

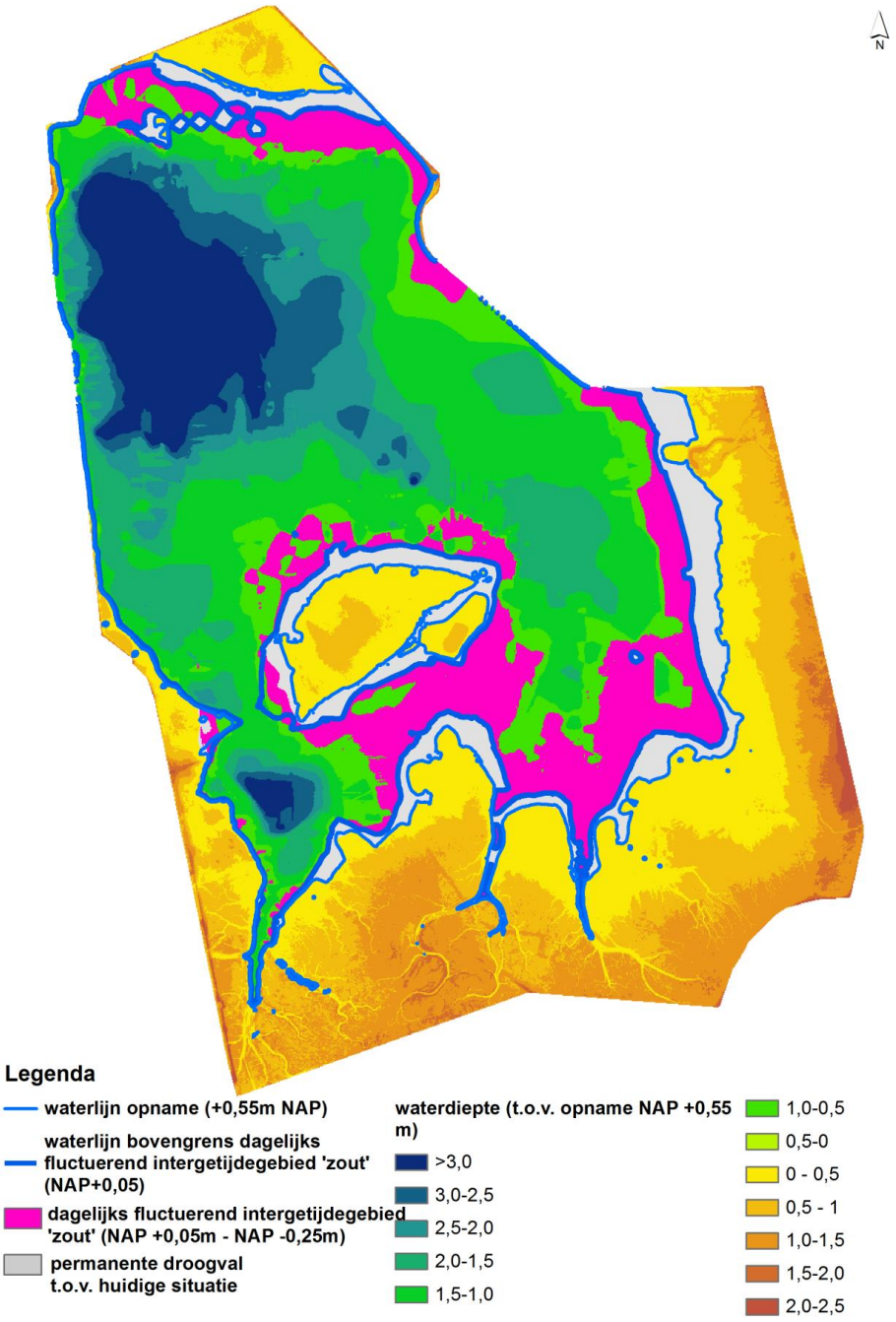
In dit scenario is er het gehele groeiseizoen sprake van P-limitatie. Dit wordt veroorzaakt door de grote waterinlaat vanuit een zout Schelde-Rijnkanaal dat veel N bevat. Als gevolg van de grote wateruitwisseling neemt de externe P- en N-belasting sterk toe, waardoor de chlorofyl-a concentratie in de voorkeursvariant kan oplopen tot circa 80 µg/l. Omdat zoute algen veel minder chlorofyl per mg koolstof bevatten dan zoete algen, zal de totale algenbiomassa een stuk hoger worden dan in de huidige zoete situatie het geval is. Bij de voorkeursvariant zal het Markiezaatsmeer dan ook vermoedelijk troebel blijven, zoals ook blijkt uit het beperkte doorzicht dat DELWAQ berekent van circa 0,4 m. Ondanks de korte verblijftijd van slechts circa 4 dagen treedt in de nazomer en het najaar, wanneer de watertemperatuur relatief hoog is, dus toch een algenbloei op. Het effect van de korte verblijftijd (wat remmend werkt op algenbloei) weegt niet op tegen de grote externe nutriëntenbelasting (wat stimulerend werkt voor algenbloei). Aangezien een nog groter gat (dan de voorkeursvariant) niet tot meer uitwisseling leidt, is het creëren van een verblijftijdgestuurd watersysteem, waarin algen niet tot bloeien kunnen komen, vermoedelijk niet mogelijk in het meer.

Een factor die hierbij overigens niet is meegenomen, is het effect van begrazing door bijvoorbeeld schelpdieren. In goed gemengde, relatief ondiepe zoute systemen kunnen filtrerende grazers veel controle uitoefenen op de opbouw van algenbiomassa. Aangezien het voorspellen van de ontwikkeling van schelpdieren, en zeker de verdeling over de ruimte hiervan, veel te veel onzekerheden met zich meebrengt om te kunnen modelleren, is uitgegaan van een matige graasdruk. Indien waterbeweging en habitatcondities gunstig zijn, en zich een populatie oesters en andere schelpdieren kunnen vestigen, kan de uiteindelijke algenconcentratie in dit scenario echter (veel) lager uitvallen dan voorspeld.

Door de inlaat van zout water uit het Schelde-Rijnkanaal neemt niet alleen de aanvoer van P en N toe, maar wordt ook meer SO_4 aangevoerd. Dit is zeer vermoedelijk een belangrijke aanjager van een snelle circulatie van nutriënten, wat in de huidige zoete situatie al bijdraagt aan de hoge productiviteit in het meer (Witteveen+Bos 2016a). Door de toevoer van extra SO_4 wordt de nutriëntenpomp gaande gehouden en mogelijk zelfs aangewakkerd. Hierdoor zal de waterbodem zeker niet als sink voor nutriënten gaan fungeren, maar juist als bron van nutriënten blijven functioneren. Vanwege de korte verblijftijd van circa 4 dagen in dit scenario zal de waterbodem echter een minder grote rol gaan spelen. De waterkwaliteit wordt in dit scenario immers vooral gestuurd door de kwaliteit van het inlaatwater.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.2 van Witteveen+Bos (2016a).

Afbeelding 6.1. Dieptekaart van het Markiezaatsmeer in het scenario dat een open verbinding met het Schelde-Rijnkanaal wordt gemaakt door een gat van 200 m^2 in de Markiezaatskade. Met een getijslag van 30 cm wordt ongeveer 125 ha intergetijdengebied gecreëerd (roze gebied)



6.3 Zoet-zout overgangen

In dit scenario wordt het Markiezaatsmeer zout (11.000 - 12.000 mg Cl/l) en ontstaat er een dagelijkse getijdebeweging van circa 30 cm. Daarnaast zakt het oppervlaktewaterpeil met circa 0,5 m zakken tot circa 0,10 m -NAP. Deze veranderingen zullen verschillende effecten hebben die van invloed kunnen zijn op de zoet-zout overgangen in het Markiezaat:

- het aandeel kale en brakke bodem zal toenemen daar waar het zoute water uit het Markiezaat de bodem kan overstromen. Er ontstaan hier meer natte, zoute pioniersmilieus;
- doordat de laterale indringing beperkt is, zullen de inundaties op terrestrische delen die niet overstroomd raken (vrijwel) niet tot zoutaanrijking in het grondwater leiden. De kale gronden langs het huidige meer (waarin de waterstand momenteel circa 50 cm hoger staat dan in dit scenario) zullen begroeid raken, doordat er daar geen sprake zal zijn van overstromingen;
- door de verlaging van het oppervlaktewaterpeil zullen de grondwaterstanden op de kwelders wat zakken. De huidige, langzame ontzilting in de kwelderzone zal door deze daling in grondwaterstanden waarschijnlijk toenemen.

6.4 Aanbevolen maatregelen en geraamde kosten

Voor het uitvoeren van de voorkeursvariant van dit scenario dienen verschillende maatregelen te worden uitgevoerd. Voor het maken van een gat van 200 m^2 in de Markiezaatskade is een eenmalige investering van circa EUR 9.000.000,-- (inclusief omzetbelasting) nodig, waarbij geen rekening is gehouden met ontwerpkosten maar wel met een keersluis die gesloten kan worden op het moment dat Volkenrak-Zoommeer tijdelijk gebruikt wordt voor wateropslag wanneer de waterstanden in de Rijn zeer hoog zijn (voor eventuele risico's en mitigerende maatregelen voor deze risico's wordt verwezen naar bijlage VII in Witteveen+Bos 2016a).

Om tot een zo gunstig mogelijke ecologische toestand in het Markiezaatsmeer te komen, dienen naast het openen van de Markiezaatskade nog een aantal aanvullende maatregelen te worden uitgevoerd. Doordat de gemiddelde waterstand in dit scenario met circa 0,5 m zal zakken, dient er in ieder geval een verdiepte geul om de zuidrand van de Spuitkop (het eiland) te worden aangelegd. Anders zal de Spuitkop vast komen te zitten aan het vaste land (en dus niet meer als eiland functioneren), waardoor grondpredatoren als vossen en ratten schade kunnen veroorzaken bij de aanwezige grondbroedende lepelaars en steltlopers. Hiervoor dient circa EUR 3.800.000,-- (inclusief omzetbelasting) te worden gereserveerd. Het materiaal dat hierbij vrijkomt, kan gebruikt worden voor de aanleg van een aantal nieuwe, predatorvrije eilanden ten noordwesten van de Spuitkop. De eerste jaren zullen dergelijk kale eilanden ook interessant zijn als broedgebied voor steltlopers en later zullen ook lepelaars gebruik kunnen gaan maken van deze eilanden. Verder wordt er aangeraden om in dit scenario ook geld te reserveren voor (a) het wegvissen van zoetwater vissen voordat er een bres in de dijk wordt gemaakt om grootschalige sterfte van deze vissen te voorkomen tijdens de snel optredende verzouting (EUR 320.000,-- inclusief omzetbelasting) en (b) kleinschalig hard substraat aan te leggen langs de oevers van het meer om gunstige condities te creëren voor oesters, gewenste macroalgen en foeragerende steltlopers (EUR 150.000,-- inclusief omzetbelasting voor 5 gebieden van 0,5 ha groot).

Als er uitgegaan wordt van een werkingstermijn van 10 jaar komt dit in het totaal neer op circa EUR 1.327.000,-- per jaar (inclusief omzetbelasting) en bij een werkingstermijn van 40 jaar komt het neer op circa EUR 331.750,-- per jaar (inclusief omzetbelasting).

6.5 Te verwachten biologische toestand

Bij de inschatting van de effecten van dit zoute scenario op de biologische toestand in het Markiezaatsmeer is uitgegaan van de eindsituatie, waarbij het ecosysteem zich aan de zoute toestand en de nieuwe waterkwaliteit heeft aangepast. De overgangssituatie kan echter enige jaren in beslag nemen. Zo zal het jaren duren voordat de bodemfauna- en vogelpopulatie zich volledig hebben aangepast. In die periode is het systeem voor veel soorten minder geschikt en kunnen er chaotische fluctuaties optreden.

6.5.1 Fytoplankton

Bij Cl-concentraties boven de 10.000 mg/l is de kans op bloeien van toxineproducerende blauwalgen en *Prymnesium*-soorten erg klein (Peperzak et al. 2002; Verspagen et al. 2005; Mazur-Marzec et al. 2005). Aangezien de Cl-concentratie bij het hier beschouwde scenario boven deze grens ligt, is de verwachting dat dergelijke bloeien niet zullen optreden. Verder is de kans op plaagbloeien van *Dinoflagellaten* (mariene algen) gering vanwege de dynamische en turbulente condities in het ondiepe en grootte meer. Bloeien van *Dinoflagellaten* zouden alleen kunnen optreden na een dagenlange periode met extreem weinig wind (totale windstilte), wat in Nederland vrijwel nooit voorkomt.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.3 van Witteveen+Bos (2016a).

6.5.2 Macroalgen

In een zout Markiezaatsmeer zal met enige regelmaat een deel van de primaire productiviteit van het systeem niet gedomineerd worden door fytoplankton, maar door macroalgen als zeesla en draadalgen. Er is een kans op bloeien van deze soorten. Hierbij geldt wel dat de dynamiek in dit scenario er voor zorgt dat het risico op bloeien van macroalgen kleiner is dan bij het zoute gemaal-scenario (zie hoofdstuk 5).

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.3 van Witteveen+Bos (2016a).

6.5.3 Aquatische vegetatie

Voor ondergedoken vegetatie lijkt de ruimte beperkt. In een zout Markiezaatsmeer hebben we het in feite uitsluitend over zeegrassen. Misschien ontstaan er beperkte mogelijkheden voor de ontwikkeling van klein zeegras en eventueel voor groot zeegras in het intergetijdengebied. De vermoedelijke ontwikkeling van macroalgen en de verwachtte troebelheid van het systeem zijn echter ongunstig voor de ontwikkeling van zeegrassen. Bovendien is uit onderzoek in de Waddenzee en de Oosterschelde gebleken dat ook op locatie waar, volgens de huidige best beschikbare kennis, het habitat in principe geschikt zou moeten zijn, vestiging van deze soorten zeker niet gegarandeerd is. Tenslotte profiteert de aandachtsoort snavelruppia mogelijk wat van de permanent zoute omstandigheden, maar ook deze soort is niet gebaat bij het slechte doorzicht.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.3 van Witteveen+Bos (2016a).

6.5.4 Terrestrische (oever)vegetatie

Dit scenario benadert het meest de condities van voor de afsluiting van de Oosterschelde; zij het dat de invloedzone van zout water kleiner zal zijn vanwege het veel kleinere peilverschil. De zone waar dagelijkse inundatie kan optreden, krijgt in de bovenste laag het zoutgehalte van het Markiezaatsmeer (11.000 tot 12.000 mg Cl/l). Pionierssoorten van zilte milieus gaan hiervan profiteren. Het waterpeil komt wel structureel lager te liggen ten opzichte van de uitgangssituatie, waardoor drogere condities gaan optreden op plekken die nu nat zijn (kwelderzone). De diepere grondwaterstanden zullen ook de ontzilting onder invloed van regenval en uitspoeling doen toenemen. Op bestaande locaties zullen brakke standplaatsen dan ook verzoeten, waarmee deze minder geschikt worden voor brakke soorten. De brakke soorten vinden mogelijk wel een geschikte standplaats op locaties die momenteel rond de oeverlijn liggen, alhoewel deze gebieden nu wel redelijk verzoet lijken als gevolg van uittredend zoet grondwater langs de oeverlijn (zie Afbeelding 4.4). Kortom, de verwachting is dat planten kenmerkend voor zoute milieus gaan profiteren in dit scenario ten opzichte van soorten die kenmerkend zijn voor brakke milieus. In Tabel 6.1 staat beschreven wat dit betekent voor de ontwikkeling van de aandachtsoorten.

Tabel 6.1 Verwachting van de vegetatieontwikkeling voor een selectie van aandachtsoorten in het Markiezaat (-- = sterke achteruitgang, - = achteruitgang, 0 = geen grote verandering, + = toename, ++ = sterke toename) in een scenario waarbij het Markiezaat zout wordt en 30 cm getijde krijgt door het openen van de Markiezaatskade, waardoor er zout water vanuit het Schelde-Rijnkanaal in het Markiezaatsmeer terecht komt

CBSnr	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Zeldzaamheid	Scenario
13	Agrimonia eupatoria	Gewone agrimonie	a	0
76	Apium graveolens	Selderij	z	++
91	Armeria maritima	Engels gras	z	++
231	Carex extensa	Kwelderzegge	zz	++
256	Carex punctata	Stippelzegge	zzz	0
288	Centunculus minimus	Dwergbloem	zz	0
386	Cynosurus cristatus	Kamgras	a	0
461	Epipactis palustris	Moeraswespenorchis	z	0
558	Genista anglica	Stekelbrem	a	0
637	Hordeum secalinum	Veldgerst	a	0
685	Juncus maritimus	Zeerus	zz	++
713	Lathyrus nissolia	Graslathyrus	zz	0
857	Nardus stricta	Borstelgras	a	0
870	Oenanthe lachenalii	Zilt torkruid	zz	++
877	Ononis repens subsp. spinosa	Kattendoorn	a	0
880	Ophrys apifera	Bijenorchis	z	0
963	Polygala vulgaris	Gewone vleugeltjesbloem	z	0
1107	Ruppia maritima	Snavelruppia	zz	+
1111	Sagina nodosa	Sierlijke vetmuur	z	0
1290	Torilis nodosa	Knopig doornzaad	z	0
1308	Trifolium striatum	Gestreepte klaver	zz	0
1312	Trisetum flavescens	Goudhaver	a	0
6079	Blackstonia	Bitterling (G)	z	0

6.5.5 Bodemfauna

Voor een rijke benthosgemeenschap is het wenselijk om Cl-concentraties boven de 11.000 mg/l te creëren (Ysebaert & Meire 1999). Deze Cl-concentratie zal gehaald worden. Door de getijslag zal de horizontale wateruitwisseling bovendien ook groot zijn, wat gunstige ontwikkelingskansen biedt voor banken van Japanse oesters (en andere filteraars).

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.3 van Witteveen+Bos (2016a).

6.5.6 Vissen

In een zout Markiezaatsmeer kan het gebied vermoedelijk weer een functie krijgen voor trekvissen, zoals paling en fint, vanwege de connectie met de Blaffert. Doordat het Markiezaatsmeer in dit scenario in open verbinding komt te staan met andere zoute wateren, zal het meer mogelijk ook weer een kraamkamerfunctie gaan vervullen voor verschillende mariene vissoorten.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.3 van Witteveen+Bos (2016a).

6.5.7 Vogels

Zonder aanvullende maatregelen zal er in dit scenario weinig veranderen in het hoger gelegen deel van het Markiezaat. Er worden dan ook geen grote veranderingen verwacht in het aantal grasland- en struweelvogels dat kenmerkend is voor verruigde graslanden en struweel. Het gaat hierbij om aandachtsoorten van verruigde graslanden (cetti's zanger, graspieper, klapekster, paapje, putter, roodborsttapuit, veldleeuwerik en

sprinkhaanzanger), struweel en bosschages (blauwborst, boompieper, groene specht, kneu, staartmees en nachtegaal), die de afgelopen twee decennia als gevolg van de verzoeting van de schorren veelal als nieuwkomers naar het Markiezaatsmeer zijn gekomen. Hoewel deze vogelsoorten allemaal niet zijn opgenomen in het aanwijzingsbesluit, gaat het wel om kritische soorten die gewenst zijn.

Langs de oeverlijn veranderen de condities echter wel in dit scenario. Door de zoute condities neemt het areaal aan overjarig riet zeer waarschijnlijk af. Dit zal een nadelig effect hebben op rietvogels zoals de aandachtsoorten baardman, rietzanger en waterral.

De typische 'zoute' soorten zijn vrijwel allemaal steltlopers. In dit scenario kunnen zij het gebied niet alleen als hoogwaterrustplaats gebruiken, maar dankzij het 125 hectare grote intergetijdengebied ontstaat er ook nieuw foerageergebied. Hierdoor neemt de draagkracht van het gebied voor deze soorten toe. Een soort als de strandplevier zal zeker positief reageren op de combinatie van getijdewerking en de nieuw opgespoten kale eilanden, hoewel de aantallen na een decennium weer zullen afnemen door toenemende begroeiing. De toegenomen draagkracht heeft vermoedelijk alleen betrekking op niet-broedende steltlopers. De fluctuatie van 30 cm zal er weliswaar voor zorgen dat het foerageergebied voor steltlopers toeneemt en de vegetatiesuccessie in deze zone geremd wordt, maar deze zone is door de dagelijkse overstroming ongeschikt als broedhabitat. Vooral de strandplevier en bontbekplevier broeden in de zone direct tegen het intergetijdengebied aan en prefereren predatievrije zones en geen vegetatie of een pioniersvegetatie. Door predatie van vossen en ratten zullen de zones aan het vasteland daarom ongeschikt blijven voor broedende steltlopers, maar op de geïsoleerde (nieuwe) eilanden zullen de condities wel verbeteren. Ook hier zal de winst vermoedelijk echter beperkt zijn voor de broedende vogels, omdat er in het meer een jaarrond vaste peilfluctuatie van 30 cm komt waardoor de zones tegen het intergetijdengebied niet (of slechts beperkt) onder invloed komen te staan van het zoute water. Dit leidt er toe dat de vegetatie in deze zone nauwelijks geremd wordt en dat het gewenste pioniersstadium niet op een duurzame wijze bewerkstelligd kan worden. Salts-sprays en incidentele zoutinlaten via golfwerking tijdens stormen zullen zeer waarschijnlijk onvoldoende zijn om schorrenvegetaties (pioniersstadia) te behouden in deze zone. Het toepassen van een gevarieerd zomer- en winterpeil met getij, waarbij het winterpeil hoger ligt, zou een oplossing kunnen vormen. Een dergelijk peil zou dan echter ook gehanteerd moeten worden in het Volkerak-Zoommeer. In het Grevelingen leidt dit tot goede resultaten. In vervolgonderzoek zou bepaald kunnen worden of dit een realistische optie is voor het Volkerak-Zoommeer en het Markiezaatsmeer.

Op de Spuitkop broeden sinds de jaren '90 van de vorige eeuw lepelaars. Deze soort zal waarschijnlijk niet zo veel problemen hebben met een zout meer, aangezien ze bijvoorbeeld ook in het Waddengebied vaak in de buurt van zout water broeden. Lepelaars zijn echter voornamelijk grondbroeders, waarmee ze erg gevoelig zijn voor grondpredatoren als vossen en ratten. Doordat het waterpeil met ongeveer een halve meter zal dalen in dit scenario (waardoor de Spuitkop zonder aanvullende maatregelen vast zou komen te zitten aan het vasteland), is het echt noodzakelijk dat er een brede en diepe geul aan de zuidzijde van de Spuitkop wordt aangelegd. De eilanden die met het vrijgekomen materiaal worden aangelegd worden op termijn waarschijnlijk ook goede en nieuwe broedhabitats voor lepelaars.

Voor andere typische zoetwatersoorten zijn enige negatieve gevolgen te verwachten als gevolg van een zout meer. Dit geldt vooral voor de dodaars, waarvoor het gebied als broedgebied in waarde afneemt vanwege het verdwijnen van zoete waterplanten die ze gebruiken voor hun nesten. Daarnaast neemt de dekking langs rietkragen waarschijnlijk af. Ook voor de kleine zwaan zal het gebied veel minder geschikt worden om te foerageren, vanwege het verdwijnen van hun voorkeursvoedsel (wortelstokken van zoete waterplanten als fonteinkruiden). Voor zichtjagers als futen, sommige duikeenden, aalscholvers en visdieven zullen de condities vermoedelijk weinig verbeteren: het meer blijft immers troebel. De meeste andere 'zoete' soorten die het Markiezaatsmeer als foerageergebied gebruiken, zoals ganzen en verschillende grondeleenden, kunnen in principe ook op zout water foerageren, al is het op basis van onze modelvoorspellingen niet mogelijk kwantitatieve uitspraken te doen over hun voedselbeschikbaarheid. Het is niet uit te sluiten dat een zout Markiezaatsmeer vooral voor een aantal grondeleenden (wintertaling, slobeend en krakeend) uiteindelijk toch minder aantrekkelijk zal zijn. Uitzondering zijn de rotgans en de bergeend, die graag in ondiepe zoute gebieden foerageren. Beide soorten zullen vermoedelijk toenemen bij dit scenario.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.3 van Witteveen+Bos (2016a).

6.6 Confrontatie met Natura 2000 en KRW-doelen

De getijwerking in de voorkeursvariant creëert nieuw foerageergebied voor de 'zoute' foeragerende en rustende vogelsoorten, zoals plevieren en steltlopers en heeft daarmee een positief effect. Omdat het droge broedgebied niet verandert en er in grote delen van het gebied sprake blijft van predatie, zal het effect op de broedende plevieren en steltlopers echter gering zijn (Tabel 6.2). Vermoedelijk zal de aanleg van nieuwe eilanden overigens wel tijdelijk een positief effect hebben op de broedende steltlopers. Tevens zal het aantal bergeenden toenemen.

Voor een aantal 'zoete' vogelsoorten worden enige negatieve gevolgen verwacht (Tabel 6.2). Dit geldt vooral voor dodaarzen, kleine zwanen en in mindere mate voor een aantal grondeleenden. Als het beschouwde scenario wordt uitgevoerd, is het verstandig om te overwegen de instandhoudingsdoelstellingen van deze soorten aan te passen. Voor de lepelaar wordt geen negatief effect verwacht als de Spuitkop tenminste geïsoleerd blijft liggen door aanleg van een diepe en brede geul, en vermoedelijk heeft de aanleg van nieuwe eilanden zelfs een positief effect.

Tabel 6.2 Stand van zaken van de instandhoudingsdoelstellingen voor broedende en niet-broedende vogels in het Markiezaatsmeer voor de huidige situatie en na uitvoering van de voorgestelde maatregelen in het getijscenario met een gat van 200 m^2 in de Markiezaatskade. Kleuren geven aan of de doelen gehaald zijn/worden in het Markiezaatsmeer: rood = nooit bereikt, geel = sommige jaren bereikt maar andere jaren niet bereikt, groen = alle jaren bereikt

Toestand nu		Toestand na maatregelen	
Broedvogels	**Niet-broedende vogels**	**Broedvogels**	**Niet-broedende vogels**
Lepelaar	Lepelaar	Lepelaar	Lepelaar
Dodaars	Kleine zwaan	Dodaars	Kleine zwaan
	Brandgans		Brandgans
	Krakeend		Krakeend
	Meerkoet		Meerkoet
	Grauwe gans		Grauwe gans
	Pijlstaart		Pijlstaart
	Wintertaling		Wintertaling
	Slobeend		Slobeend
	Smient		Smient
	Geoorde fuut		Geoorde fuut
	Fuut		Fuut
	Aalscholver		Aalscholver
	Bergeend		Bergeend
Kluut	Kluut	Kluut	Kluut
Bontbekplevier	Bontbekplevier	Bontbekplevier	Bontbekplevier
Strandplevier	Zilverplevier	Strandplevier	Zilverplevier
	Kanoet		Kanoet
	Bonte strandloper		Bonte strandloper
	Zwarte ruiter		Zwarte ruiter

Voor de KRW-doelen, die in het Markiezaatsmeer volgend zijn op Natura 2000 (EU 2011), geldt dat het meer zout wordt in dit scenario en dus een ander KRW-type wordt: M32 (grote brakke tot zoute meren) in plaats van M30 (zwak brakke wateren). Aangezien het meer vermoedelijk troebel blijft, valt het sterk aan te raden om uiteindelijk specifieke (op het waterlichaam toegesneden) MEP's en GEP's vast te stellen als dit scenario in praktijk gaat worden gebracht. Hierbij zal het MEP gelijk aan een helder ideaalbeeld, maar zullen de GEP's overeenkomen met een troebele toestand.

Deze beschrijving is aangepast overgenomen uit paragraaf 5.2.5 en 5.2.6 van Witteveen+Bos (2016a).

7

BRAK MARKIEZAATSMEER DOOR INLAAT VAN ZOUT WATER UIT DE OOSTERSCHELDE VIA ONDERLEIDERS

In dit hoofdstuk staan de bevindingen beschreven van een scenario waarbij zout water via een onderleider vanuit de Oosterschelde naar het Markiezaatsmeer wordt gepompt om enerzijds het Markiezaatsmeer te verbrakken en anderzijds om eens in de zoveel jaar het peil met een meter op te zetten. Naast de effecten zijn bovendien ook de technische eisen aan de onderleiders bepaald.

7.1 Hydrologisch functioneren

Benodigde inlaatdebiet

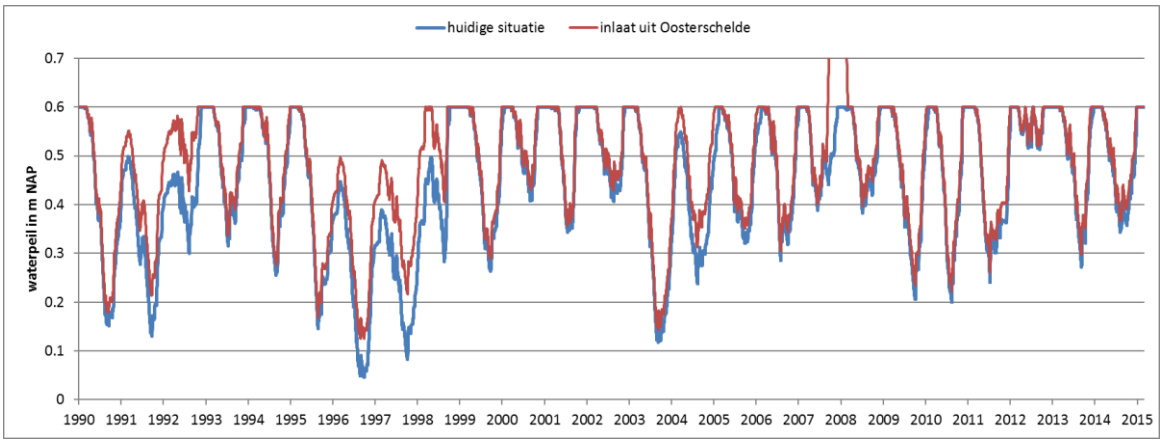
Om het Markiezaatsmeer te verbrakken tot het gewenste niveau van rond de 3.000 mg Cl/l, dient dagelijks circa 1.750 m^3 water uit de Oosterschelde te worden ingelaten. Dit debiet kan via één onderleider onder vrij verval worden ingelaten. Voor een peilopzet van 1,0 meter is gedurende ongeveer 84 dagen een inlaatdebiet van 130.000 m^3/dag vereist. Hiermee kan het peil in het Markiezaatsmeer worden opgezet van 0,55 m +NAP op 1 september tot 1,55 m +NAP rond 23 november. Om dit te kunnen bewerkstelligen zijn twee onderleiders met de grootst mogelijke diameter nodig (stalen leidingen DN1200). Vervolgens moet worden uitgelaten (met eenzelfde debiet van 130.000 m^3/dag). Dit duurt wat langer dan het inlaten, omdat ook het neerslagoverschot van die periode moet worden afgevoerd. Het vullen en aflaten kan via dezelfde onderleiders plaatsvinden, maar hierbij zijn wel pompen nodig. Uit berekeningen blijkt dat het in- en uitlaatdebiet niet onder vrij verval te realiseren is (hiervoor zouden circa 12 in plaats van 2 onderleiders nodig zijn). Daarom is het gebruik van pompen noodzakelijk.

Effecten op verblijftijd en waterpeil

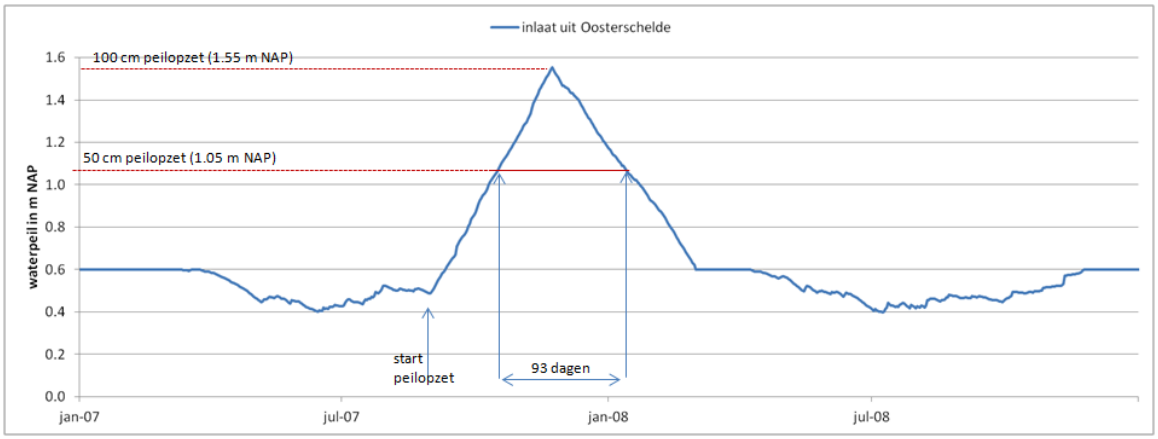
Momenteel wordt het Markiezaatsmeer vooral gevoed door neerslagwater en daarnaast door enige kwel, uitspoeling en inlaat vanuit de Blaffert. Het totale ingaande debiet van deze waterstromen bedraagt gemiddeld 30.500 m^3/dag. Om het meer te verbrakken tot circa 3.000 mg Cl/l dient er elke dag ongeveer 1.750 m^3 zout water uit de Oosterschelde extra aangevoerd te worden naar het Markiezaatsmeer. Hierdoor neemt het totale ingaande debiet met ongeveer 6% toe. Hiermee is het effect op de verblijftijd, die in de huidige situatie ongeveer twee jaar bedraagt, zeer gering. Ook het effect op het waterpeil is gering. Alleen in erg droge jaren heeft het inlaten van dit extra water duidelijk invloed op het waterpeil (Afbeelding 7.1).

Voor de peilopzet van 1,0 m wordt gedurende een periode van bijna drie maanden 130.000 m^3/dag ingelaten vanuit de Oosterschelde. Gedurende de peilopzet staat het peil ruim 90 dagen boven de 1,05 m +NAP (Afbeelding 7.2). In deze periode staat de lichtblauw ingekleurde zone uit Afbeelding 3.2 in zijn geheel onder water (circa 300 ha). Een peil van 1,55 m +NAP, waarbij circa 500 ha van de oeverzone onder water staat, wordt één dag gehaald.

Afbeelding 7.1 Berekende peilverloop in het Markiezaatsmeer in de huidige situatie (blauw) en bij inlaat vanuit de Oosterschelde (rood). Er is uitgegaan van een stuwhoogte van 0,60 m +NAP en een ongelimiteerde aflaatcapaciteit



Afbeelding 7.2 Berekend peilverloop tijdens de peilopzet van 1,0 m



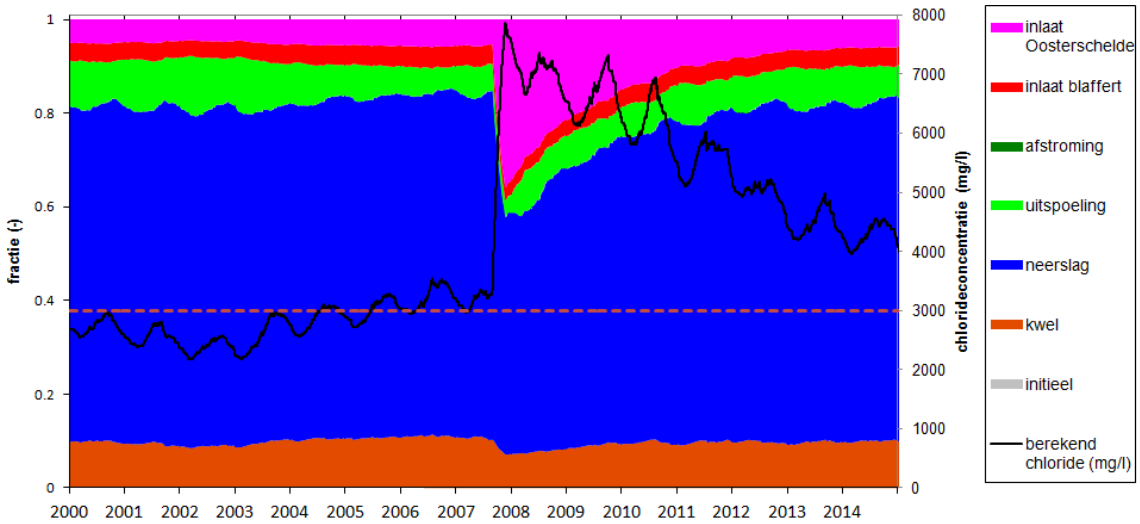
Effect op Cl-concentratie en de samenstelling van het water

Bij een dagelijks inlaatdebiet uit de Oosterschelde van 1.750 m^3 schommelt de Cl-concentratie rond de 3.000 mg/l. Dit is in de waterbalans gemodelleerd voor de periode 2000 - 2007 (Afbeelding 7.3). Vervolgens is het peil in de waterbalans met 1,0 m opgezet in de winter van 2007 - 2008 door bijna drie maanden lang 130.000 m^3/dag in te laten vanuit de Oosterschelde. Dit leidt tot een aandeel Oosterscheldewater in het Markiezaatsmeer van 36% en een forse toename van de Cl-concentratie tot circa 8.000 mg/l (Afbeelding 7.3). Na de peilopzet zakt de Cl-concentratie weer heel langzaam terug richting de 3.000 mg/l. Als in die periode de inlaat vanuit de Oosterschelde dicht wordt gezet, duurt het circa vijf jaar voor de concentratie weer op de 3.000 mg/l ligt. Als er in die periode nog wel dagelijks wordt ingelaten (1.750 m^3/dag), duurt dit nog langer (zoals te zien is in Afbeelding 7.3).

Effecten op omliggende watersystemen: afwenteling

Na de peilopzet moet het water in korte tijd worden afgevoerd. In dit scenario is uitgegaan van lozing op de Oosterschelde via de onderleiders, waarbij een pomp nodig is. Gezien het relatief kleine lozingsdebiet ten opzichte van de Oosterschelde (waar bovendien door getijdenbeweging vrijwel altijd stroming staat), worden geen significante effecten verwacht op het ecosysteem van de Oosterschelde.

Afbeelding 7.3 De berekende fractieverdeling (herkomst van het water) van het Markiezaatsmeer en de berekende Cl-concentratie bij inlaat vanuit de Oosterschelde



7.2 Nutriëntenhuishouding en lichtklimaat

Doordat extra water wordt ingelaten voor de verbrakking en de peilopzet worden ook extra nutriënten aangevoerd. Vanwege de lage P- en N-concentraties in de Oosterschelde is de toename echter vrij gering. De dagelijkse inlaat om de Cl-concentratie van het Markiezaatsmeer op 3.000 mg/l te krijgen, levert een extra P-belasting van 0,01 mg P/m^2/dag op (3% extra ten opzichte van de huidige belasting) en een extra N-belasting van 0,10 mg N/m^2/dag (2% extra ten opzichte van de huidige belasting).

De peilopzet van 1,0 meter leidt tot een forse aanvullende belasting van circa 0,7 à 0,8 mg P/m^2/dag gedurende de vulfase van bijna drie maanden, oftewel een totale vracht van bijna 700 kg P en ruim 6.000 kg N. Omdat deze belasting optreedt in het winterhalfjaar zal de extra beschikbaarheid aan nutriënten niet direct tot uiting komen in het ecosysteem. Als er ook geen vastlegging in de bodem optreedt, zullen alle aangevoerde nutriënten het systeem weer verlaten op het moment dat het peil weer wordt afgelaten. Bovendien zal de P-concentratie in het Markiezaatsmeer na het aflaten van het water mogelijk lager zijn dan voor de peilopzet, doordat de concentratie van het inlaatwater uit de Oosterschelde ten minste tweemaal lager is (doorgaans 0,03 à 0,07 mg/l) dan in het Markiezaatsmeer zelf (vrijwel nooit < 0,10 mg/l) waardoor verdunning optreedt.

Door de inlaat van zout water neemt niet alleen de aanvoer van P en N toe, maar ook de aanvoer van SO_4 zal groter worden. Het zoute zeewater uit de Oosterschelde bevat namelijk veel SO_4. Momenteel is de SO_4- concentratie in het Markiezaatsmeer ongeveer 200 mg/l, maar in de jaren `90 van de vorige eeuw lag de concentratie tussen de 400 en 800 mg/l. Door de verbrakking wordt de Cl-concentratie op het niveau gebracht van de jaren `90 en het is goed mogelijk dat ook de SO_4-concentratie weer toeneemt tot waardes die vergelijkbaar zijn aan de situatie destijds. Aangezien SO_4 zeer vermoedelijk een belangrijke aanjager is van de snelle circulatie van nutriënten en de resulterende hoge productiviteit in het Markiezaatsmeer (zie hoofdstuk 5.1.3 in het hoofdrapport, Witteveen+Bos 2016a), is SO_4-belasting door inlaat van zout water een ongewenste ontwikkeling. Door de toevoer van extra SO_4 wordt de nutriëntenpomp gaande gehouden en mogelijk zelfs aangewakkerd. Hierdoor zal de waterbodem niet als sink voor nutriënten gaan fungeren, maar juist als bron van nutriënten blijven functioneren.

7.3 Zoet-zout overgangen

In dit scenario komt de Cl-concentratie in het Markiezaatsmeer standaard rond de 3.000 mg/l te liggen. Tijdens de peilopzet van 1,0 m zal de Cl-concentratie oplopen tot circa 8.000 mg/l. In de zone die dan overstroomt raakt, zal de topbodem aangerijkt worden met zout. De mate van aanrijking zal afhangen van

(a) de grondwaterstanden in de schorren voordat de peilverhoging wordt ingezet, (b) de duur van de overstroming en (c) de Cl-concentratie in het reeds aanwezige bodemvocht. De daadwerkelijke aanrijking kan op basis van de reeds beschikbare gegevens niet worden ingeschat. Wat wel duidelijk is, is dat er vrijwel geen zoutaanrijking zal optreden in de terrestrische delen van het Markiezaat die niet overstroomt raken, omdat de laterale indringing beperkt is.

7.4 Aanbevolen maatregelen en geraamde kosten

Er is een SSK-raming opgesteld voor de aanleg van de onderleiders, het huren van de pompen (dit bleek veel goedkoper te zijn dan aanschaf van de pompen) en de energiekosten voor het gebruik van de pompen (zie Bijlage IV). Uit deze raming blijkt dat uitgegaan dient te worden van een totale investering van circa EUR 5.400.000,-- (exclusief omzetbelasting), waarbij uitgegaan is van één huurperiode gedurende een periode van 10 jaar. Elke aanvullende huurperiode levert meerkosten van circa EUR 300.000,-- op aan huur- en energiekosten. In deze raming is er vanuit gegaan dat het huidige idee nog moet worden omgezet naar een voorontwerp en definitief ontwerp in een engineeringfase en dat hier nog verscheidene bouwtechnische en ecohydrologische onderzoeken voor uitgevoerd dienen te worden. Op ecohydrologisch gebied is het bijvoorbeeld van belang dat er meer inzicht komt in de daadwerkelijke zoutaanrijking in topbodems. Op basis van de reeds beschikbare gegevens kan dit namelijk niet worden ingeschat.

Als er uitgegaan wordt van een werkingstermijn van 10 jaar kost dit scenario circa EUR 540.000,-- per jaar (inclusief omzetbelasting) en bij een werkingstermijn van 40 jaar is dat circa EUR 157.500,-- per jaar.

7.5 Te verwachten biologische toestand

Het is lastig om de ecologische effecten van dit scenario exact te formuleren, omdat er niet echt sprake is van een eindsituatie. Eens in de bijvoorbeeld 10 jaar zal het peil in het Markiezaatsmeer worden opgezet en gaat de Cl-concentratie in het meer binnen een paar maanden van 3.000 mg/l naar 8.000 mg/l. Vervolgens kan er enige jaren een overgangssituatie ontstaan, waarin de bodemfauna- en vogelpopulaties zich chaotisch kunnen ontwikkelen. Onderstaande inschattingen zijn daardoor wat minder betrouwbaar dan bij de eerdere scenario's (hoofdstukken 4, 5 en 6).

