

Lugvloeioptrone in en rondom 'n vlak vallei in die oostelike Hoëveld

R.W. Pretorius

Departement Geografie en Omgewingstudie, Universiteit van Suid-Afrika, Posbus 392, Pretoria, 0003

Ontvang 1 Augustus 2000; aanvaar 6 September 2000

UITTREKSEL

Die oppervlaktugvloeioptrone in en rondom 'n vlak vallei naby Secunda in die oostelike Hoëveld (Mpumalanga) is ondersoek. Die doel hiermee was om die regulatore van oppervlaktugvloei te identifiseer en te bepaal in watter mate die lokale en/of regionale sirkulasie in die langtermynlugvloeioptrone na vore kom. Die lugvloeioptrone is met behulp van windrooskaarte ontleed. Data vir 'n periode van nege jaar, vir vier meetstasies in die Secunda-omgewing, is gebruik. Daar is bevind dat die heersende sinoptiese toestande (merendeels antisiklonies) die belangrikste regulator van lugvloei gedurende die dag is. Gevolglik is wes-suidweste-, weste- tot noord-noordwestewinde dominant in die dag, met variasies wat aan die seisoenaliteit in sinoptiese toestande toegeskryf kan word. Gedurende die nag, met die toename in atmosferiese stabiliteit, het regionale en lokale winde 'n oorheersende impak op die oppervlaktugvloeioptrone. Die effek van regionale lugdreinerings (in die vorm van winde uit die noordooste, oos-noordooste tot ooste asook uit die noorde) word regdeur die jaar waargeneem, terwyl die effek van lokale winde die opmerklikste is gedurende die herfs en die winter (wanneer temperatuurinversies algemeen voorkom), en veral in beskutte lokaliteite soos valleie.

Stelwoorde: oppervlakwinde, topografie, seisoenale en dag-nag-variasies, oostelike Hoëveld

ABSTRACT

Air-flow patterns in and around a shallow valley in the eastern Highveld

The surface air-flow patterns in and around a shallow valley at Secunda in the eastern Highveld (Mpumalanga) were investigated in order to identify the regulators of the surface air flow and to determine to what extent the local and/or regional circulation is apparent in the long-term air-flow pattern. The air-flow pattern was analysed with the aid of maps of wind roses, compiled from data collected over a period of nine years at four sites near Secunda. It was found that day-time air-flow patterns were determined to a large extent by the prevailing synoptic conditions (mostly anticyclonic). Consequently west-southwest, west to north-northwesterly winds are dominant during the day-time, with variations that can be ascribed to the seasonality of synoptic conditions. During the night, when atmospheric stability increases, regional and local winds dominate the surface air-flow pattern. The effect of regional air drainage (in the form of winds from the northeast, east-northeast to east, and also from the north) is observed throughout the year, while local winds have the most marked effect during autumn and winter (when temperature inversions are common), especially in sheltered localities such as valleys.

Keywords: surface winds, topography, seasonal and day-night variations, eastern Highveld

INLEIDING

Winde, en spesifiek oppervlakwinde, is 'n belangrike aspek van die omgewingstoestand in enige gebied. Hierdie winde word deur 'n verskeidenheid faktore beïnvloed, onder andere ook die heersende sinoptiese toestande. Nog 'n belangrike faktor wat in ag geneem moet word, is die aard van die gebied waaroor die wind waai. Topografiese aspekte soos die helling van die aardoppervlak is spesifiek van belang. 'n Voorbeeld van hierdie tipe invloed op lugvloei word gevind in gebiede waar verskille in die hoogte van die aardoppervlak aangetref word, en die voorkoms van stabiele atmosferiese toestande en temperatuurinversies dikwels tot die dreinerings van koue lug na laagliggende dele lei. Hoe groter die verskille in hoogte, hoe meer intens en duideliker waarneembaar behoort die hellingafwaartse lugvloei te wees. Die ontwikkeling van lokaal-winde word nie slegs deur die diepte van valleie beïnvloed nie, maar ook deur sowel die oriëntasie daarvan, as die tyd van die dag of nag en ook die seisoen.

Heelwat navorsing is oor die afgelope paar dekades in Suidelike Afrika oor die voorkoms en aard van lokaal-winde van topografiese oorsprong gedoen.^{1,2,3,4} Die meeste van hierdie studies het betrekking op gebiede met prominente reliëfverskille, soos berggebiede, of tussen berge en vlaktes.

Die inligting wat uit hierdie studies na vore gekom het, het geleidelik tot die formulering van 'n algemene teorie vir lokaal-wind-sirkulasie in valleie in Suidelike Afrika.⁵ Relatief min navorsing is gedoen oor lokale lugvloei in gebiede met minder prominente reliëfverskille, en waarvoor gewoonlik aanvaar word dat die heersende sinoptiese toestande van deurslaggewende belang is. Navorsing wat voorheen in die oostelike Hoëveld gedoen is, dui op die bestaan van 'n vlak oostewind in die nag, en 'n westewind in die dag, wat oor die gedempte topografie en geleidelike helling van die gebied tussen die eskarp (Drakensberge) in Mpumalanga en die Hoëveld na die weste ontwikkel.^{6,7,8}

Hierdie artikel verskaf die resultate van 'n ondersoek na die lokaal-wind-oppervlaktugvloeioptrone in en rondom 'n vlak vallei naby Secunda in die oostelike Hoëveld. Die doel van hierdie ondersoek was om die regulatore van die oppervlaktugvloei in die studiegebied te identifiseer, en vas te stel in watter mate, indien wel, die lokaal-wind-sirkulasie in die langtermynlugvloeioptrone na vore kom. Sodoende kan die waargenome lugvloeioptrone vergelyk word met dit wat teoreties verwag word.⁵ Verder kan die lokale oppervlaktugvloei te Secunda met lugvloeioptrone wat elders op die oostelike Hoëveld waargeneem is, vergelyk word.^{6,7} Die werkswyse wat gevolg is, was om data oor die lugvloeioptrone wat oor 'n periode van nege jaar ingesamel is, met behulp van windrose uit te beeld.

Die windrose is op s6 'n wyse saamgestel dat tydruimtelike variasies in die lugvloei patroon ondersoek kon word, vergelykings getref kon word, en die aard en kontroles van die lugvloei geïdentifiseer kon word.

Ter wille van leesbaarheid word met behulp van afkortings na die sestien standaardwindrigtings verwys. Die volgende afkortings word gebruik: n (noord), nno (noord-noordoos), no (noordoos), ono (oos-noordoos), o (oos), oso (oos-suidoos), so (suidoos), sso (suid-suidoos), s (suid), ssw (suid-suidwes), sw (suidwes), wsw (wes-suidwes), w (wes), wnw (wes-noordwes), nw (noordwes) en nnw (noord-noordwes). In hierdie artikel word windrigtings dikwels in sektore gegroepeer, byvoorbeeld n-no-o. Aangesien 'n kloksgewyse notasie gevolg word, verwys laasgenoemde voorbeeld na n-, nno-, no-, ono- en o-winde. Daar word ook dikwels na kilometer per uur (die eenheid vir windspoed) verwys, wat as km/u afgekort word.

STUDIEGEBIED

Ligging

Die studiegebied bestaan uit die vlak vallei en omliggende terrein reg suid van die Secunda-dorpsgebied. 'n Besondere kenmerk

van hierdie vallei is dat dit die SASOL 2 en 3 kompleks huisves. Die ligging van Secunda, die vallei, asook ander relevante inligting word in figuur 1 verskaf.

Topografie

Die studiegebied skakel in by die saggolwende, cenvormige topografie van die oostelike Hoëveld, en vorm deel van die Vaalrivierdreineringskom (figuur 1).⁹ Op regionale skaal toon die topografie 'n geleidelike daling na die suide, en dreineer die spruite en riviere in die gebied dus suidwaarts na die Vaalrivier. Dit is belangrik om te let op die laer ligging van die oostelike Hoëveld in die algemeen (insluitend die studiegebied) ten opsigte van die eskarp wat deur die Drakensberge na die ooste gevorm word.