7.5.1 Fytoplankton

In de huidige zwak brakke situatie (circa 700 mg Cl/) groeien zoetwater algen en worden jaarlijks chlorofyl-a concentraties gemeten van tenminste 100 µg/l (Witteveen+Bos 2016b). Door de verbrakking in dit scenario zal de biomassaproductie aan algen vermoedelijk niet geremd worden. De meeste voorwaarden veranderen niet (de externe nutriëntenbelasting en verblijftijd blijven nagenoeg gelijk) en de Cl-concentratie wordt niet hoog genoeg om bijvoorbeeld blauwalgenbloei te voorkomen (de blauwalg *Microcystis* wordt pas sterk negatief beïnvloed bij Cl-concentraties boven de 10.000 mg/l, Verspagen et al. 2005). Daarnaast kunnen er bij de hogere Cl-concentratie als gevolg van de peilopzet met 1,0 m (4.000 - 8.000 mg Cl/l), die vrij abrupt ontstaan en vervolgens nog jaren aanwezig blijven, mogelijk ook nog andere toxineproducerende plaagalgen gaan domineren die onder de zoete condities meestal minder talrijk voorkomen, zoals *Prymnesium*-soorten (Mazur-Marzec et al. 2005).

7.5.2 Macroalgen

De hoeveelheid macroalgen is lastig te voorspellen, maar gezien de hoge nutriëntenbelasting is de vorming van macroalgen zeer waarschijnlijk. Er zullen zeker draadalgen ontstaan en bij de hogere Cl-concentraties als gevolg van de peilopzet met 1,0 m kan zeesla mogelijk ook gaan domineren. Deze macroalgen zullen in competitie zijn met de microalgen (fytoplankton) en de eventueel aanwezige ondergedoken vegetatie. Bloeien en ophoping van macroalgen zullen waarschijnlijk vrij regelmatig gaan voorkomen. Of er periodiek veel macroalgen zullen zijn en/of juist veel fytoplankton zal van toevallige uitgangssituaties afhangen.

7.5.3 Aquatische vegetatie

Onder brakke omstandigheden kunnen in principe enkele waterplantsoorten tot ontwikkeling komen zoals gesteelde zannichellia, schedefonteinkruid, snavelruppia en spiraalruppia. Doordat het doorzicht niet verbetert, zal er echter alleen in de zeer ondiepe zones plantengroei mogelijk zijn. In de jaren na de peilopzet wordt de Cl-concentratie in theorie hoog genoeg voor de groei van zeegrassen: zowel groot zeegras als klein zeegras tolereren een brede saliniteitsrange (5-42 ppt ofwel 3.000 - 23.000 mg Cl/l; van Katwijk et al. 1999). Toch is de vestiging van zeegrassen in het Markiezaatsmeer zeer onwaarschijnlijk. De troebelheid en de afwezigheid van getijbeweging vormen een belemmering voor zeegrassen.

7.5.4 Terrestrische (oever)vegetatie

In de situatie dat het meer brak wordt (3.000 mg Cl/l) en er geen peilopzet optreedt zal de vegetatie rondom het meer vrij vergelijkbaar blijven met wat dit nu is. Bij een zoutgehalte van rond de 3.000 mg Cl/l zal riet nog steeds kunnen groeien en zullen rietkragen zich tot in het water kunnen uitstrekken. Het riet zal een peilopzet van 1,0 m met behoorlijk brak echter vermoedelijk niet fijn vinden. Het is dan goede mogelijk dat (delen van) de rietkragen dan afsterven en niet meer terugkomen.

De hogere Cl-concentraties (tussen de 4.000 en 8.000 mg Cl/l), die ontstaan na en tijdens de peilopzet van 1,0 m, zijn in principe gunstiger voor soorten die kenmerkend zijn voor brakke standplaatsen. Het peilregime is in eerste instantie echter zeer ongunstig. Wanneer een vegetatie langdurig (meer dan 1 maand) onder water komt te staan dan zal deze stikken en gaan afsterven. De vegetatie verdwijnt en er blijft kale grond over. Bij een peilregime, waarbij het peil gedurende diverse maanden tot 1,55 m +NAP mag stijgen, zal de huidige (botanisch interessante) laaggelegen kwelderzone langdurig overstroomd zijn, waardoor de vegetatie hier zal afsterven. De bestaande standplaatsen met veel brakwatervegetatie zullen als gevolg van de langdurige inundaties dus eerst sterk achteruit gaan en het aandeel kale bodem zal fors toenemen. Selderij, Engels gras, kwelderzegge, zeerus, zilt torkruid en bitterling zijn aandachtsoorten die voorkomen in de inundatiezone en dus in eerste instantie worden getroffen door langdurige peilopzet (Tabel 7.1). Het is niet geheel duidelijk wat er op deze kale grond gaat gebeuren. Vermoedelijk zal de vegetatie zich herstellen en zullen veel brakke soorten terugkomen, waarbij de bodem vervolgens wat aangerijkt is met zout. Er kan echter niet uitgesloten worden dat bepaalde specifieke soorten niet meer terugkomen.

De hoger gelegen schorren (1,05 tot 1,55 m +NAP) raken veel korter overstroomd. Vermoedelijk zal er als gevolg van de peilverhoging zoutaanrijking optreden op deze schorren, maar na de peilverhoging zal er weer redelijk snel uitspoeling optreden als gevolg een lange periode met lagere grondwaterpeilen (zoals eind jaren ’80 van de vorige eeuw ook is gebeurd; Röling 1994). Voor de hoger gelegen schorren heeft een dergelijke overstroming dus vermoedelijk weinig effect.

De diverse bijzondere soorten die voorkomen in “de Duintjes” blijven buiten schot, omdat dit gebied aanmerkelijk hoger ligt (hoger dan 2 m +NAP). Soorten als dwergbloem, stippelzegge, kattendoorn, gewone vleugeltjesbloem, sierlijk vetmuur en gestreepte klaver ondervinden dan ook geen effect (Tabel 7.1).

Tabel 7.1 Verwachting van de vegetatieontwikkeling voor een selectie van aandachtsoorten in het Markiezaat (-- = sterke achteruitgang, - = achteruitgang, 0 = geen grote verandering, + = toename, ++ = sterke toename) in een scenario waarbij het Markiezaat brak wordt en af en toe te maken krijgt met een peilopzet van 1,0 m als gevolg van wateraanvoer uit de Oosterschelde. Voor alle soorten is in de kolom "scenario" tussen haakjes aangegeven wat het tijdelijke effect van een bevloeiing van 1,0 m is

CBSnr	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Zeldzaamheid	Scenario
13	Agrimonia eupatoria	Gewone agrimonie	a	0 (-)
76	Apium graveolens	Selderij	z	+/- (--)
91	Armeria maritima	Engels gras	z	+/- (--)
231	Carex extensa	Kwelderzegge	zz	+/- (-/--)
256	Carex punctata	Stippelzegge	zzz	0 (0)
288	Centunculus minimus	Dwergbloem	zz	0 (0)
386	Cynosurus cristatus	Kamgras	a	0 (0)
461	Epipactis palustris	Moeraswespenorchis	z	- (--)
558	Genista anglica	Stekelbrem	a	0 (0)
637	Hordeum secalinum	Veldgerst	a	0 (0)
685	Juncus maritimus	Zeerus	zz	+/- (-/--)
713	Lathyrus nissolia	Graslathyrus	zz	0 (-)
857	Nardus stricta	Borstelgras	a	0 (0)
870	Oenanthe lachenalii	Zilt torkruid	zz	+/- (-/--)
877	Ononis repens subsp. spinosa	Kattendoorn	a	0 (0)
880	Ophrys apifera	Bijenorchis	z	0 (-)
963	Polygala vulgaris	Gewone vleugeltjesbloem	z	0 (0)
1107	Ruppia maritima	Snavelruppia	zz	+ (+)
1111	Sagina nodosa	Sierlijke vetmuur	z	0 (-)
1290	Torilis nodosa	Knopig doornzaad	z	0 (0)
1308	Trifolium striatum	Gestreepte klaver	zz	0 (0)
1312	Trisetum flavescens	Goudhaver	a	0 (0)
6079	Blackstonia	Bitterling (G)	z	+/- (-/--)

7.5.5 Bodemfauna

De fauna is over het algemeen soortenarm onder brakke condities ten opzichte van zoet water of mariene systemen. In de brakke delen van de Schelde is dit goed aangetoond (Ysebaert et al. 2005). Wel moet hierbij opgemerkt worden dat de brakke delen van de Schelde niet alleen een zoutconcentratie hebben waar weinig bodemdieren goed op ingesteld zijn, maar dat dit deel van de Schelde ook grote fluctuaties in zoutgehalten kent vanwege de getijdebeweging. De situaties zijn dus niet zo maar te vergelijken. Anderzijds stijgt de Cl-concentratie bij de peilopzet ook behoorlijk snel. Daarnaast zal de waterbeweging meestal beperkt zijn, waardoor er sowieso geen banken van oesters en andere filteraars zullen ontstaan, omdat er te weinig algen langskomen voor de hoge filtratiebehoefte die deze banken nodig hebben.

7.5.6 Vissen

In het brakke scenario kunnen de meeste zoetwatersoorten nog wel overleven als volwassen exemplaren, maar worden de Cl-concentraties wel te hoog voor een succesvolle voortplanting. Dit is zeker het geval bij de hogere Cl-concentratie in de jaren na de peilopzet. Hierdoor zal op de lange duur de populatieomvang van veel huidige soorten vermoedelijk gaan afnemen. Daarnaast zullen soorten als paling en driedoornige stekelbaars (en mogelijk ook bot en brakwatergrondel) meer gaan voorkomen. Voor deze soorten is connectiviteit (vrije migratie, al dan niet door een visvriendelijk gemaal) met naastgelegen wateren zeer belangrijk. Bij de bouw van de onderleider dient hiermee rekening te worden gehouden.

7.5.7 Vogels

Door de peilopzet zullen flinke delen van de hoge schorren tijdelijk overstromen en aangerijkt worden met wat zout. Dit kan een effect hebben op de gewenste habitats van verschillende grasland- en struweelvogels die gebaad zijn bij verruigde graslanden en struweel. Hierbij kan gedacht worden aan aandachtsoorten van verruigde graslanden (cetti's zanger, graspieper, klapekster, paapje, putter, roodborsttapuit, veldleeuwerik en sprinkhaanzanger), struweel en bosschages (blauwborst, boompieper, groene specht, kneu, staartmees en nachtegaal). Verbrakking van de schorren kan de aantallen van deze soorten (die allen niet als Natura 2000-soorten zijn aangewezen) negatief beïnvloeden.

Ook langs de oeverlijn veranderen de condities behoorlijk sterk wanneer het peil met 1,0 m wordt opgezet. Door de overstroming met behoorlijk brak water neemt het areaal aan overjarig riet zeer waarschijnlijk af. Dit zal een nadelig effect hebben op rietvogels zoals de aandachtsoorten baardman, rietzanger en waterral.

De typische 'zoute' soorten zijn voor een belangrijk deel steltlopers, die in het intergetijdengebied foerageren. In de brakke "standaard" situatie met een Cl-concentratie van 3.000 mg/l in het meer zal er geen sprake zijn van intergetijdengebied en neemt de geschiktheid van het Markiezaat als foerageer- en broedgebied van deze soorten niet toe. Onder deze condities zal het Markiezaat, net als onder de huidige condities, vooral functioneren als hoogwaterrustplaats voor deze soorten. Na de peilverhoging van 1,0 m zullen de condities voor de steltlopers echter wel significant zijn veranderd. Er zal een aantal jaren sprake zijn van veel kale en brakke grond langs de oever van het Markiezaatsmeer. Dit is in potentie goed broedhabitat voor verschillende steltlopers zoals bontbek- en strandplevieren. Deze soorten prefereren echter wel predatievrije zones en die worden niet gecreëerd door de peilverhoging. Door predatie van vossen en ratten zullen de zones aan het vasteland daarom ongeschikt blijven voor broedende steltlopers, maar op de geïsoleerde Spuitkop zullen de condities wel verbeteren. Voor foeragerende steltlopers worden de condities vermoedelijk iets beter, doordat het watersysteem wat brakker wordt. Het zal echter een lichte verbetering zijn, omdat na de peilverhoging weer teruggevallen wordt op het oude seizoensmatige peilregime zonder dagelijkse getijdebeweging.

Voor vogels die gebonden zijn aan een zoet water zijn effecten te verwachten als de bedekking met aquatische waterplanten afneemt. Het gebied zal dan vermoedelijk minder geschikt worden voor de kleine zwaan vanwege het verdwijnen van hun voorkeursvoedsel (wortelstokken van zoete waterplanten als fonteinkruiden). Maar ook eendensoorten als krakeend, wintertaling en smient ondervinden hier negatieve effecten van. Deze soorten zullen niet geheel verdwijnen maar "zoute" waterplanten zijn niet het voorkeursvoedsel. Daarnaast wordt het huidige Markiezaatsmeer gebruikt door vogelsoorten die prima op zout en brak water kunnen foerageren, maar waterplanten nodig hebben voor nesten. Dit betreft vooral de dodaars die ook instandhoudingsdoelstellingen als broedvogel heeft. Zolang er voldoende waterplanten in het systeem zitten zal het Markiezaatsmeer zijn functie als broedgebied kunnen blijven behouden. Echter, wanneer er weinig waterplanten in het systeem aanwezig zijn, zal deze vogel elders nesten moeten gaan bouwen. Voor deze soort zal het broedgedrag in een brakke scenario dus sterk afhangen van de ontwikkeling van ondergedoken vegetatie zoals snavel- en spiraalruppia. Wanneer als gevolg van de verbrakking ook het aandeel waterriet gaat afnemen zal dit extra nadelig uitpakken voor rietvogels maar ook voor dodaars, welke zijn nest vaak in de beschutting van een rietkraag maakt.

7.6 Confrontatie met Natura 2000 en KRW-doelen

Dit scenario creëert nieuw foerageergebied voor de 'zoute' foeragerende en rustende vogelsoorten, zoals plevieren en steltlopers en heeft daarmee een positief effect. Omdat er in grote delen van het gebied sprake blijft van predatie, zal het effect op de broedende plevieren en steltlopers echter niet zo groot zijn (Tabel 7.2). Tevens zal het aantal bergeenden toenemen.

Voor een aantal 'zoete' vogelsoorten worden enige negatieve gevolgen verwacht (Tabel 7.2). Dit geldt vooral voor dodaarzen, kleine zwanen en in mindere mate voor een aantal grondeleenden. Als het beschouwde scenario wordt uitgevoerd, is het verstandig om te overwegen de instandhoudingsdoelstellingen van deze

soorten aan te passen. Voor de lepelaar wordt geen negatief effect verwacht, alhoewel de peilverhoging wel tijdelijk een licht negatief effect kan hebben op het aantal broedende lepelaars. Dit wordt zo veel mogelijk voorkomen door de peilverhoging in de winter uit te voeren, maar enige negatieve effecten kunnen niet worden uitgesloten.

Tabel 7.2 Stand van zaken van de instandhoudingsdoelstellingen voor broedende en niet-broedende vogels in het Markiezaatsmeer voor de huidige situatie en na het aanleggen van een onderleiders tussen de Oosterschelde en het Markiezaatsmeer. Kleuren geven aan of de doelen gehaald zijn/worden in het Markiezaatsmeer: rood = nooit bereikt, geel = sommige jaren bereikt maar andere jaren niet bereikt, groen = alle jaren bereikt

Toestand nu		Toestand na maatregelen	
Broedvogels	**Niet-broedende vogels**	**Broedvogels**	**Niet-broedende vogels**
Lepelaar	Lepelaar	Lepelaar	Lepelaar
Dodaars	Kleine zwaan	Dodaars	Kleine zwaan
	Brandgans		Brandgans
	Krakeend		Krakeend
	Meerkoet		Meerkoet
	Grauwe gans		Grauwe gans
	Pijlstaart		Pijlstaart
	Wintertaling		Wintertaling
	Slobeend		Slobeend
	Smient		Smient
	Geoorde fuut		Geoorde fuut
	Fuut		Fuut
	Aalscholver		Aalscholver
	Bergeend		Bergeend
Kluut	Kluut	Kluut	Kluut
Bontbekplevier	Bontbekplevier	Bontbekplevier	Bontbekplevier
Strandplevier	Zilverplevier	Strandplevier	Zilverplevier
	Kanoet		Kanoet
	Bonte strandloper		Bonte strandloper
	Zwarte ruiter		Zwarte ruiter

Voor de KRW-doelen, die in het Markiezaatsmeer volgend zijn op Natura 2000 (EU 2011), geldt dat het meer brak wordt in dit scenario en dus een ander KRW-type wordt: M32 (grote brakke tot zoute meren) in plaats van M30 (zwak brakke wateren). Aangezien het meer vermoedelijk troebel blijft, valt het sterk aan te raden om uiteindelijk specifieke (op het waterlichaam toegesneden) MEP's en GEP's vast te stellen als dit scenario in praktijk gaat worden gebracht. Hierbij zal het MEP gelijk aan een helder ideaalbeeld, maar zullen de GEP's overeenkomen met een troebele toestand.

Dit scenario wordt momenteel afgeraden. Het levert op dit moment te weinig op met betrekking tot de doelen die zijn vastgesteld voor de Natura 2000, KRW en de provincie, terwijl de terrestrische vegetatie op dit moment nog steeds veel brakke kenmerken vertoont. Een peilverhoging van 1,0 m zal op korte termijn leiden tot een sterke achteruitgang van brakke vegetaties en er valt niet uit te sluiten dat de effecten zelfs na enkele jaren nog negatief zijn voor de huidige brakke vegetaties. Op de (zeer) lange termijn kan voortschrijdende verzoeting echter wel degelijk tot een afname van de huidige brakke vegetaties leiden. Dit dient gemonitord te worden (zie hoofdstuk 4). Zodra uit de monitoring blijkt dat dit risico reëel is, dan blijft het voorliggende scenario vooralsnog de enige mogelijkheid voor zoutaanrijking in de topbodems van de locaties waar brakke vegetatiegemeenschappen kunnen voorkomen. Er wordt sterk aangeraden om dit vervolgens niet gelijk grootschalig voor het gehele gebied uit te voeren, maar eerst een pilot op kleine schaal te doen.

8

BRAK MARKIEZAATSMEER DOOR INLAAT VAN ZOUT WATER UIT DE BINNENSCHELDE VIA ONDERLEIDERS

In dit hoofdstuk staan de bevindingen beschreven van een scenario waarbij zout water via een onderleider vanuit een zoute Binnenschelde naar het Markiezaatsmeer wordt gepompt om enerzijds het Markiezaatsmeer te verbrakken en anderzijds om eens in de zoveel jaar het peil met een meter op te zetten. Naast de effecten zijn bovendien ook de technische eisen aan de onderleiders bepaald.

8.1 Hydrologisch functioneren

Benodigde inlaatdebiet

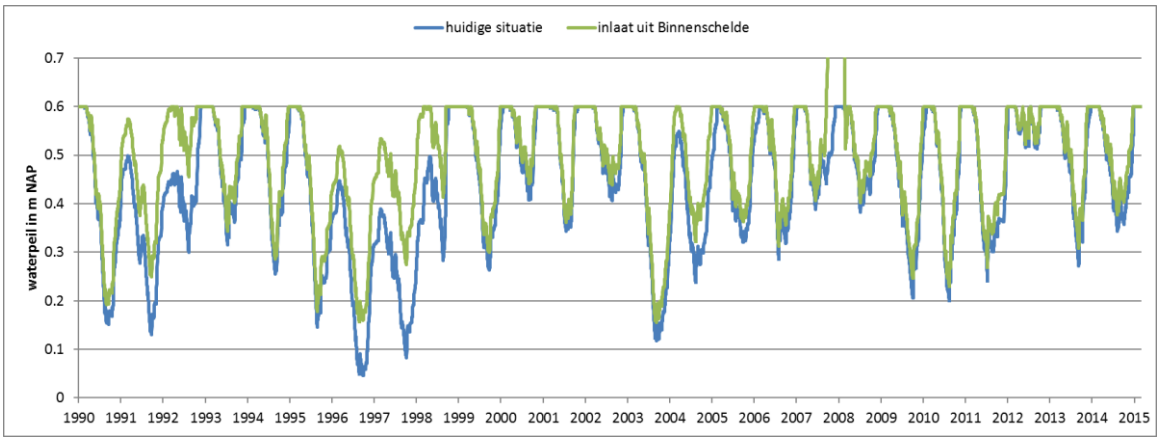
Om het Markiezaatsmeer te verbrakken tot het gewenste niveau van rond de 3.000 mg Cl/l, dient dagelijks circa 2.500 m^3 water uit de Binnenschelde te worden ingelaten. Dit debiet kan via één onderleider onder vrij verval worden ingelaten. Voor een peilopzet van 1,0 meter is gedurende ongeveer 130 dagen een inlaatdebiet van 75.000 m^3/dag vereist. Hiermee kan het peil in het Markiezaatsmeer worden opgezet van 0,55 m +NAP op 1 september tot 1,55 m +NAP rond 10 januari. Om dit te kunnen bewerkstelligen zijn twee onderleiders met de grootst mogelijke diameter nodig (stalen leidingen DN1200). De peilopzet kan niet geheel onder vrij verval gerealiseerd worden, doordat het peilverschil tussen het Markiezaatsmeer en de Binnenschelde steeds kleiner wordt en op een gegeven moment wordt opgeheven. Daarom is de inzet van een pomp vereist.

Effecten op verblijftijd en waterpeil

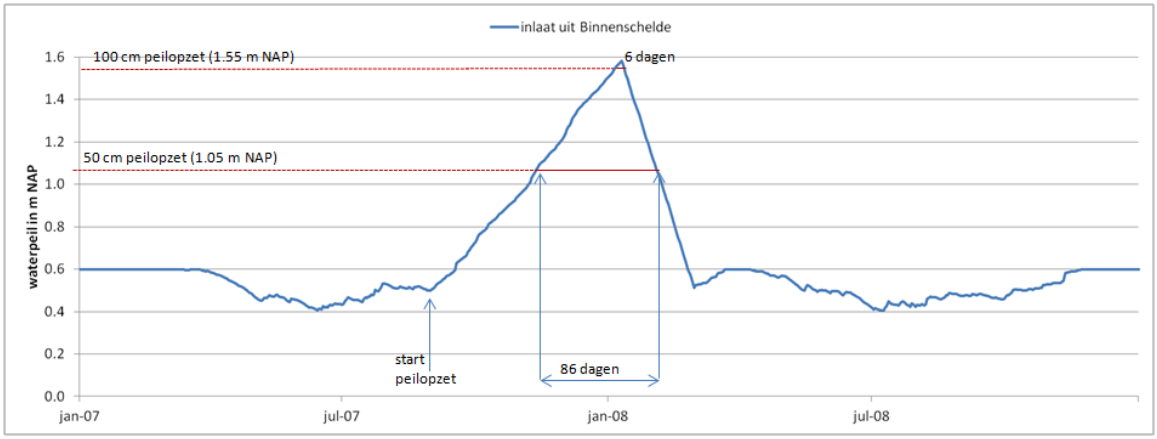
Momenteel wordt het Markiezaatsmeer vooral gevoed door neerslagwater en daarnaast door enige kwel, uitspoeling en inlaat vanuit de Blaffert. Het totale ingaande debiet van deze waterstromen bedraagt gemiddeld 30.500 m^3/dag. Om het meer te verbrakken tot circa 3.000 mg Cl/l wordt er elke dag ongeveer 2.500 m^3 zout water uit de Binnenschelde extra aangevoerd te worden naar het Markiezaatsmeer. Hierdoor neemt het totale ingaande debiet met ongeveer 8% toe. Hiermee is het effect op de verblijftijd, die in de huidige situatie ongeveer twee jaar bedraagt, zeer gering. Ook het effect op het waterpeil is gering. Alleen in droge jaren heeft het inlaten van extra water duidelijk invloed op het waterpeil (Afbeelding 8.1).

Voor de peilopzet van 1,0 m wordt gedurende een periode van ruim vier maanden 75.000 m^3/dag ingelaten vanuit de Binnenschelde. Gedurende de peilopzet staat het peil 86 dagen boven de 1,05 m +NAP (Afbeelding 8.2). In deze periode staat de lichtblauw ingekleurde zone uit Afbeelding 3.2 in zijn geheel onder water (circa 300 ha). Een peil van 1,55 m +NAP, waarbij circa 500 ha van de oeverzone onder water staat, wordt in dit scenario enkele dagen gehaald (Afbeelding 8.2).

Afbeelding 8.1 Berekende peilverloop in het Markiezaatsmeer in de huidige situatie (blauw) en bij inlaat vanuit de Binnenschelde (groen). Er is uitgegaan van een stuwhoogte van 0,60 m +NAP en een ongelimiteerde aflaatcapaciteit



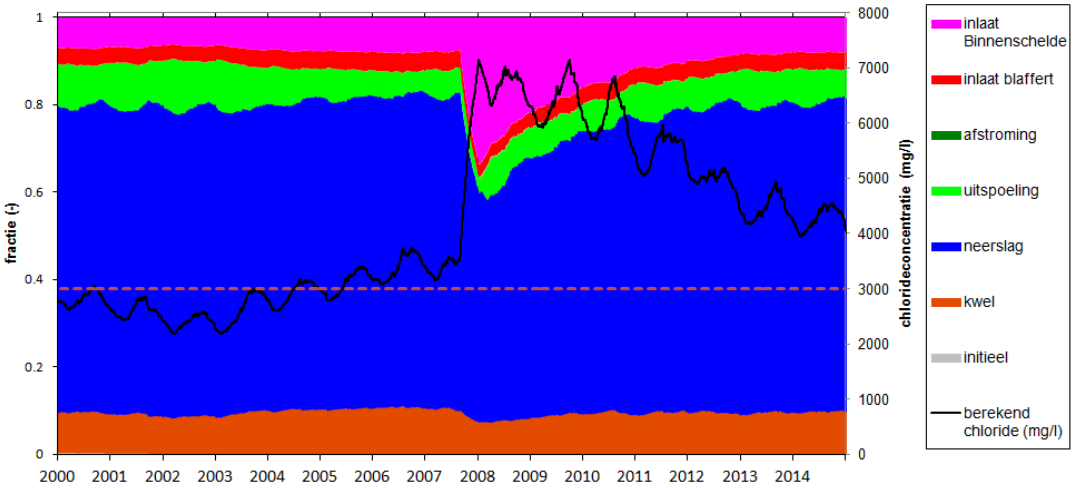
Afbeelding 8.2 Berekend peilverloop tijdens de peilopzet van 1,0 m



Effect op Cl-concentratie en de samenstelling van het water

Bij een dagelijks inlaatdebiet uit de Binnenschelde van 2.500 m^3 schommelt de Cl-concentratie rond de 3.000 mg/l. Dit is in de waterbalans gemodelleerd voor de periode 2000 - 2007 (Afbeelding 8.3). Vervolgens is het peil in de waterbalans met 1,0 m opgezet in de winter van 2007 - 2008 door bijna vier maanden lang 75.000 m^3/dag in te laten vanuit de Binnenschelde. Dit leidt tot een aandeel Binnenscheldewater van circa 34% en een forse toename van de Cl-concentratie tot circa 7.000 mg/l (Afbeelding 7.3). Na de peilopzet zakt de Cl-concentratie weer heel langzaam terug richting de 3.000 mg/l. Als in die periode de inlaat vanuit de Binnenschelde dicht wordt gezet, duurt het circa vijf jaar voor de concentratie weer op de 3.000 mg/l ligt. Als er in die periode nog wel dagelijks wordt ingelaten (2.500 m^3/dag), duurt dit nog langer (zoals te zien is in Afbeelding 8.3).

Afbeelding 8.3 De berekende fractieverdeling (herkomst water) van het Markiezaatsmeer en de berekende Cl-concentratie bij inlaat vanuit de Binnenschelde



Effecten op omliggende watersystemen: afwenteling

Na de peilopzet moet dit water in korte tijd worden afgevoerd. In dit scenario is uitgegaan van afvoer via uitlaatwerken op het Schelde-Rijnkanaal. Het Schelde-Rijnkanaal en het aangrenzende Zoommeer en Volkerak zijn momenteel echter zoetwatersystemen. Het te lozen water uit het Markiezaatsmeer bevat veel hoger Cl-concentraties dan deze zoetwatersystemen. Om het effect van deze lozing te bepalen, dient er inzicht verkregen te worden in de verspreiding van het geloosde water. Ter hoogte van het Markiezaatsmeer ligt het begin van het Bathse Spuikanaal. Aan het einde van dit kanaal ligt de Bathse Spuisluis: hier wordt overtollig zoet water uit het Zoommeer en Volkerak afgelaten op de zoute Westerschelde met een maximaal aflaatdebiet van 100 m^3/s. In verband met de getijdenbeweging op de Westerschelde kan slechts een deel van de dag onder vrij verval worden afgelaten (ongeveer 10 uur per dag). De rest van de dag wordt er niet gespuid. Op momenten dat de spuisluizen open staan, zal de afvoer uit het Markiezaatsmeer dus zeer snel worden afgevoerd naar de Westerschelde. Op die momenten zal afvoer uit het Markiezaatsmeer direct het Spuikanaal instromen, waar de fractie Markiezaatswater hoogstens enkele procenten vormt.

Op momenten dat er niet gespuid wordt, is de verplaatsing van het geloosde water uit het Markiezaatsmeer afhankelijk van de stroomsnelheid en -richting in het Schelde-Rijnkanaal. Wanneer dit geheel niet zou stromen, ontstaat een bel met relatief zout water. Hoewel dit zoute water snel afgevoerd wordt zodra de Spuisluis weer open gaat, is deze tijdelijke verzouting niet wenselijk. Bij het ontwerp van het aflaatkunstwerk moet daarom rekening worden gehouden met de positionering van het kunstwerk, uitstroomrichting, uitstroomdebiet en de tijden waarin geloosd kan worden (gekoppeld aan het spuien van de Bathse sluis).

8.2 Nutriëntenhuishouding en lichtklimaat

Doordat extra water wordt ingelaten voor de verbrakking en de peilopzet worden ook extra nutriënten aangevoerd. De dagelijkse inlaat om de Cl-concentratie van het Markiezaatsmeer op 3.000 mg/l te krijgen, levert een extra P-belasting van 0,02 mg P/m^2/dag op (7% extra ten opzichte van de huidige belasting) en een extra N-belasting van 0,48 mg N/m^2/dag (9% extra ten opzichte van de huidige belasting). Deze toename kan leiden tot een verhoging van de productiviteit.

De peilopzet van 1,0 meter leidt tot een forse aanvullende belasting van circa 0,7 mg P/m^2/dag gedurende de vulfase van bijna vier maanden, oftewel een totale vracht van bijna 900 kg P (en bijna 18.000 kg N). Omdat deze belasting optreedt in het winterhalfjaar zal de extra beschikbaarheid aan nutriënten niet direct tot uiting komen in het ecosysteem. Als er ook geen vastlegging in de bodem optreedt, zullen alle aangevoerde nutriënten het systeem weer verlaten op het moment dat het peil weer wordt afgelaten. De concentraties van P en N in het Markiezaatsmeer en de Binnenschelde zullen orde grootte vergelijkbaar zijn, waardoor de peilopzet niet tot een verdunning leidt.

Door de inlaat van zout water uit de Binnenschelde neemt niet alleen de aanvoer van P en N toe, maar ook de aanvoer van SO_4 zal groter worden. Momenteel is de SO_4-concentratie in het Markiezaatsmeer ongeveer 200 mg/l, maar in de jaren `90 van de vorige eeuw lag de concentratie tussen de 400 en 800 mg/l. Door de verbrakking wordt de Cl-concentratie op het niveau gebracht van de jaren `90 en het is goed mogelijk dat ook de SO_4-concentratie weer toeneemt tot waardes die vergelijkbaar zijn aan de situatie destijds. Aangezien SO_4 zeer vermoedelijk een belangrijke aanjager is van de snelle circulatie van nutriënten en de resulterende hoge productiviteit in het Markiezaatsmeer (zie hoofdstuk 5.1.3 in het hoofdrapport, Witteveen+Bos 2016a), is SO_4-belasting door inlaat van zout water een ongewenste ontwikkeling. Door de toevoer van extra SO_4 wordt de nutriëntenpomp gaande gehouden en mogelijk zelfs aangewakkerd. Hierdoor zal de waterbodem niet als sink voor nutriënten gaan fungeren, maar juist als bron van nutriënten blijven functioneren.

8.3 Zoet-zout overgangen

In dit scenario komt de Cl-concentratie in het Markiezaatsmeer standaard rond de 3.000 mg/l te liggen. Tijdens de peilopzet van 1,0 m zal de Cl-concentratie oplopen tot circa 8.000 mg/l. In de zone die dan overstroomt raakt, zal de topbodem aangerijkt worden met zout. De mate van aanrijking zal afhangen van (a) de grondwaterstanden in de schorren voordat de peilverhoging wordt ingezet, (b) de duur van de overstroming en (c) de Cl-concentratie in het reeds aanwezige bodemvocht. De daadwerkelijke aanrijking kan op basis van de reeds beschikbare gegevens niet worden ingeschat. Wat wel duidelijk is, is dat er vrijwel geen zoutaanrijking zal optreden in de terrestrische delen van het Markiezaat die niet overstroomt raken, omdat de laterale indringing beperkt is.

8.4 Aanbevolen maatregelen en geraamde kosten

Er is een SSK-raming opgesteld voor de aanleg van de onderleiders, het huren van de pompen (dit bleek veel goedkoper te zijn dan aanschaf van de pompen) en de energiekosten voor het gebruik van de pompen (zie Bijlage IV). Uit deze raming blijkt dat uitgegaan dient te worden van een totale investering van circa EUR 1.900.000,-- (exclusief omzetbelasting), waarbij uitgegaan is van één huurperiode gedurende een periode van 10 jaar. Elke aanvullende huurperiode levert meerkosten van circa EUR 130.000,-- op aan huur- en energiekosten. In deze raming is er vanuit gegaan dat het huidige idee nog moet worden omgezet naar een voorontwerp en definitief ontwerp in een engineeringfase en dat hier nog verscheidene bouwtechnische en ecohydrologische onderzoeken voor uitgevoerd dienen te worden. Op ecohydrologisch gebied is het bijvoorbeeld van belang dat er meer inzicht komt in de daadwerkelijke zoutaanrijking in topbodems. Op basis van de reeds beschikbare gegevens kan dit namelijk niet worden ingeschat.

Als er uitgegaan wordt van een werkingstermijn van 10 jaar kost dit scenario circa EUR 190.000,-- per jaar (inclusief omzetbelasting) en bij een werkingstermijn van 40 jaar is dat circa EUR 57.250,-- per jaar.

In bovenstaande raming zijn niet de kosten meegeraamd die gereserveerd dienen te worden om de Binnenschelde zout te maken. Witteveen+Bos (2016a) heeft deze kosten eerder geraamd op circa EUR 8.500.000,-- (inclusief omzetbelasting). Dit is echter een onderschatting, aangezien het benodigde debiet nu een stuk hoger is. In dit geval dient immers niet alleen de Binnenschelde zout te worden, maar moet ook het veel grotere Markiezaatsmeer worden verbrakt. Het doorrekenen van de constructie en het bepalen van het bijbehorende kostenplaatje maakt geen onderdeel van de voorliggende opdracht.

Ook de stuw en uitlaatconstructie, die aangepast dienen te worden omdat deze niet berekend zijn op de benodigde uitlaat om het meer na een peilverhoging van 1,0 m binnen twee maanden op het oude peil te krijgen, zijn niet geraamd. Met name de vervanging van de uitlaatconstructie kan kostbaar zijn, omdat de afvoer door een primaire waterkering moet plaatsvinden. Om tot een gedegen raming te komen dient deze uitlaatconstructie eerst te worden onderzocht en ontwerpen. Dit maakte geen onderdeel uit van de voorliggende opdracht.

8.5 Te verwachten biologische toestand

Het is lastig om de ecologische effecten van dit scenario exact te formuleren, omdat er niet echt sprake is van een eindsituatie. Eens in de bijvoorbeeld 10 jaar zal het peil in het Markiezaatsmeer worden opgezet en gaat de Cl-concentratie in het meer binnen een paar maanden van 3.000 mg/l naar 8.000 mg/l. Vervolgens kan er enige jaren een overgangssituatie ontstaan, waarin de bodemfauna- en vogelpopulaties zich chaotisch kunnen ontwikkelen. Onderstaande inschattingen zijn daardoor wat minder betrouwbaar dan bij de eerdere scenario's (hoofdstukken 4, 5 en 6).

8.5.1 Fytoplankton

In de huidige zwak brakke situatie (circa 700 mg Cl/) groeien zoetwater algen en worden jaarlijks chlorofyl-a concentraties gemeten van tenminste 100 µg/l (Witteveen+Bos 2016b). Door de verbrakking in dit scenario zal de biomassaproductie aan algen vermoedelijk niet geremd worden. De meeste voorwaarden veranderen niet (de externe nutriëntenbelasting en verblijftijd blijven nagenoeg gelijk) en de Cl-concentratie wordt niet hoog genoeg om bijvoorbeeld blauwalgenbloei te voorkomen (de blauwalg *Microcystis* wordt pas sterk negatief beïnvloed bij Cl-concentraties boven de 10.000 mg/l, Verspagen et al. 2005). Daarnaast kunnen er bij de hogere Cl-concentratie als gevolg van de peilopzet met 1,0 m (4.000 - 8.000 mg Cl/l), die vrij abrupt ontstaan en vervolgens nog jaren aanwezig blijven, mogelijk ook nog andere toxineproducerende plaagalgen gaan domineren die onder de zoete condities meestal minder talrijk voorkomen, zoals *Prymnesium*-soorten (Mazur-Marzec et al. 2005).

8.5.2 Macroalgen

De hoeveelheid macroalgen is lastig te voorspellen, maar gezien de hoge nutriëntenbelasting is de vorming van macroalgen zeer waarschijnlijk. Er zullen in ieder geval draadalgen ontstaan en bij de hogere Cl-concentraties als gevolg van de peilopzet met 1,0 m kan zeesla mogelijk ook gaan domineren. Deze macroalgen zullen in competitie zijn met de microalgen (fytoplankton) en de eventueel aanwezige ondergedoken vegetatie. Bloeien en ophoping van macroalgen zullen waarschijnlijk vrij regelmatig gaan voorkomen. Of er periodiek veel macroalgen zullen zijn en/of juist veel fytoplankton zal van toevallige uitgangssituaties afhangen.

8.5.3 Aquatische vegetatie

Onder brakke omstandigheden kunnen in principe enkele waterplantsoorten tot ontwikkeling komen zoals gesteelde zannichellia, schedefonteinkruid, snavelruppia en spiraalruppia. Doordat het doorzicht niet verbetert, zal er echter alleen in de zeer ondiepe zones plantengroei mogelijk zijn. In de jaren na de peilopzet wordt de Cl-concentratie in theorie hoog genoeg voor de groei van zeegrassen: zowel groot zeegras als klein zeegras tolereren een brede saliniteitsrange (5-42 ppt ofwel 3.000 - 23.000 mg Cl/l; van Katwijk et al. 1999). Toch is de vestiging van zeegrassen in het Markiezaatsmeer zeer onwaarschijnlijk. De troebelheid en de afwezigheid van getijbeweging vormen een belemmering voor zeegrassen.

8.5.4 Terrestrische (oever)vegetatie

In de situatie dat het meer brak wordt (3.000 mg Cl/l) en er geen peilopzet optreedt zal de vegetatie rondom het meer vrij vergelijkbaar blijven met wat dit nu is. Bij een zoutgehalte van rond de 3.000 mg Cl/l zal riet nog steeds kunnen groeien en zullen rietkragen zich tot in het water kunnen uitstrekken. Het riet zal een peilopzet van 1,0 m met behoorlijk brak echter vermoedelijk niet fijn vinden. Het is dan goede mogelijk dat (delen van) de rietkragen dan afsterven en niet meer terug komen.

De hogere Cl-concentraties (tussen de 4.000 en 8.000 mg Cl/l), die ontstaan na en tijdens de peilopzet van 1,0 m, zijn in principe gunstiger voor soorten die kenmerkend zijn voor brakke standplaatsen. Het peilregime is in eerste instantie echter zeer ongunstig. Wanneer een vegetatie langdurig (meer dan 1 maand) onder water komt te staan dan zal deze stikken en gaan afsterven. De vegetatie verdwijnt en er blijft kale grond over. Bij een peilregime, waarbij het peil gedurende diverse maanden tot 1,55 m +NAP mag stijgen, zal de huidige (botanisch interessante) laaggelegen kwelderzone langdurig overstroomt zijn, waardoor de vegetatie hier zal afsterven. De bestaande standplaatsen met veel brakwatervegetatie zullen als gevolg van de langdurige inundaties dus eerst sterk achteruit gaan en het aandeel kale bodem zal fors toenemen. Selderij, Engels gras, kwelderzegge, zeerus, zilt torkruid en bitterling zijn aandachtsoorten die voorkomen in de inundatiezone en dus in eerste instantie worden getroffen door langdurige peilopzet (Tabel 8.1). Het is niet geheel duidelijk wat er op deze kale grond gaat gebeuren. Vermoedelijk zal de vegetatie zich herstellen en zullen veel brakke soorten terugkomen, waarbij de bodem vervolgens wat aangerijkt is met zout. Er kan echter niet uitgesloten worden dat bepaalde specifieke soorten niet meer terugkomen.

De hoger gelegen schorren (1,05 tot 1,55 m +NAP) raken veel korter overstroomt. Vermoedelijk zal er als gevolg van de peilverhoging zoutaanrijking optreden op deze schorren, maar na de peilverhoging zal er weer redelijk snel uitspoeling optreden als gevolg een lange periode met lagere grondwaterpeilen (zoals eind jaren ‘80 van de vorige eeuw ook is gebeurd; Röling 1994). Voor de hoger gelegen schorren heeft een dergelijke overstroming dus vermoedelijk weinig effect.

De diverse bijzondere soorten die voorkomen in “de Duintjes” blijven buiten schot, omdat dit gebied aanmerkelijk hoger ligt (hoger dan 2 m +NAP). Soorten als dwergbloem, stippelzegge, kattendoorn, gewone vleugeltjesbloem, sierlijk vetmuur en gestreepte klaver ondervinden dan ook geen effect (Tabel 8.1).

Tabel 8.1 Verwachting van de vegetatieontwikkeling voor een selectie van aandachtsoorten in het Markiezaat (-- = sterke achteruitgang, - = achteruitgang, 0 = geen grote verandering, + = toename, ++ = sterke toename) in een scenario waarbij het Markiezaat brak wordt en af en toe te maken krijgt met een peilopzet van 1,0 m als gevolg van wateraanvoer uit de Binnenschelde. Voor alle soorten is in de kolom “scenario” tussen haakjes aangegeven wat het tijdelijke effect van een bevloeiing van 1,0 m is

CBSnr	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Zeldzaamheid	Scenario
13	Agrimonia eupatoria	Gewone agrimonie	a	0 (-)
76	Apium graveolens	Selderij	z	+/- (--)
91	Armeria maritima	Engels gras	z	+/- (--)
231	Carex extensa	Kwelderzegge	zz	+/- (-/--)
256	Carex punctata	Stippelzegge	zzz	0 (0)
288	Centunculus minimus	Dwergbloem	zz	0 (0)
386	Cynosurus cristatus	Kamgras	a	0 (0)
461	Epipactis palustris	Moeraswespenorchis	z	- (--)
558	Genista anglica	Stekelbrem	a	0 (0)
637	Hordeum secalinum	Veldgerst	a	0 (0)
685	Juncus maritimus	Zeerus	zz	+/- (-/--)
713	Lathyrus nissolia	Graslathyrus	zz	0 (-)
857	Nardus stricta	Borstelgras	a	0 (0)
870	Oenanthe lachenalii	Zilt torkruid	zz	+/- (-/--)
877	Ononis repens subsp. spinosa	Kattendoorn	a	0 (0)
880	Ophrys apifera	Bijenorchis	z	0 (-)
963	Polygala vulgaris	Gewone vleugeltjesbloem	z	0 (0)
1107	Ruppia maritima	Snavelruppia	zz	+ (+)
1111	Sagina nodosa	Sierlijke vetmuur	z	0 (-)
1290	Torilis nodosa	Knopig doornzaad	z	0 (0)
1308	Trifolium striatum	Gestreepte klaver	zz	0 (0)
1312	Trisetum flavescens	Goudhaver	a	0 (0)
6079	Blackstonia	Bitterling (G)	z	+/- (-/--)

8.5.5 Bodemfauna

De fauna is over het algemeen soortenarm onder brakke condities ten opzichte van zoet water of mariene systemen. In de brakke delen van de Schelde is dit goed aangetoond (Ysebaert et al. 2005). Wel moet hierbij opgemerkt worden dat de brakke delen van de Schelde niet alleen een zoutconcentratie hebben waar weinig bodemdieren goed op ingesteld zijn, maar dat dit deel van de Schelde ook grote fluctuaties in zoutgehalten kent vanwege de getijdebeweging. De situaties zijn dus niet zo maar te vergelijken. Anderzijds stijgt de Cl-concentratie bij de peilopzet ook behoorlijk snel. Daarnaast zal de waterbeweging meestal beperkt zijn, waardoor er sowieso geen banken van oesters en andere filteraars zullen ontstaan, omdat er te weinig algen langskomen voor de hoge filtratiebehoefte die deze banken nodig hebben.