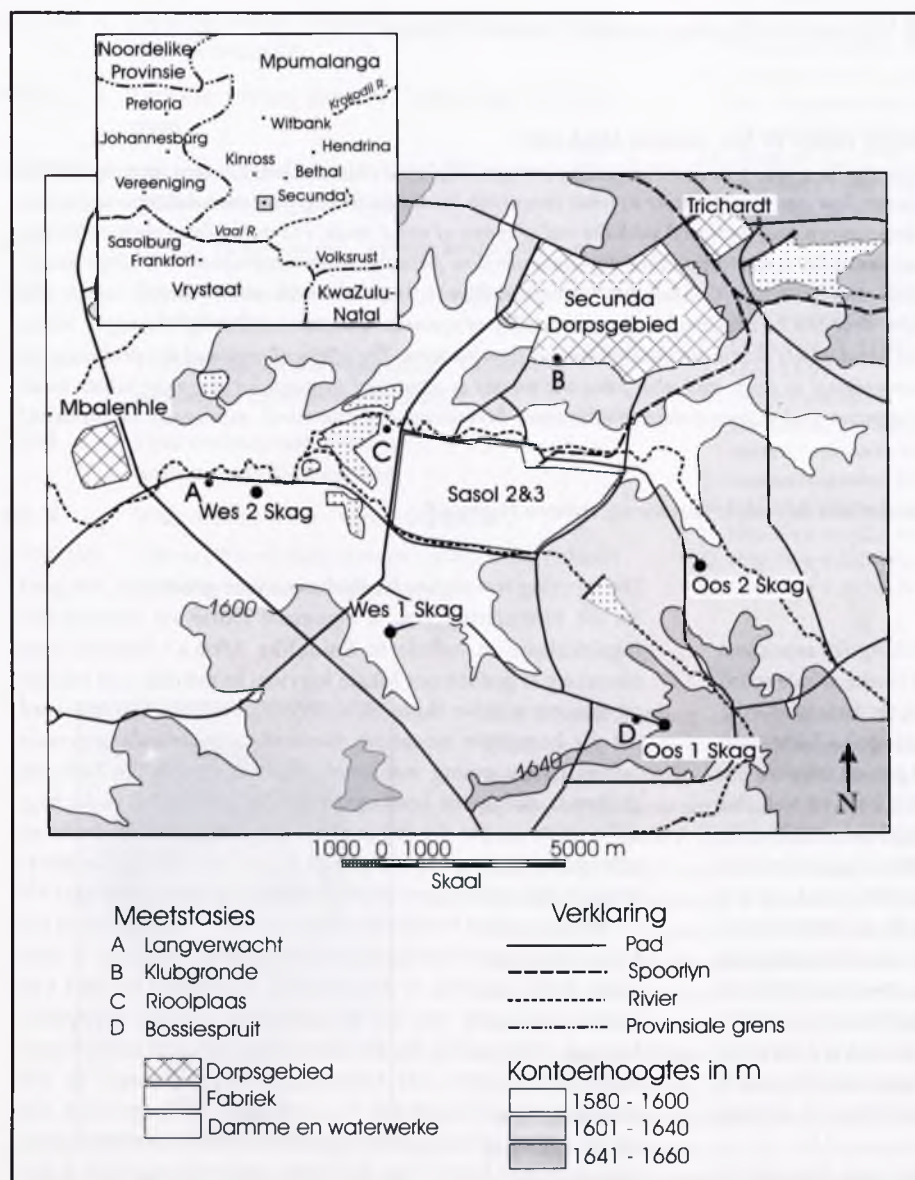
Die hoofas van die vallei by Secunda het 'n wes-oos-strekking, is die smalste oos van die SASOL-kompleks, en word wyer na die weste (figuur 1). Die vallei het dus 'n tipiese v-vorm, en tree ook op as dreineringskom vir die talle spruite in die omgewing wat weswaarts na die Waterval-rivier vloei. Die hoogteverskille in die omgewing is egter s6 klein dat dit eerder as 'n vlak laagte bestempel kan word.

In navolging van die dreineringspatroon, toon die vallei 'n geleidelike daling in 'n westelike rigting. Die hoogste grond (ongeveer 1660 m bo seevlak) kom oos van die SASOL-kompleks voor, met die laagste grond (ongeveer 1580 m bo seevlak) langs die loop van die Grootspruit in die weste. Dit beteken dat die relatiewe hoogte oor 'n afstand van ongeveer 20 km met 80 m daal, met ander woorde 'n gradiënt van slegs 1:250. Indien die 1620 m kontoer as uitgangspunt geneem word, varieer die breedte van die vallei van ongeveer 4 km ten ooste van die SASOL-kompleks, tot meer as 14 km in die weste.

Klimaat

Soos vir die res van die oostelike Hoëveld, word die klimaat van die studiegebied deur antisiklonale lugvloei gekenmerk.^{5,8,10} Dit hou verband met die hoogdruktoestande en lugdaling wat dikwels oor die noord-oostelike dele van Suid-Afrika voorkom, en noordweste- en noord-noordwestewinde in die oostelike Hoëveld tot gevolg het.^{5,7,8}

Kenmerkend van hierdie tipe lugvloei is die voorkoms van wolklose, droë lug en ligte winde.^{5,8} Temperature wissel van 26 °C in die somer tot benede vriespunt in die winter, met strawwe ryp van Mei tot September.⁹ Onder dié omstandighede kom oppervlaktetemperatuurinversies algemeen van laatmiddag tot net na sonsopkoms voor, terwyl boluginversies gedurende die dag en die nag kan voorkom. Hoewel inversies regdeur die jaar hier voorkom, het dit die hoogste voorkomsfrekwensie in die herfs en winter, en oefen ook dan die grootste invloed uit.^{11,12}



Figuur 1: Kaart van die Secunda-omgewing met topografiese en ander inligting. Die relatiewe ligging van Secunda ten opsigte van ander dorpe in die oostelike Hoëveld word in die inset verskaf. Die ligging van die meetstasies waar winddata ingesamel is, word ook aangedui.

Versteurings in die middelbreedte westewind- en tropiese oostewindstelsels ontwig van tyd tot tyd die hoofsaaklik stabiele weerstoestande van die oostelike Hoëveld. In die lente en herfs is middelbreedte westewindversteurings en verskynsels soos koue fronte van belang, terwyl die voorkoms van tropiese oostewindversteurings in die somer tot die ontwigting van weerstoestande lei. Hierdie versteurings gaan dikwels met reënval, sterk winde en vertikale lugstrominge gepaard.

Die feit dat stabiele, antisiklonale weerstoestande die oostelike Hoëveld domineer, veroorsaak dat lokale en regionale winde 'n belangrike rol in die oppervlaklugvloei speel.⁸ Die voorkoms van hierdie tipe winde word eerder aan lokale tot

regionale skaal topografiese invloede, as aan die heersende sinoptiese toestande toegeskryf.

Grondgebruik en omgewing

Die Secunda-landskap word deur die koeltorings, skoorstene en ander konstruksies van die SASOL 2 en 3 sintetiese-brandstofaanlegte oorheers. Die dorp Secunda is ongeveer 2 km noordoos van die SASOL-kompleks geleë. Heelwat SASOL-werknemers woon te eMbalenhle, sowat 6 km wes van die SASOL-kompleks. Die landbougrond in die Secunda-omgewing word veral vir droëlandakkerbou aangewend. Die natuurlike plantegroei bestaan feitlik uitsluitlik uit Themeda-grasveld, met verspreide uitheemse bome soos wattel, bloekom en wilge.⁹

Tabel 1 Ligging en beskrywing van die meetstasies te Secunda waar windmetings uitgevoer is

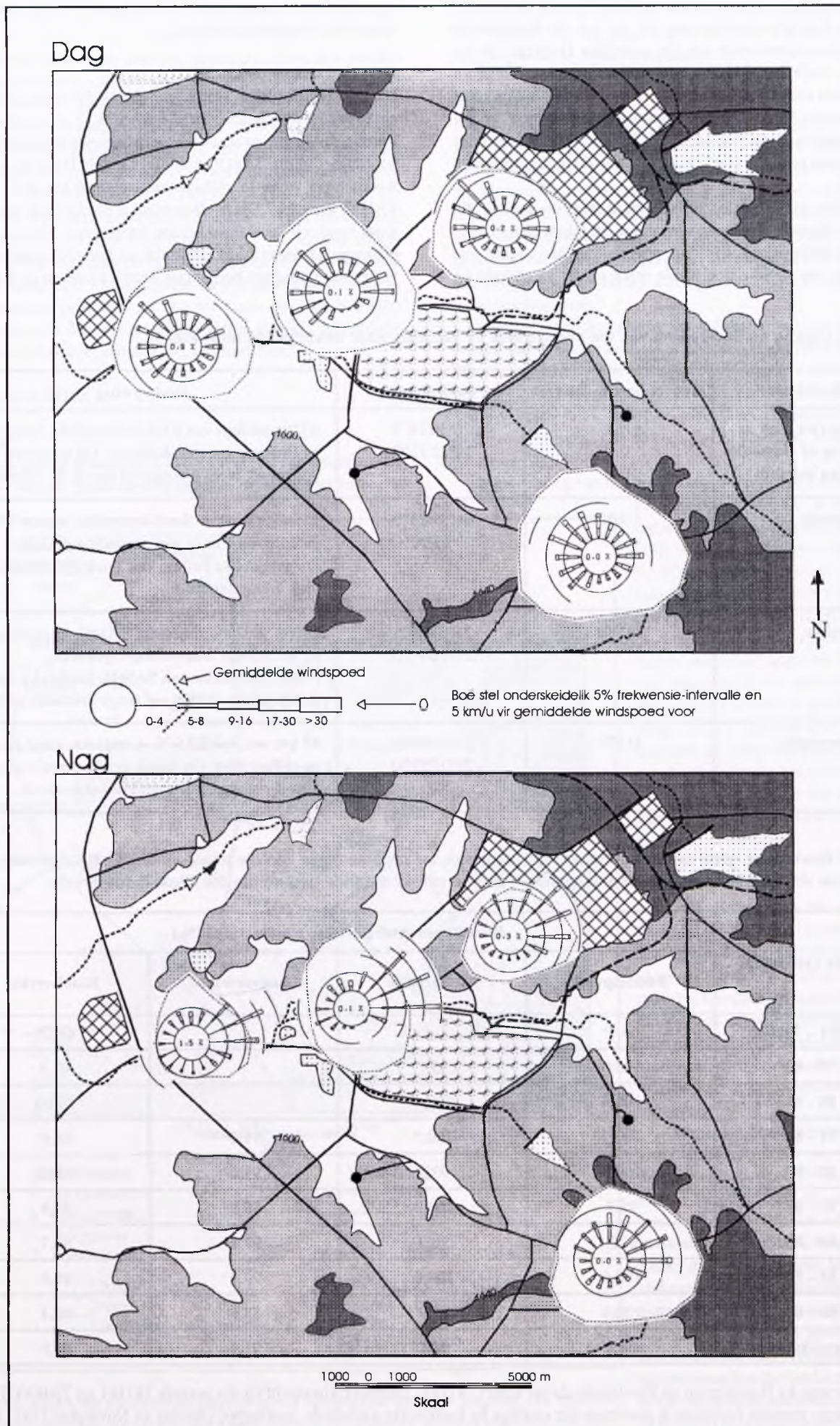
Meetstasie	Hoogte bo seevlak (m)	Koördinate	Beskrywing
Bossiespruit (ook as Mynskag of Oostelike Mynskag bekend)	±1635	26°36'18"S 29°12'33"O	±7 km suidoos van SASOL-kompleks, langs pad na Bossiespruit-steenkoolmyn. Op relatiewe hoë grond, mees blootgestel van al die meetstasies.
Klubgronde	±1615	26°31'23"S 29°11'20"O	±4 km noord van Sasol-kompleks, tussen fabriek en dorp, op terrein van ontspanningsklub. Op geleidelike helling van Trichardt-spruit se vlak dreineringskom.
Rioolwerke	±1580	26°32'13"S 29°08'44"O	±3 km wes-noordwes van SASOL-kompleks, op terrein van watersuiweringswerke. Naaste meetstasie aan SASOL-kompleks. Op feitlik gelyke terrein reg langs Trichardt-spruit.
Langverwacht	±1575	26°32'59"S 29°05'59"O	±7 km wes van SASOL-kompleks, langs pad na eMbalenhle. Op feitlik gelyke terrein binne vlak dreineringskom van Trichardt-spruit.