8.5.6 Vissen

In het brakke scenario kunnen de meeste zoetwatersoorten nog wel overleven als volwassen exemplaren, maar worden de Cl-concentraties wel te hoog voor een succesvolle voortplanting. Dit is zeker het geval bij de hogere Cl-concentratie in de jaren na de peilopzet. Hierdoor zal op de lange duur de populatieomvang van veel huidige soorten vermoedelijk gaan afnemen. Daarnaast zullen soorten als paling en driedoornige stekelbaars (en mogelijk ook bot en brakwatergrondel) meer gaan voorkomen. Voor deze soorten is connectiviteit (vrije migratie, al dan niet door een visvriendelijk gemaal) met naastgelegen wateren zeer belangrijk. Bij de bouw van de onderleider dient hiermee rekening te worden gehouden.

8.5.7 Vogels

Door de peilopzet zullen flinke delen van de hoge schorren tijdelijk overstromen en aangerijkt worden met wat zout. Dit kan een effect hebben op de gewenste habitats van verschillende grasland- en struweelvogels die gebaat zijn bij verruigde graslanden en struweel. Hierbij kan gedacht worden aan aandachtsoorten van verruigde graslanden (cetti's zanger, graspieper, klapekster, paapje, putter, roodborsttapuit, veldleeuwerik en sprinkhaanzanger), struweel en bosschages (blauwborst, boompieper, groene specht, kneu, staartmees en nachtegaal). Verbrakking van de schorren kan de aantallen van deze soorten (die allen niet als Natura 2000-soorten zijn aangewezen) negatief beïnvloeden.

Ook langs de oeverlijn veranderen de condities behoorlijk sterk wanneer het peil met 1,0 m wordt opgezet. Door de overstroming met behoorlijk brak water neemt het areaal aan overjarig riet zeer waarschijnlijk af. Dit zal een nadelig effect hebben op rietvogels zoals de aandachtsoorten baardman, rietzanger en waterral.

De typische 'zoute' soorten zijn voor een belangrijk deel steltlopers, die in het intergetijdengebied foerageren. In de brakke "standaard" situatie met een Cl-concentratie van 3.000 mg/l in het meer zal er geen sprake zijn van intergetijdengebied en neemt de geschiktheid van het Markiezaat als foerageer- en broedgebied van deze soorten niet toe. Onder deze condities zal het Markiezaat, net als onder de huidige condities, vooral functioneren als hoogwaterrustplaats voor deze soorten. Na de peilverhoging van 1,0 m zullen de condities voor de steltlopers echter wel significant zijn veranderd. Er zal een aantal jaren sprake zijn van veel kale en brakke grond langs de oever van het Markiezaatsmeer. Dit is in potentie goed broedhabitat voor verschillende steltlopers zoals bontbek- en strandplevieren. Deze soorten prefereren echter wel predatievrije zones en die worden niet gecreëerd door de peilverhoging. Door predatie van vossen en ratten zullen de zones aan het vasteland daarom ongeschikt blijven voor broedende steltlopers, maar op de geïsoleerde Spuitkop zullen de condities wel verbeteren. Voor foeragerende steltlopers worden de condities vermoedelijk iets beter, doordat het watersysteem wat brakker wordt. Het zal echter een lichte verbetering zijn, omdat na de peilverhoging weer teruggevallen wordt op het oude seizoensmatige peilregime zonder dagelijkse getijdebeweging.

Voor vogels die gebonden zijn aan een zoet water zijn effecten te verwachten als de bedekking met aquatische waterplanten afneemt. Het gebied zal dan vermoedelijk minder geschikt worden voor de kleine zwaan vanwege het verdwijnen van hun voorkeursvoedsel (wortelstokken van zoete waterplanten als

fonteinkruiden). Maar ook eendensoorten als krakeend, wintertaling en smient ondervinden hier negatieve effecten van. Deze soorten zullen niet geheel verdwijnen maar "zoute" waterplanten zijn niet het voorkeursvoedsel. Daarnaast wordt het huidige Markiezaatsmeer gebruikt door vogelsoorten die prima op zout en brak water kunnen foerageren, maar waterplanten nodig hebben voor nesten. Dit betreft vooral de dodaars die ook instandhoudingsdoelstellingen als broedvogel heeft. Zolang er voldoende waterplanten in het systeem zitten zal het Markiezaatsmeer zijn functie als broedgebied kunnen blijven behouden. Echter, wanneer er weinig waterplanten in het systeem aanwezig zijn, zal deze vogel elders nesten moeten gaan bouwen. Voor deze soort zal het broedgedrag in een brakke scenario dus sterk afhangen van de ontwikkeling van ondergedoken vegetatie zoals snavel- en spiraalruppia. Wanneer als gevolg van de verbrakking ook het aandeel waterriet gaat afnemen zal dit extra nadelig uitpakken voor rietvogels maar ook voor dodaars, welke zijn nest vaak in de beschutting van een rietkraag maakt.

8.6 Confrontatie met Natura 2000 en KRW-doelen

Dit scenario creëert nieuw foerageergebied voor de 'zoute' foeragerende en rustende vogelsoorten, zoals plevieren en steltlopers en heeft daarmee een positief effect. Omdat er in grote delen van het gebied sprake blijft van predatie, zal het effect op de broedende plevieren en steltlopers echter niet zo groot zijn (Tabel 8.2). Tevens zal het aantal bergeenden toenemen.

Voor een aantal 'zoete' vogelsoorten worden enige negatieve gevolgen verwacht (Tabel 8.2). Dit geldt vooral voor dodaarzen, kleine zwanen en in mindere mate voor een aantal grondeleenden. Als het beschouwde scenario wordt uitgevoerd, is het verstandig om te overwegen de instandhoudingsdoelstellingen van deze soorten aan te passen. Voor de lepelaar wordt geen negatief effect verwacht, alhoewel de peilverhoging wel tijdelijk een licht negatief effect kan hebben op het aantal broedende lepelaars. Dit wordt zo veel mogelijk voorkomen door de peilverhoging in de winter uit te voeren, maar enige negatieve effecten kunnen niet worden uitgesloten.

Voor de KRW-doelen, die in het Markiezaatsmeer volgend zijn op Natura 2000 (EU 2011), geldt dat het meer brak wordt in dit scenario en dus een ander KRW-type wordt: M32 (grote brakke tot zoute meren) in plaats van M30 (zwak brakke wateren). Aangezien het meer vermoedelijk troebel blijft, valt het sterk aan te raden om uiteindelijk specifieke (op het waterlichaam toegesneden) MEP's en GEP's vast te stellen als dit scenario in praktijk gaat worden gebracht. Hierbij zal het MEP gelijk aan een helder ideaalbeeld, maar zullen de GEP's overeenkomen met een troebele toestand.

Dit scenario wordt momenteel afgeraden. Het levert op dit moment te weinig op met betrekking tot de doelen die zijn vastgesteld voor de Natura 2000, KRW en de provincie, terwijl de terrestrische vegetatie op dit moment nog steeds veel brakke kenmerken vertoont. Een peilverhoging van 1,0 m zal op korte termijn leiden tot een sterke achteruitgang van brakke vegetaties en er valt niet uit te sluiten dat de effecten zelfs na enkele jaren nog negatief zijn voor de huidige brakke vegetaties. Op de (zeer) lange termijn kan voortschrijdende verzoeting echter wel degelijk tot een afname van de huidige brakke vegetaties leiden. Dit dient gemonitord te worden (zie hoofdstuk 4). Zodra uit de monitoring blijkt dat dit risico reëel is, dan blijft het voorliggende scenario vooralsnog de enige mogelijkheid voor zoutaanrijking in de topbodems van de locaties waar brakke vegetatiegemeenschappen kunnen voorkomen. Er wordt sterk aangeraden om dit vervolgens niet gelijk grootschalig voor het gehele gebied uit te voeren, maar eerst een pilot op kleine schaal te doen.

Tabel 8.2 Stand van zaken van de instandhoudingsdoelstellingen voor broedende en niet-broedende vogels in het Markiezaatsmeer voor de huidige situatie en na het aanleggen van een onderleiders tussen de Binnenschelde en het Markiezaatsmeer. Kleuren geven aan of de doelen gehaald zijn/worden in het Markiezaatsmeer: rood = nooit bereikt, geel = sommige jaren bereikt maar andere jaren niet bereikt, groen = alle jaren bereikt

Toestand nu		Toestand na maatregelen	
Broedvogels	**Niet-broedende vogels**	**Broedvogels**	**Niet-broedende vogels**
Lepelaar	Lepelaar	Lepelaar	Lepelaar
Dodaars	Kleine zwaan	Dodaars	Kleine zwaan
	Brandgans		Brandgans
	Krakeend		Krakeend
	Meerkoet		Meerkoet
	Grauwe gans		Grauwe gans
	Pijlstaart		Pijlstaart
	Wintertaling		Wintertaling
	Slobeend		Slobeend
	Smient		Smient
	Geoorde fuut		Geoorde fuut
	Fuut		Fuut
	Aalscholver		Aalscholver
	Bergeend		Bergeend
Kluut	Kluut	Kluut	Kluut
Bontbekplevier	Bontbekplevier	Bontbekplevier	Bontbekplevier
Strandplevier	Zilverplevier	Strandplevier	Zilverplevier
	Kanoet		Kanoet
	Bonte strandloper		Bonte strandloper
	Zwarte ruiter		Zwarte ruiter

9

BELEIDSSAMENVATTING

Er is door de provincie Noord-Brabant een separate beleidssamenvatting opgesteld over de systeemanalyses van de Binnenschelde en het Markiezaatsmeer. Voor de samenvatting van het voorliggende rapport wordt verwezen naar deze separate beleidssamenvatting.

10

LITERATUURLIJST

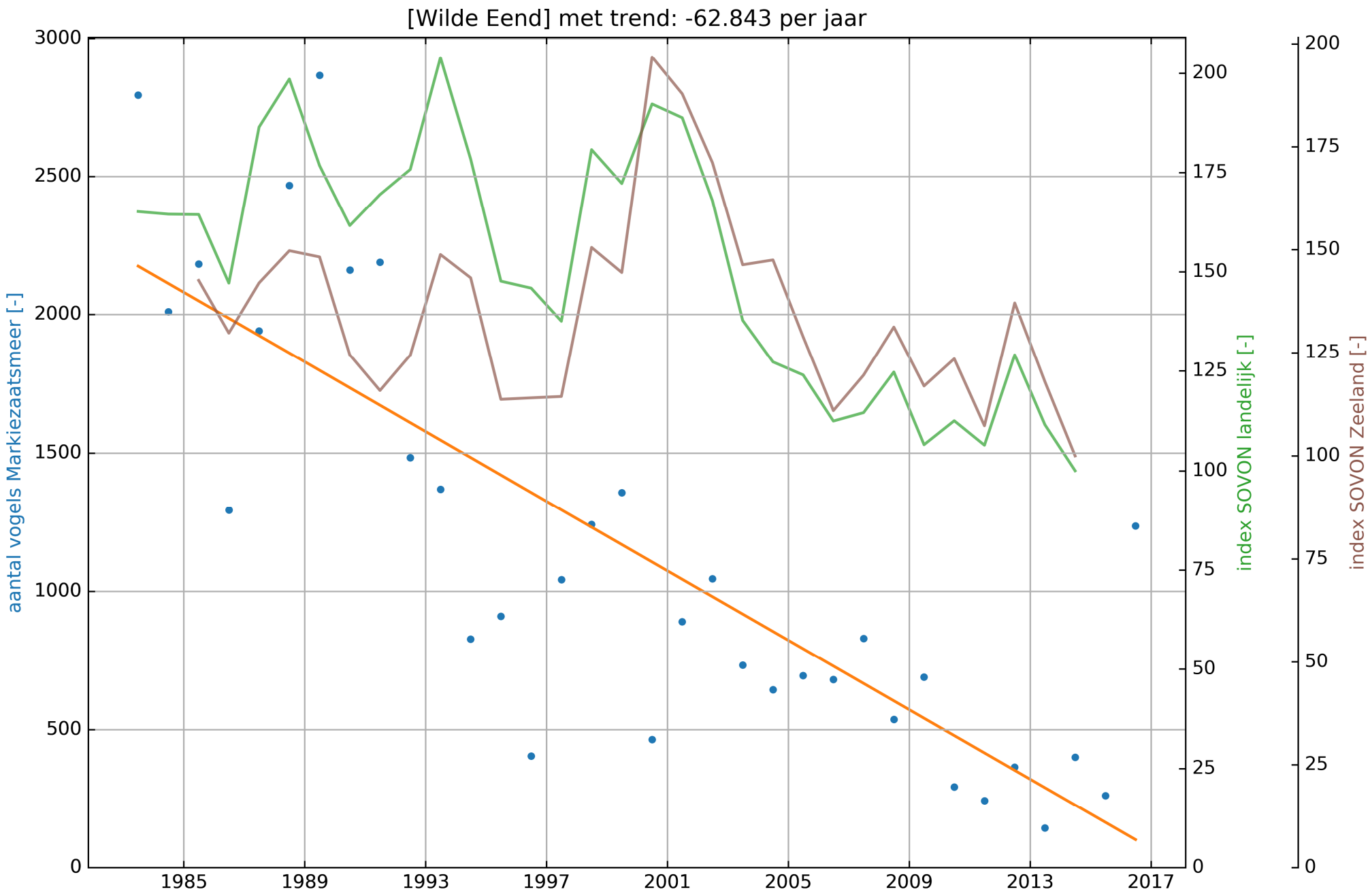
Bazelmans, J., van der Meulen, M., Weerts, H. & Vos, P. (2012) Atlas van Nederland in het Holoceen. Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed.
Boele, A., van Bruggen, J., Hustings, F., Koffijberg, K., Vergeer, J.W. & van der Meij, T. (2016) Broedvogels in Nederland in 2014. Rapportnr. 2016/04, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
Brabants Landschap (2013) Vaatplanteninventarisatie Molenplaat, Markiezaat en De Duintjes, Lindonk en dal van Blaffert, Pannenhoef Hezemans- en Kolkven, De Flesch, De Lokker, De Bak, Padvindersven en Vloeiweide.
B-WARE (2015) Onderzoek onderwaterbodems Markiezaatsmeer en Binnenschelde. Rapportnr. 2015-56, B-ware Research Centre, Nijmegen.
Corporaal, A., Denters, T., van Dobben, H.F. , Hennekens, S.M., Klimkovska, A., Ozinga, W.A., Schamineé, J.H.J. & Schrijver, R.A.M. (2011). Stenoeciteit van de Nederlandse flora. Een nieuwe parameter op grond van amplitudo's van de Nederlandse plantensoorten en toepassingsmogelijkheden. Rapportnr. 240, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.
de Kogel, T.J. & de Jong, D. J. (1983) Vegetatiekartering van de schorren in de Oosterschelde en het Kammer- Volkerak. Nota 80-20, Deltadienst, Rijkswaterstaat.
Deltares (2013) Long-term vision Schelde Estuary; primary production modelling. Rapportnr. 1207720-001-ZKS-0004, Deltares, Delft.
Deltares (2015) Mud dynamics in the EmsDollard, phase 3; scenarios for improvement. Rapportnr. 1205711-003, Deltares, Delft.
Deltares (2016) Watersysteemanalyse zoute varianten Binnenschelde en Markiezaatsmeer. Rapportnr. 1209165-000, Deltares, Delft.
Drost, H.J. (1982) De geohydrologie van het markiezaat van Bergen op Zoom voor en na bedijking: toepassing van een numeriek model. Rapportnr. RIJP 1982-27 Abw, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.
EU (2011) Links between the Water Framework Directive (WFD 2000/60/EC) and Nature Direc-tives (Birds Directive 2009/147/EC and Habitats Directive 92/43/EEC): Frequently Asked Questions.
Fox, A.D., Caizergues, A., Banik, M.V., Devos, K., Dvorak, M., Ellermaa, M., Folliot, B., Green, A.J., Grüneberg, C., Guillemain, M., Håland, A., Hornman, M., Keller, V., Koshelev, A.I., Kostiushyn, V.A., Kozulin, A., Ławicki, Ł., Luiguijõe, L., Müller, C., Musil, P., Musilová, Z., Nilsson, L., Mischenko, A., Pöysä, H., Ščiban, M., Sjeničić, J., Stīpniece, A., Švažas, S. & Wahl J. (2016) Recent changes in the abundance of Common Pochard Aythya ferina breeding in Europe. Wildfowl 66: 22-40.
Groen, K.P. (1991) De geschiedenis van het zoutonderzoek in Nederland. Flevobericht 321, Rijkswaterstaat, Directie Flevoland, Lelystad.
Groen, K.P., Loenen, M., Slager, H. & Visser, J. (1991) Typering van het abiotisch milieu in de Grevelingen. Landinrichting 31-3: 23-32.
Heunks, C., Beuker, D., Lengkeek, W., Bouma, S., Achterkamp, B & van der Winden, A.J. (2016) Duikers ontrafelen geheimen van overwinterende Brilduikers in de Veluwerandmeren. LIMOSA, 89: 49 - 57.
Janse, J.H. (2005) Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches. PhD-Thesis, Wageningen Universiteit, Wageningen.
Janssen, H.M.A. & Wegerif, C.E. (1983) Een vegetatiekundig onderzoek op buitendijkse gronden in het Markiezaat. Studentenrapport 7-83, Rijkwaterstaat, Deltadienst, Middelburg.
Koning, J. (1976) De bodemkundige en geologische gesteldheid van het verdronken land bij Bergen op Zoom. Werkdocument Rijksdienst voor de Usselmeerpolders, afdeling Kartering.
Lambregts van de Clundert, F.E. (2013) Veldinventarisatie op aan- en afwezigheid van drie-hoeksmosselen en Quaggamosselen in Binnenschelde en Markiezaatsmeer. Rapportnr. U13104, AQUON, Breda.

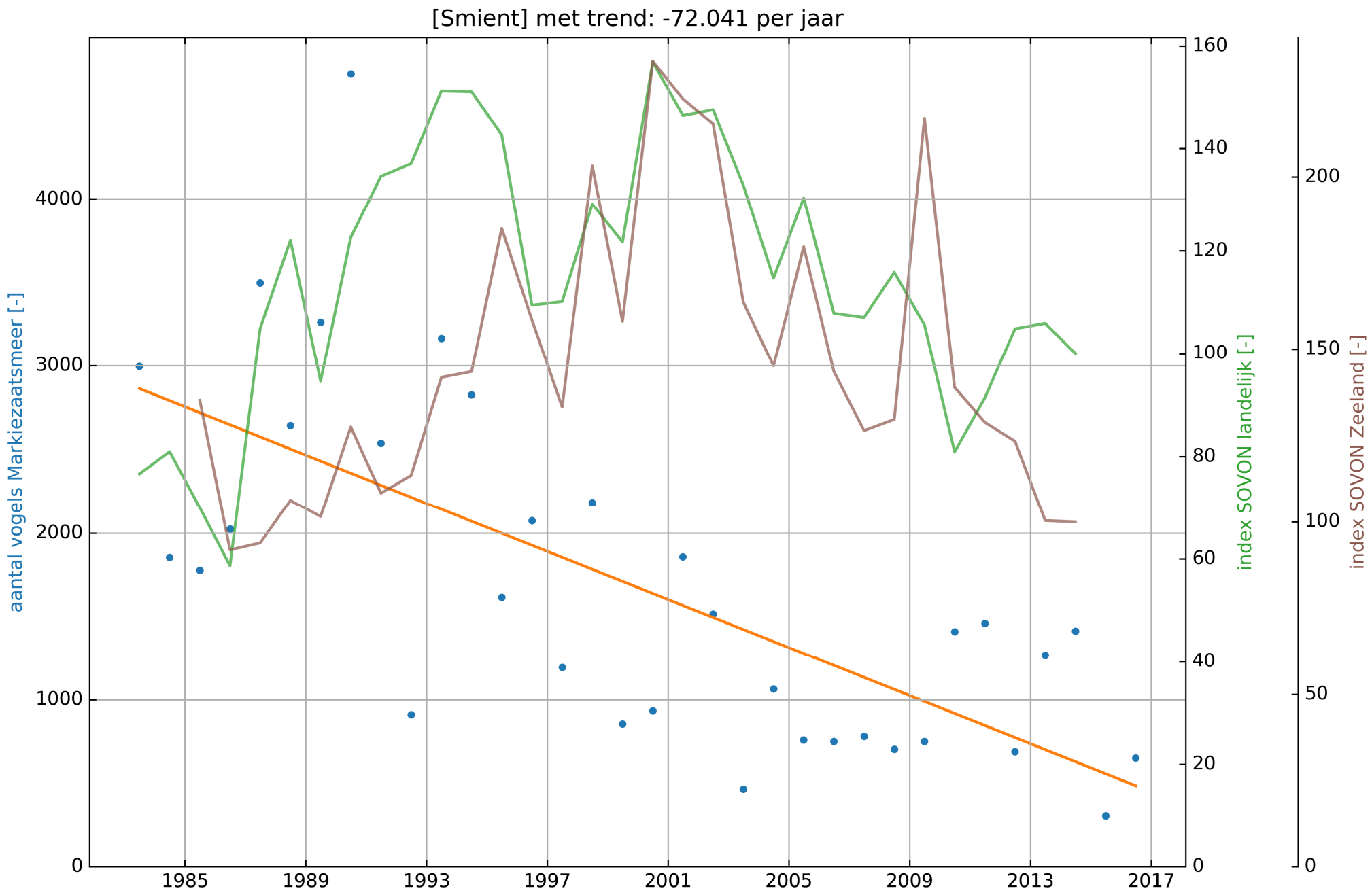
Lamers, L.P.M., Schep, S., Geurts, J.J.M. & Smolders, A.J.P. (2012) Erfenis fosfaatrijk verleden: helder water met woekerende waterplanten. H2O, 45: 29-31.
Mazur-Marzec, H., Zeglińska, L. & Pliński, M. (2005) The effect of salinity on the growth, toxin production, and morphology of Nodularia spumigena isolated from the Gulf of Gdańsk, southern Baltic Sea. Journal of Applied Phycology, 17: 171-179.
Meiniger, P.L., Hoekstein, M.S.J., Lilipaly, S.J. & Wolf, P.A. (2006) Broedsucces van kustbroedvogels in het Deltagebied in 2005. Rapportnr. 2006.006, RIKZ, Middelburg.
Peperzak, L. (2003) Effect van chlorideconcentratie op de groei van de cyanobacterie Microcystis sp. Rapportnr. RIKZ/LP3, Rijkswaterstaat.
Provincie Noord-Brabant (2014) Ontwerpbeheerplan Natura 2000 Markiezaat. Provincie Noord-Brabant, 's-Hertogenbosch.
Röling, Y.J.B. (1994) MARKIEZAAT 10 Jaar afgesloten. Flevobericht 351, Rijkswaterstaat, Directie Flevoland, Lelystad.
Royal HaskoningDHV (2012) Leefgebiedsplan rivierdalen/afgesloten zeearmen NB. Rapportnr. 9X0470/R00003/501253/DenB, Royal Haskoning, 's-Hertogenbosch.
Slager, H. (1993) Het onderzoek naar de abiotische ontwikkelingen op de oevergebieden in het Volkerak-Zoommeer in 1990 en 1991. Rapportnr. 1993-2 lio intern rapport, Rijkswaterstaat, Directie Flevoland, Lelystad
Slager, H. & Fluit, H.J. (1989) Beschrijving van abiotische kenmerken van het Markiezaat van Bergen op Zoom. Rapportnr. 1989-8 liw intern rapport, Rijkswaterstaat, Directie Flevoland, Lelystad.
Slager, H. & Visser, J. (1990) Abiotische kenmerken van de drooggevallen gebieden in de Grevelingen. Flevobericht 312, Rijkswaterstaat, Directie Flevoland, Lelystad.
STOWA (2008) Van helder naar troebel… en weer terug. Rapport 2008-04, STOWA, Utrecht.
STOWA (2012) Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021. Rapportnr. 2012-31, STOWA, Amersfoort.
van der Winden, J., Krijgsveld, K.L., Inberg, H. & Fijn, R.C. (2008) Beschermingsplan Duin- en kustvogels - basisrapport deel B. Bureau Waardenburg / Vogelbescherming Nederland.
van der Winden, J., de Fouw, J., Dreef, C., van Horssen, P.W. & Dirksen, S. (2017) Deltagebied: nationaal en internationaal topgebied voor vogels. Status, trends, bedreigingen en toekomst voor watervogels in het Deltagebied. Rapportnr. SjDE17-02, Sjoerd Dirksen Ecology, Utrecht / Vogelbescherming Nederland, Zeist.
van Katwijk, M.M., Schmitz, G.H.W., Gasseling, A.P. & van Avesaath, P.H. (1999) Effects of salinity and nutrient load and their interaction on Zostera marina. Marine Ecology Progress Series, 190: 155-165.
Vergeer, J.W., Arts, F.A., Lilipaly, S.J., Hoekstein, M. & Strucker, R. (2016) Vogels van het Haringvliet. Impressie van vogelwaarden voor en na de afsluiting in 1970. Rapportnr. 2016/09, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
Verspagen, J.M.H., Boers, P., Laanbroek, H.J. & Huisman, J. (2005) Doorspoelen of opzouten? Bestrijding van blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer. Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
Waterschap Brabantse Delta (2014) Feitenoverzicht Kaderrichtlijn Water. Waterschap Brabantse Delta, Breda.
Witteveen+Bos (2016a) Watersysteemanalyse Markiezaatsmeer-Binnenschelde. Rapportnr. BR668-21/16-005.665, Witteveen+Bos, Deventer.
Witteveen+Bos (2016b) Watersysteemanalyse zoete variant Markiezaatsmeer-Binnenschelde. Rapportnr. BR668-21/16-001.909, Witteveen+Bos, Deventer.
Ysebaert, T.J. & Meire, P. (1999) Macrobenthos of the Schelde estuary: predicting macrobenthic species responses in the estuarine environment. A statistical analysis of the Schelde estuary macrobenthos within the ECOFLAT project. Rapportnr. IN/99.19, Institute for nature Conservation.
Ysebaert, T., Fettweis, M., Meire, P. & Sas, M. (2005) Benthic variability in intertidal soft-sediments in the mesohaline part of the Schelde estuary. Hydrobiologia, 540: 197-216.

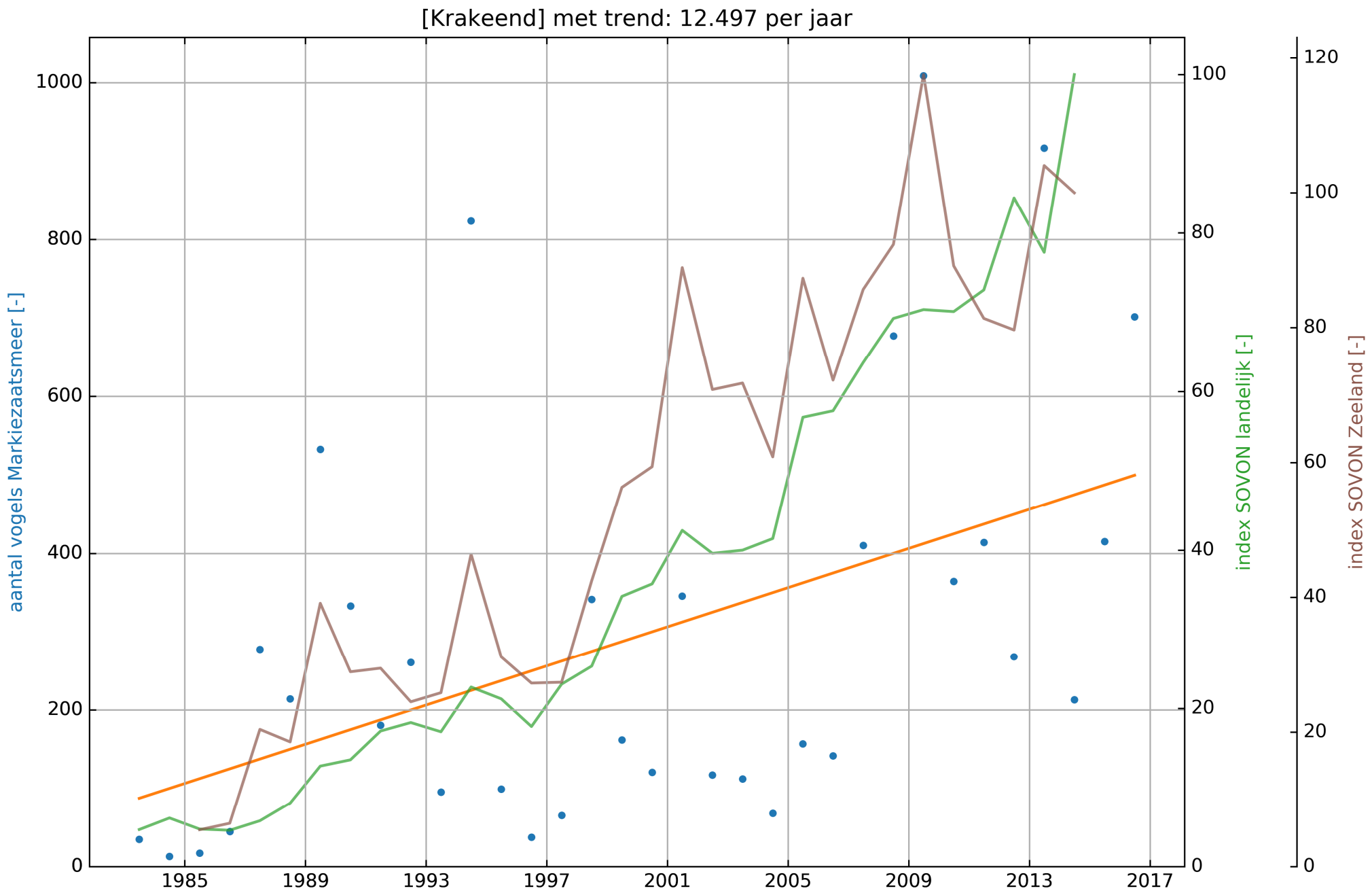
Bijlage(n)

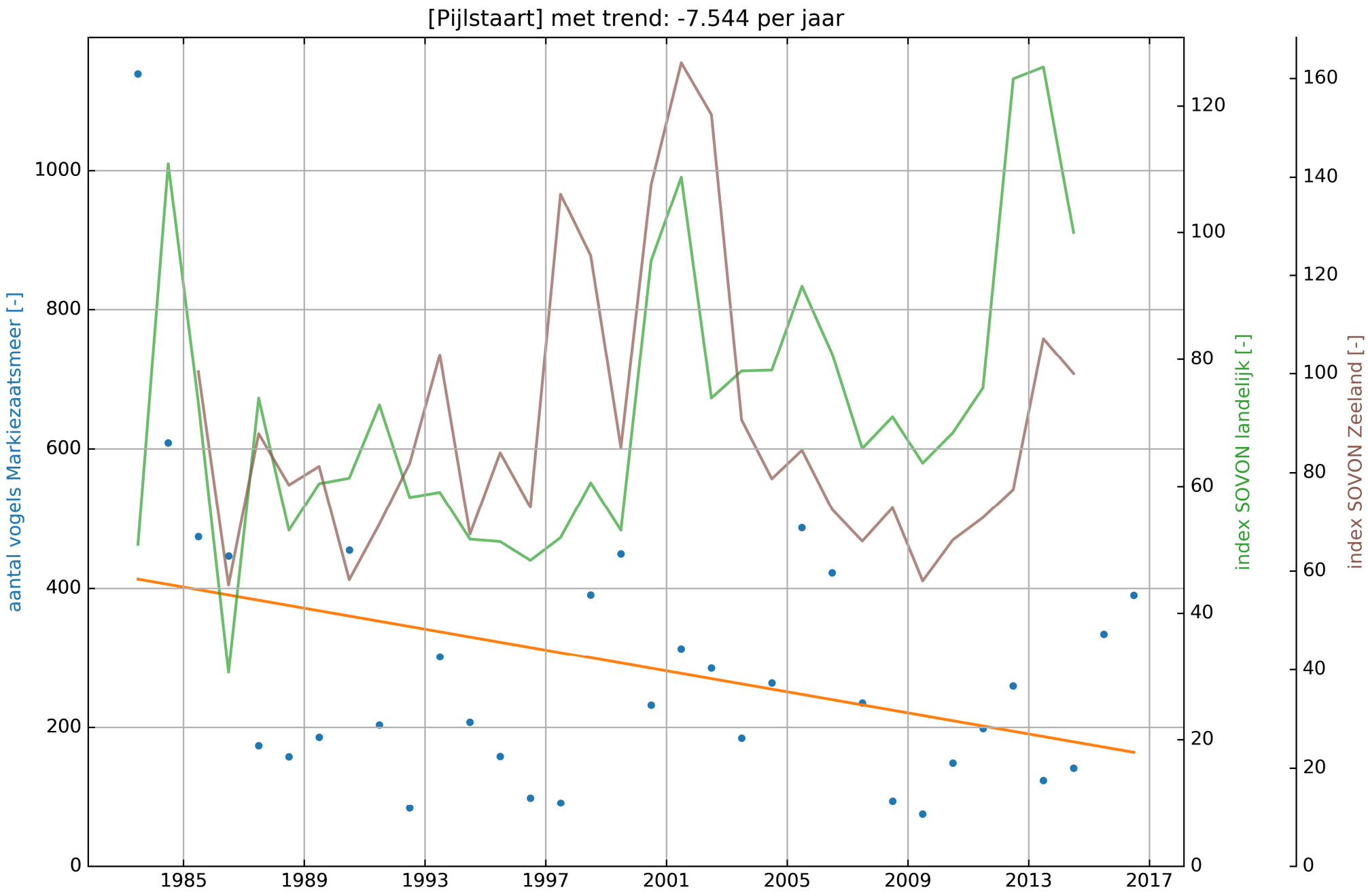
I

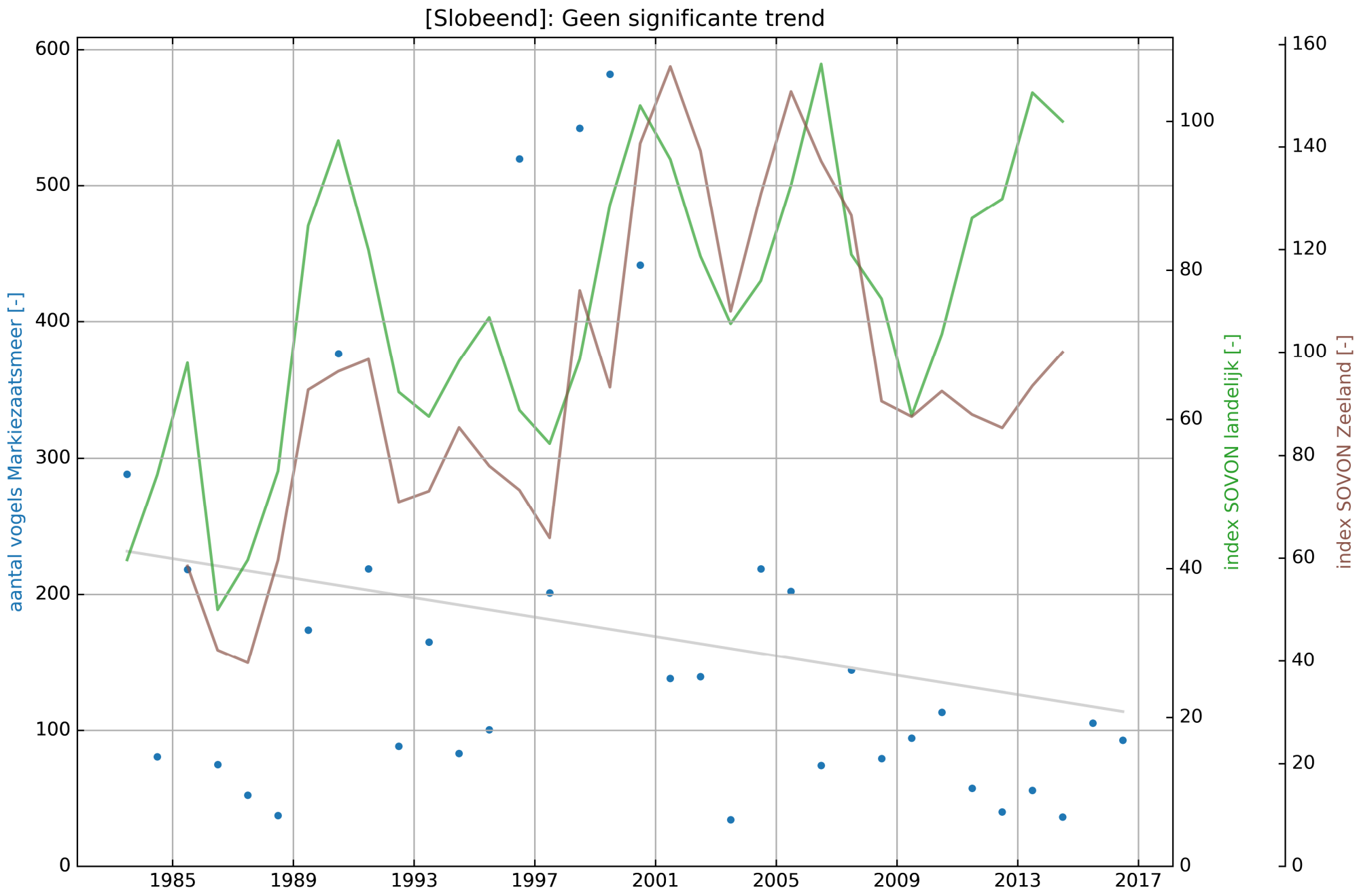
BIJLAGE: SCATTERPLOTS EN TRENDS VAN DE WATERVOGELAANTALLEN IN HET MARKIEZAAT

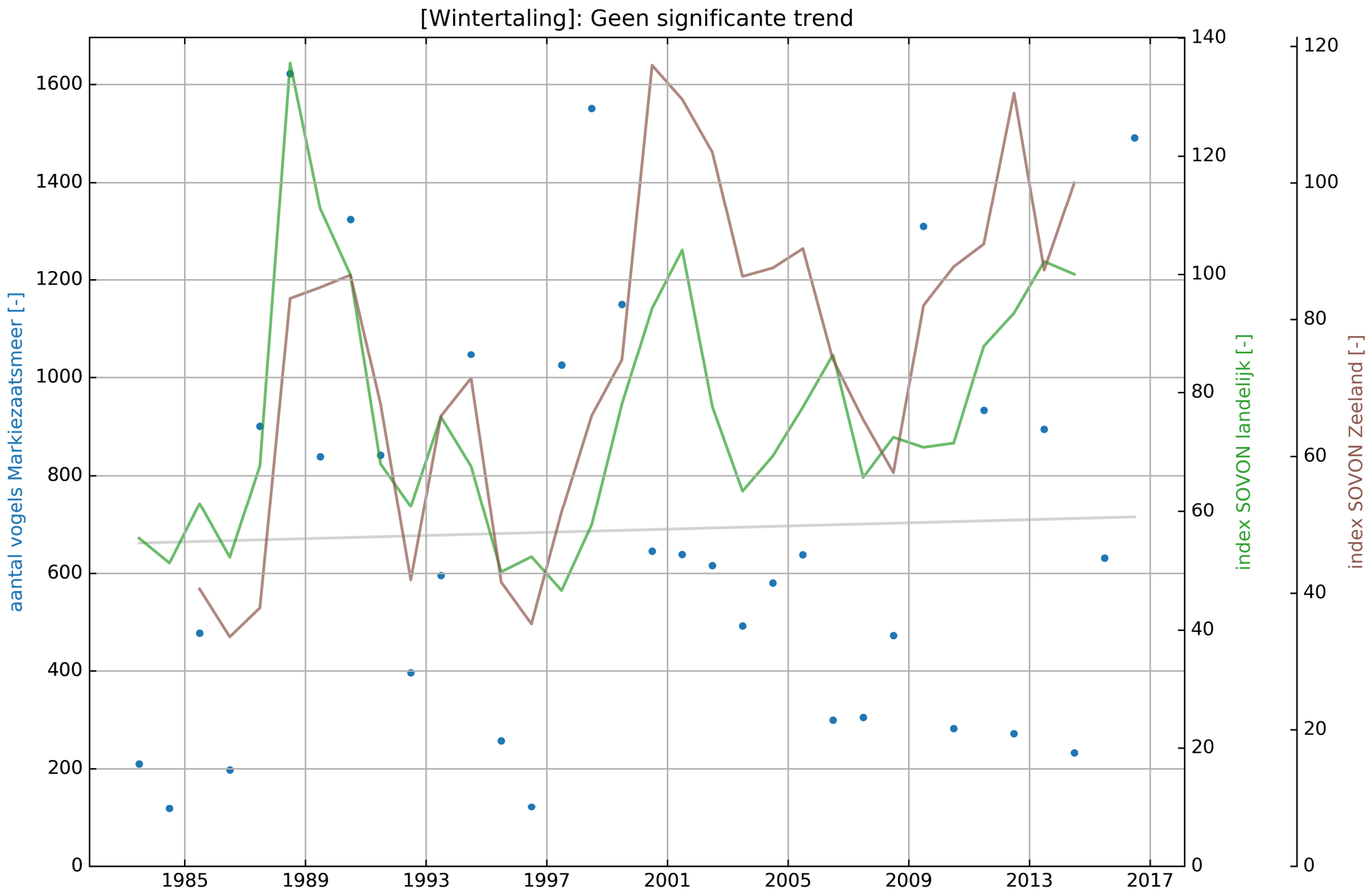

[Wilde Eend] met trend: -62.843 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