Tabel 2 Beskikbare getal uurlikse windmetings (uitgedruk as 'n persentasie van die totale maontlike getal metings) vir elk van die vier meetstasies, vir opeenvolgende tydperke van 12 maande gedurende die totale meetperiode

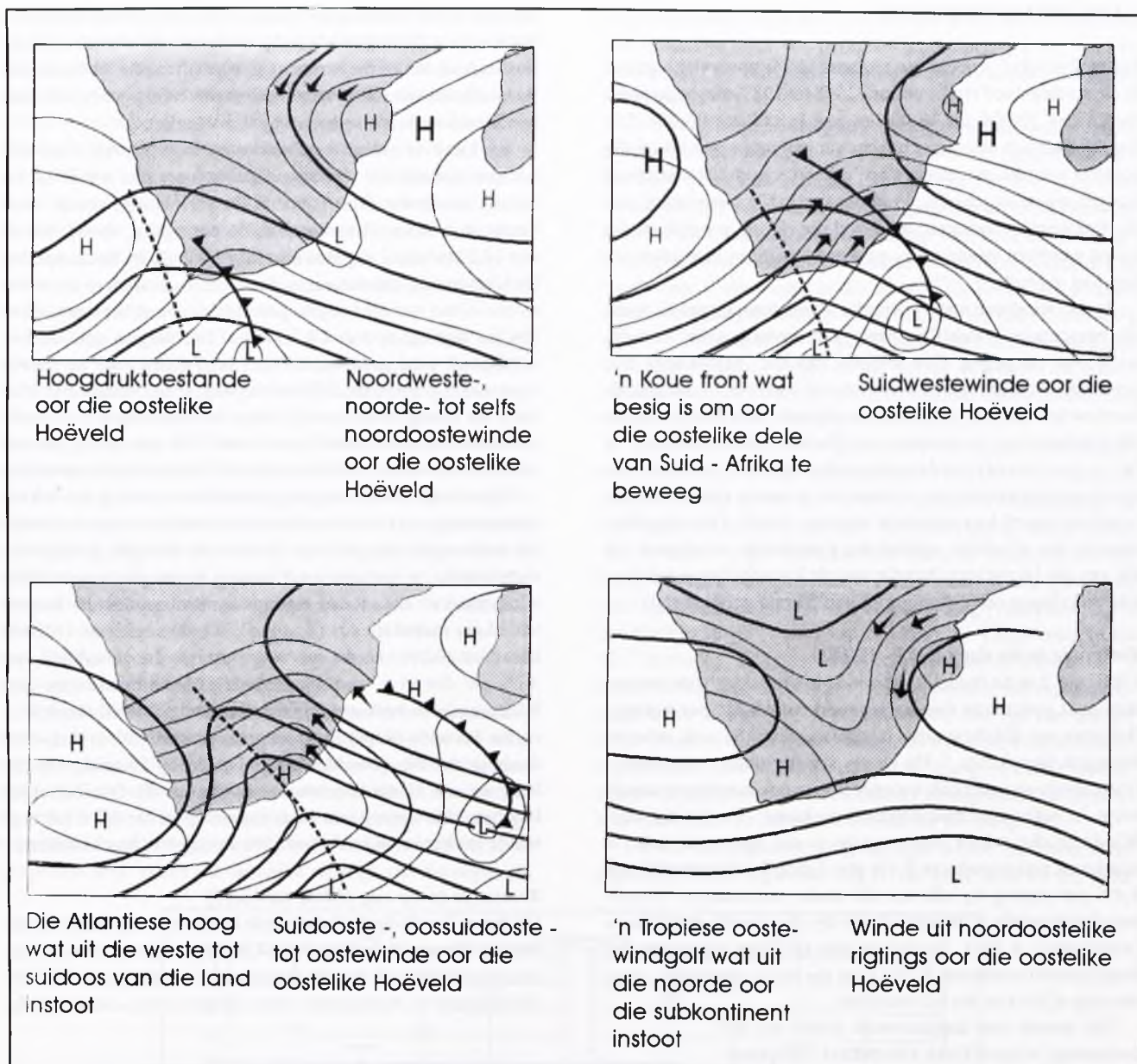
Periode van meting	Beskikbare getal uurlikse windmetings (%)			
	Bossiespruit	Klubgronde	Langverwacht	Rioolwerke
780701 - 790630	66,7 ^a	-	-	66,7 ^b
79 - 80	100,0	83,1	-	97,8
80 - 81	100,0	100,0	-	100,0
81 - 82	100,0	100,0	91,5	68,9 ^c
82 - 83	100,0	93,6	91,0	100,0
83 - 84	95,7	100,0	89,9	89,8
84 - 85	91,2	90,9	91,1	88,7
85 - 86	100,0	100,0	99,4	98,6
86 - 87	100,0	89,9	88,6	99,4
Gemiddeld	94,8	94,7	91,9	90,0

^a & ^b Metings by Bossiespruit en Rioolwerke dateer sedert 781101. Databeskikbaarheid vir die periode 781101 tot 790630: 100%.

^c Weens tegniese probleme is geen/ baie min metings by Rioolwerke gedurende September, Oktober en November 1981, sowel as Junie 1982 gedoen.



Figuur 2: Gemiddelde oppervlaktelugvloei vir die periode 1978 tot 1987.



Figuur 3: 'n Skematiese, vèralgemeende voorstelling van die weerstoestande wat met sekere van die meer algemene oppervlakwindrigtings in die oostelike Hoëveld geassosieer word. Gebaseer op sirkulasiepatrone vir die oppervlak (dun lyne) en vir die 500 hPa-vlak (dik lyne). Die pyltjies dui die oppervlakwindrigting aan.^{5,6,7,8}

DATA-INSAMELING EN -ONTLEDING

Hierdie studie is gebaseer op metings wat vanaf November 1978 tot Junie 1987 ('n periode van agt jaar en agt maande) deur SASOL by vier meetstasies rondom die SASOL-kompleks te Secunda uitgevoer is. Die meetstasies staan as Bossiespruit, Klubgronde, Rioolwerke en Langverwacht bekend. Die ligging van hierdie meetstasies word in figuur 1 getoon, terwyl 'n kort beskrywing van elk in tabel 1 verskaf word. Bossiespruit het die mees blootgestelde ligging, terwyl die ander meetstasies 'n relatief beskutte ligging in die vlak vallei het.

Die windmetings is aaneenlopend met behulp van Lambrecht-anemometers op 'n hoogte van tien meter bo grondvlak uitgevoer. Hierdie instrumente het 'n opnamekapasiteit van een maand. Die kaart waarop die winddata vasgelê is, is op 'n gereelde basis na die voormalige Afdeling Atmosfeerwetenskappe van die WNNR gestuur, waar die data versyfer en tot uurlikse waardes gereduseer is. Sodoende is afsonderlike waardes vir sowel die gemiddelde

windspoed as die heersende windrigting vir elke uur van die dag verkry en elektronies gestoor.

Die databasis wat op hierdie manier tot stand gebring is, is uiters volledig en van hoë gehalte. Die volledigheid van die data word in tabel 2 weerspieël, waarin die getal beskikbare uurlikse metings vir elk van die meetstasies vir opeenvolgende tydperke van 12 maande gedurende die totale meetperiode verskaf word. Die gemiddelde beskikbaarheid van die data wissel van 90% vir Rioolwerke tot 94,8% vir Bossiespruit.

Met SASOL se toestemming is die verwerking van die data op verskillende stadiums op die WNNR se CDC-hoofraamrekenaar uitgevoer. Dieselfde Fortran-programme wat vir vorige ondersoek van hierdie aard gebruik is, is vir hierdie doel aangewend.^{6,7} Aangesien die WNNR se hoofraam egter voor die afhandeling van die navorsing buite werking gestel is, is die finale dataverwerking met behulp van die mikrorekenaarfasiliteite van die Departement Geografie en Omgewingstudie, Unisa uitgevoer.