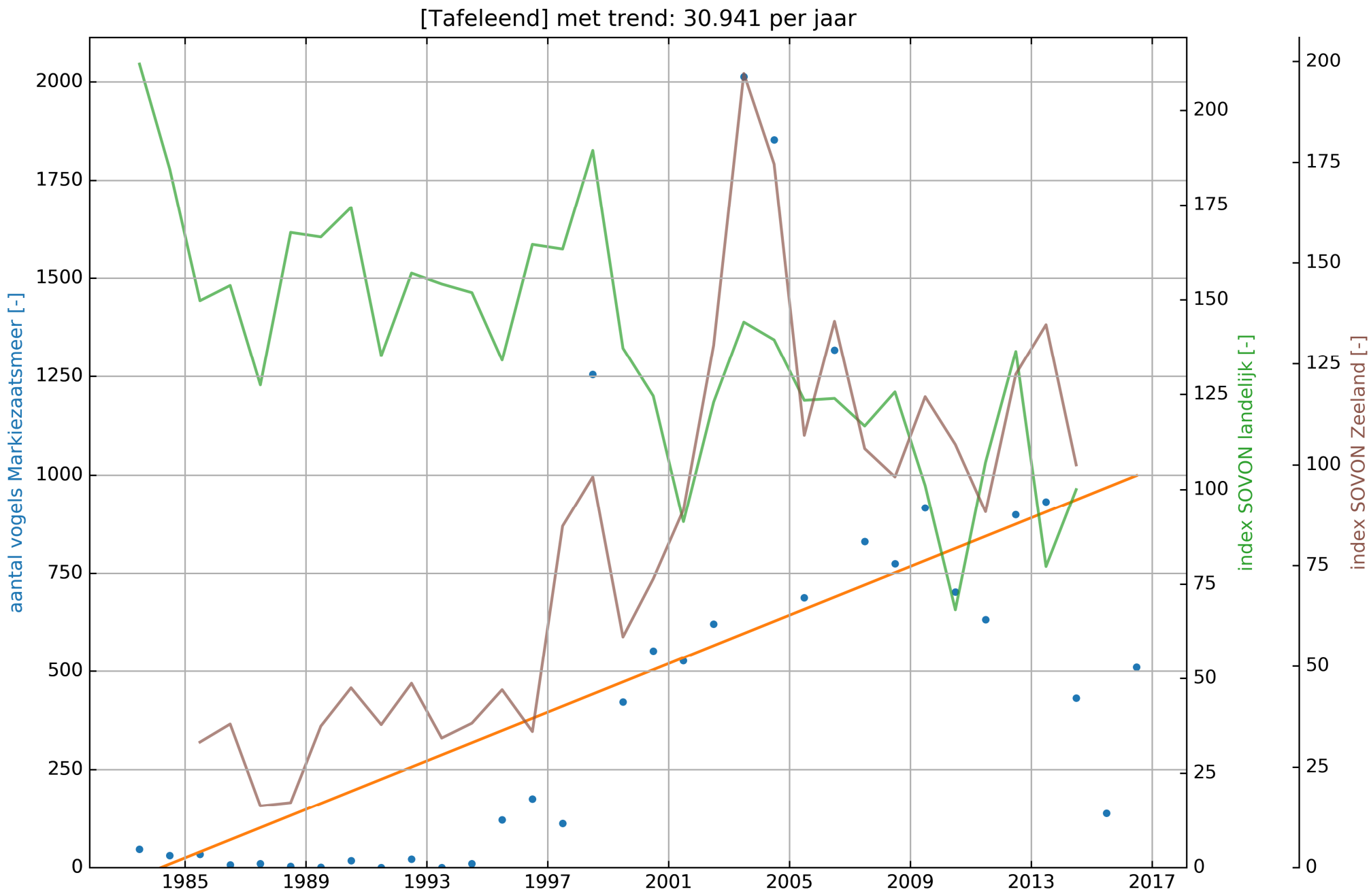

[Smient] met trend: -72.041 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
1000
2000
3000
4000
0
20
40
60
80
100
120
140
160
0
50
100
150
200
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

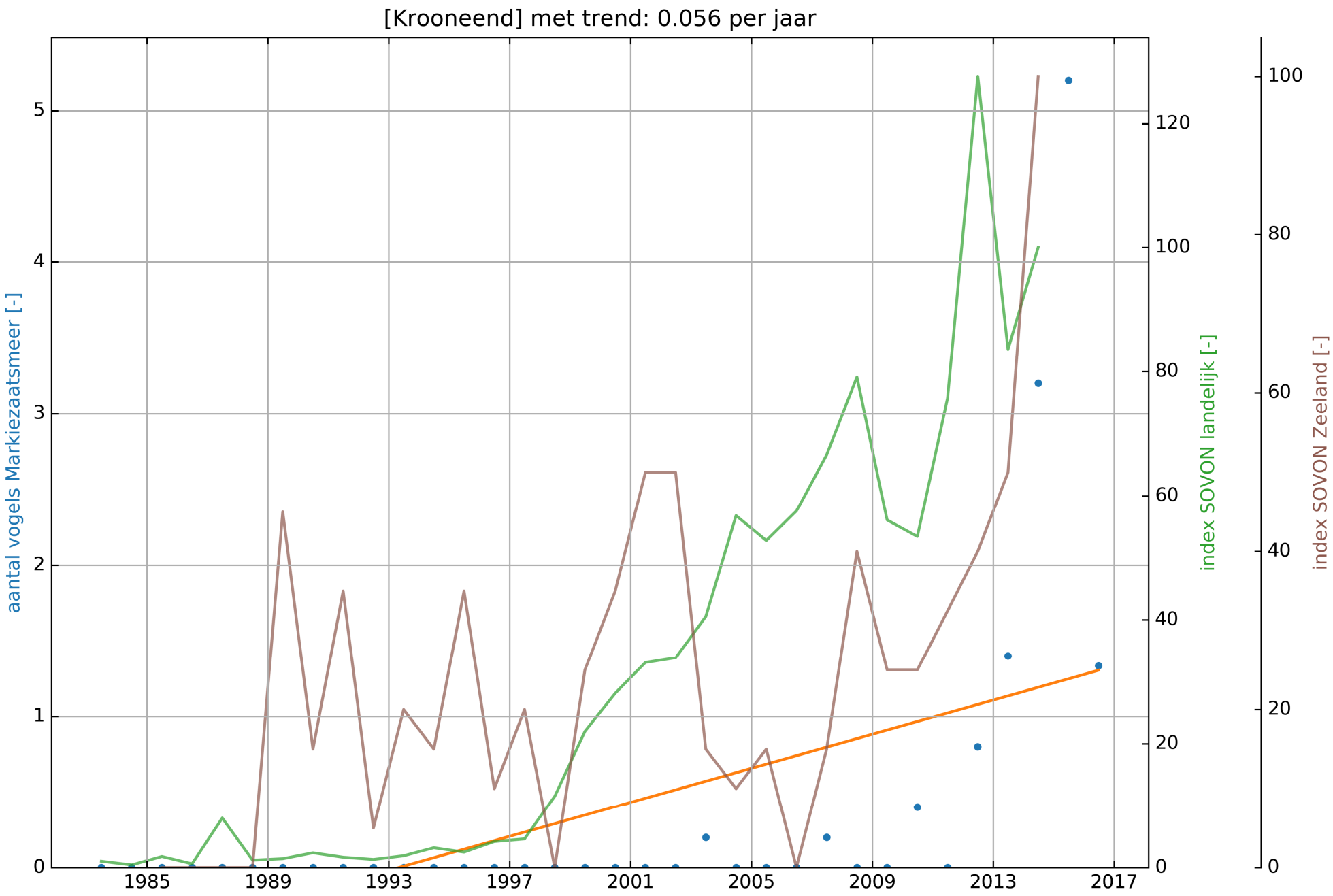

[Krakeend] met trend: 12.497 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
200
400
600
800
1000
0
20
40
60
80
100
0
20
40
60
80
100
120
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

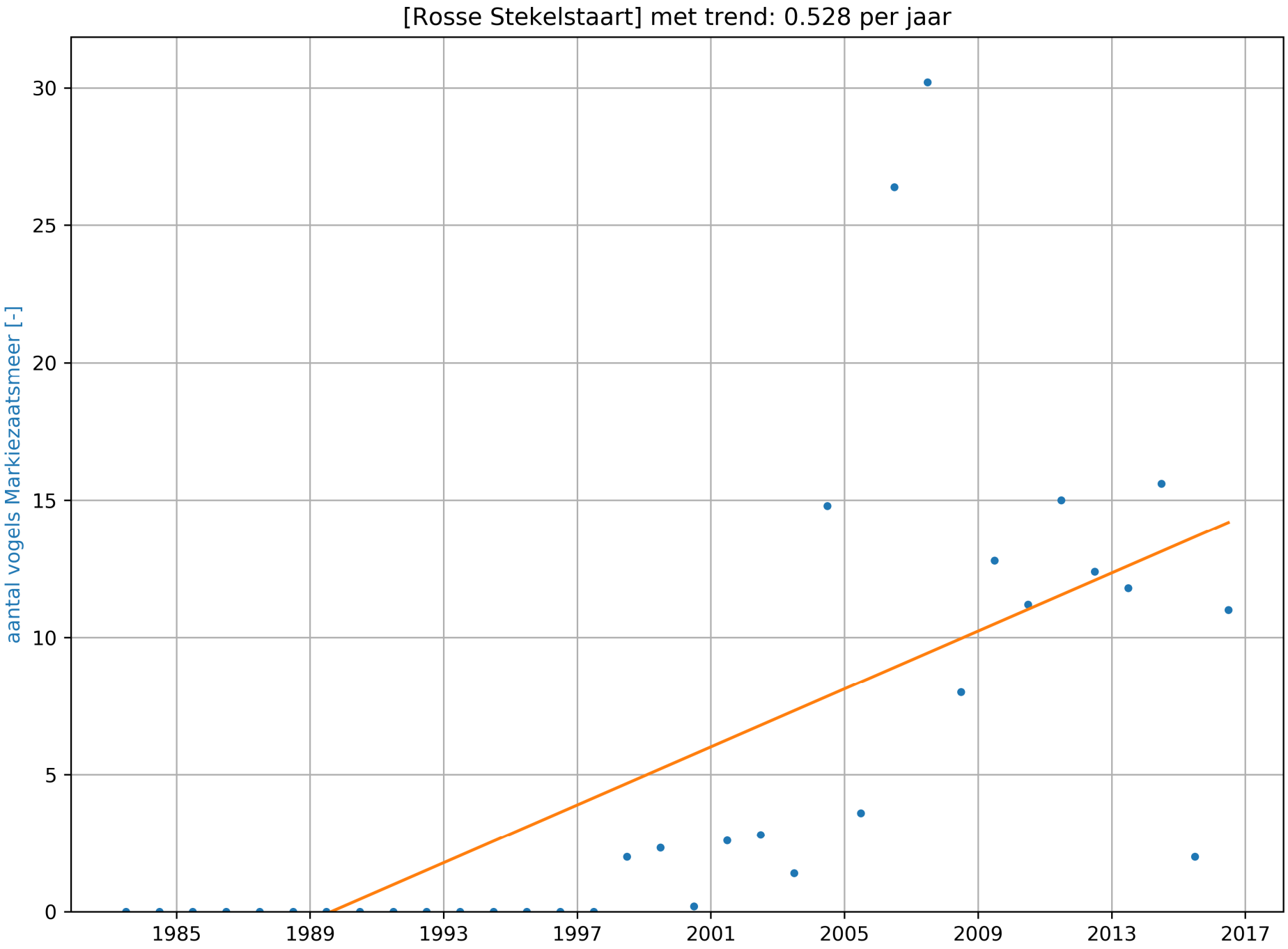

[Pijlstaart] met trend: -7.544 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
200
400
600
800
1000
0
20
40
60
80
100
120
0
20
40
60
80
100
120
140
160
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

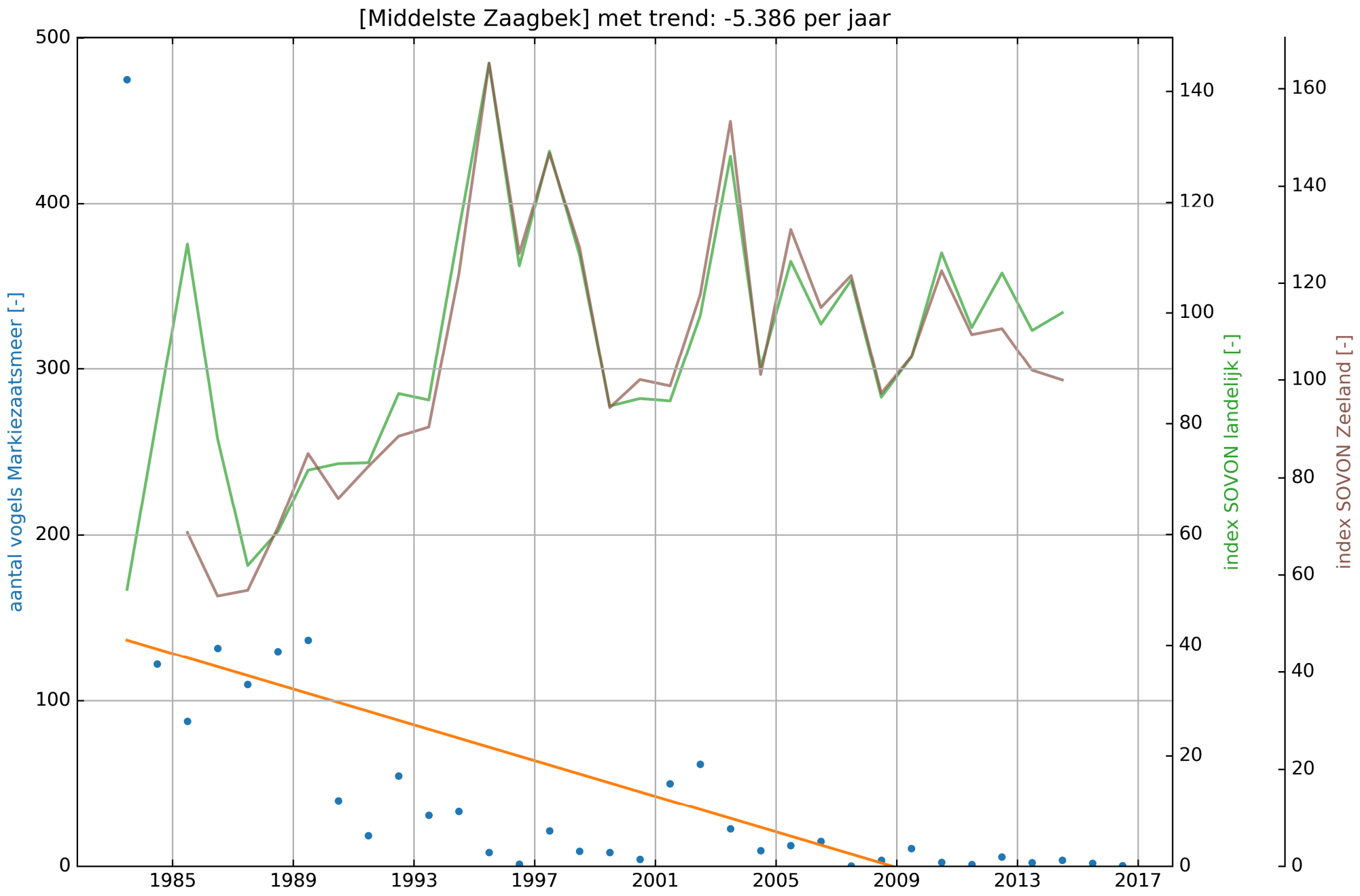

[Slobeend]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
100
200
300
400
500
600
0
20
40
60
80
100
0
20
40
60
80
100
120
140
160
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

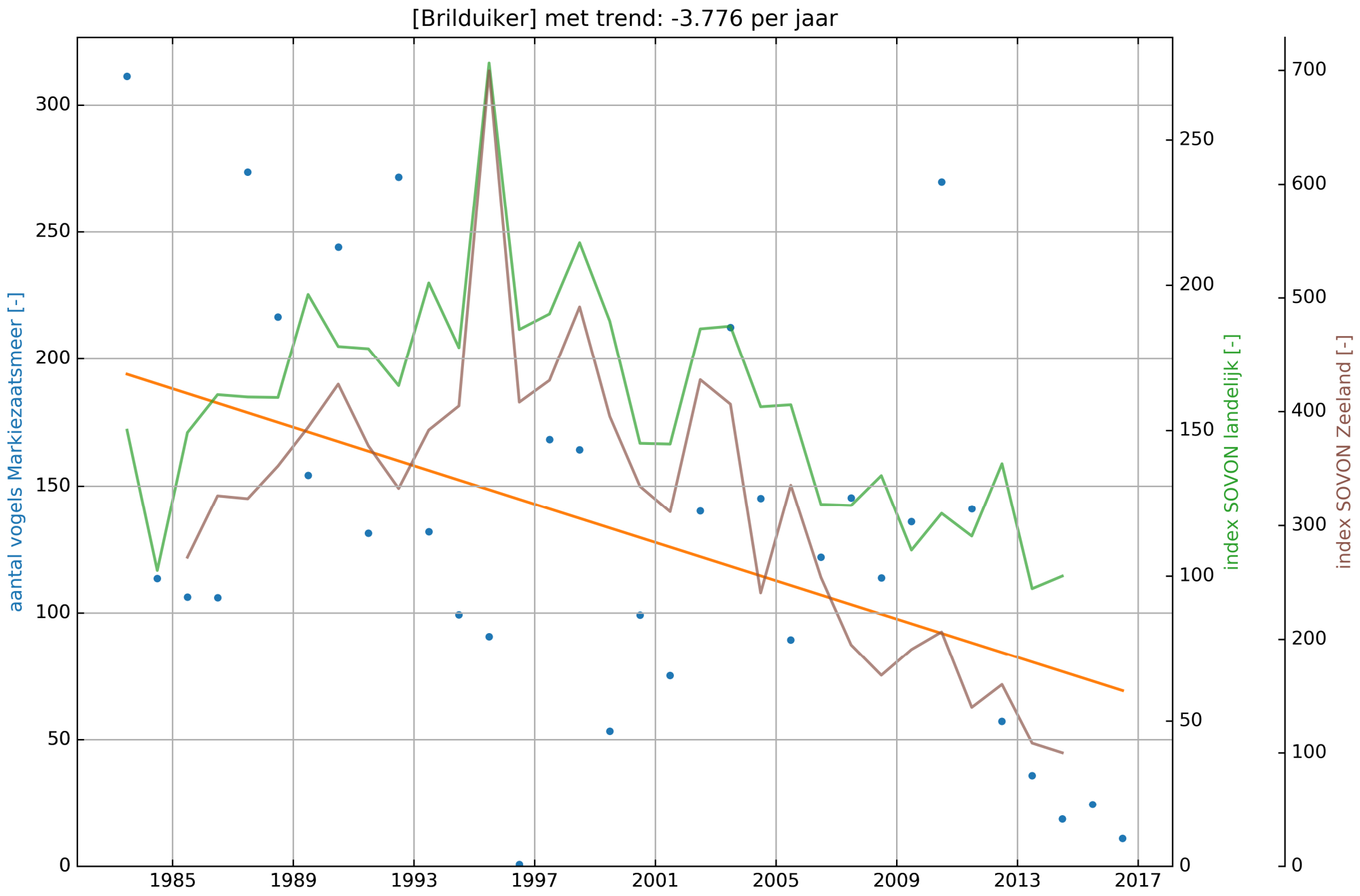

[Wintertaling]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
0
20
40
60
80
100
120
140
0
20
40
60
80
100
120
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

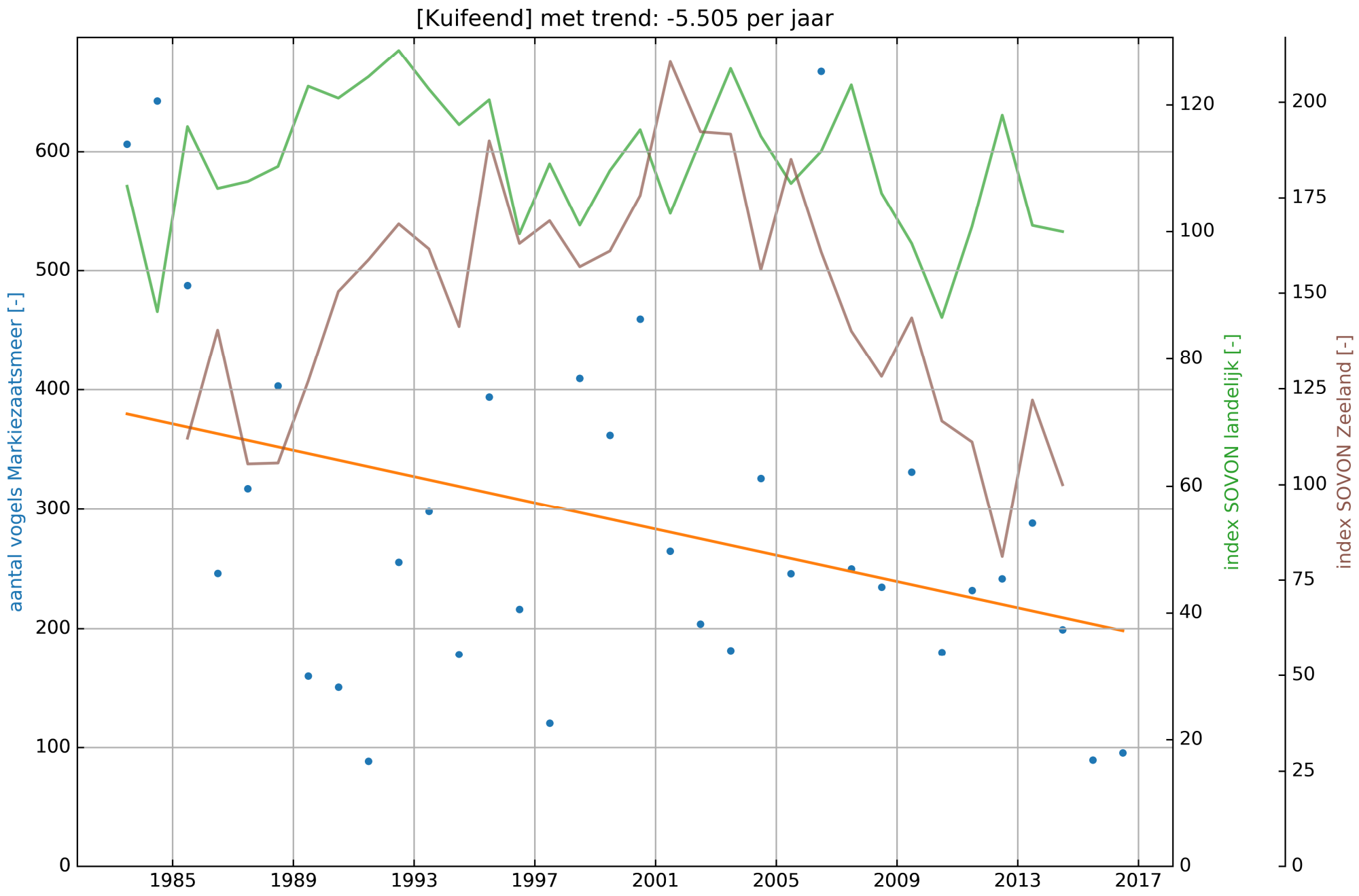

[Tafeleend] met trend: 30.941 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
250
500
750
1000
1250
1500
1750
2000
0
25
50
75
100
125
150
175
200
0
25
50
75
100
125
150
175
200
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

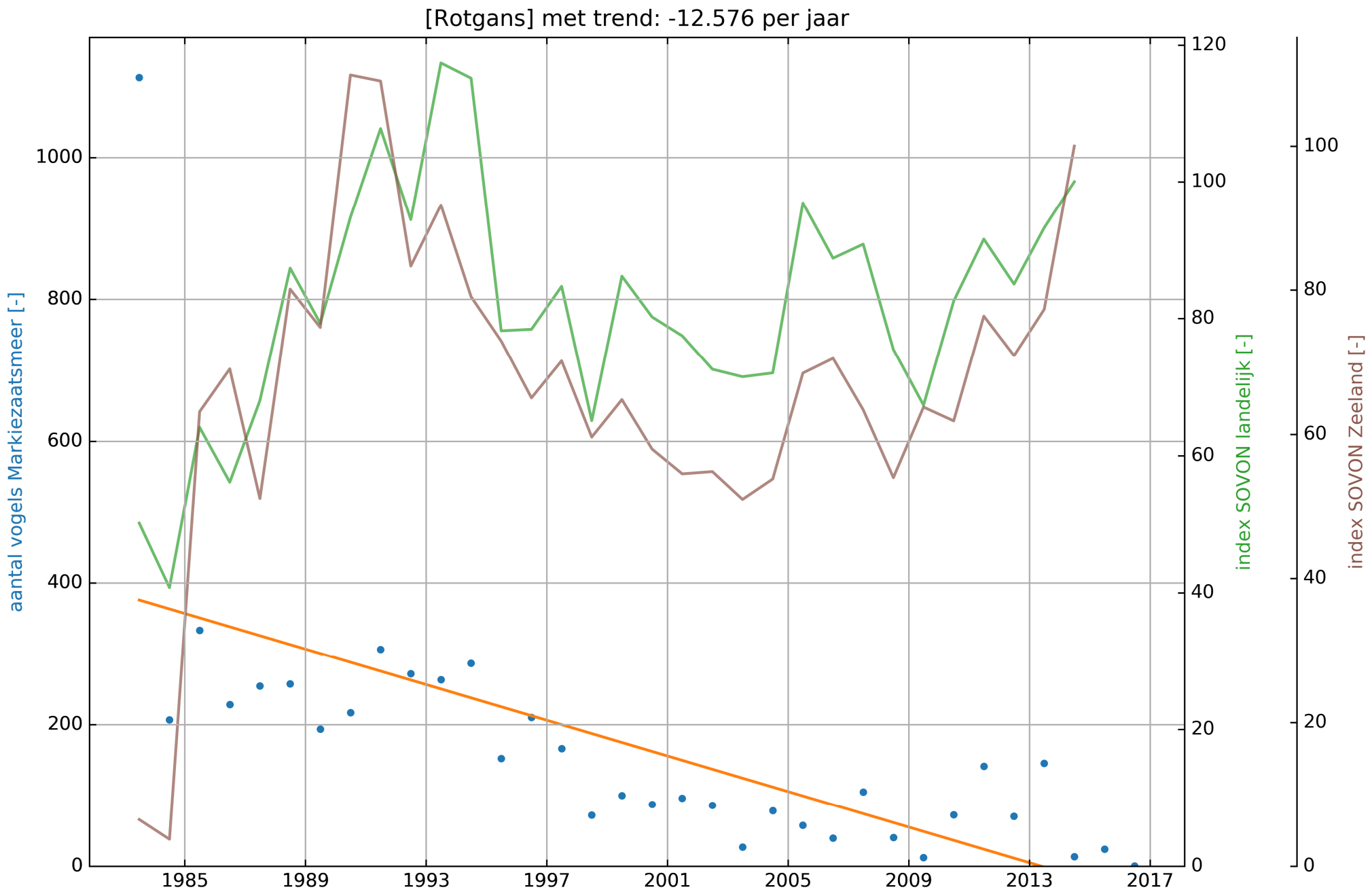

[Krooneend] met trend: 0.056 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
1
2
3
4
5
0
20
40
60
80
100
120
0
20
40
60
80
100
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

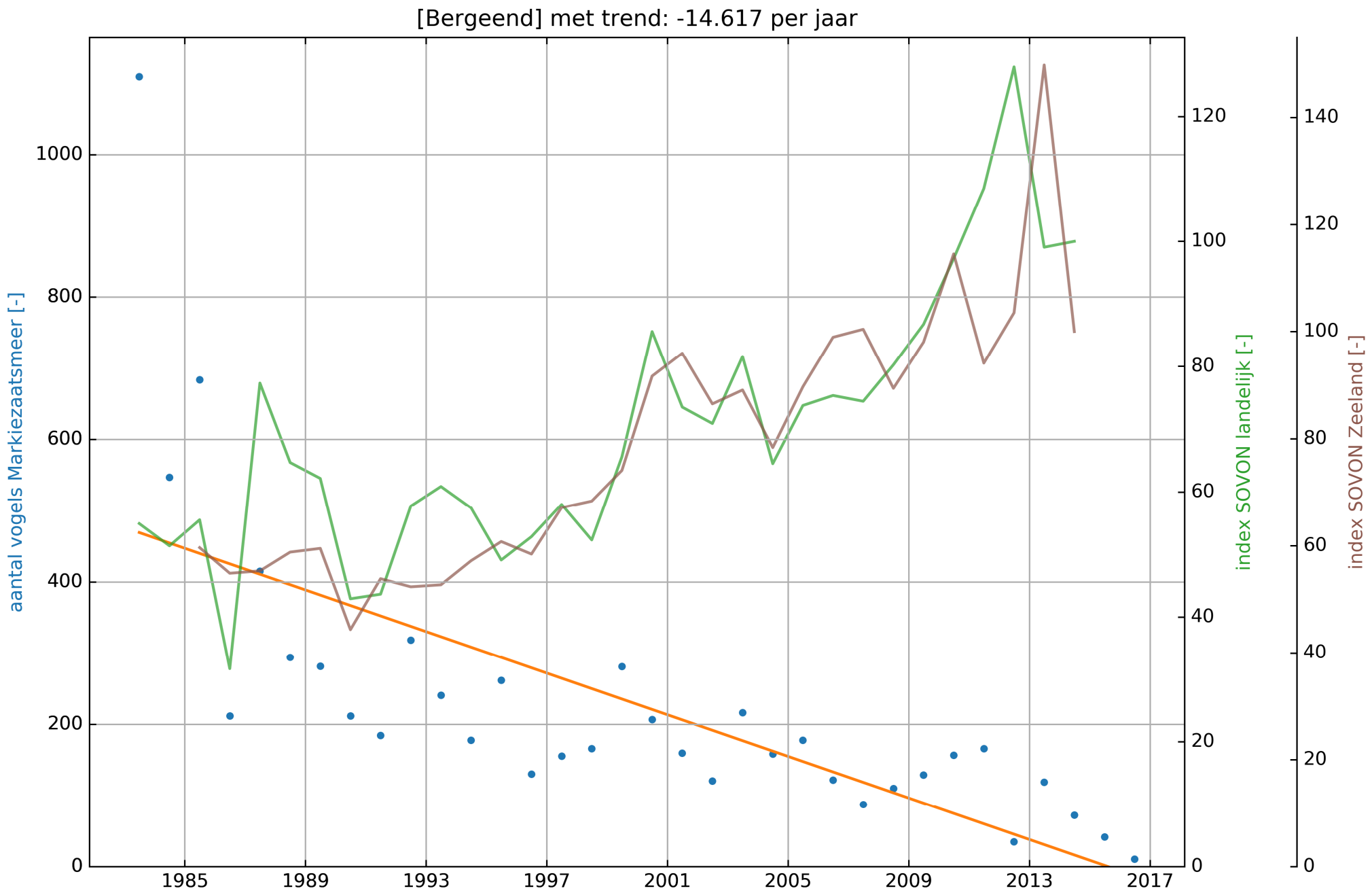

[Rosse Stekelstaart] met trend: 0.528 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
0
5
10
15
20
25
30
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

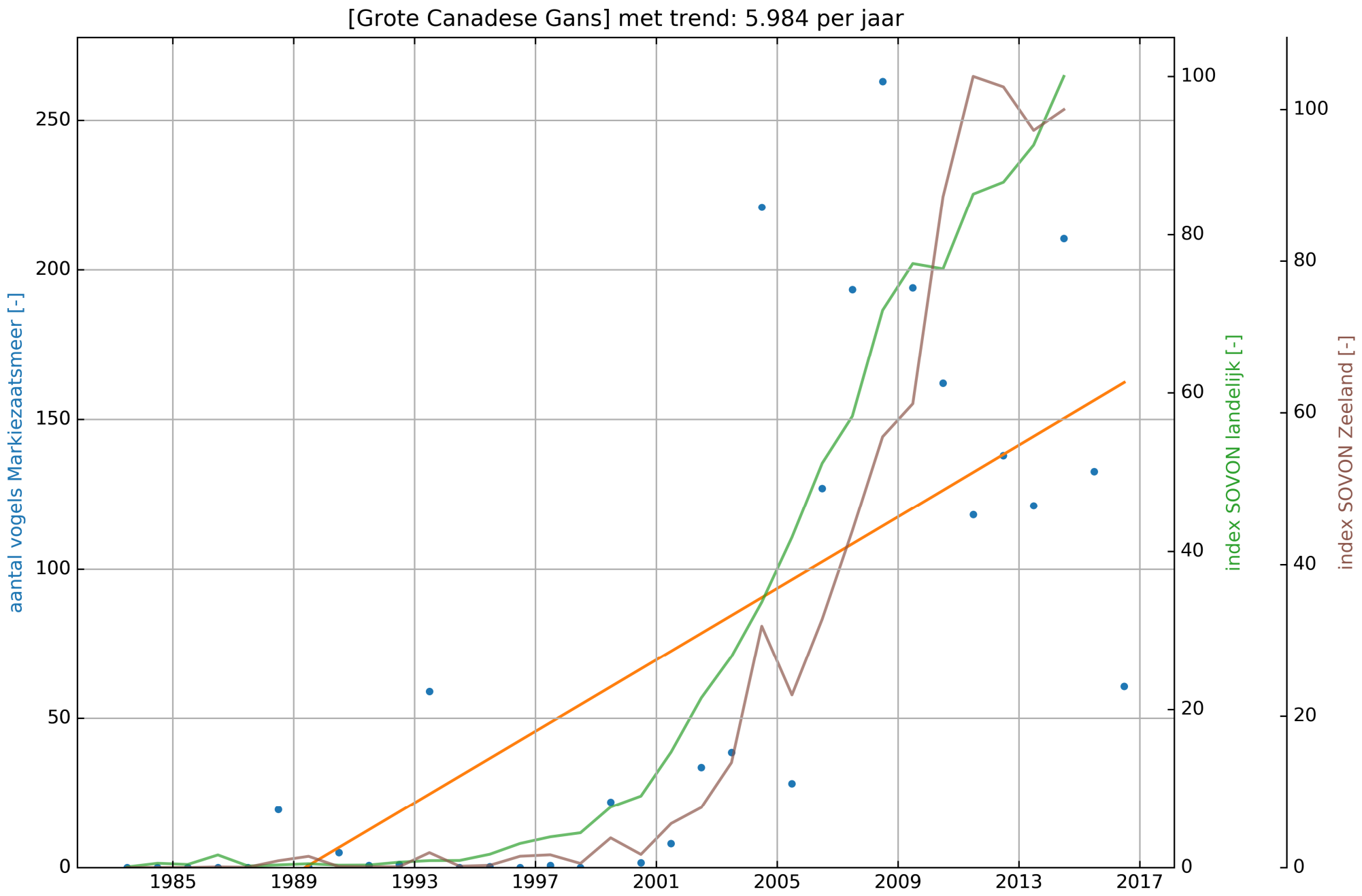

[Middelste Zaagbek] met trend: -5.386 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
100
200
300
400
500
0
20
40
60
80
100
120
140
0
20
40
60
80
100
120
140
160
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

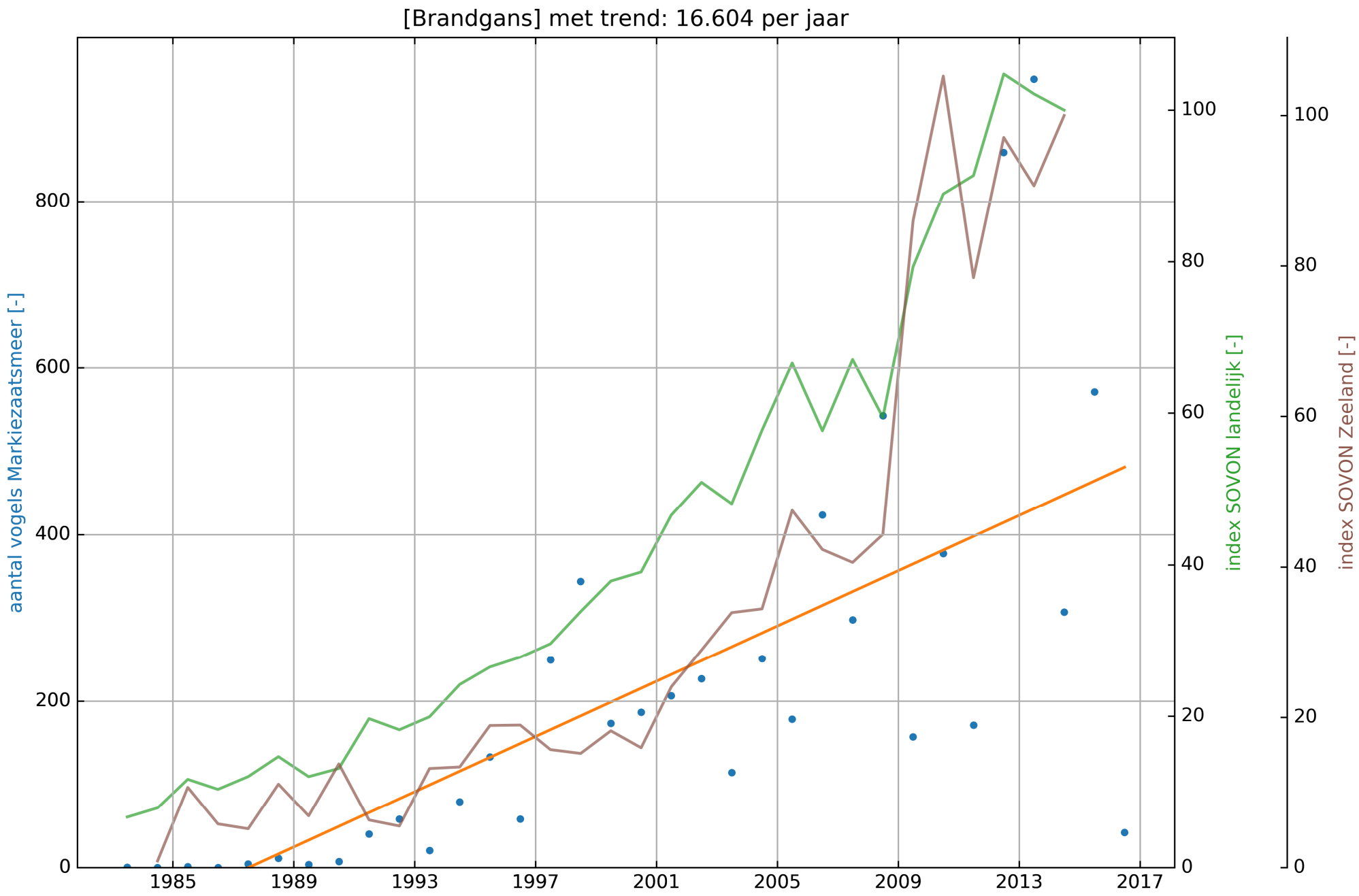

[Brilduiker] met trend: -3.776 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
50
100
150
200
250
300
0
50
100
150
200
250
0
100
200
300
400
500
600
700
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

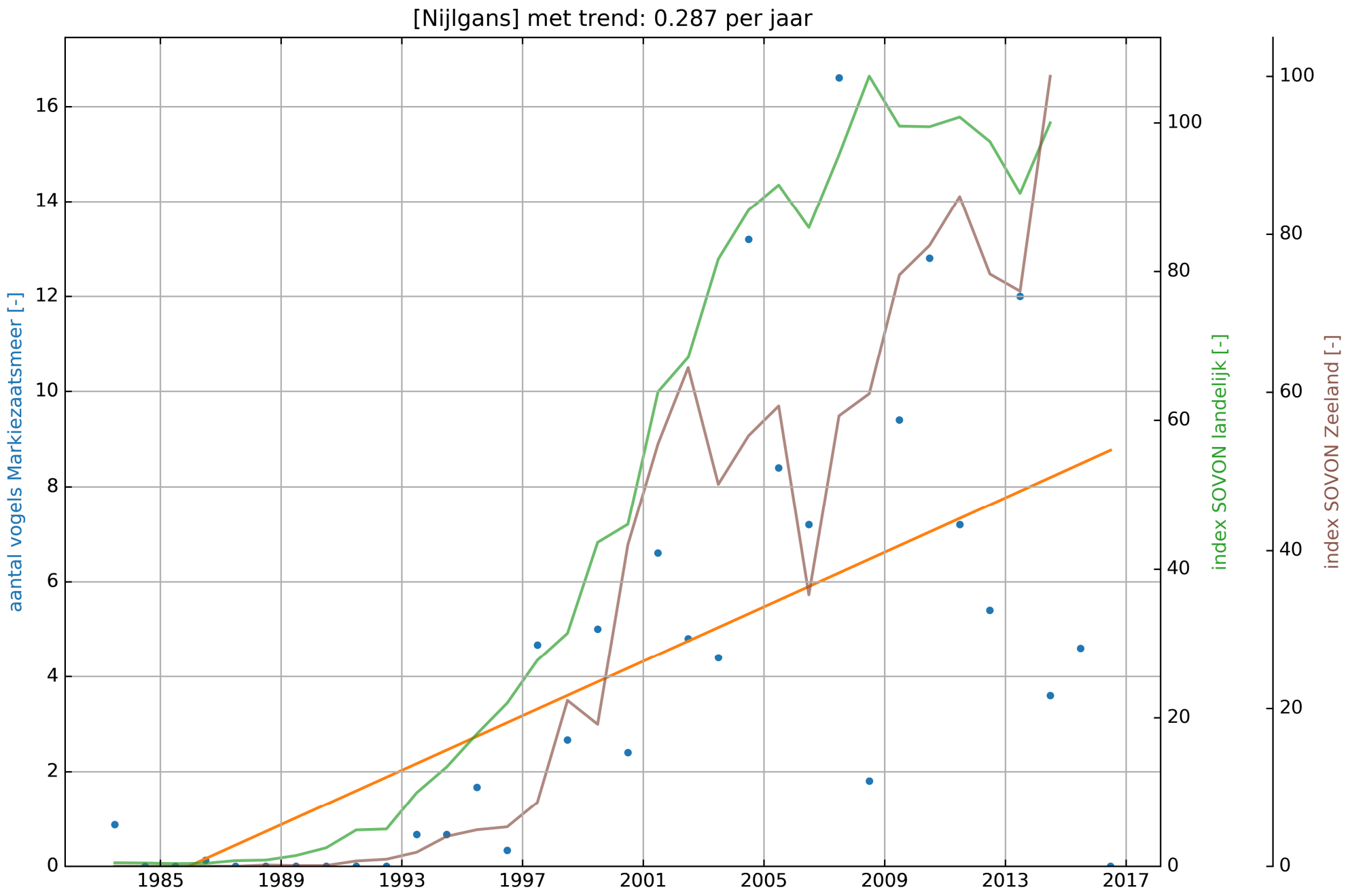

[Kuifeend] met trend: -5.505 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
100
200
300
400
500
600
0
20
40
60
80
100
120
0
25
50
75
100
125
150
175
200
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

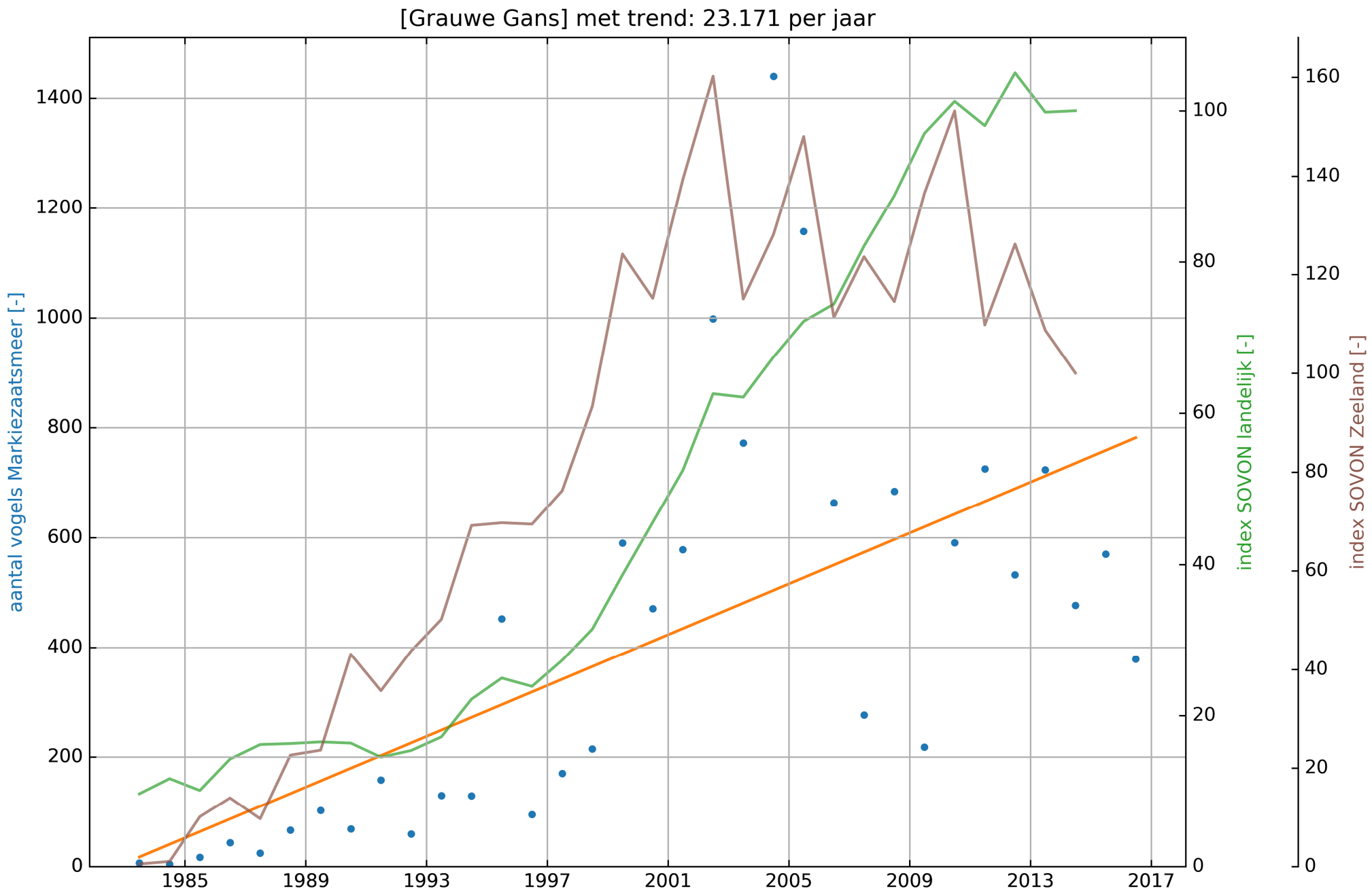

[Rotgans] met trend: -12.576 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
200
400
600
800
1000
0
20
40
60
80
100
120
0
20
40
60
80
100
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

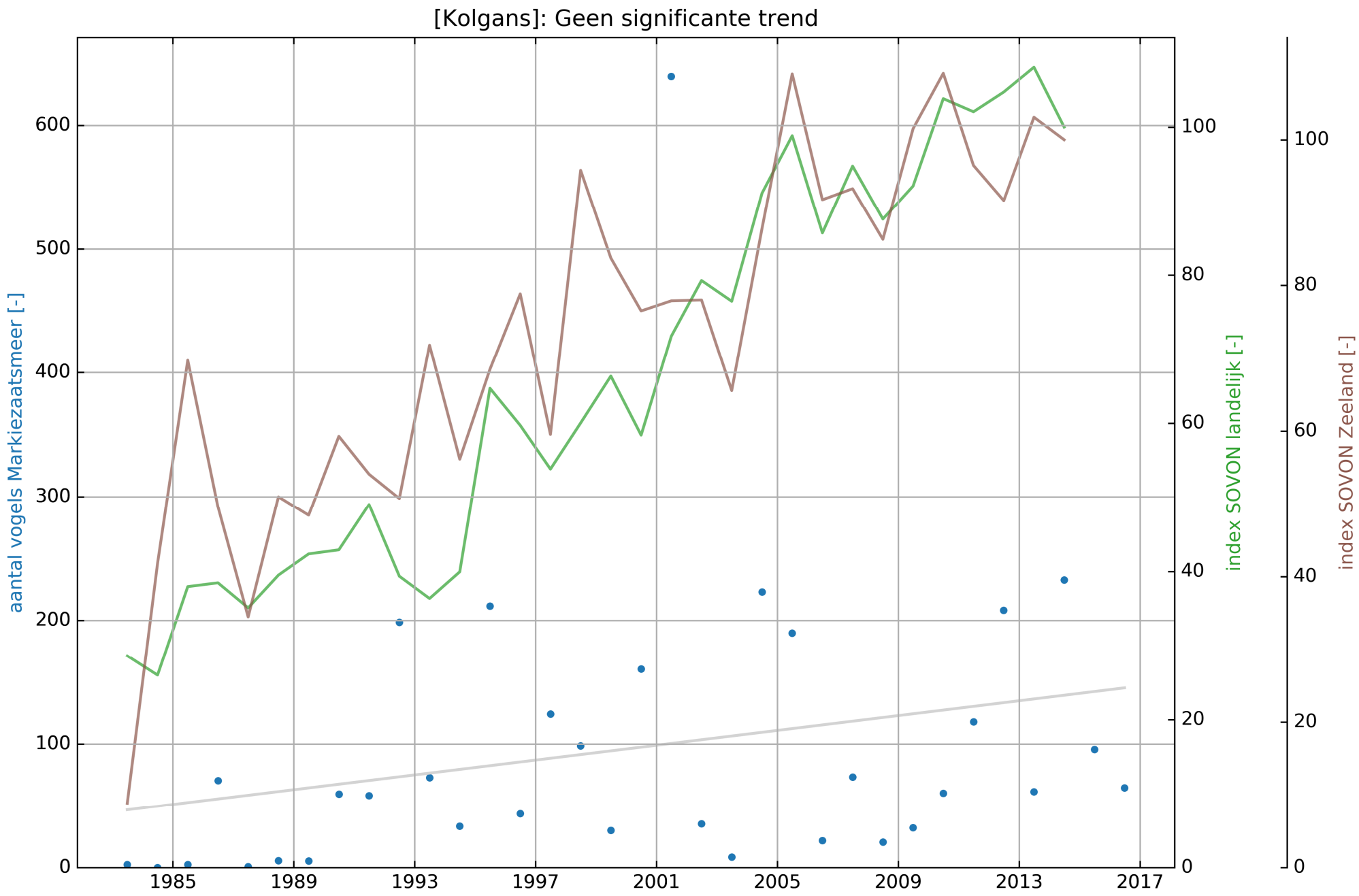

[Bergeend] met trend: -14.617 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
200
400
600
800
1000
0
20
40
60
80
100
120
0
20
40
60
80
100
120
140
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

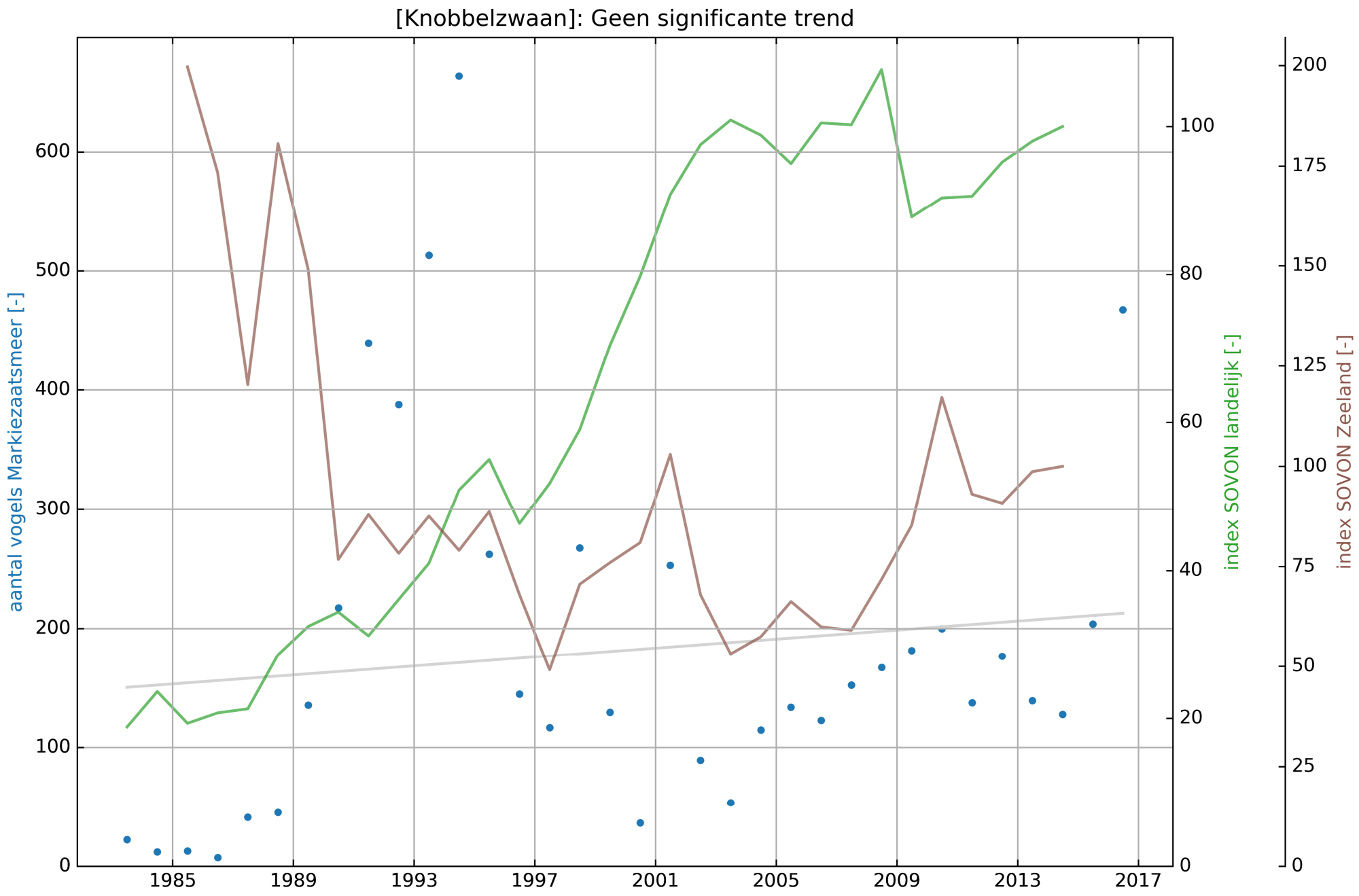

[Grote Canadese Gans] met trend: 5.984 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
50
100
150
200
250
0
20
40
60
80
100
0
20
40
60
80
100
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

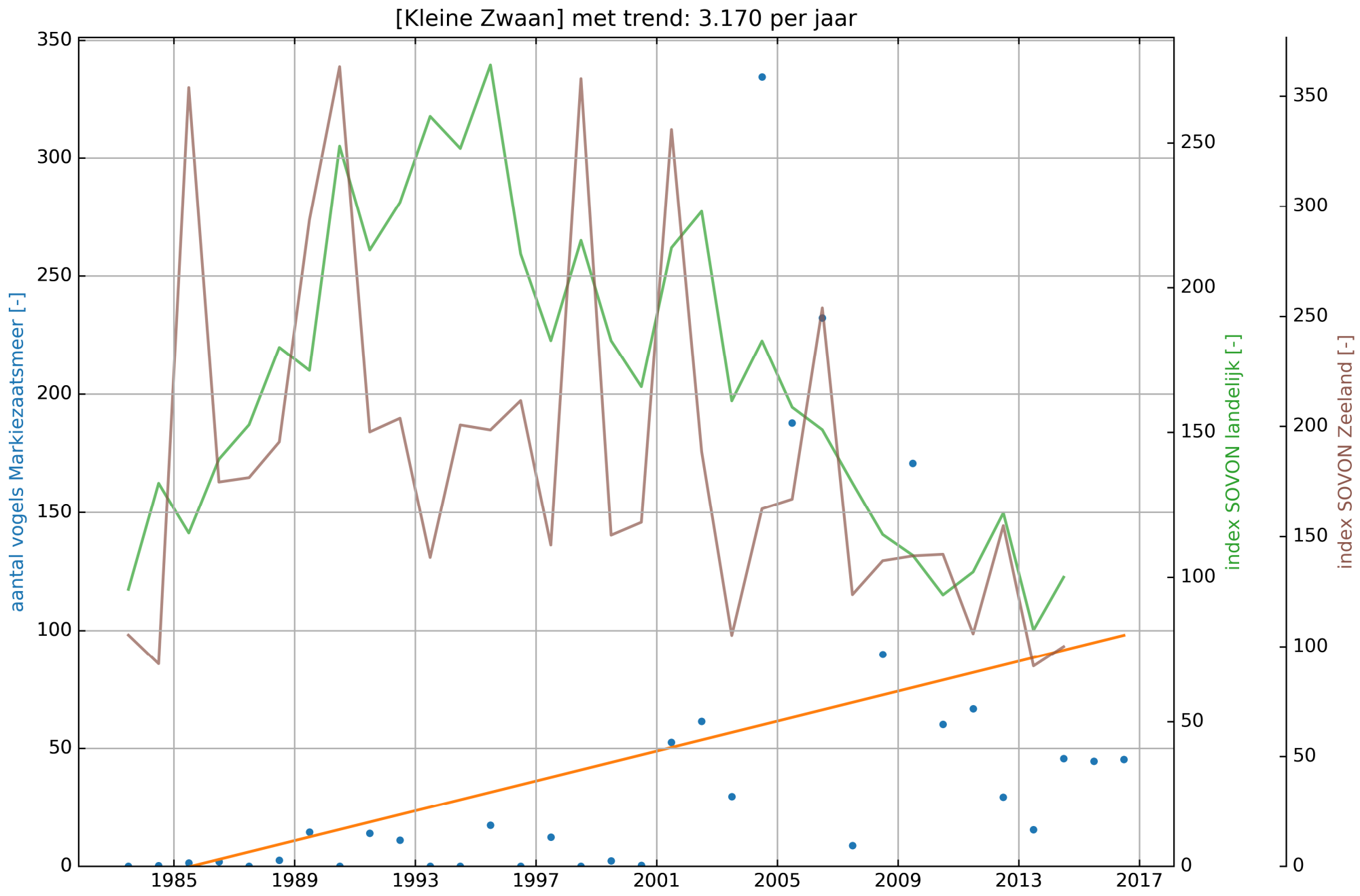

[Brandgans] met trend: 16.604 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
200
400
600
800
0
20
40
60
80
100
0
20
40
60
80
100
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

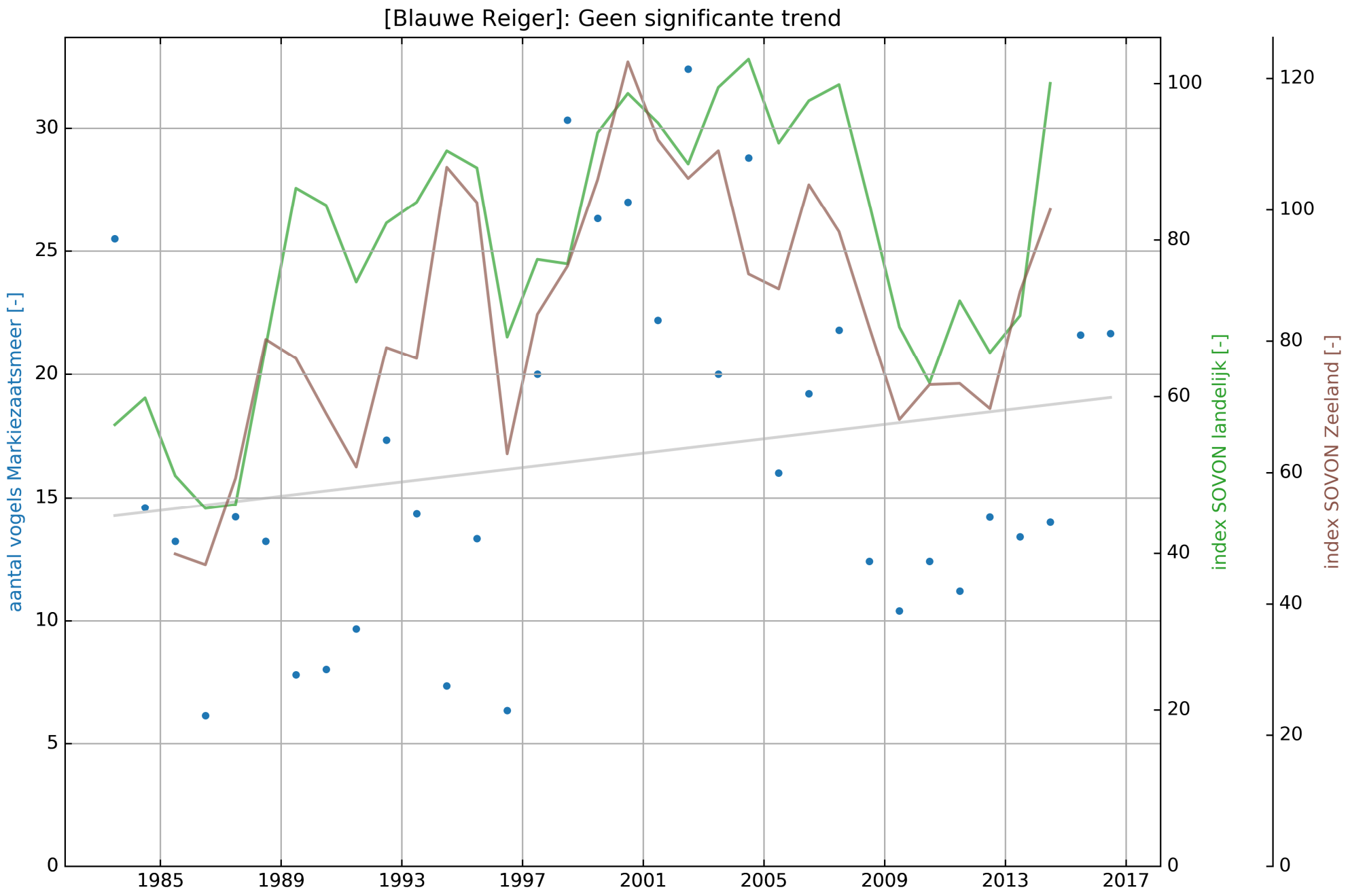

[Nijlgans] met trend: 0.287 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
2
4
6
8
10
12
14
16
0
20
40
60
80
100
0
20
40
60
80
100
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

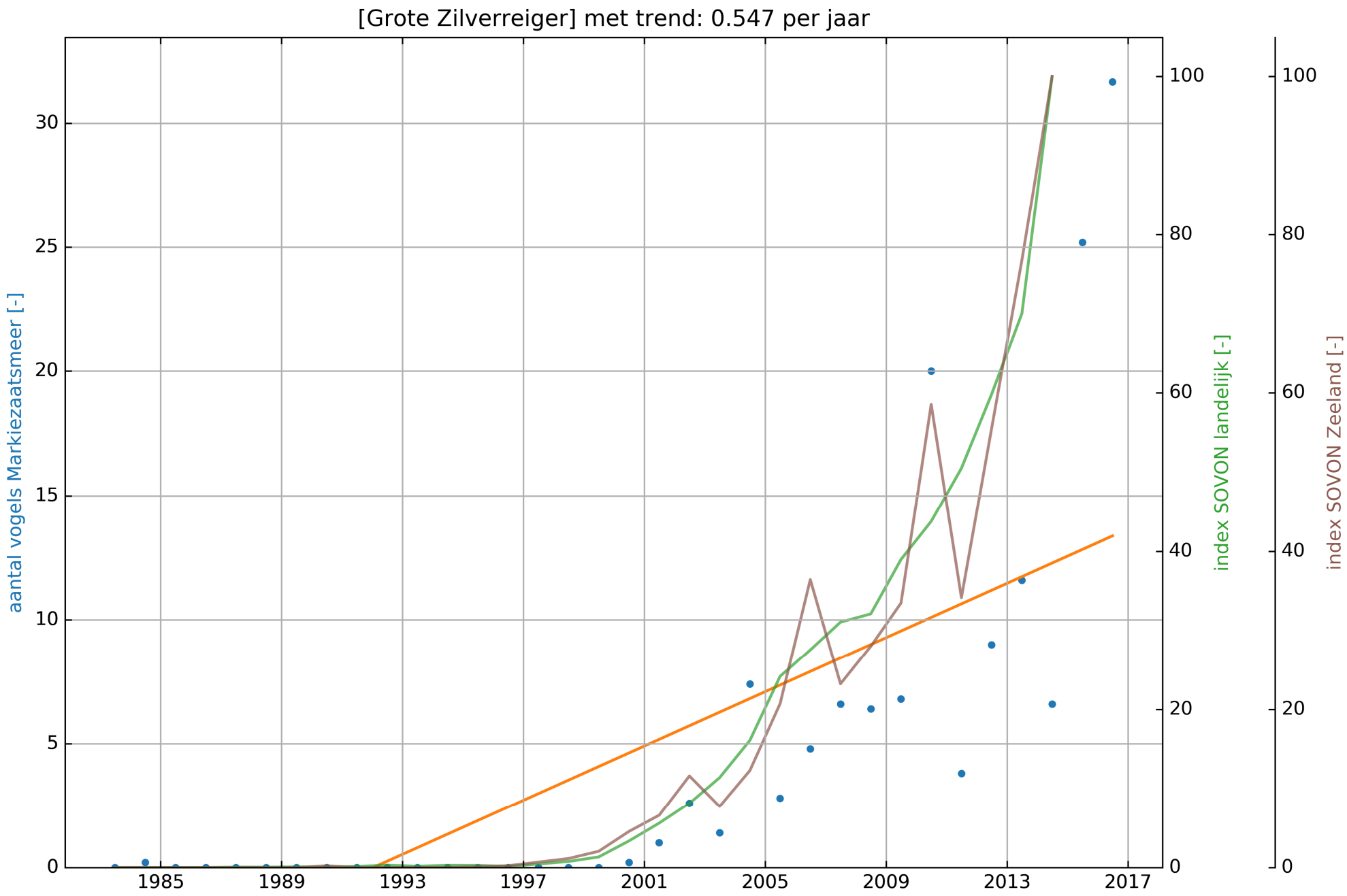

[Grauwe Gans] met trend: 23.171 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
0
20
40
60
80
100
0
20
40
60
80
100
120
140
160
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

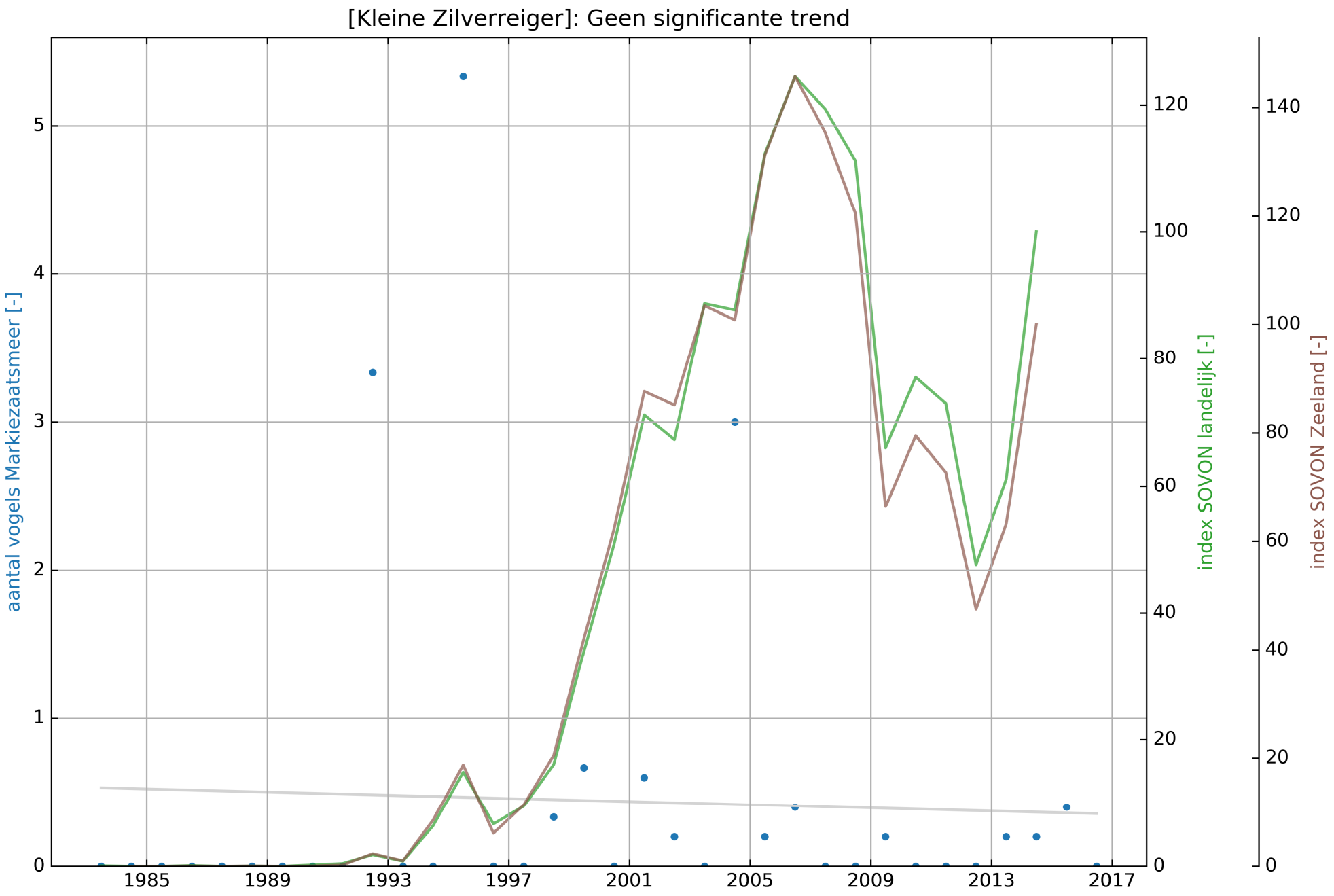

[Kolgans]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
100
200
300
400
500
600
0
20
40
60
80
100
0
20
40
60
80
100
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

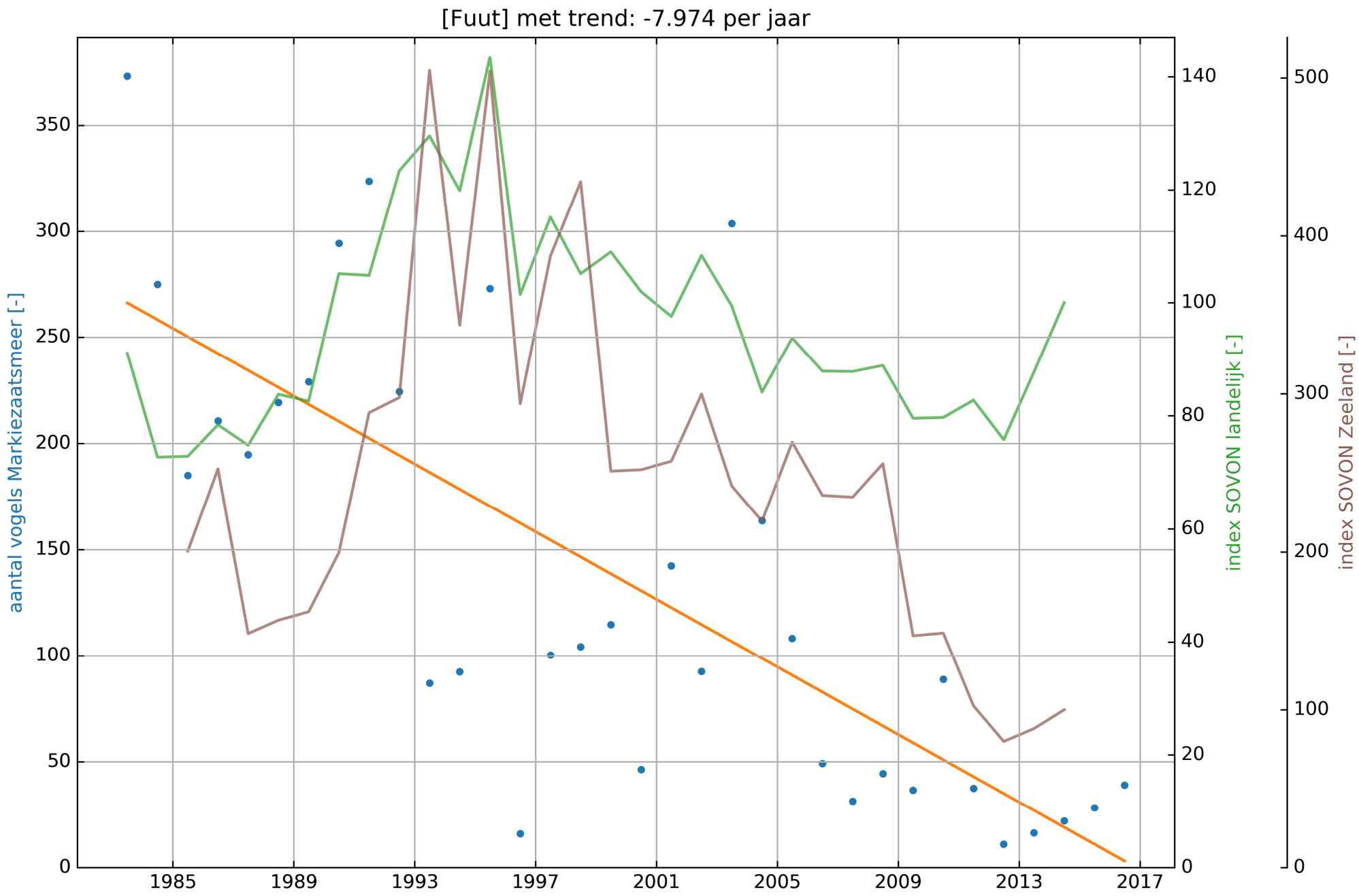

[Knobbelzwaan]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
100
200
300
400
500
600
0
20
40
60
80
100
0
25
50
75
100
125
150
175
200
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

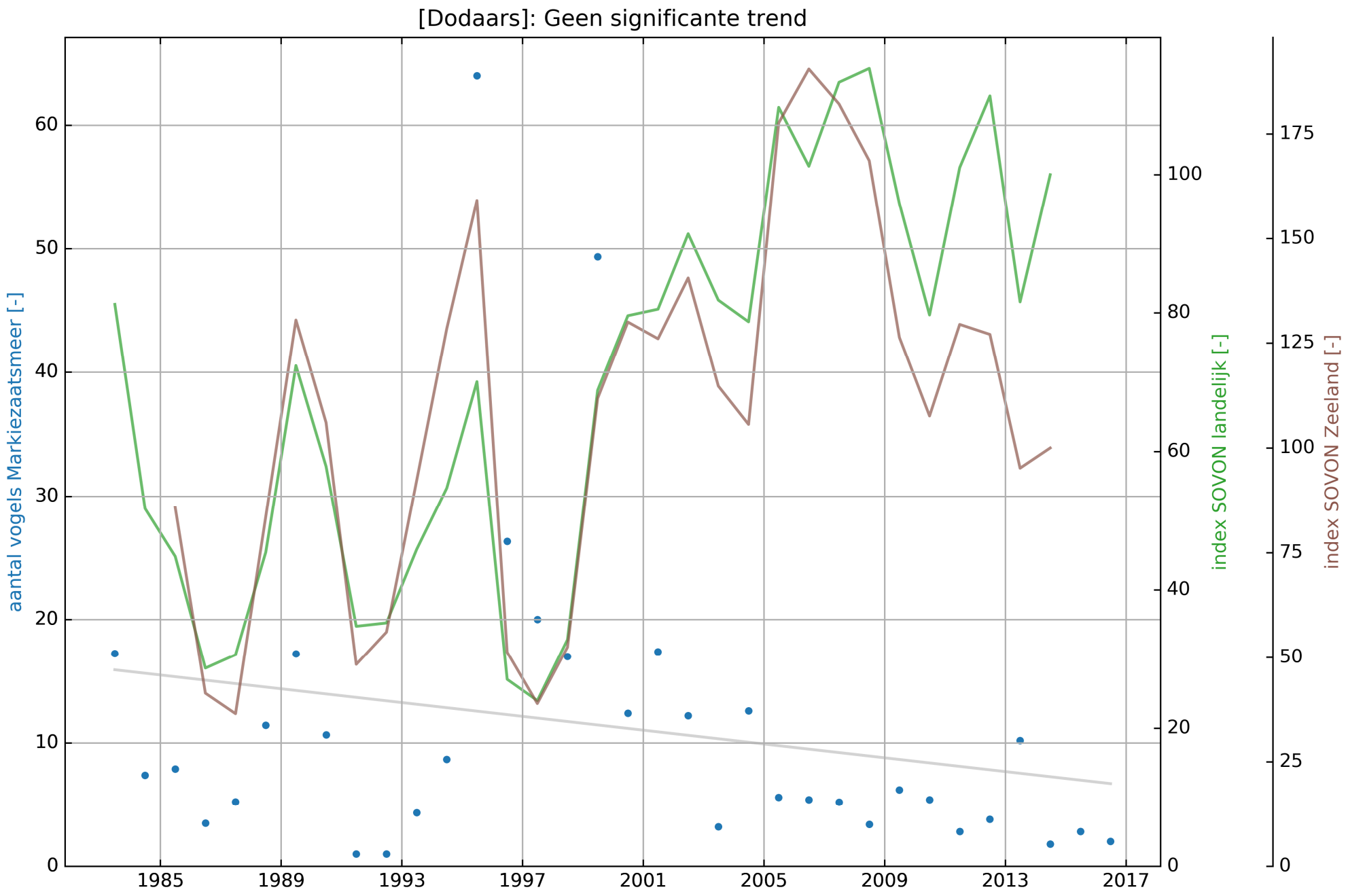

[Kleine Zwaan] met trend: 3.170 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
50
100
150
200
250
300
350
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

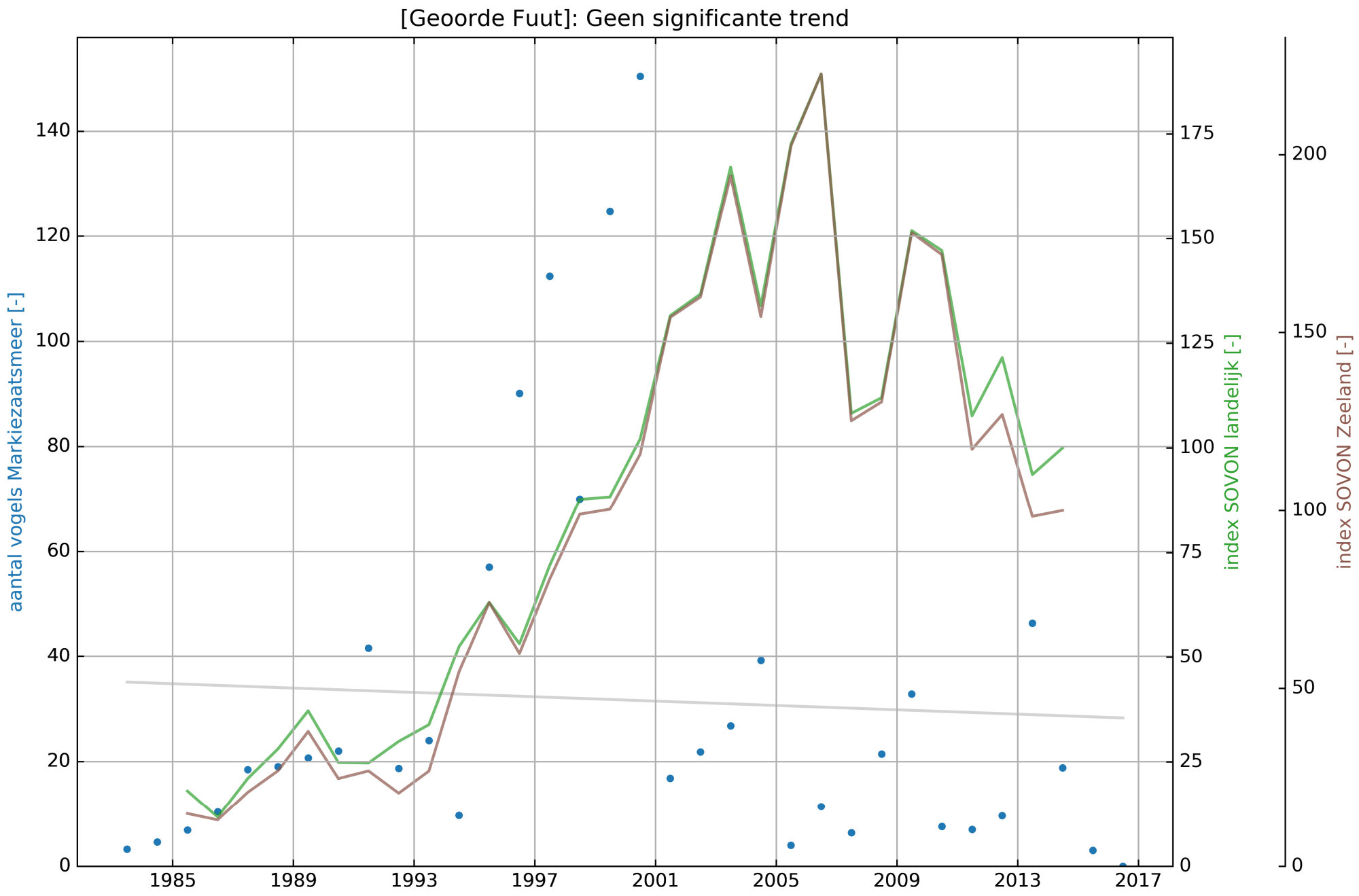

[Blauwe Reiger]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
5
10
15
20
25
30
0
20
40
60
80
100
0
20
40
60
80
100
120
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

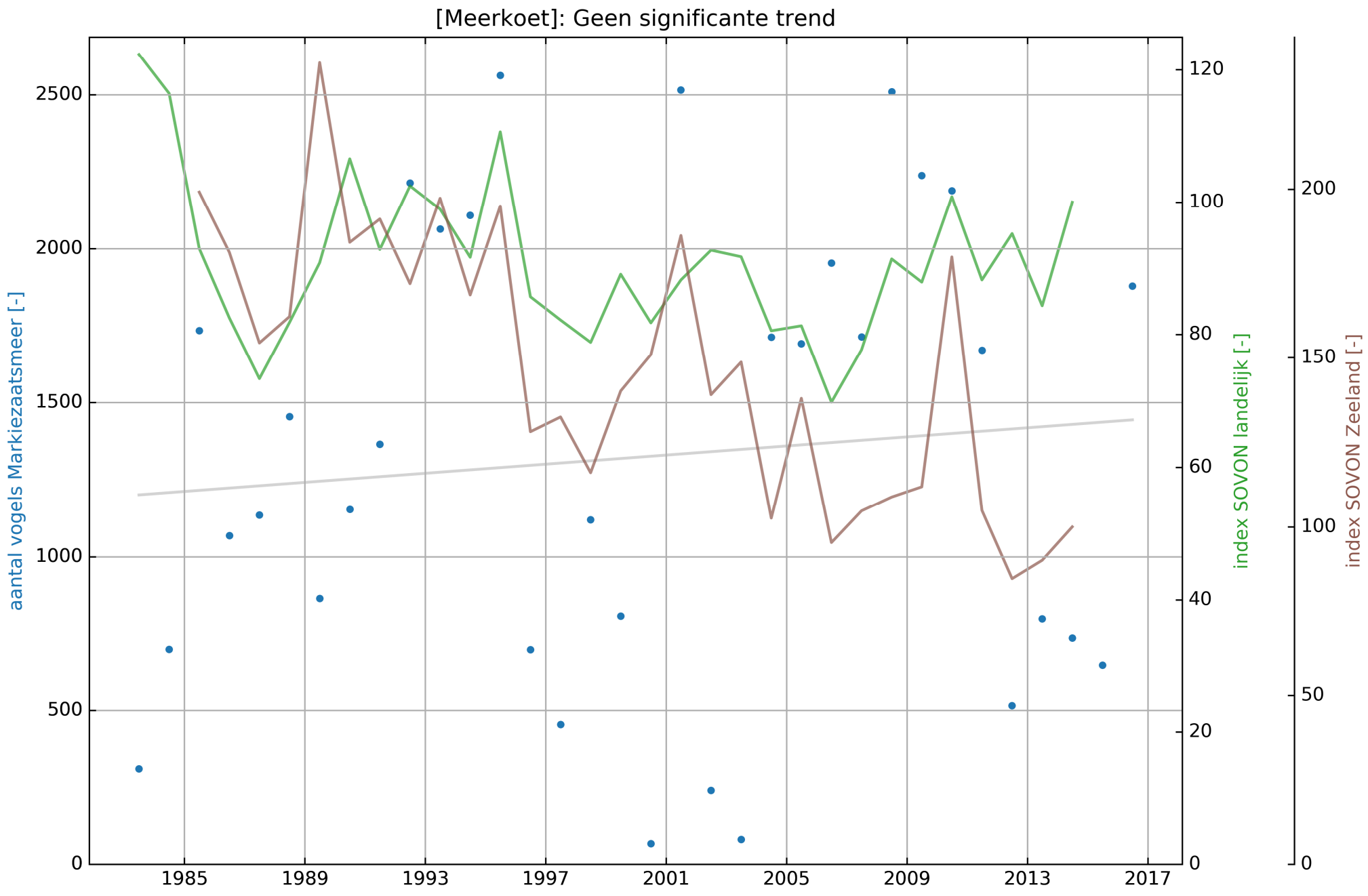

[Grote Zilverreiger] met trend: 0.547 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
5
10
15
20
25
30
0
20
40
60
80
100
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

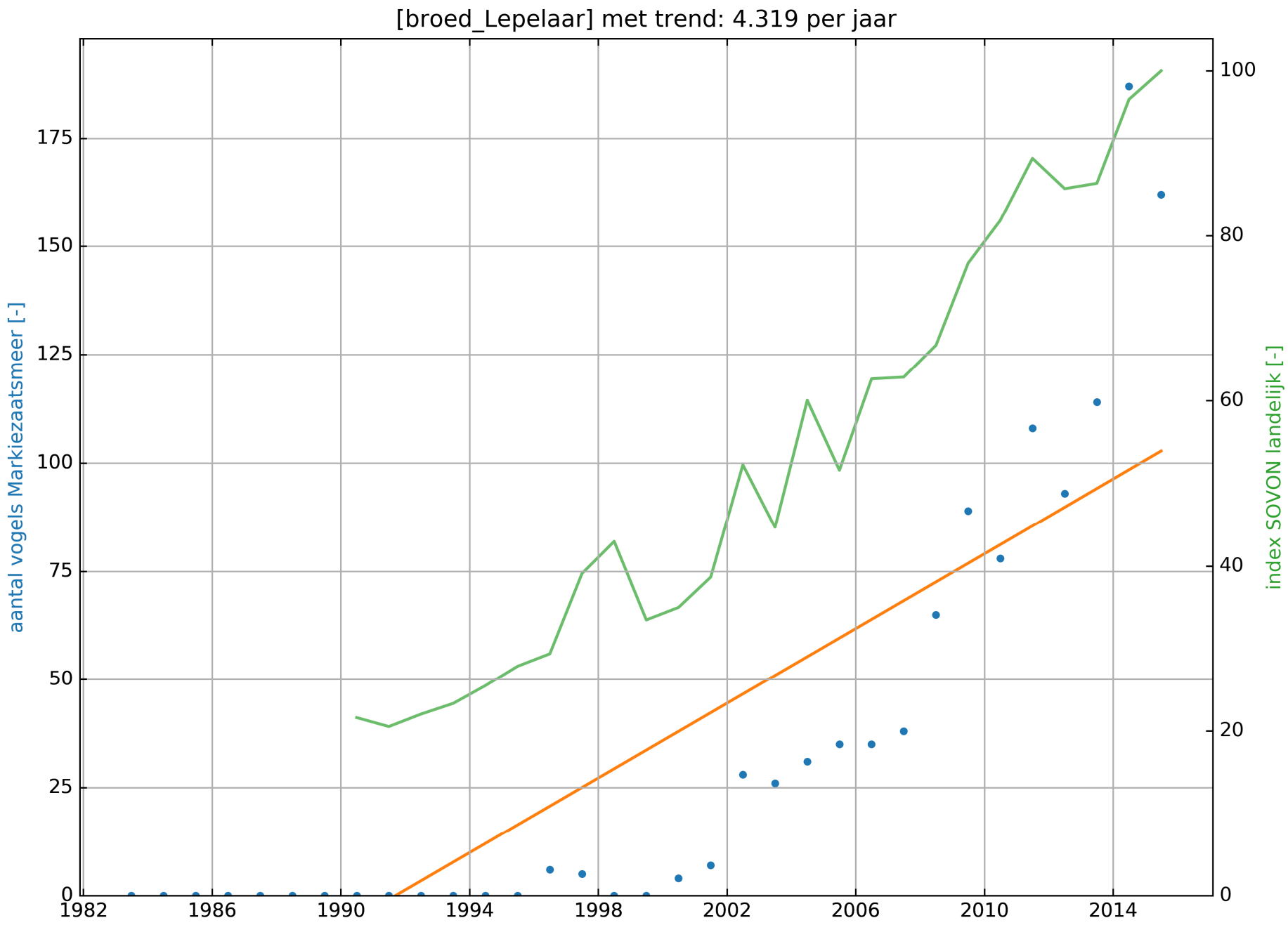

[Kleine Zilverreiger]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
1
2
3
4
5
0
20
40
60
80
100
120
0
20
40
60
80
100
120
140
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