LANGTERMYN PATRONE

Figuur 2 verskaf 'n beeld van die gemiddelde oppervlaktlugvloei in die studiegebied vir die periode 1978 tot 1987, met onderskeid tussen dag (06:00 tot 18:00) en nag (18:00 tot 06:00). Die luvvloei patroon word met behulp van windrose wat bo-op die posisies van die meetstasies op 'n kaart van die studiegebied aangebring is, uitgebeeld. Windrose verskaf 'n samevatting van die frekwensievoorkoms van sowel die rigting waaruit, as die spoed waarteen winde waai, en word algemeen in studies oor luvvloei gebruik.^{1,2,3,6,7,13,14}

In die windrose wat vir hierdie studie saamgestel is, word die persentasie windstiltes binne die sentrale sirkel van die windroos aangegee. Die lengtes van die "teleskope" dui persentasievoorkoms van wind uit elk van die 16 standaardkompassrigtings aan (elke daaropvolgende sirkelboog rondom die windroos dui 'n voorkoms van 5% aan). Elke "teleskoop" is in 'n paar windspoedvoorkomskategorieë verdeel (die voorkomfrekwensie van 'n wind uit 'n sekere rigting en teen 'n sekere spoed kan sodoende afgelees word). Die stippellyn rondom die windroos verbind die gemiddelde windspoed vir elk van die 16 rigtings (hierdie waarde kan afgelees word deur elke sirkelboog om die windroos aan 5 km/u gelyk te stel).

Toestande in die dag (06:00 - 18:00)

Uit figuur 2 is dit duidelik dat winde in die sektor wsw-w-nnw dominant gedurende die dag is (voorkoms: 9,3% per rigting). Behalwe vir Klubgronde, is suidwestewinde ook relatief belangrik (voorkoms: 7,3% vir elk van die ander meetstasies). Oostewinde en soms ook noordooste- en oos-noordoostewinde vorm 'n sekondêre maksimum (voorkoms: 7% per rigting). Winde in die sektor oso-ssw is die skaarsste, met 'n voorkoms wat wissel van 2,1% per rigting by Rioolwerke, tot 3,4% per rigting by elk van die ander meetstasies. Noord-noordoostewinde is relatief skaars by die meeste meetstasies (voorkoms: 4,3%). Noordewinde is meer algemeen by Bossiespruit (voorkoms: 7,1%) as by die ander meetstasies, waar dit slegs 4,3% van die tyd voorkom.

Die meeste van laasgenoemde winde het hul oorsprong in spesifieke mesoskaal sinoptiese toestande (figuur 3). Die noordweste- en noord-noordwestewinde word met 'n antisikloon oor die noordoostelike dele van Suid-Afrika geassosieer. Indien hierdie antisikloon vervang word deur, of vergesel word van 'n tropiese oostewindgolf of -laag oor die binneland, kom winde in die sektor n-nno eerder voor. Met 'n middelbreedte westewindversteuring in die vorm van 'n westewindgolf of koue front wat in aantog is, is winde in die sektor w-wnw prominent. Terwyl en nadat sodanige versteurings oor die oostelike Hoëveld beweeg, vind 'n verskuiwing na winde in die sektor ssw-sw-wsw plaas. Sterk winde in die sektor o-oso-so kom voor wanneer die Atlantiese hoog tot suidoos van die kontinent in beweeg.⁵

Die invloed van die mesoskaalsirkulasie op luvvloei patrone versluier die invloed wat die regionale en lokaal skaal-topografie in dié verband mag hê. 'n Voorbeeld hiervan wat wel in die studiegebied waargeneem kan word, is relatief ligte winde in die sektor wsw-w-wnw. Dit word geassosieer met sowel die vallei-op wind langs die oos-wes hoofas van die vlak Secunda-vallei, as die regionale vlakke-bergwind in die rigting van die eskarpement in die ooste. Die luvvloei patroon in

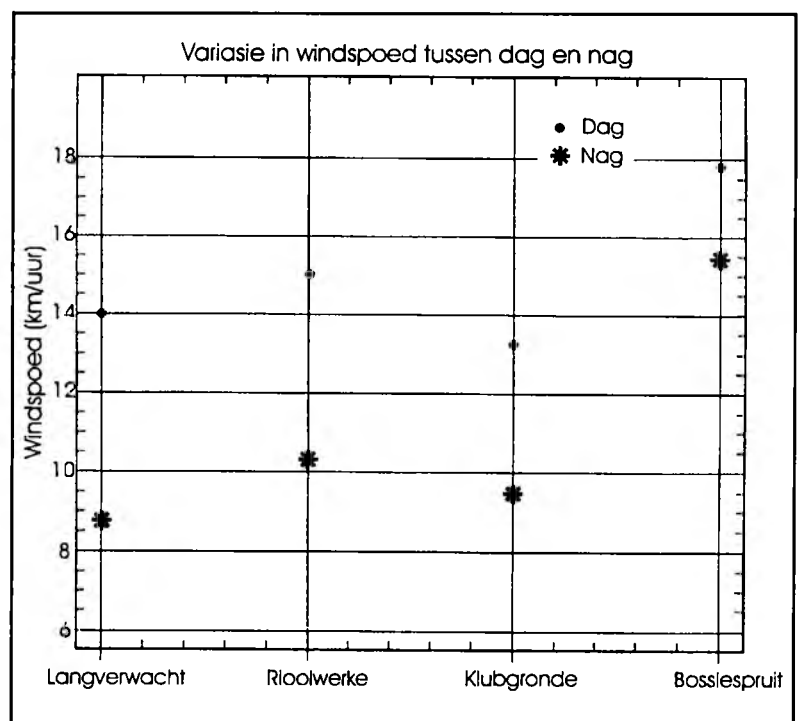
die vlak vallei verskil effens van dié vir die meer blootgestelde Bossiespruit. Noordewinde is byvoorbeeld die algemeenste by Bossiespruit, terwyl die beskutte ligging in die vallei tot die relatief lae voorkoms van sekere windrigtings aanleiding gee (voorbeeld: winde in die sektor oso-ssw by Rioolwerke).