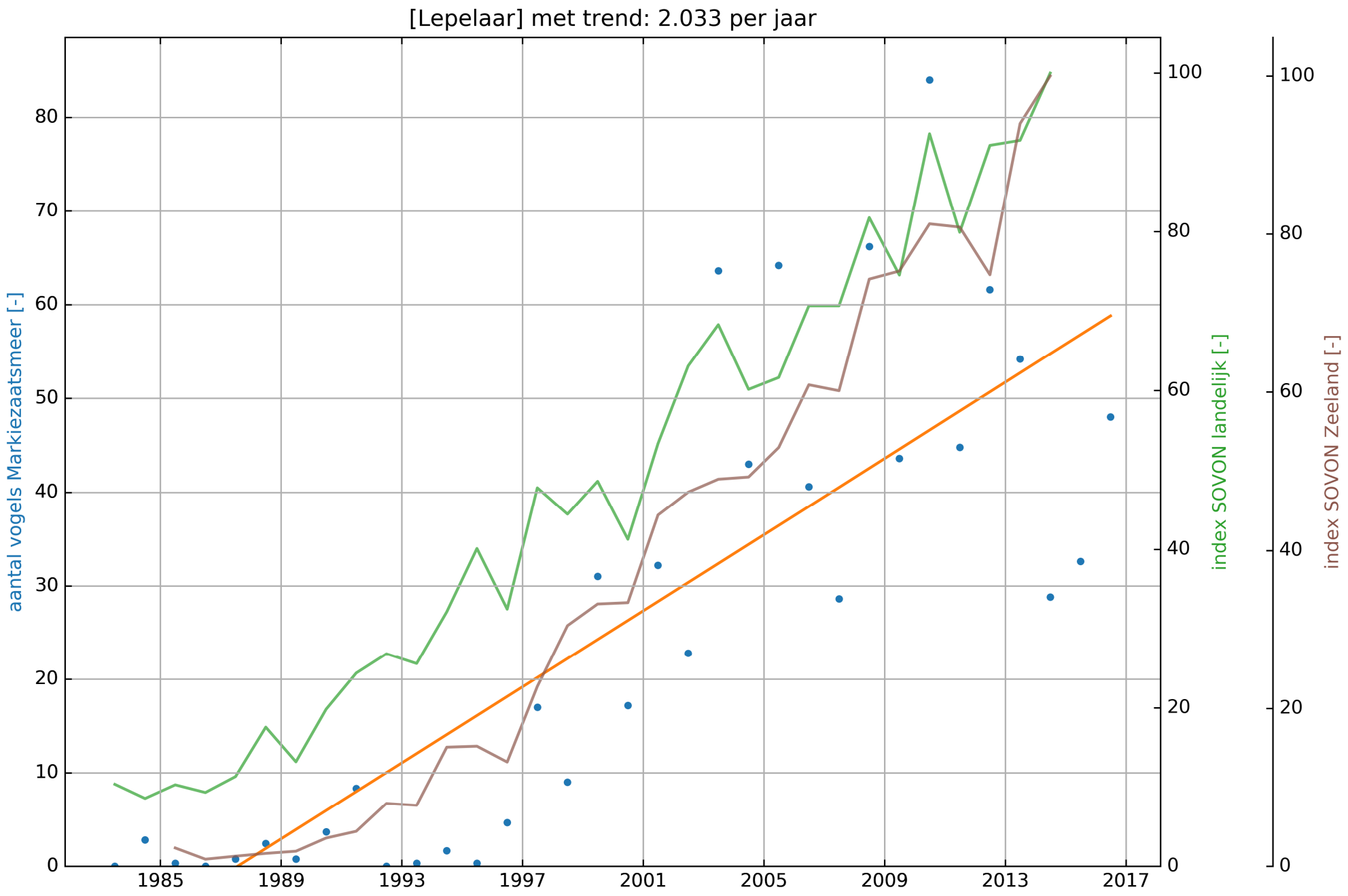

[Fuut] met trend: -7.974 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
50
100
150
200
250
300
350
0
20
40
60
80
100
120
140
0
100
200
300
400
500
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

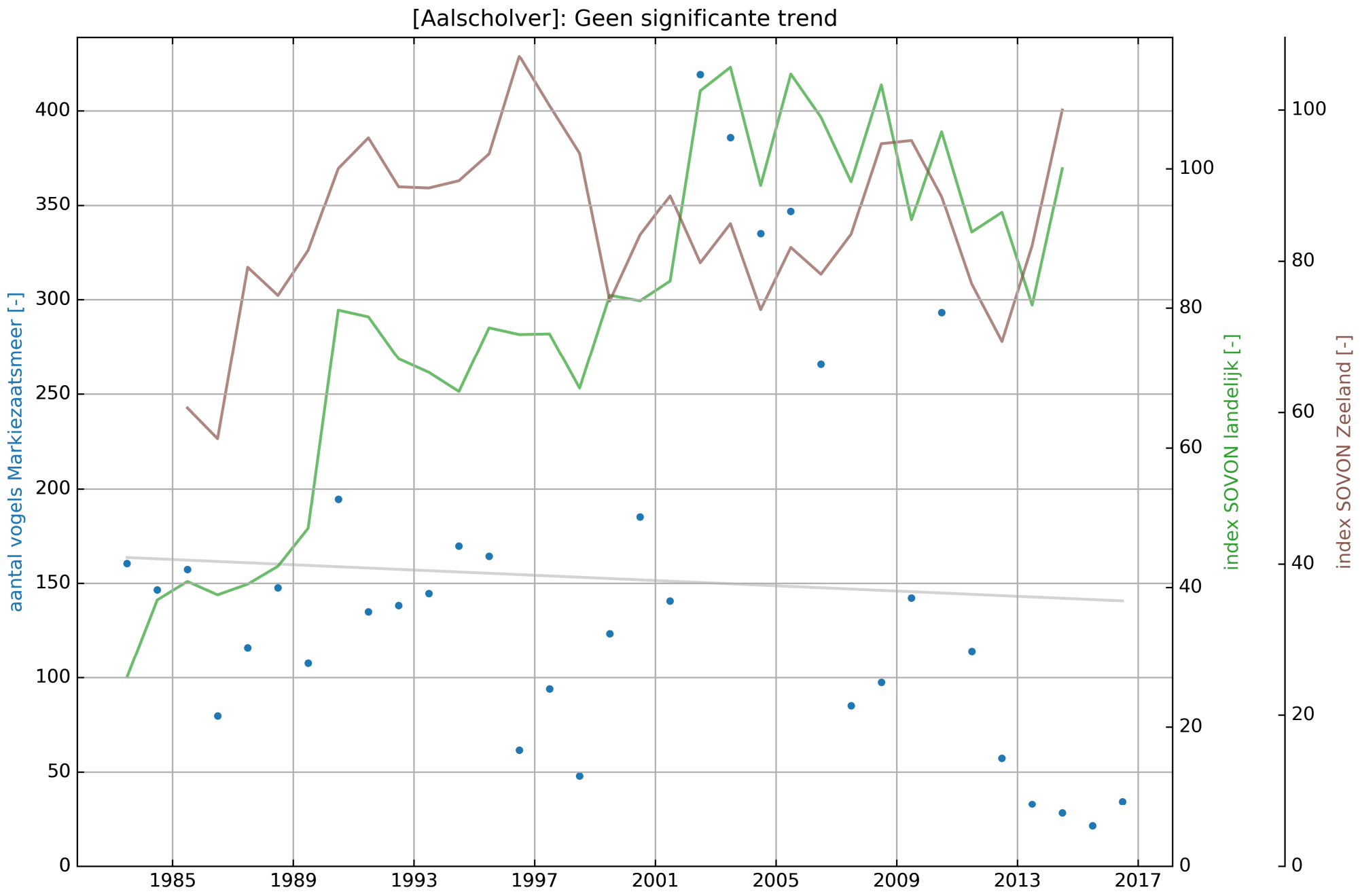

[Dodaars]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
10
20
30
40
50
60
0
20
40
60
80
100
0
25
50
75
100
125
150
175
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

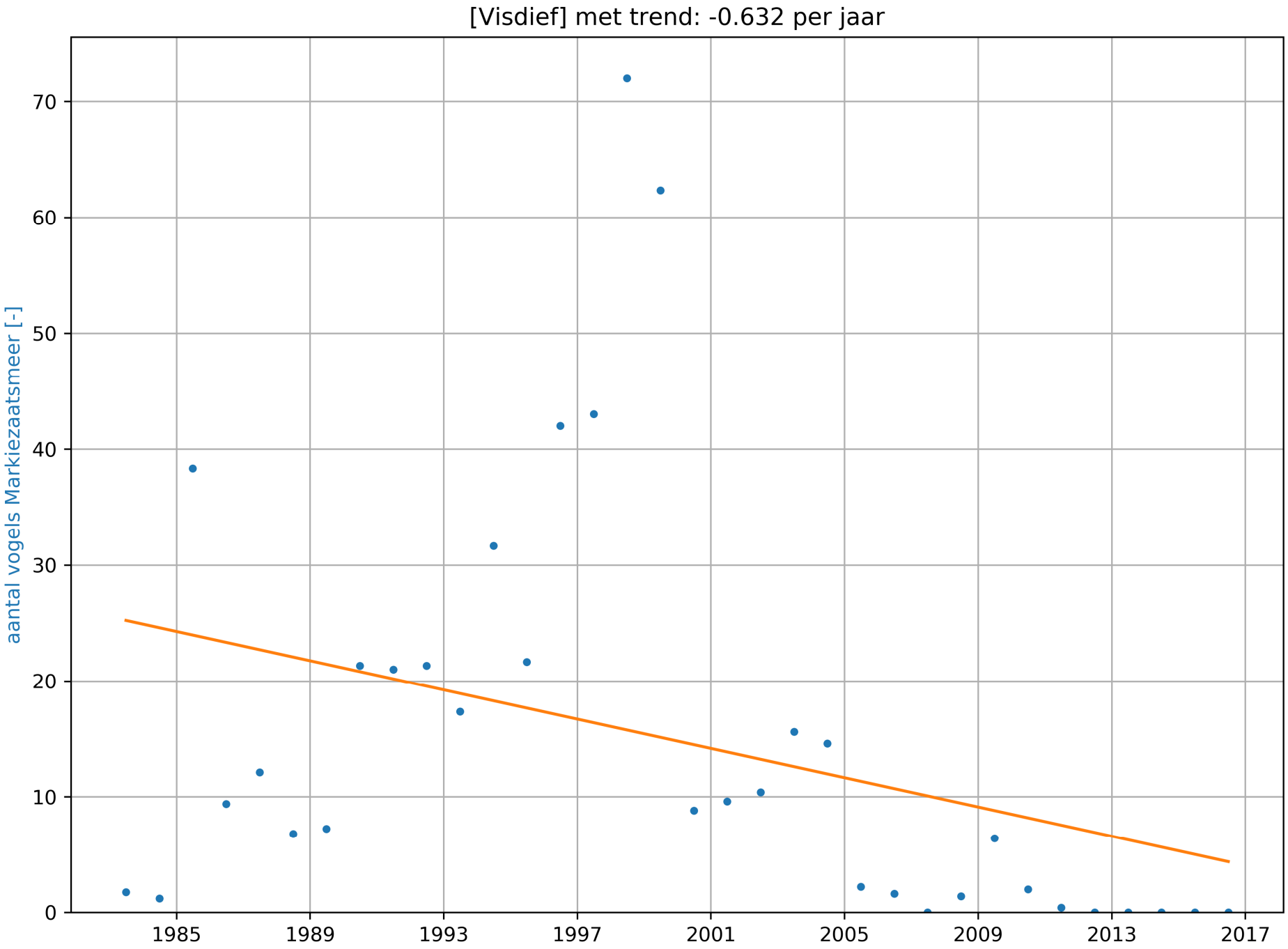

[Geoorde Fuut]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
20
40
60
80
100
120
140
0
25
50
75
100
125
150
175
0
50
100
150
200
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

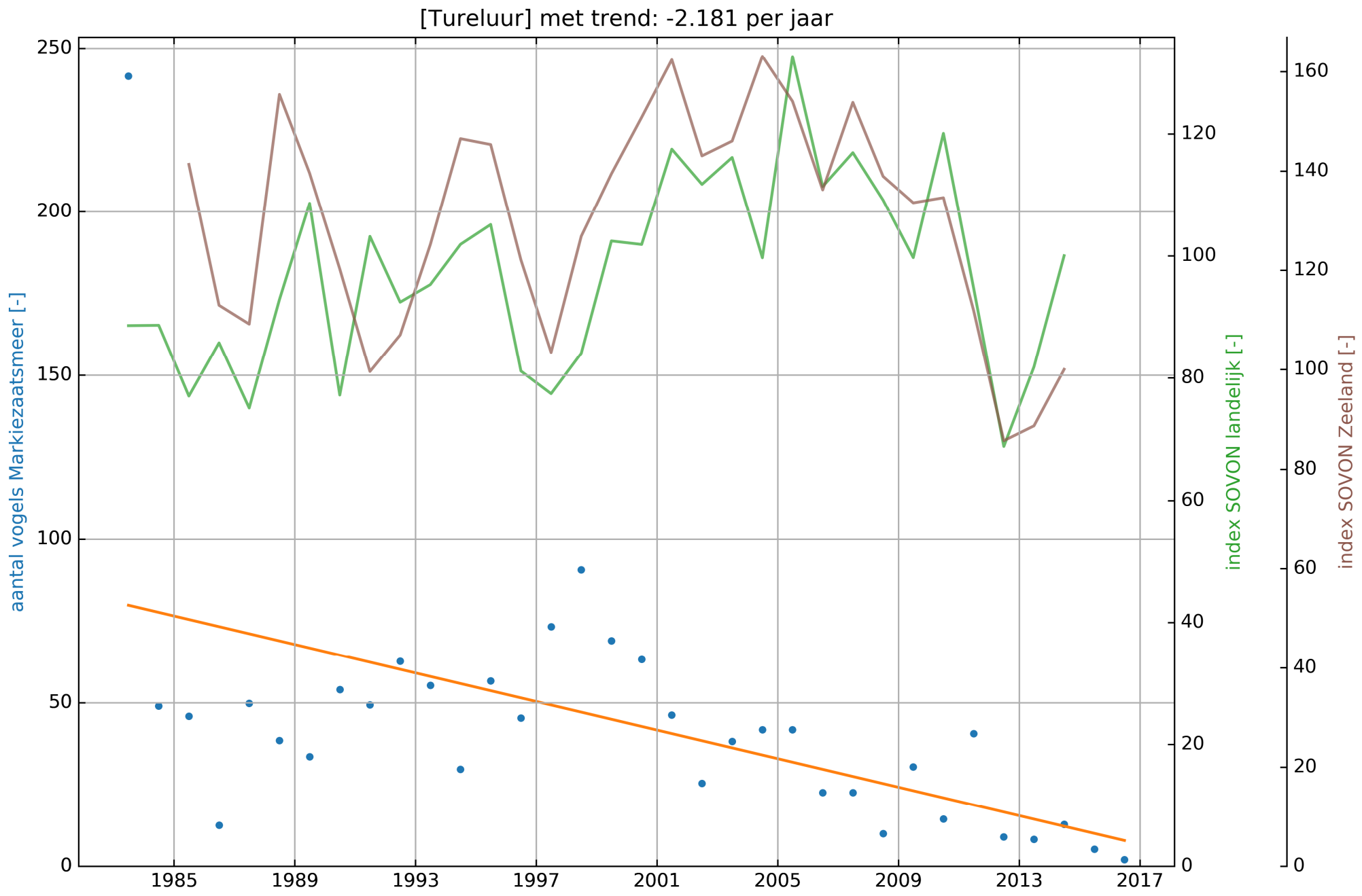

[Meerkoet]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
500
1000
1500
2000
2500
0
20
40
60
80
100
120
0
50
100
150
200
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

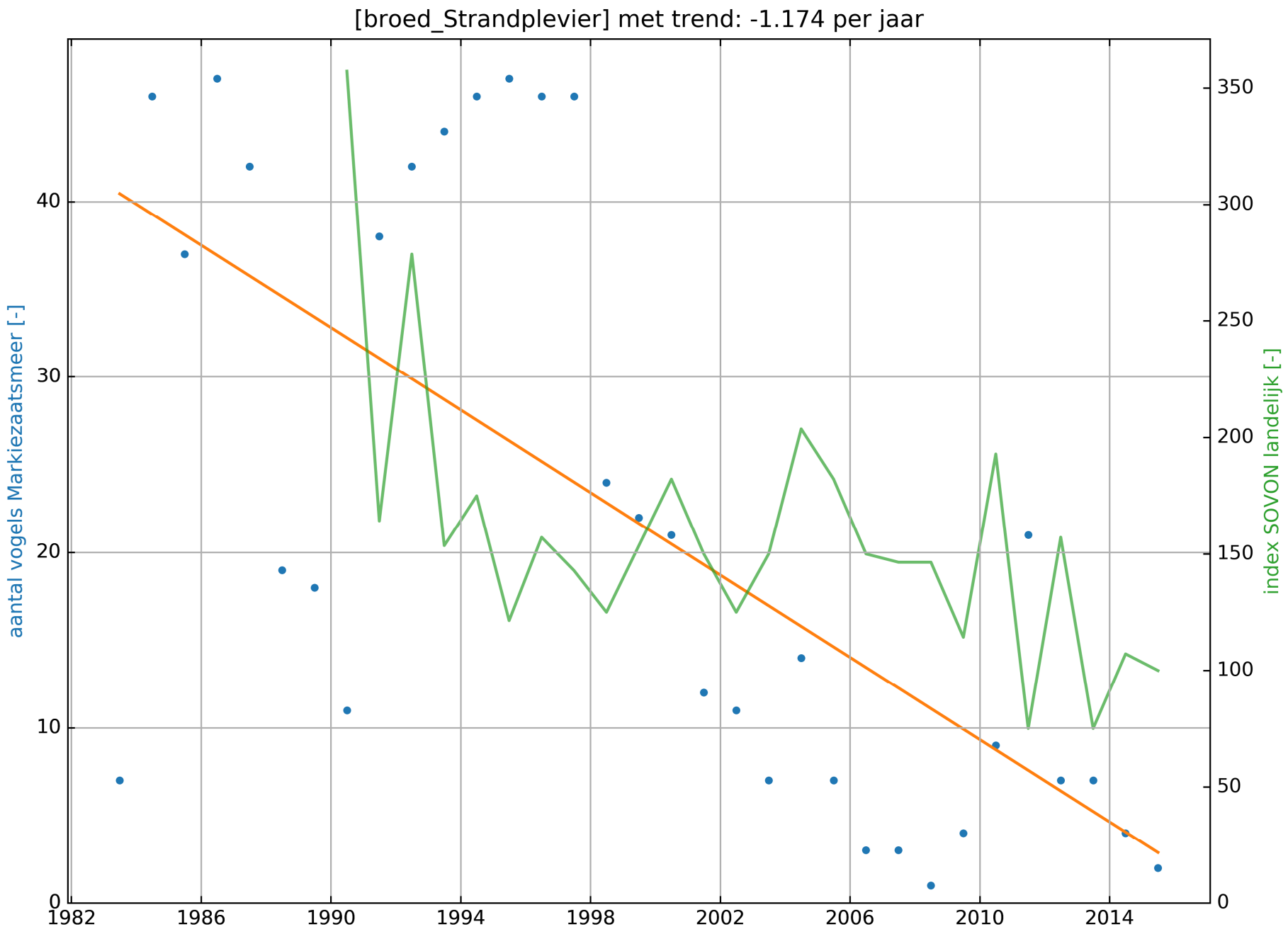

[broed_Lepelaar] met trend: 4.319 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
0
25
50
75
100
125
150
175
0
20
40
60
80
100
1982
1986
1990
1994
1998
2002
2006
2010
2014

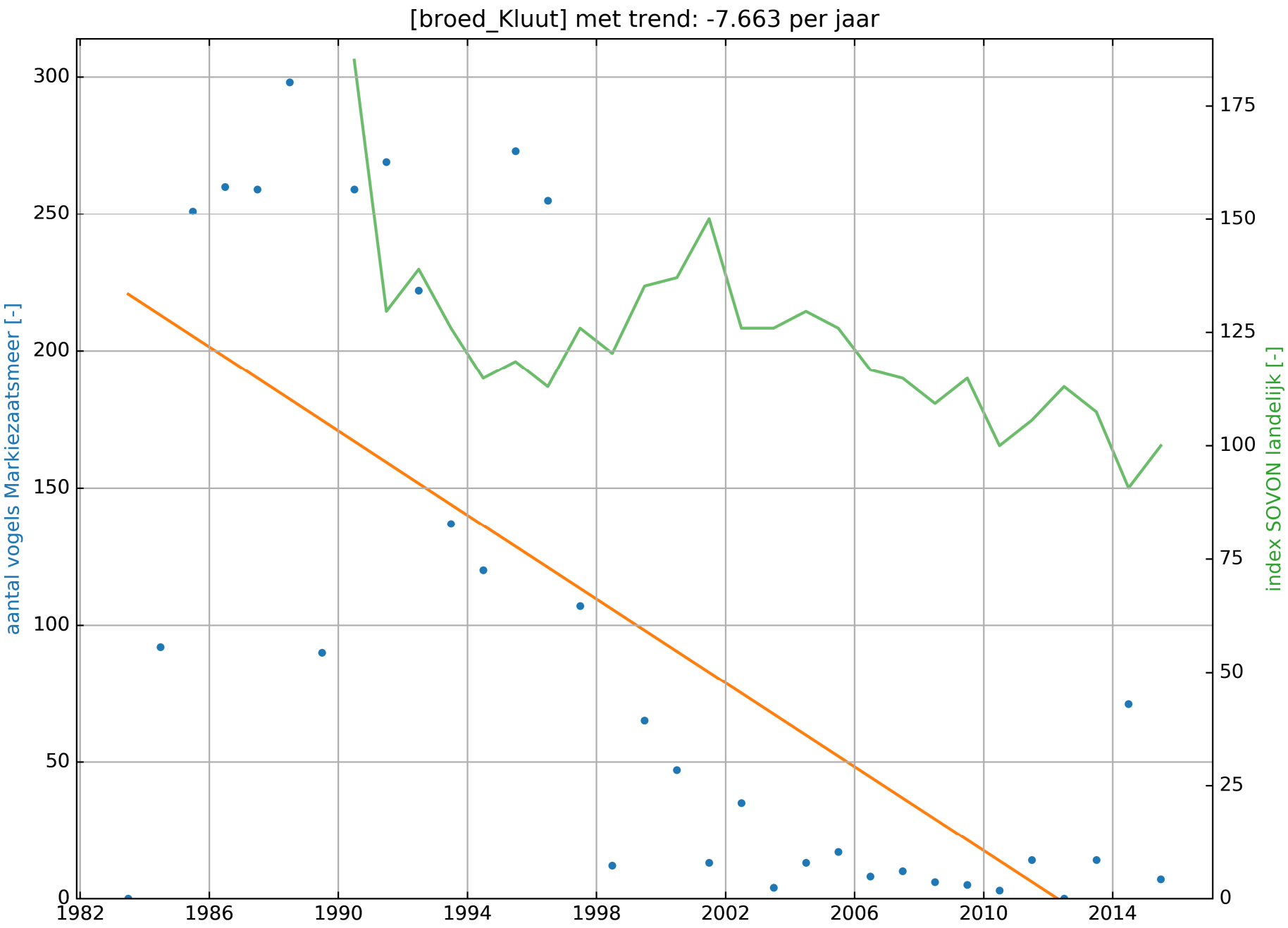

[Lepelaar] met trend: 2.033 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
10
20
30
40
50
60
70
80
100
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

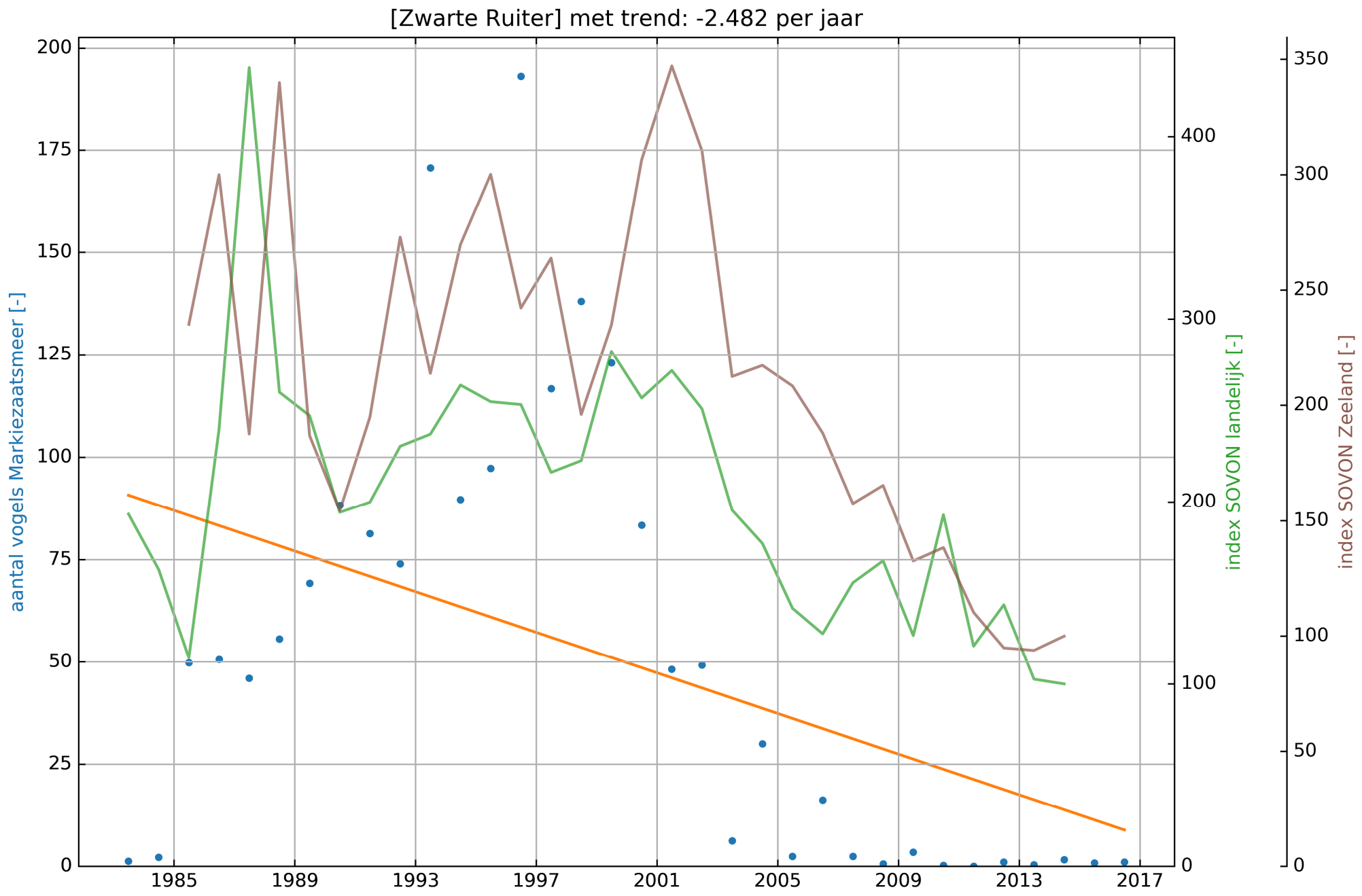

[Aalscholver]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
50
100
150
200
250
300
350
400
0
20
40
60
80
100
0
20
40
60
80
100
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

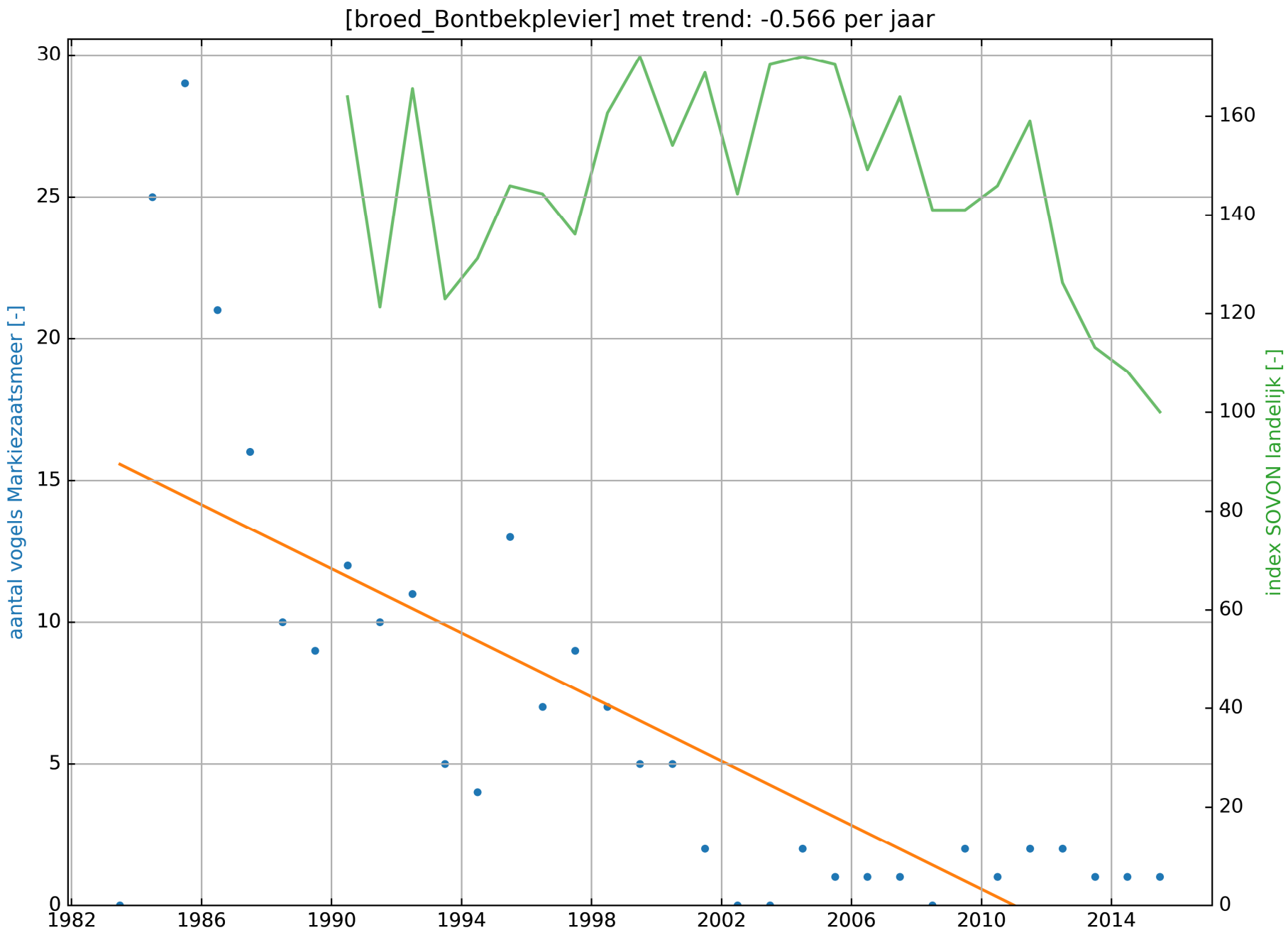

[Visdief] met trend: -0.632 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
0
10
20
30
40
50
60
70
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

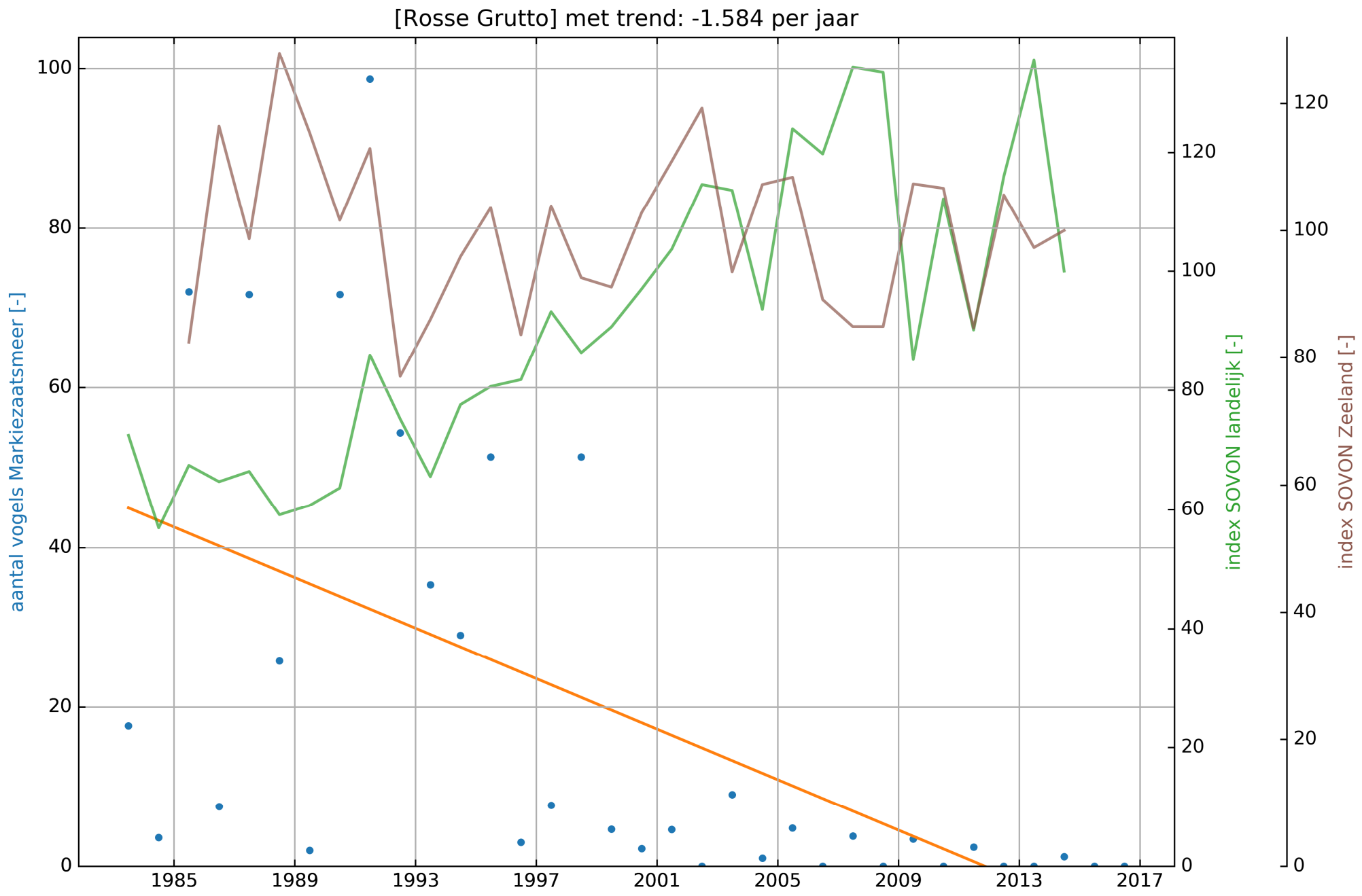

[Tureluur] met trend: -2.181 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
50
100
150
200
250
0
20
40
60
80
100
120
0
20
40
60
80
100
120
140
160
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

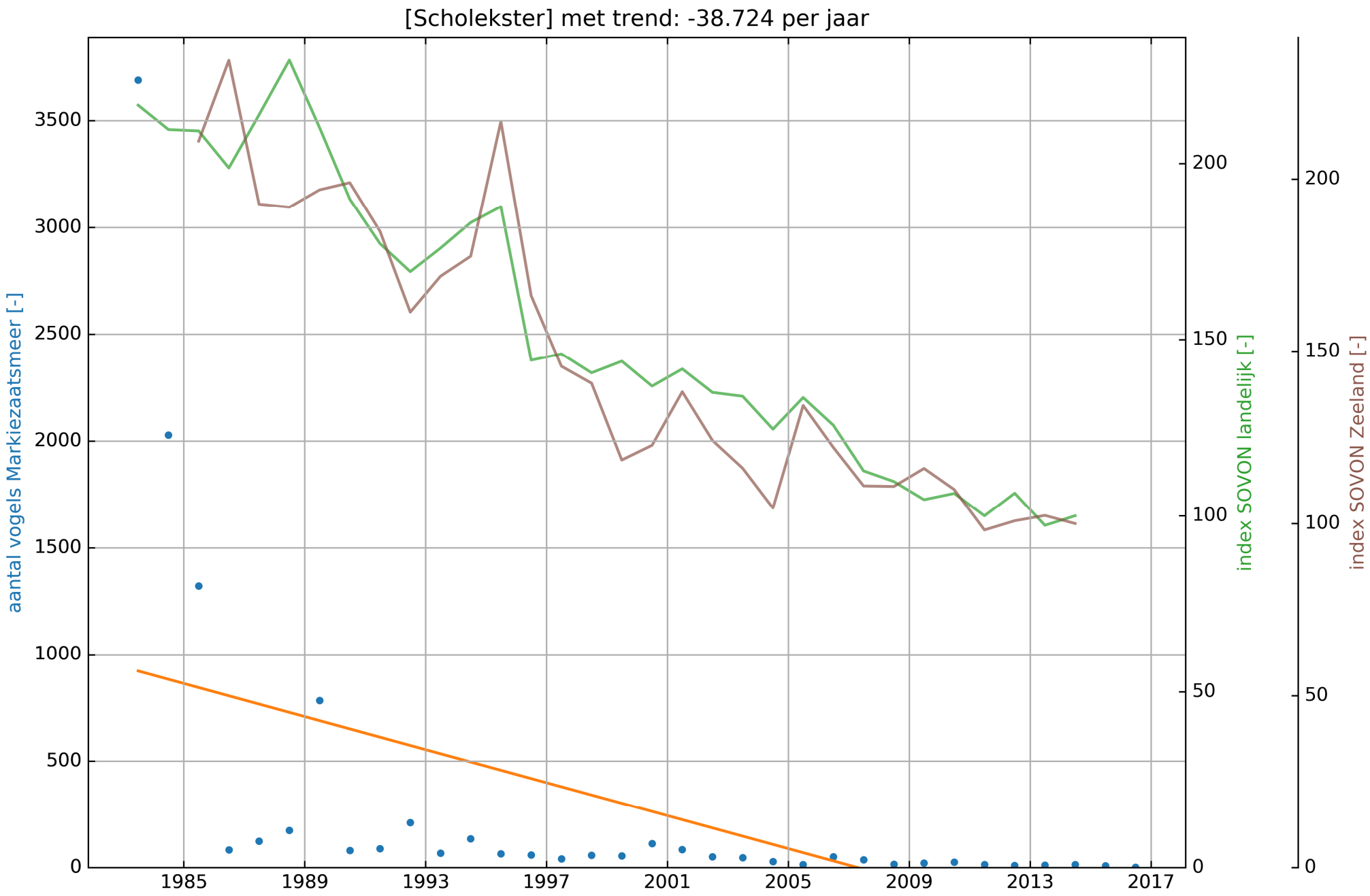

[broed_Strandplevier] met trend: -1.174 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
0
10
20
30
40
0
50
100
150
200
250
300
350
1982
1986
1990
1994
1998
2002
2006
2010
2014

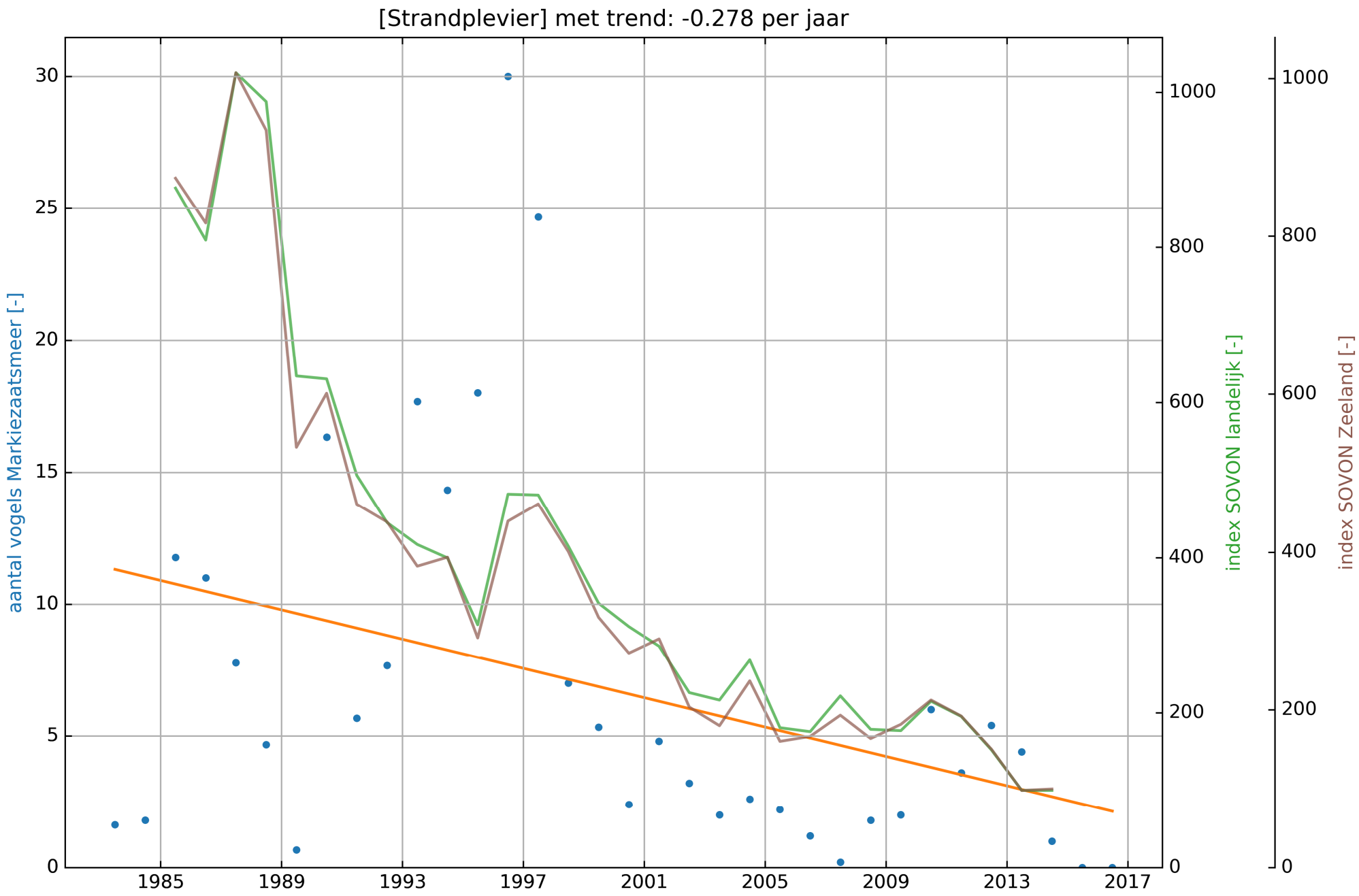

[broed_Kluut] met trend: -7.663 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
0
50
100
150
200
250
300
0
25
50
75
100
125
150
175
1982
1986
1990
1994
1998
2002
2006
2010
2014

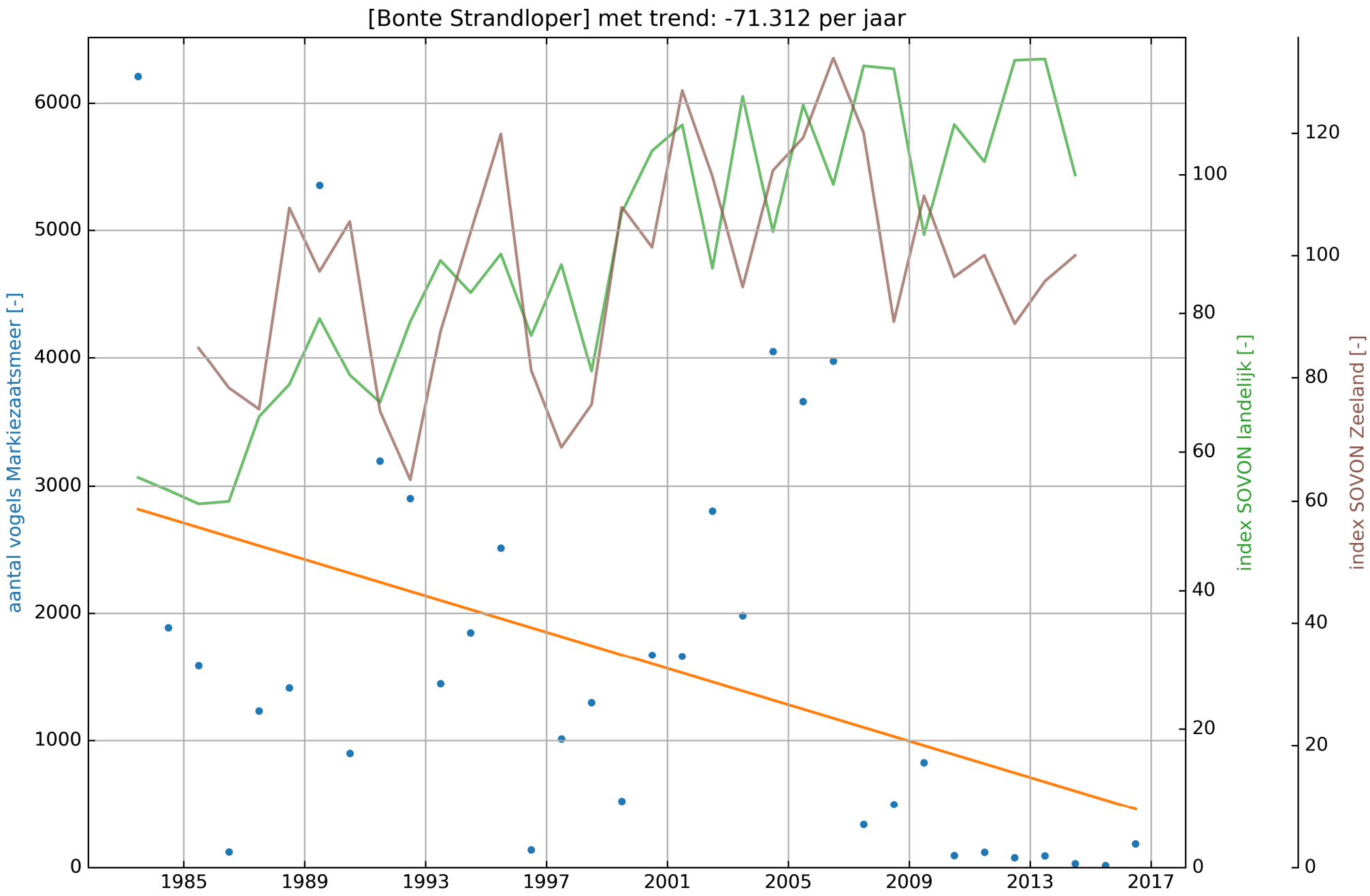

[Zwarte Ruiter] met trend: -2.482 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
25
50
75
100
125
150
175
200
0
100
200
300
400
0
50
100
150
200
250
300
350
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

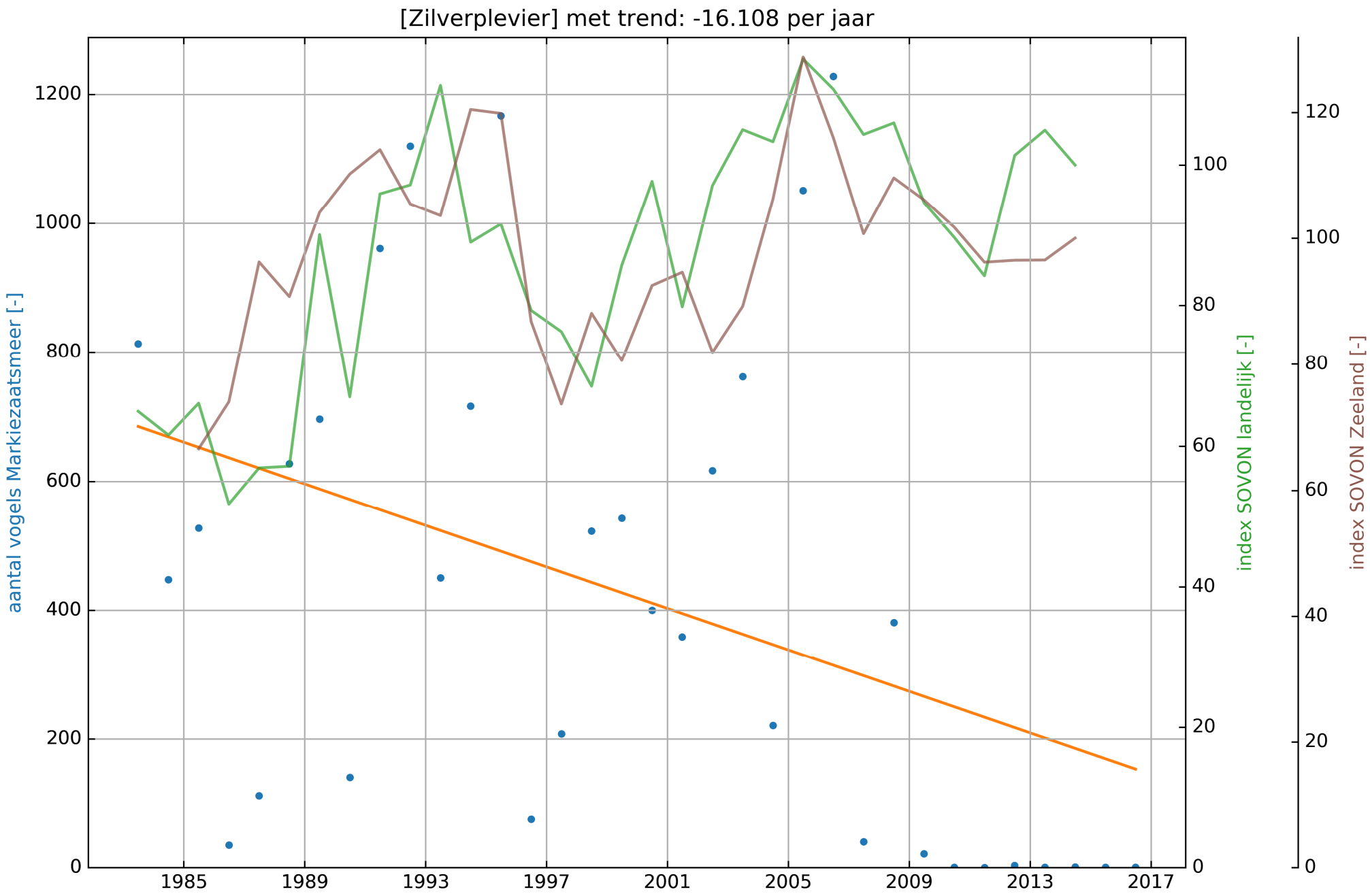

[broed_Bontbekplevier] met trend: -0.566 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
0
5
10
15
20
25
30
0
20
40
60
80
100
120
140
160
1982
1986
1990
1994
1998
2002
2006
2010
2014

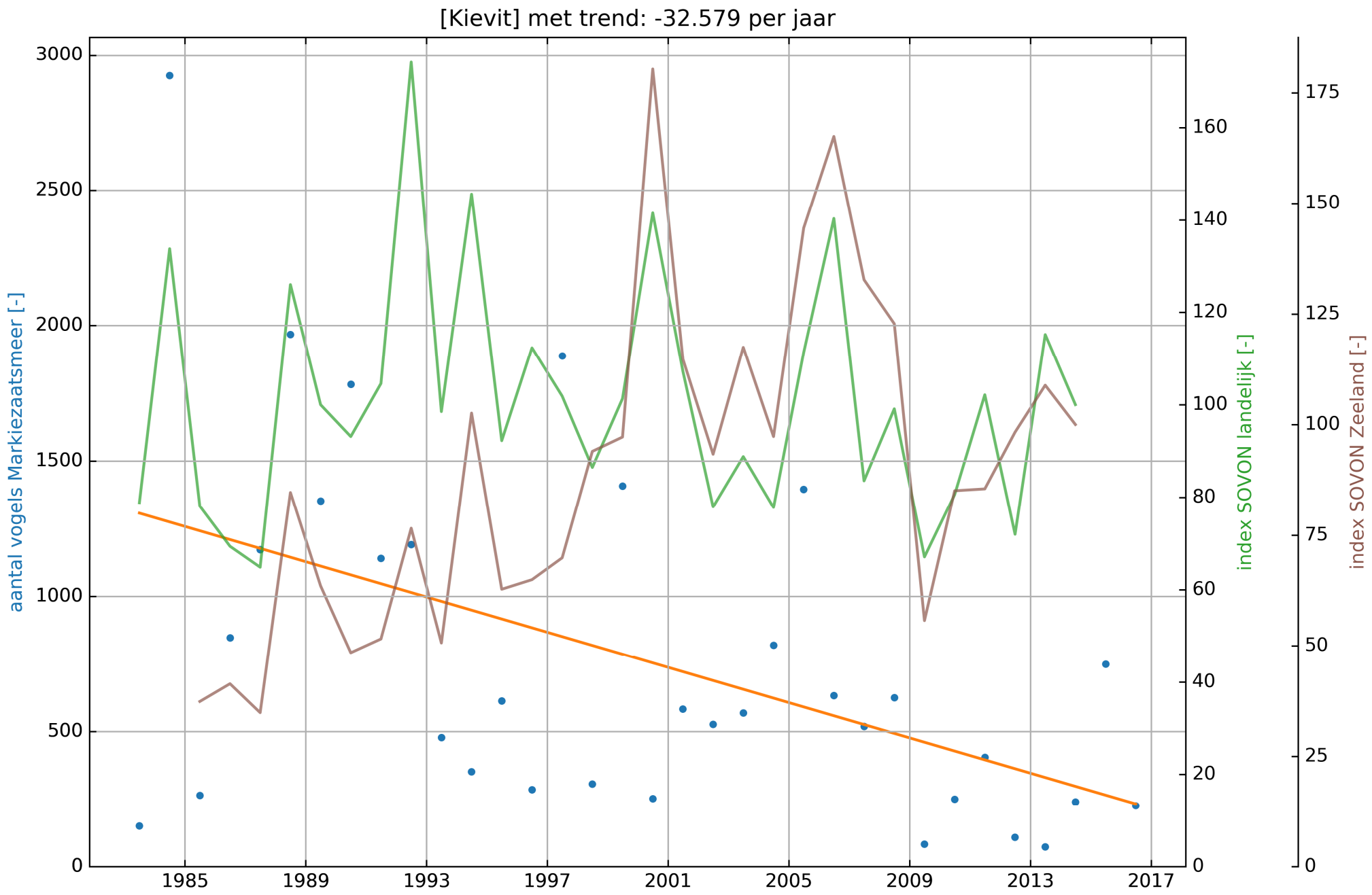

[Rosse Grutto] met trend: -1.584 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
20
40
60
80
100
120
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

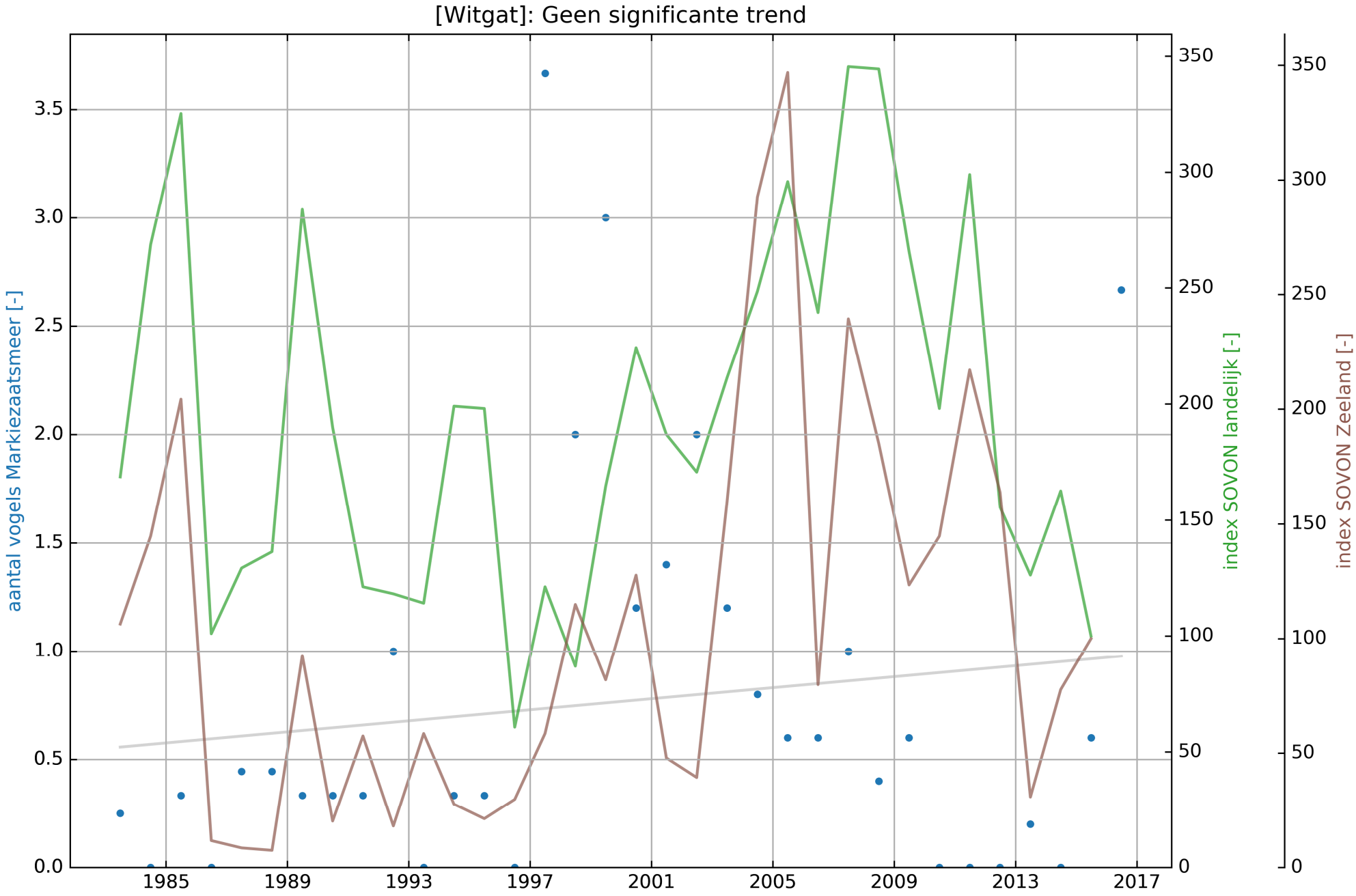

[Scholekster] met trend: -38.724 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
0
50
100
150
200
0
50
100
150
200
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

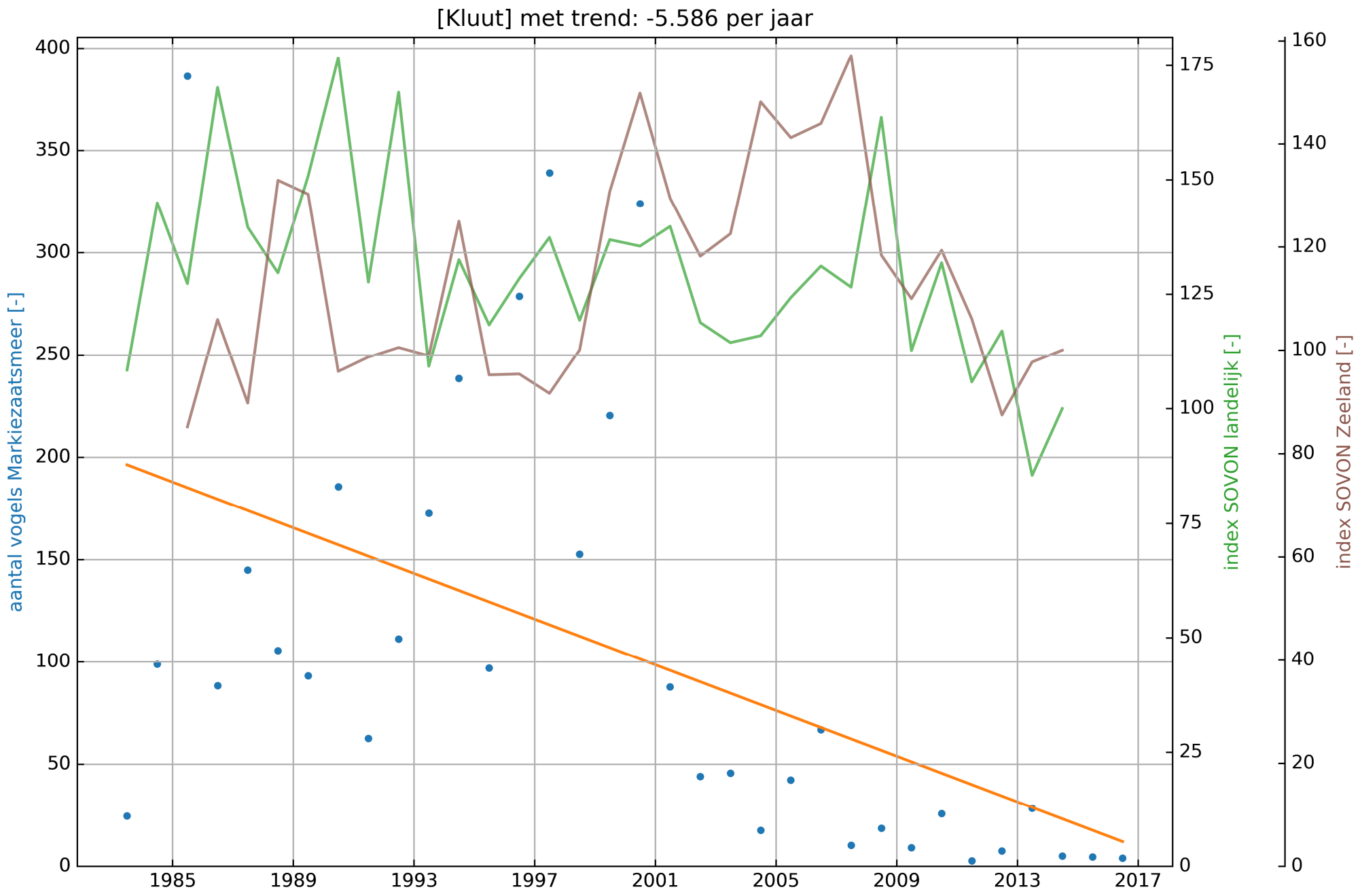

[Strandplevier] met trend: -0.278 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
5
10
15
20
25
30
0
200
400
600
800
1000
0
200
400
600
800
1000
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

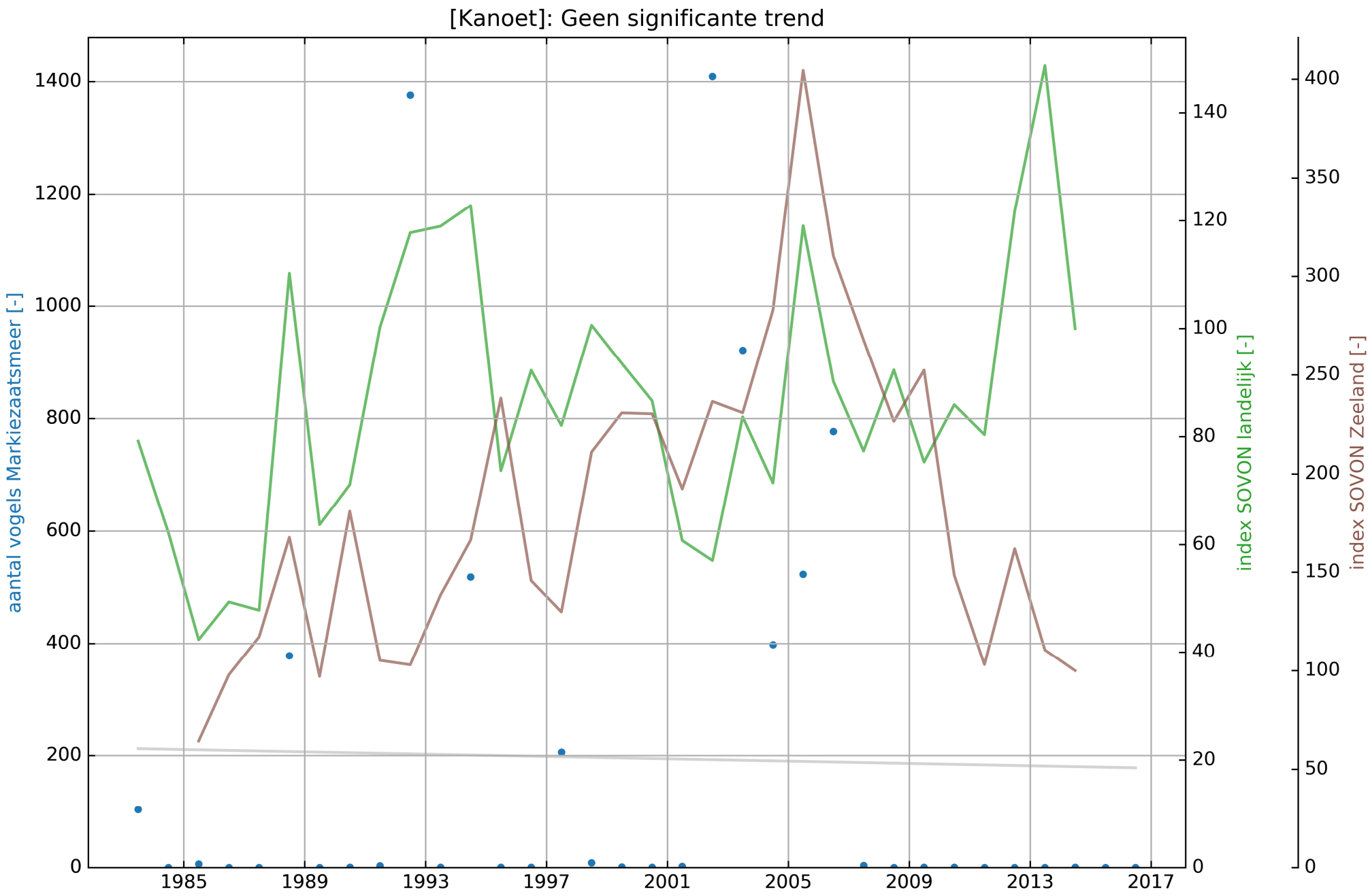

[Bonte Strandloper] met trend: -71.312 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
0
20
40
60
80
100
0
20
40
60
80
100
120
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

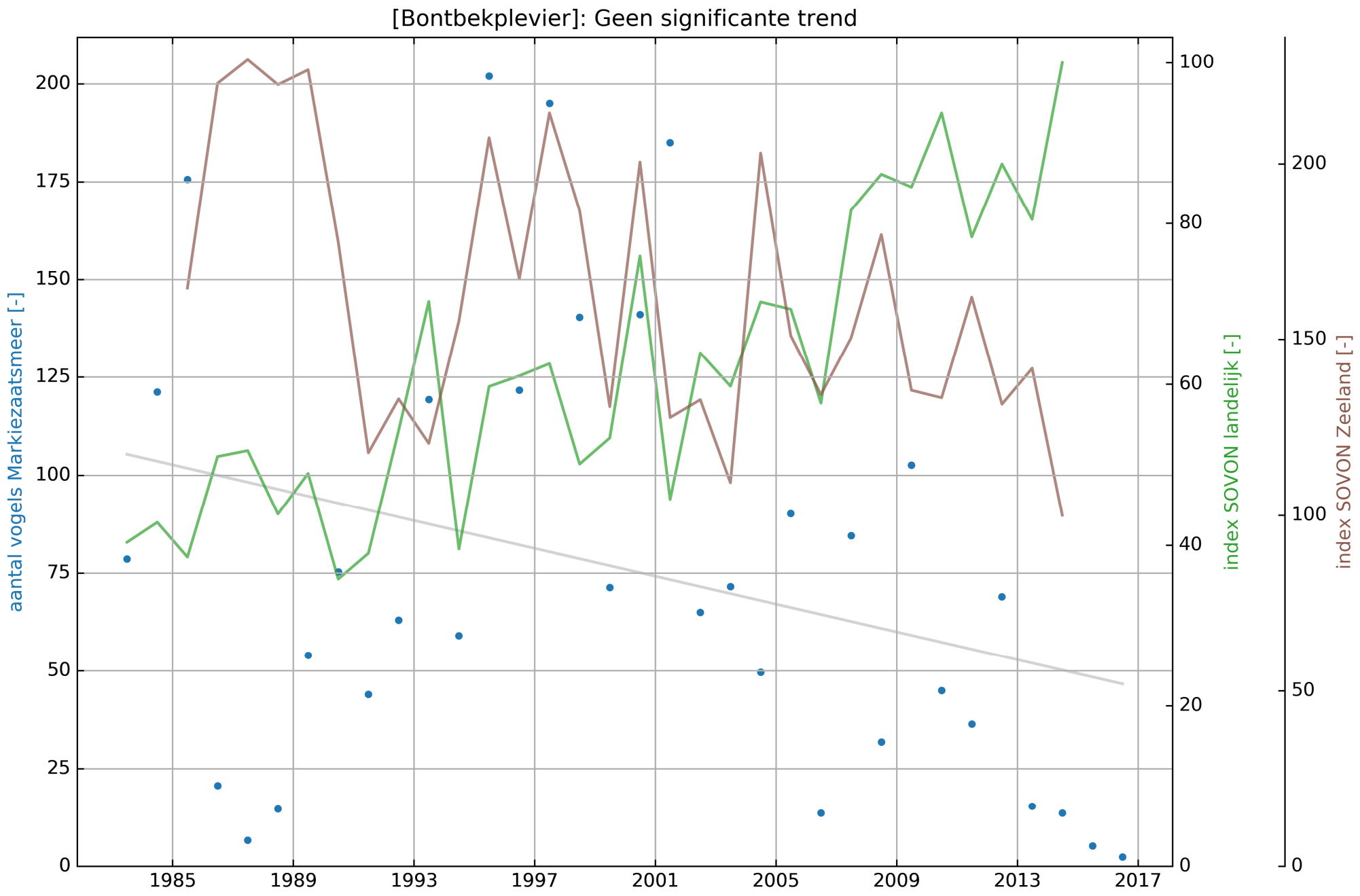

[Zilverplevier] met trend: -16.108 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
200
400
600
800
1000
1200
0
20
40
60
80
100
0
20
40
60
80
100
120
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

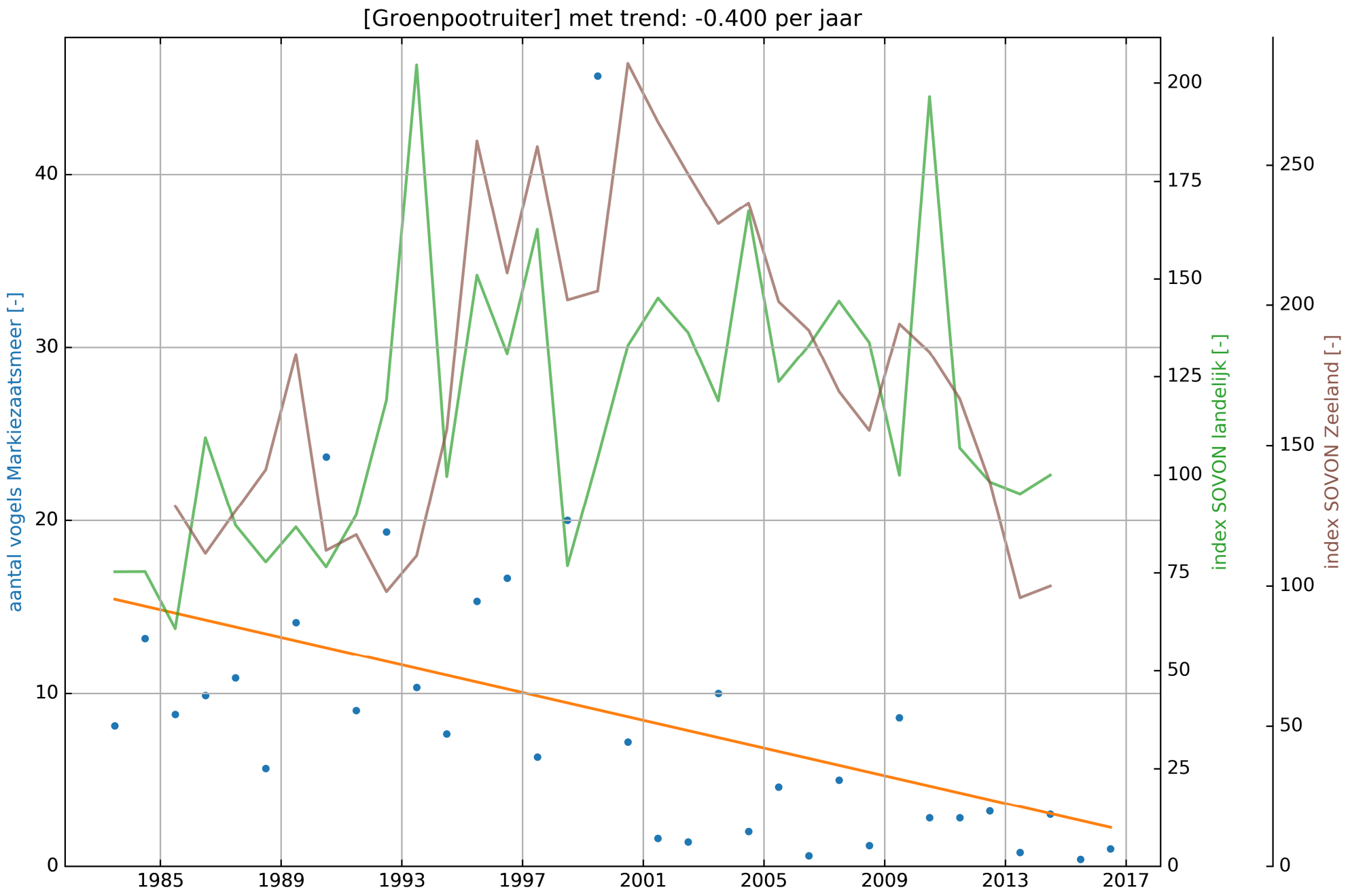

[Kievit] met trend: -32.579 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
0
20
40
60
80
100
120
140
160
0
25
50
75
100
125
150
175
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

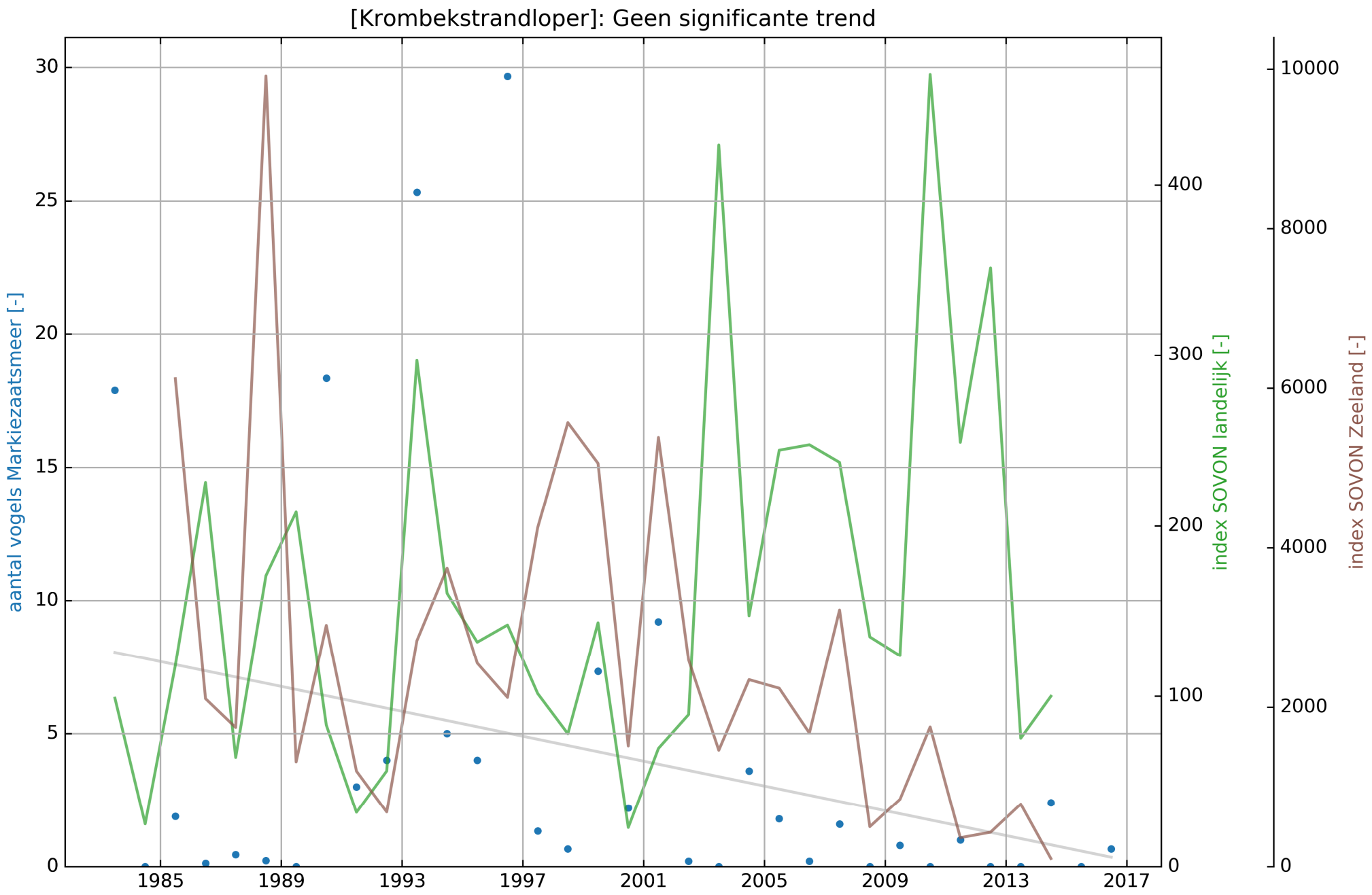

[Witgat]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
0
50
100
150
200
250
300
350
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

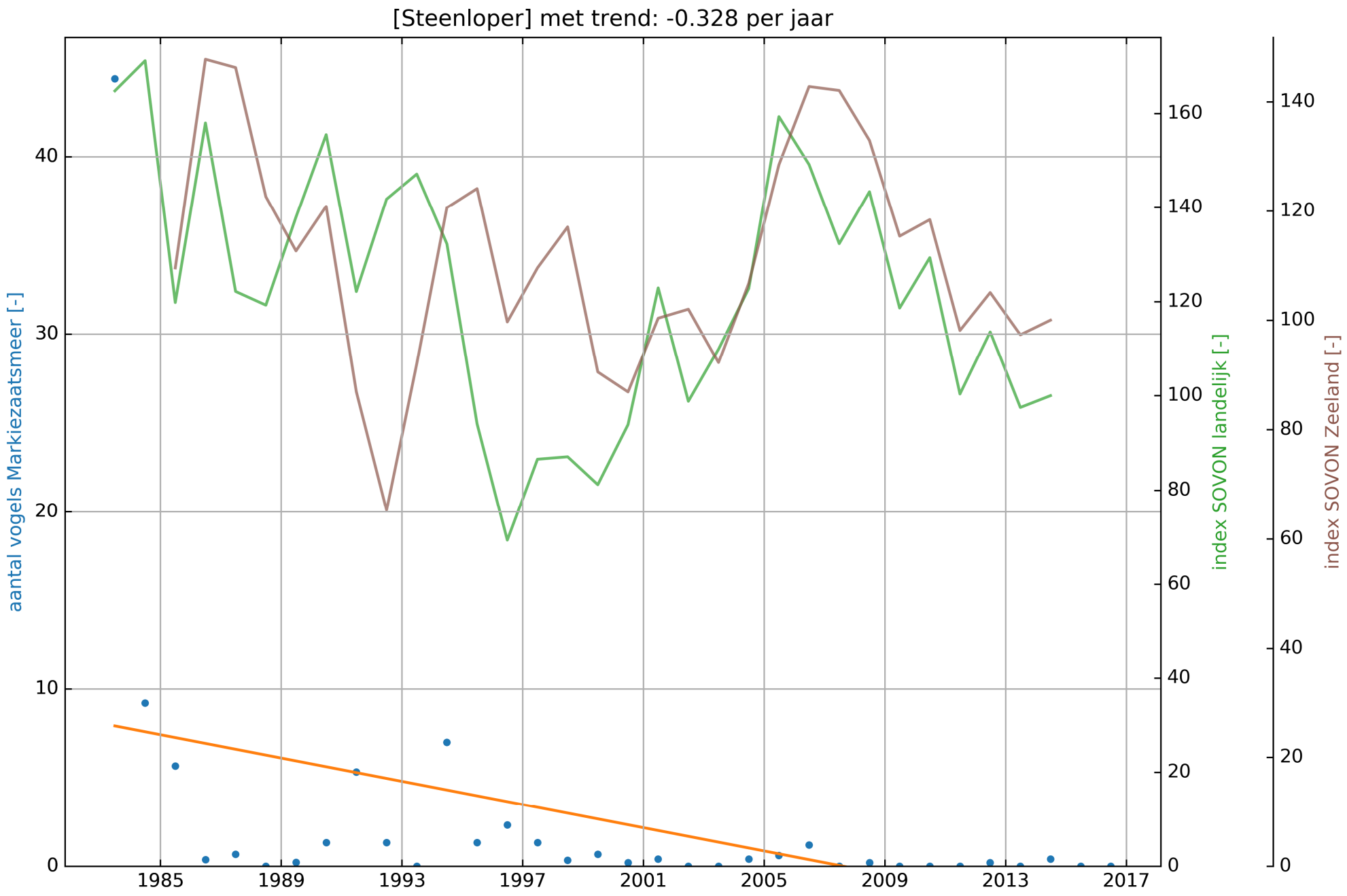

[Kluut] met trend: -5.586 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
50
100
150
200
250
300
350
400
0
25
50
75
100
125
150
175
0
20
40
60
80
100
120
140
160
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

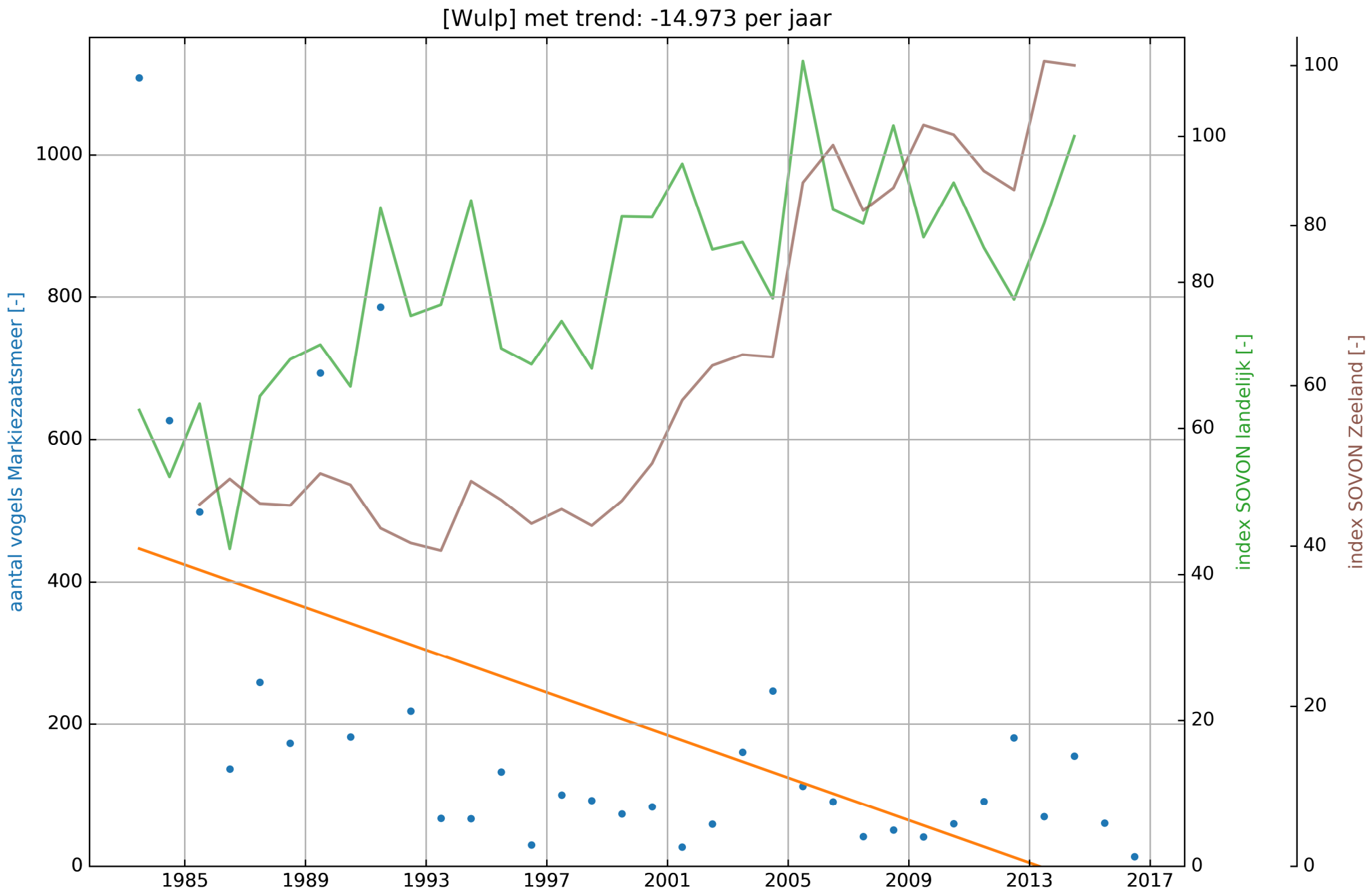

[Kanoet]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
0
20
40
60
80
100
120
140
0
50
100
150
200
250
300
350
400
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

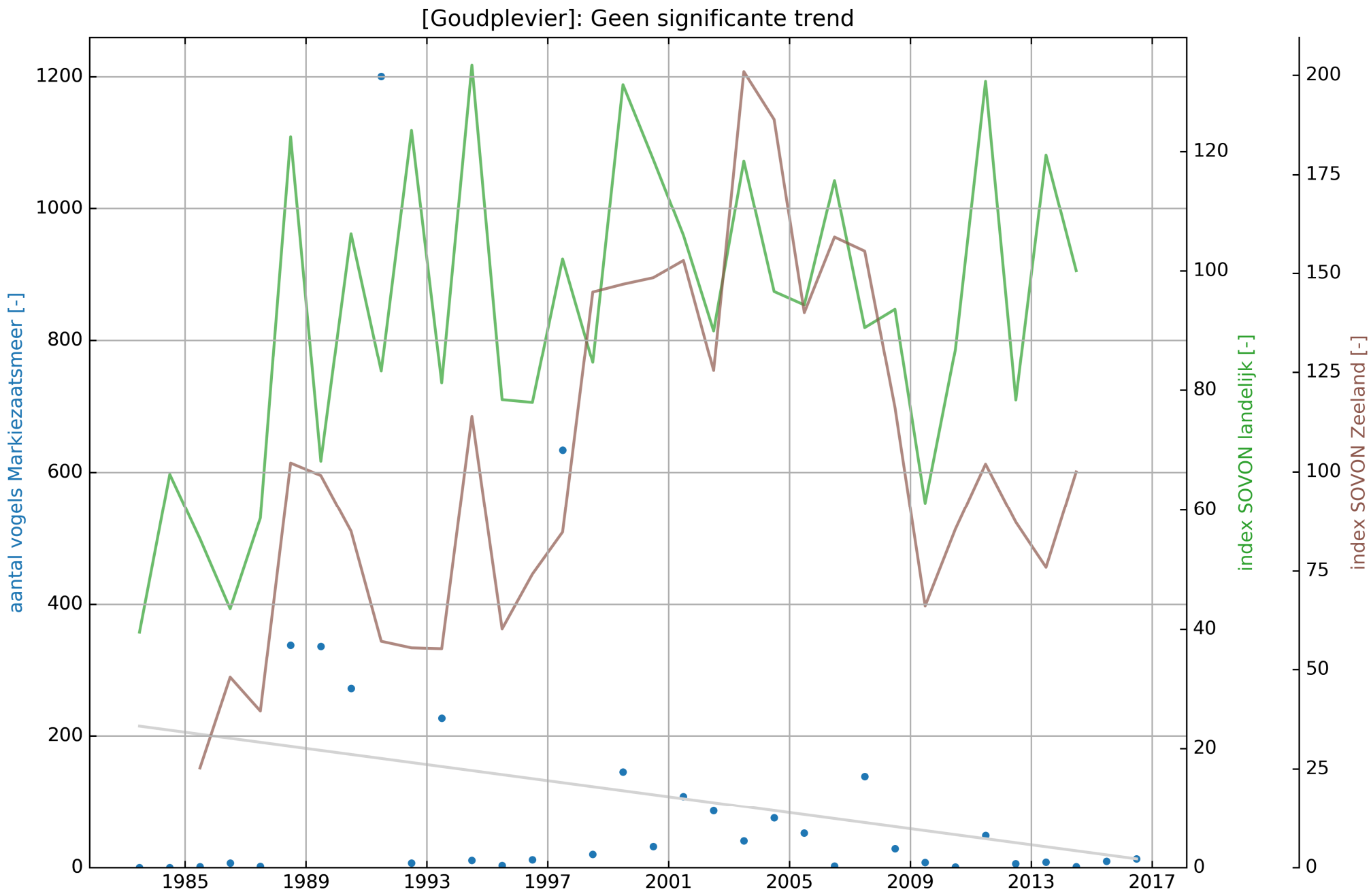

[Bontbekplevier]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
25
50
75
100
125
150
175
200
0
20
40
60
80
100
0
50
100
150
200
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

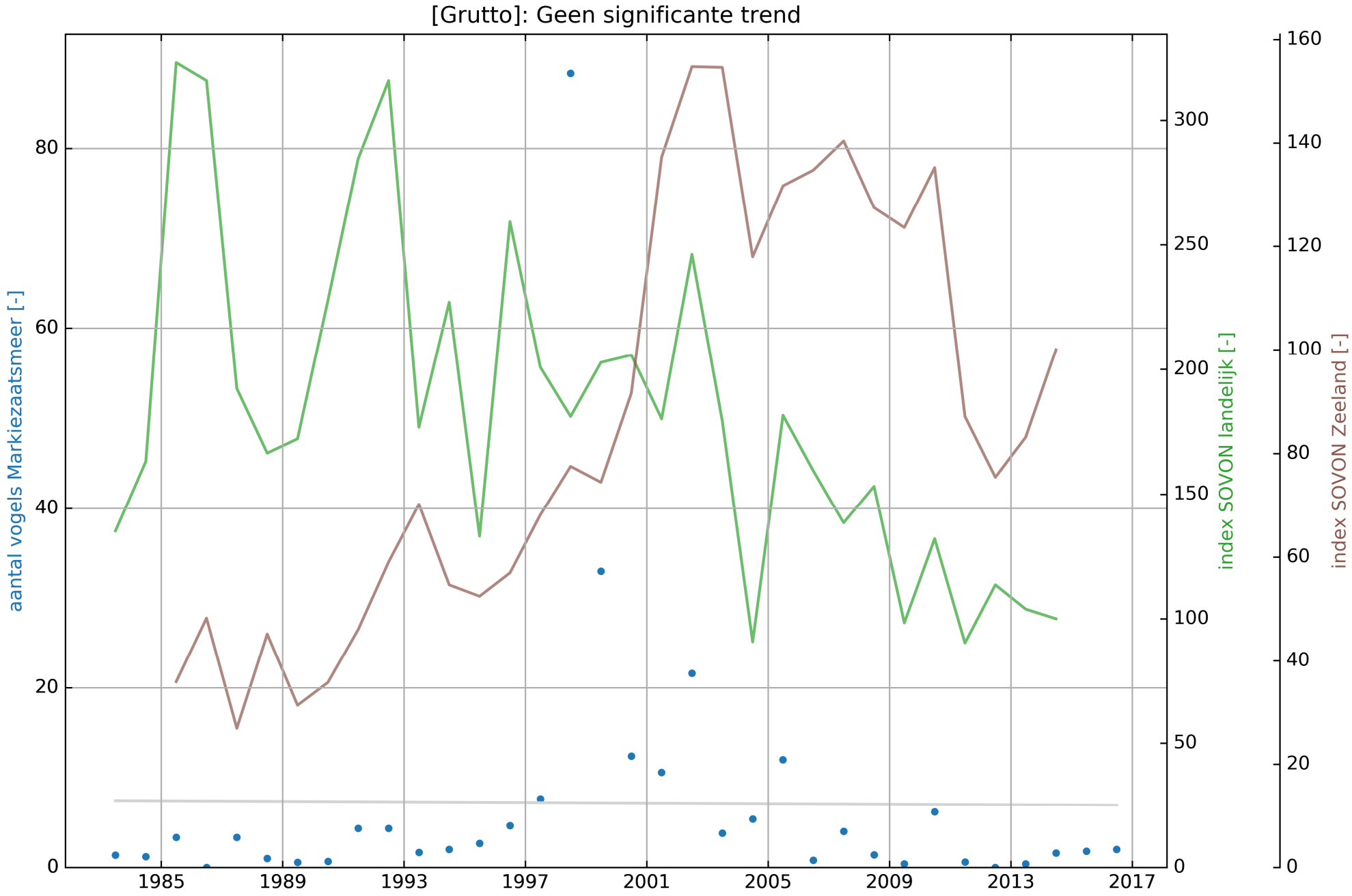

[Groenpootruiter] met trend: -0.400 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
10
20
30
40
0
25
50
75
100
125
150
175
200
0
50
100
150
200
250
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017


[Krombekstrandloper]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
5
10
15
20
25
30
0
100
200
300
400
0
2000
4000
6000
8000
10000
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

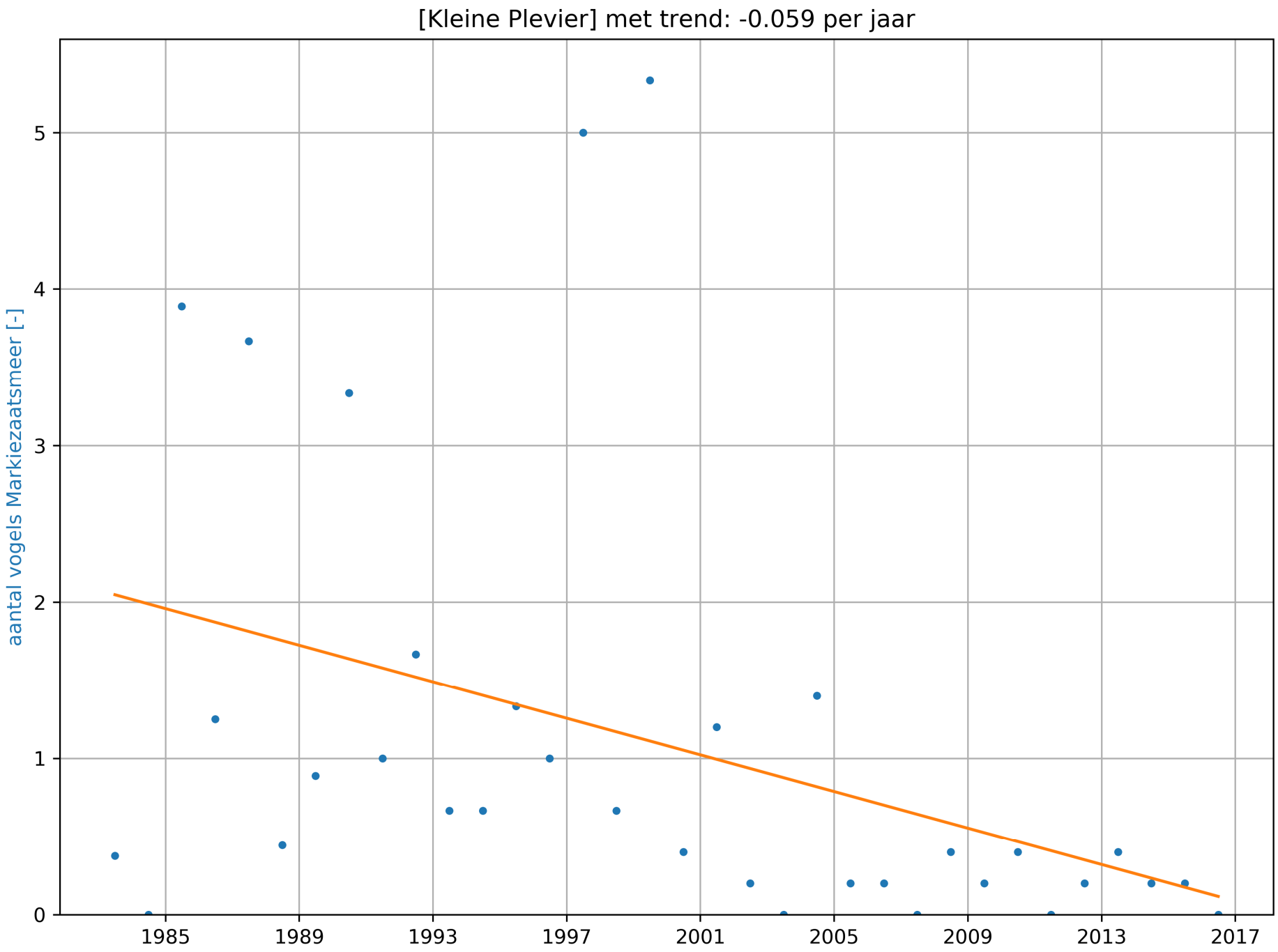

[Steenloper] met trend: -0.328 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
10
20
30
40
0
20
40
60
80
100
120
140
160
0
20
40
60
80
100
120
140
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

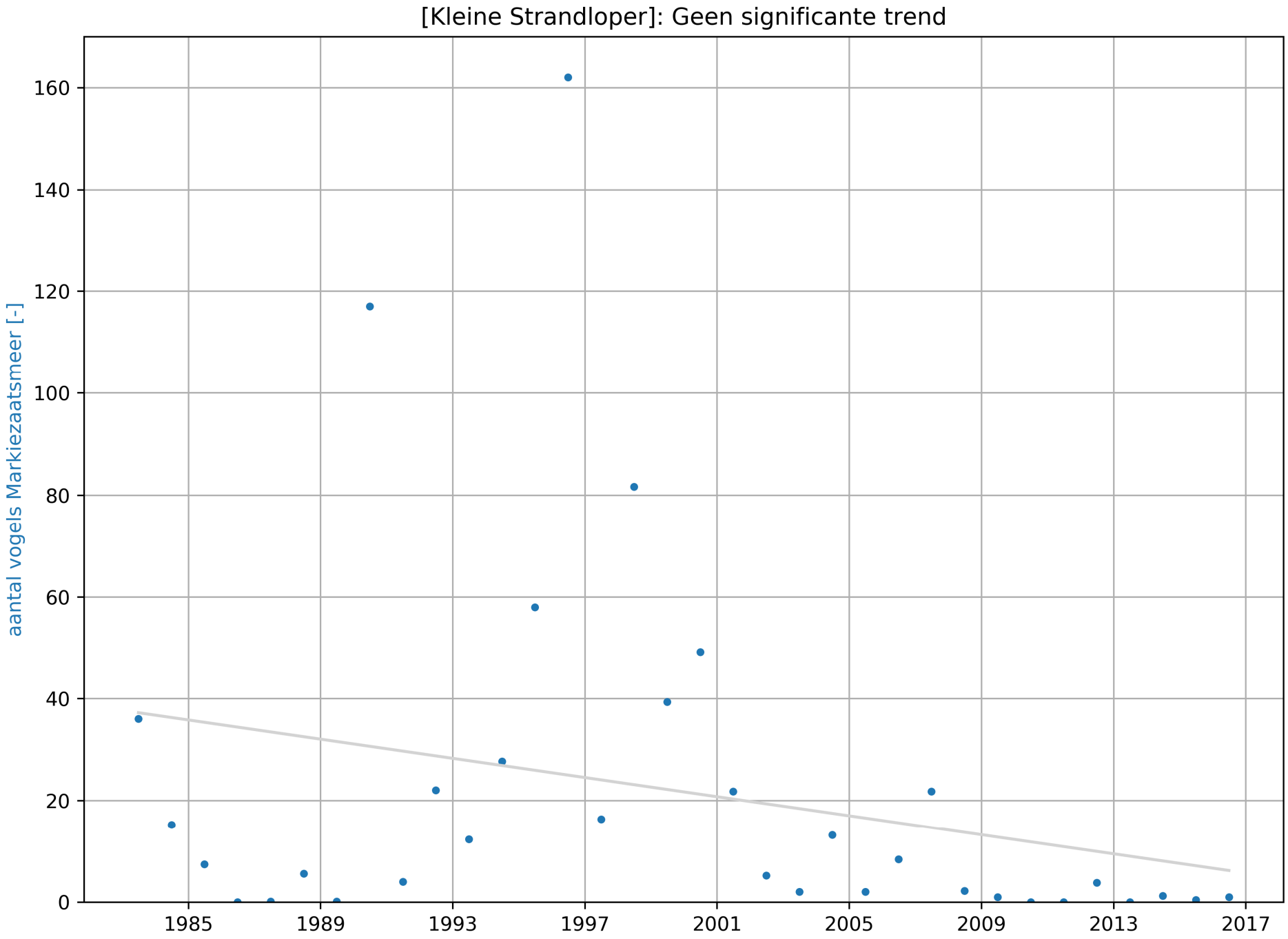

[Wulp] met trend: -14.973 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
200
400
600
800
1000
0
20
40
60
80
100
0
20
40
60
80
100
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

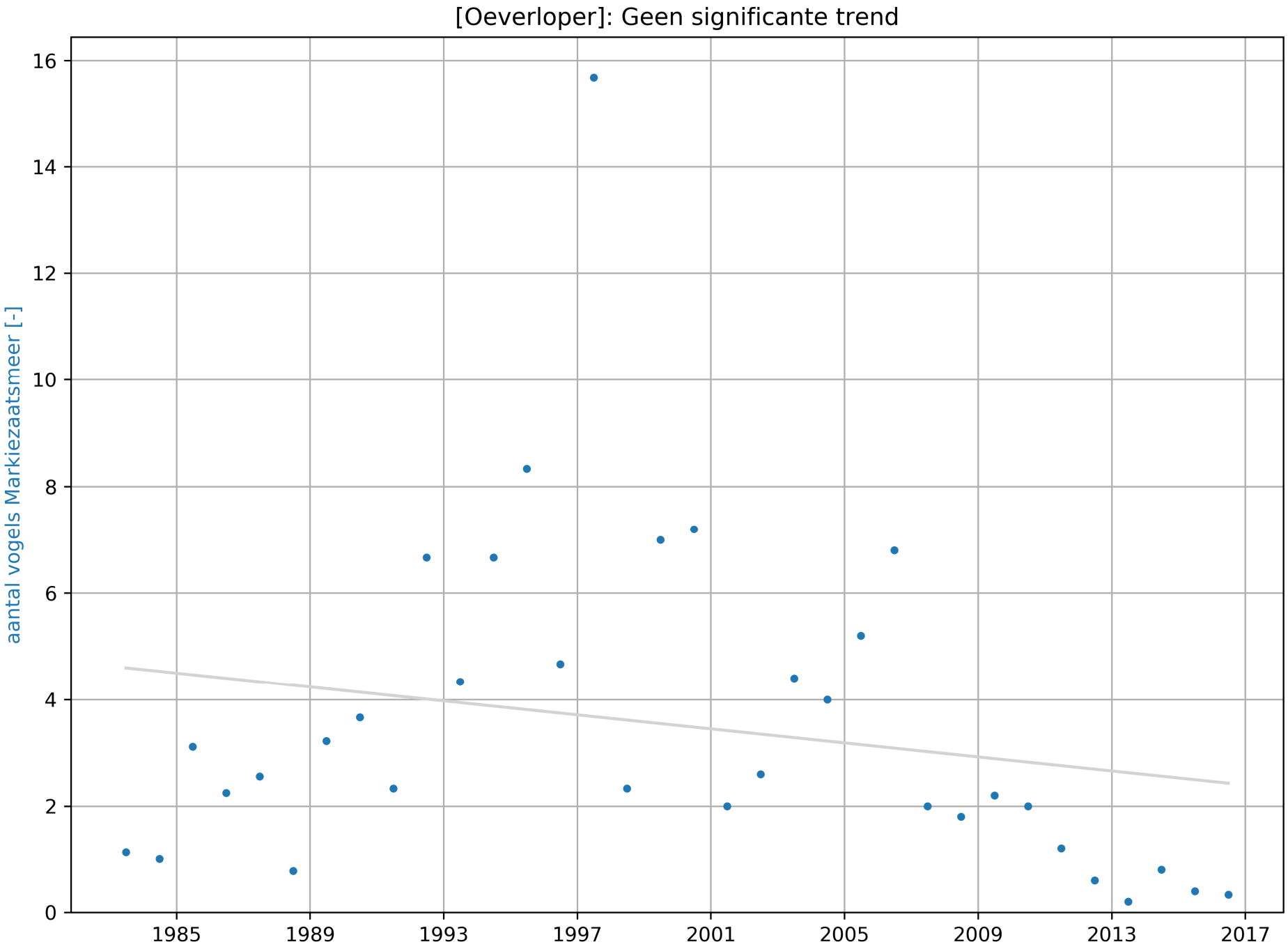

[Goudplevier]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
200
400
600
800
1000
1200
0
20
40
60
80
100
120
0
25
50
75
100
125
150
175
200
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

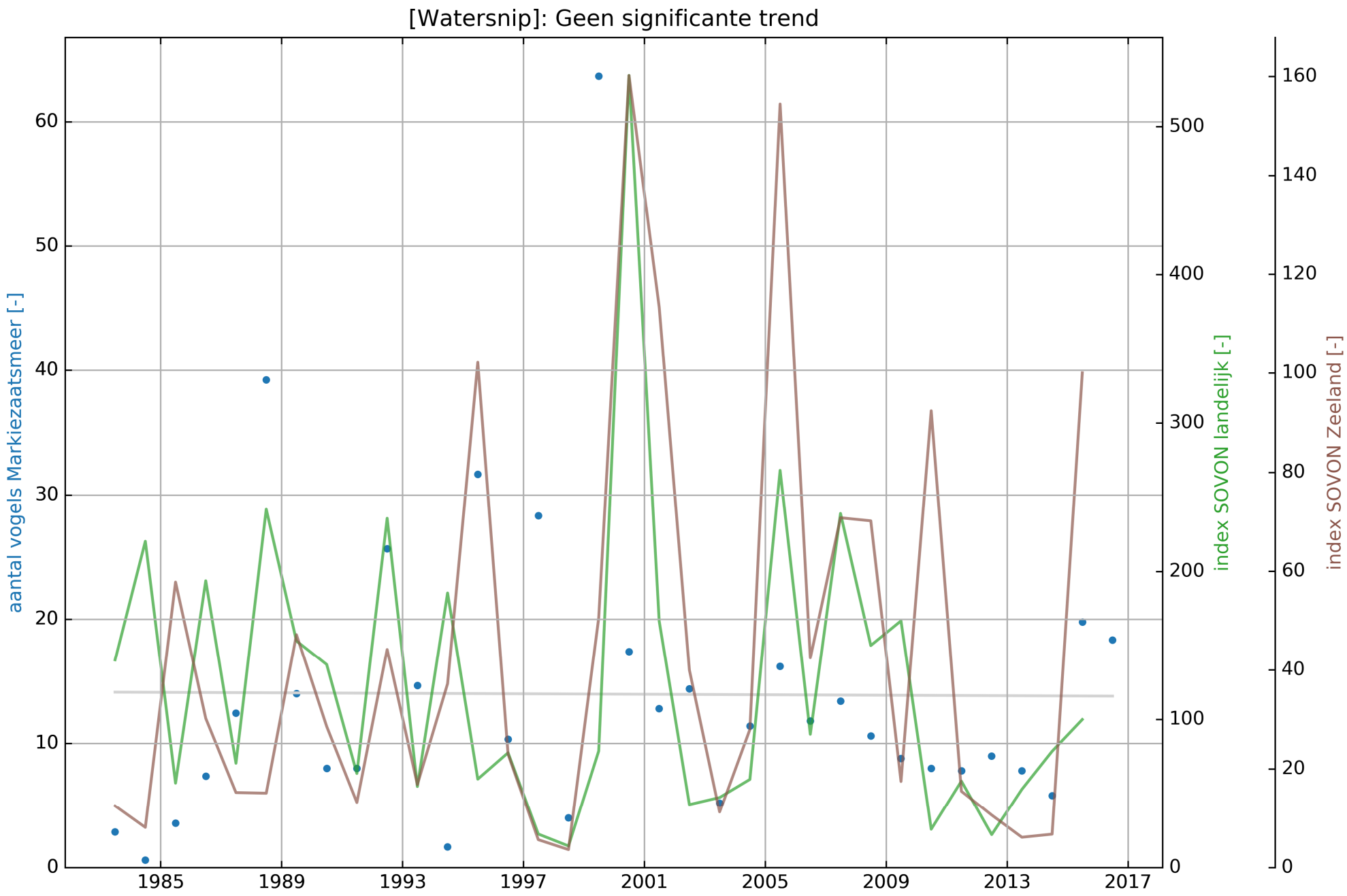

[Grutto]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
20
40
60
80
0
50
100
150
200
250
300
0
20
40
60
80
100
120
140
160
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

[Kemphaan]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
0
5
10
15
20
25
30
35
0
100
200
300
400
500
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017


[Kleine Plevier] met trend: -0.059 per jaar
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
0
1
2
3
4
5
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017


[Kleine Strandloper]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
0
20
40
60
80
100
120
140
160
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017


[Oeverloper]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
0
2
4
6
8
10
12
14
16
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017


[Watersnip]: Geen significante trend
aantal vogels Markiezaatsmeer [-]
index SOVON landelijk [-]
index SOVON Zeeland [-]
0
10
20
30
40
50
60
0
100
200
300
400
500
0
20
40
60
80
100
120
140
160
1985
1989
1993
1997
2001
2005
2009
2013
2017

II

BIJLAGE: LEGENDA VEGETATIEKARTERING

Legenda bij kaart 1985 en 1988

Class. eenh.	Vegetatietype / Kaarteenheid	K1	K2	G1	G2	G3	GR	GH	Ph	MD	DG	DH1	DH2	D	R	RH	Ecologische omschrijving volgens C.M.L. :
1	Vegetatie met zeekraal en gerande schijnspurrie *Salicornia europaea- Spergularia maritimatype.*	100															Pioniervegetatie op zilte, natte bodem.
2	Vegetatie met zeekraal en gewoon kweldergras *Salicornia europaea- Puccinellia maritima type.*		80														Pioniervegetatie op zilte tot brakke natte bodem.
3	Vegetatie met gewoon kweldergras en fioringras *Puccinellia maritima- Agrostis stoloniferatype*			100													Graslanden op zilte tot brakke, natte bodem.
4	Vegetatie met engels raaigras en fioringras *Lolium perenne- Agrostis stoloniferatype*				100												Graslanden op vochtige zeer voedselrijke bodem.
5	Vegetatie met gestreepte witbol en gewoon struisgras *Holcus lanatus- Agrostis capillaristype*					100											Graslanden op vochtig tot droge, voedselrijke tot voedselarme bodem.
6	Vegetatie met ruw beemdgras en strandkweek en akkerdistel. *Poa triv.- Elymus pycn.- Cirsium arvensetype*						80										Ruigten op vochtige, matig voedselrijke bodem.
7	Vegetatie met rood zwenkgras en gestreepte witbol en houtige vegetatie *Festuca rubra- Holcus lanatustype*							100									Graslanden op droge, voedselarme, zwakzure bodem.
8	Vegetatie met riet en fioringras *Phragmites australis- Agrostis stoloniferatype*								100								Ruigten op zilte tot brakke natte bodem.
9	Vegetatie met mos, duinriet en riet *Mos- Calamagrostis epigejos- Phragmites austalistype*									100							Graslanden op brakke vochtige bodem.
10	Vegetatie met strandkweek, duinriet en ruw beemdgras *Elymus pycn.- Calamagrostis epig.- Poa triv.type*										100						Ruigten op brakke vochtige bodem.
11	Vegetatie met duinriet en fioringras *Calamagrostis epigejos- Agrostis stoloniferatype*		20									80					Ruigten op brakke vochtige bodem.
12	Vegetatie met duinriet en akkerdistel *Calamagrostis epigejos- Cirsium arvensetype*												90	100			Ruigten op droge voedselarme bodem.
13	Vegetatie met harig wilgeroosje en akkerdistel *Epilobium hirsutum- Cirsium arvensetype*						20								100		Ruigten op droge, zeer voedselrijke bodem.
14	Vegetatie met harig wilgeroosje en grote brandnetel *Epilobium hirsutum- Urtica dioicatype*															90	Ruigten op droge, zeer voedselrijke bodem.
15	Vegetatie met gewone vlier en grote brandnetel *Sambucus nigra- Urtica dioicatype*											20	10			10	Bossen en struwelen op droge, voedselrijke bodem.

Legenda bij kaart 1992

Class. eenh.	Vegetatietype / Kaarteenheid	K1	K2	K3	G1	G2	G3	GR	GH1	Ph	Ph1	MD	DG	DG1	DG2	D	D1	D2	DH2	DH3	DH4	DH5	DH6	DRH	RH1	Ecologische omschrijving volgens C.M.L.:
1	Veg. met Kortarige zeekraal en Gerande schijnspurrie *Salicornia europaea - Spergularia maritimatype.*	100																								Pioniervegetatie op zilte natte bodem.
2	Vegetatie met Kortarige zeekraal en Gewoon kweldergras *Salicornia europaea - Puccinellia maritimatype.*		70		20									20												Pioniervegetatie op zilte tot brakke natte bodem.
2a	Vegetatie met Zulte *Aster tripoliumtype.*			100																						Ruigte op zilte tot brakke natte bodem.
3	Vegetatie met Gewoon kweldergras en Fioringras *Puccinellia maritima - Agrostis stoloniferatype.*		30		80									20												Grasland op zilte tot brakke natte bodem.
4	Vegetatie met Engels raaigras en Fioringras *Lolium perenne - Agrostis stoloniferatype.*					100									50								20			Grasland op vochtige zeer voedselrijke bodem.
5	Vegetatie met Gestreepte witbol en Gewoon struisgras *Holcus lanatus - Agrostis capillaristype.*						100		80																	Grasland op vochtige tot droge voedselrijke tot voedselarme bodem.
6	Veg. met Ruw beemdgras, Strandkweek en Akkerdistel *Poa trivialis - Elymus athericus - Cirsium arvensetype.*							100																		Ruigte op vochtige matig voedselrijke bodem.
7a	Vegetatie met Gestreepte witbol en houtige vegetatie *Holcus lanatustype met houtige vegetatie.*								20																	Grasland op droge voedselarme zwak zure bodem.
8	Vegetatie met Riet en Fioringras *Phragmites australis - Agrostis stoloniferatype.*									100										40						Ruigte op zilte tot brakke natte bodem.
8a	Vegetatie met Heen en Fioringras *Scirpus maritimus - Agrostis stoloniferatype.*										100															Ruigte op zilte tot brakke natte bodem.
9	Vegetatie met mos, Duinriet en Riet *Mos - Calamagrostis epigejos - Phragmites australistype*											100								40						Grasland op brakke vochtige bodem.
10	Vegetatie met Strandkweek, Duinriet en Ruw beemdgras *Elymus athericus - Calamagr. epigejos - Poa triv.type.*												100													Ruigte op brakke vochtige bodem.
11	Vegetatie met Duinriet, Strandkweek en Akkerdistel *Calamagr. epigejos - Elymus ather. - Cirsium arv.type.*														50		100									Ruigte op brakke vochtige bodem.
12a	Vegetatie met Duinriet en Grauwe wilg *Calamagrostis epigejos - Salix cinereatype.*																			20	20	20	10			Ruigte en struwelen op vochtige voedselarme zwak zure bodem.
12	Vegetatie met Duinriet en Akkerdistel *Calamagrostis epigejos - Cirsium arvensetype.*													60		100			90		60		70	45	10	Ruigte op droge voedselarme bodem.
12b	Vegetatie met Duinriet en Adelaarsvaren *Calamagrostis epigejos - Pteridium aquilinumtype.*																	100				80				Ruigte op droge voedselarme bodem.
14	Vegetatie met Harig wilgeroosje en Grote brandnetel *Epilobium hirsutum - Urtica dioicatype.*																				20			45	60	Ruigte op droge zeer voedselrijke bodem.
15	Vegetatie met Gewone vlier en Grote brandnetel *Sambucus nigra - Urtica dioicatype.*																		10					10	30	Bossen en struwelen op droge voedselrijke bodem

III

BIJLAGE: UITKOMSTEN MULTIPLE REGRESSIE VOGELGEGEVENS MARKIEZAAT

			Naam	doorzicht	chloride	P_belasting	areaal0_10cmDroog	areaal0_5cmDiep	areaal5_15cmDiep	areaal15_40cmDiep	SOVON NL	SOVON Prov	Intercept	R^2	RMSE	P-val
grondeleenden	1	223	Wilde eend		0,21								818,41	0,68	231,48	0,00
	2	181	Smient	2423,53									-1577,37	0,66	435,29	0,00
	3	120	Krakeend		0,28							1,08	-1210,68	0,57	197,70	0,00
	4	149	Pijlstaart										430,44		107,46	
	5	179	Slobeend										-134,84		132,76	
	6	226	Wintertaling										673,44		379,22	
	7	237	Zomertaling								X	X	2,24		2,34	
duikende eenden	8	199	Tafeleend									1,04	-406,55	0,76	234,91	0,00
	9	123	Krooneend									1,56	-0,45	0,61	0,50	0,00
	10	172	Rosse stekelstaart		0,00						X	X	25,86	0,53	6,43	0,00
	11	133	Middelste zaagbek										-13,59		14,93	
	12	26	Brilduiker										122,31		64,28	
	13	125	Kuifeend										292,34		119,89	
ganzen	14	173	Rotgans		0,05						0,00		-153,29	0,79	38,03	0,00
	15	7	Bergeend		0,04								89,52	0,55	47,91	0,00
	16	69	Grote Canadese gans								0,01		12,34	0,63	56,13	0,00
	17	25	Brandgans								0,00		-21,45	0,44	182,65	0,00
	18	136	Nijlgans								0,00		0,33	0,45	3,53	0,00
	19	63	Grauwe gans									0,03	-238,42	0,42	276,32	0,00
	20	115	Kolgans										135,57		137,63	
zwanen	21	112	Knobbelzwaan	762,79									-289,62	0,78	74,13	0,00
	22	108	Kleine zwaan										66,60		90,40	
reigers	23	10	Blauwe reiger			2,92							-5,57	0,35	5,92	0,00
	24	78	Grote zilverreiger										13,94		3,83	
	25	107	Kleine zilverreiger										0,70		1,41	
futen & meerkoet	26	49	Fuut								0,02		-158,10	0,45	51,73	0,00
	27	35	Dodaars										12,80		15,71	
	28	54	GeoordeFuut										38,57		42,09	
	29	130	Meerkoet										623,80		738,08	
overige visetende vogels	30	255	*broed Lepelaar*								0,49	X	-53,00	0,92	15,82	0,00
	31	129	Lepelaar								0,05		-74,94	0,77	12,32	0,00
	32	1	Aalscholver								0,02		-722,64	0,69	65,95	0,00
	33	214	Visdief								X	X	-14,60		17,63	
steltlopers	34	208	Tureluur	-159,87	0,03								3,08	0,83	10,88	0,00
	35	256	*broed Strandplevier*		0,01							X	-2,54	0,82	7,07	0,00
	36	254	*broed Kluut*		0,06							X	94,83	0,80	35,30	0,00
	37	244	Zwarte ruiter		0,03								-79,96	0,79	26,80	0,00
	38	252	*broed Bontbekplevier*		0,00							X	1,87	0,78	1,81	0,00
	39	171	Rosse grutto		0,01								-11,78	0,77	9,46	0,00
	40	176	Scholekster		0,03								-0,14	0,57	33,24	0,00
	41	198	Strandplevier		0,00								-0,46	0,54	4,61	0,00
	42	16	Bonte strandloper					89,74	-85,43			0,11	-5184,48	0,82	659,36	0,00
	43	236	Zilverplevier					27,59				0,26	-2185,49	0,68	249,73	0,00
	44	98	Kievit					49,10	-29,52				653,83	0,63	312,65	0,00
	45	228	Witgat					0,07					-0,08	0,48	0,77	0,00
	46	110	Kluut					6,77					-88,51	0,45	80,30	0,00
	47	93	Kanoet					21,57					-339,34	0,26	390,37	0,02
	48	14	Bontbekplevier										-48,68		52,69	
	49	67	Groenpootruiter										1,52		9,55	
	50	122	Krombekstrandloper										-4,49		4,68	
	51	193	Steenloper										-1,41		1,25	
	52	232	Wulp										98,21		58,43	
	53	58	Goudplevier										78,27		141,02	
	54	79	Grutto										-56,12		16,00	
	55	97	Kemphaan									X	8,36		9,72	
	56	104	Kleine plevier								X	X	-0,78		1,33	
	57	106	Kleine strandloper								X	X	-19,73		19,60	
	58	142	Oeverloper								X	X	2,37		2,74	
	59	220	Watersnip										15,47		13,42	

Natura 2000-soorten
Pronvincaal biodiversiteitsdoel
kenmerkende soorten (geen juridisch doel
X bij Sovon = onbekend

IV

BIJLAGE: RAMINGEN VOOR HET INRICHTEN EN GEBRUIKEN VAN ONDERLEIDERS IN HET MARKIEZAATSMEER

Opdrachtgever	Provincie Noord-Brabant	Prijspeil:	2017	Datum:	03-10-2017
Project:	Markiezaatmeer: Nader analyse natuur en waterkwaliteit	Versie:	02	Projectcode:	102512
(Deel)raming:	Tijdelijke opstelling gemaal Oosterschelde-Markiezaatmeer	Status:	Concept	Auteur:	joni

code post 2	omschrijving post	hoeveelheid	eenheid		prijs	factor	aantal	lengte	hoogte	breedte / dikte	opp / 3D / hoev.boek		totaal
	INVESTERINGSKOSTEN												
20	**Leidingwerk**												
200210	Leveren persleiding staal ø1200x29mm	2.000,00	m	€	772,40		2,0	1.000,0				€	1.544.796,51
200220	Appendages 5 % van de leverantie	77.239,83	%	€	1,00	5,00	15.448,0					€	77.239,83
200230	Maken werkeilanden met zand	25.000,00	m^3	€	15,00		2,0	100,0	5,0	25,0		€	375.000,00
200250	Mob demob	1,00	keer	€	25.000,00		1,0					€	25.000,00
200260	gebruik	1,00	week	€	59.000,00		1,0					€	59.000,00
200270	hulpkranen op ponton 6 st	2,00	dag	€	15.000,00	2,00	1,0					€	30.000,00
	Totaal Leidingwerk			**€**	**2.111.036,33**								
40	**1 maal inzet in 10 jr**												
400250	Installeren pomp en aggregaat	2,00	keer	€	22.000,00		2,0	vullen en ledingen				€	44.000,00
400260	Huur pomp 3,8m3/s incl. aggregaat (110kw)	13,00	week	€	10.000,00		13,0					€	130.000,00
400270	Huur pomp 1,8m3/s incl. aggregaat (40kw)	15,00	week	€	5.500,00		15,0					€	82.500,00
400280	Brandstofverbruik (140gr/kwh)	80.080,00	kwh	€	0,12	110,0 kw		8,0	uur/dag	91,0	dgn	€	9.529,52
400290	Brandstofverbruik (140gr/kwh)	92.400,00	kwh	€	0,12	110,0 kw		8,0	uur/dag	105,0	dgn	€	10.995,60
	Totaal 1 maal inzet in 10 jr			**€**	**277.025,12**								
50	**Instroom**												
500210	Kuip van damwanden AZ26	540,00	m^2	€	162,00			36,0	15,0			€	87.480,00
500220	Beton in instroom	24,00	m^3	€	250,00			4,0	1,5	4,0		€	6.000,00
500230	Duikploeg	3,00	dag	€	1.500,00		3,0					€	4.500,00
	Totaal Instroom			**€**	**97.980,00**								
50	**Uitstroom**												
500210	Kuip van damwanden AZ26	900,00	m^2	€	162,00			60,0	15,0			€	145.800,00
500220	Beton in uitstroom	60,00	m^3	€	250,00			10,0	1,5	4,0		€	15.000,00
500230	Bestorting	20,00	ton	€	50,00	0,20		10,0		10,0		€	1.000,00
500240	Duikploeg	4,00	dag	€	1.500,00		4,0					€	6.000,00
	Totaal Uitstroom			**€**	**167.800,00**								
	Benoemde directe bouwkosten											**€**	**2.653.841**
NTD021	Nader te detailleren bouwkosten	15,0%		€	2.653.841							€	398.076
	Directe bouwkosten											**€**	**3.051.918**
IK026	Eenmalige kosten	1,0%		€	3.051.918							€	30.519
IK027	Algemene bouwplaatskosten	1,0%		€	3.051.918							€	30.519
IK029	Uitvoeringskosten	8,0%		€	3.051.918							€	244.153
IK0210	Algemene kosten	8,0%		€	3.357.109							€	268.569
IK0211	Winst	3,0%		€	3.625.678							€	108.770
IK0212	Risico	2,0%		€	3.625.678							€	72.514
	Indirecte bouwkosten	25%										**€**	**755.044**
VZBK	**Voorziene bouwkosten**											**€**	**3.806.962**
RBK023	Niet benoemd objectrisico bouwkosten	20,0%		€	3.806.962							€	761.392
RBK	**Risico's bouwkosten**	20%										**€**	**761.392**
BK02	**Bouwkosten Tijdelijke opstelling gemaal Oosterschelde-Markiezaatmeer**											**€**	**4.568.355**
VK02	**Vastgoedkosten Tijdelijke opstelling gemaal Oosterschelde-Markiezaatmeer**											**€**	**-**
EK025	Engineeringskosten adviesbureau(s)	1,00	EUR	€	150.000,00		1,00					€	150.000
EK026	Engineeringskosten opdrachtgever (overheid/instantie/bedrijf)	1,00	EUR	€	300.000,00		1,00					€	300.000
EK0218	Niet benoemd objectrisico engineeringskosten	20,0%		€	450.000							€	90.000
EK02	**Engineeringskosten Tijdelijke opstelling gemaal Oosterschelde-Marki**	14%										**€**	**540.000**
OK021	Overige bijkomende kosten	5,0%		€	3.806.962							€	190.348
OK0237	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten	20,0%		€	190.348							€	38.070
OBK02	**Overige bijkomende kosten Tijdelijke opstelling gemaal Oosterschelc**	6%										**€**	**228.418**
INV02	**Totaal investeringskosten Tijdelijke opstelling gemaal Oosterschelde-Markiezaatmeer**											**€**	**5.336.772**

Opdrachtgever:	Provincie Noord-Brabant	Prijspeil:	2017	Datum:	03-10-2017
Project:	Markiezaatmeer: Nader analyse natuur en waterkwaliteit	Versie:	02	Projectcode:	102512
(Deel)raming:	Tijdelijke opstelling gemaal Binnenschelde-Markiezaatmeer	Status:	Concept	Auteur:	joni

code post	omschrijving post	hoeveelheid	eenheid		prijs	factor	aantal	lengte	hoogte	breedte / dikte	opp / 3D / hoev.boek		totaal
4													
	INVESTERINGSKOSTEN												
20	**Leidingwerk**												
200410	Leveren persleiding staal ø1200x29mm	300,00	m	€	772,40		1,0	300,0				€	231.719,48
200420	Appendages 5 % van de leverantie	11.585,97	%	€	1,00	5,00	2.317,2					€	11.585,97
200450	Mob demob	1,00	keer	€	25.000,00		1,0					€	25.000,00
200460	gebruik	1,00	week	€	59.000,00		1,0					€	59.000,00
200470	hulpkranen op ponton 6 st	1,00	dag	€	15.000,00	1,00	1,0					€	15.000,00
	Totaal Leidingwerk			**€**	**342.305,45**								
40	**1 maal inzet in 10 jr**												
400450	Installeren pomp en aggregaat	1,00	keer	€	22.000,00		1,0					€	22.000,00
400470	Huur pomp 1,8m3/s incl. aggregaat (40kw)	18,57	week	€	5.500,00		18,6					€	102.142,86
400480	Brandstofverbruik (140gr/kwh)	41.600,00	kwh	€	0,12	40,0	kw	8,0	uur/dag	130,0	dgn	€	4.950,40
	Totaal 1 maal inzet in 10 jr			**€**	**129.093,26**								
50	**Instroom**												
500410	Kuip van damwanden AZ26	540,00	m^2	€	162,00			36,0	15,0			€	87.480,00
500420	Beton in instroom	24,00	m^3	€	250,00			4,0	1,5	4,0		€	6.000,00
500430	Duikploeg	3,00	dag	€	1.500,00		3,0					€	4.500,00
	Totaal Instroom			**€**	**97.980,00**								
50	**Uitstroom**												
500410	Kuip van damwanden AZ26	900,00	m^2	€	162,00			60,0	15,0			€	145.800,00
500420	Beton in uitstroom	60,00	m^3	€	250,00			10,0	1,5	4,0		€	15.000,00
500430	Bestorting	20,00	ton	€	50,00	0,20		10,0		10,0		€	1.000,00
500440	Duikploeg	4,00	dag	€	1.500,00		4,0					€	6.000,00
	Totaal Uitstroom			**€**	**167.800,00**								
	Benoemde directe bouwkosten											**€**	**737.179**
NTD041	Nader te detailleren bouwkosten	15,0%		€	737.179							€	110.577
	Directe bouwkosten											**€**	**847.756**
IK046	Eenmalige kosten	1,0%		€	847.756							€	8.478
IK047	Algemene bouwplaatskosten	1,0%		€	847.756							€	8.478
IK049	Uitvoeringskosten	8,0%		€	847.756							€	67.820
IK0410	Algemene kosten	8,0%		€	932.531							€	74.602
IK0411	Winst	3,0%		€	1.007.134							€	30.214
IK0412	Risico	2,0%		€	1.007.134							€	20.143
	Indirecte bouwkosten	25%										**€**	**209.735**
VZBK	**Voorziene bouwkosten**											**€**	**1.057.490**
RBK043	Niet benoemd objectrisico bouwkosten	20,0%		€	1.057.490							€	211.498
RBK	**Risico's bouwkosten**	20%										**€**	**211.498**
BK04	**Bouwkosten Tijdelijke opstelling gemaal Binnenschelde-Markiezaatmeer**											**€**	**1.268.988**
VK04	**Vastgoedkosten Tijdelijke opstelling gemaal Binnenschelde-Markiezaatmeer**											**€**	**-**
EK045	Engineeringskosten adviesbureau(s)	1,00	EUR	€	150.000,00		1,00					€	150.000
EK046	Engineeringskosten opdrachtgever (overheid/instantie/bedrijf)	1,00	EUR	€	300.000,00		1,00					€	300.000
EK0418	Niet benoemd objectrisico engineeringskosten	20,0%		€	450.000							€	90.000
EK04	**Engineeringskosten Tijdelijke opstelling gemaal Binnenschelde-Marki**	51%										**€**	**540.000**
OK041	Overige bijkomende kosten	5,0%		€	1.057.490							€	52.875
OK0437	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten	20,0%		€	52.875							€	10.575
OBK04	**Overige bijkomende kosten Tijdelijke opstelling gemaal Binnenscheld**	6%										**€**	**63.449**
INV04	**Totaal investeringskosten Tijdelijke opstelling gemaal Binnenschelde-Markiezaatmeer**											**€**	**1.872.438**