By Langverwacht, Rioolwerke en Bossiespruit word die hoogste gemiddelde windspoed geassosieer met winde in die sektore nw-nnw-n (voorkoms: 8,4% per rigting; spoed: 18,4 km/u) en o-oso-so (voorkoms: 4,8% per rigting; spoed: wissel van 14,7 km/u by Langverwacht tot 19,7 km/u by Bossiespruit). By Klubgronde, daarenteen, is dit winde in die sektore sw-w-nw en ono-o-oso wat die hoogste gemiddelde spoed het (voorkoms: 8% per rigting; spoed: 14,7 km/u). Die laagste gemiddelde windspoed word geassosieer met noord-noordooste en noord-oostewinde (voorkoms: 5,5% per rigting; spoed: wissel van 10,2 km/u by Klubgronde tot 14,9 km/u by Bossiespruit) en suid-suidooste- en suidewinde (voorkoms: 2,3% per rigting; spoed: wissel van 9,4 km/u by Klubgronde tot 12,5 km/u by Rioolwerke).

Die winde met die laagste gemiddelde spoed is op enkele uitsonderings na ook dié wat minder dikwels voorkom, terwyl die teenoorgestelde geld vir dié met die hoogste gemiddelde windspoed. 'n Verdere waarneming is dat die gemiddelde windspoed vir die meeste rigtings by Klubgronde die laagste van al die meetstasies is (figuur 4). Winde sterker as 16 km/u kom hier 29,2% van die tyd voor (teenoor die gemiddeld van 38% vir die vier meetstasies). Hierdie situasie kan aan Klubgronde se beskutte ligging tussen die SASOL-kompleks en die Secunda-dorpsgebied toegeskryf word. Dit is ewe-eens duidelik dat die gemiddelde windspoed by Bossiespruit die hoogste van al die meetstasies is (figuur 4). Die betreklik blootgestelde ligging van Bossiespruit speel hierin 'n rol, met winde sterker as 16 km/u wat 49% van die tyd hier voorkom.

Toestande in die nag (18:00 tot 06:00)

Uit figuur 2 is dit duidelik dat winde in die sektor no-ono dominant in die nag is (voorkoms: 14,3% per rigting), terwyl oos-suidoostewinde ook redelik algemeen is (voorkoms: 6,3%). By Bossiespruit en Klubgronde vorm winde in die sektor nnw-n-



Figuur 4: Die variasie in gemiddelde windspoed tussen dag en nag.

nno (voorkoms: 7,8% per rigting) 'n sekondêre maksimum. Verdere sekondêre maksima word onderskeidelik deur wes-suidweste- en westewinde by Rioolwerke, en suidweste- en wes-suidwestewinde by Langverwacht gevorm. By Rioolwerke, Klubgronde en Bossiespruit is winde in die sektor so-s-sw relatief skaars (voorkoms: wissel van 1,6% per rigting by Rioolwerke, tot 3,2% per rigting by Bossiespruit). By Klubgronde en Bossiespruit is wes-suidweste- en westewinde ook relatief skaars. By Rioolwerke, daarenteen, is dit winde in die sektor wnw-nw-n wat ook skaars is. By Langverwacht is feitlik al die winde in die sektore so-s-ssw en w-nw-nno ewe skaars (voorkoms: tussen 3,5% en 5% per rigting).

Die lugvloecipatroon in die nag kan herlei word na die voorkoms van stabiele atmosferiese toestande, insluitend temperatuurinversies, tesame met verskillende tipes lugdreinering. Die laevlak-lugvloecipatroon neem gevolglik 'n unieke karakter aan, wat heeltemal kan verskil van dit wat met die mesoskaal sinoptiese toestande geassosieer word. Hierdie laevlak-lugvloei word tot 'n groot mate deur die geartheid van die topografie beïnvloed. In die vlak vallei te Secunda, wat 'n oos-wes-strekking het en geleidelik na die weste daal, behoort ligte, vallei-af winde uit die ooste waargeneem te word. Langs die hange van die vallei wat suidwaarts front en relatief koud is, behoort ook 'n katabatiese wind te ontwikkel. Relatief ligte winde in die sektor nno-no-o kom dus algemeen in die nag in die vallei voor, met winde uit die weste en suide wat minder algemeen is.

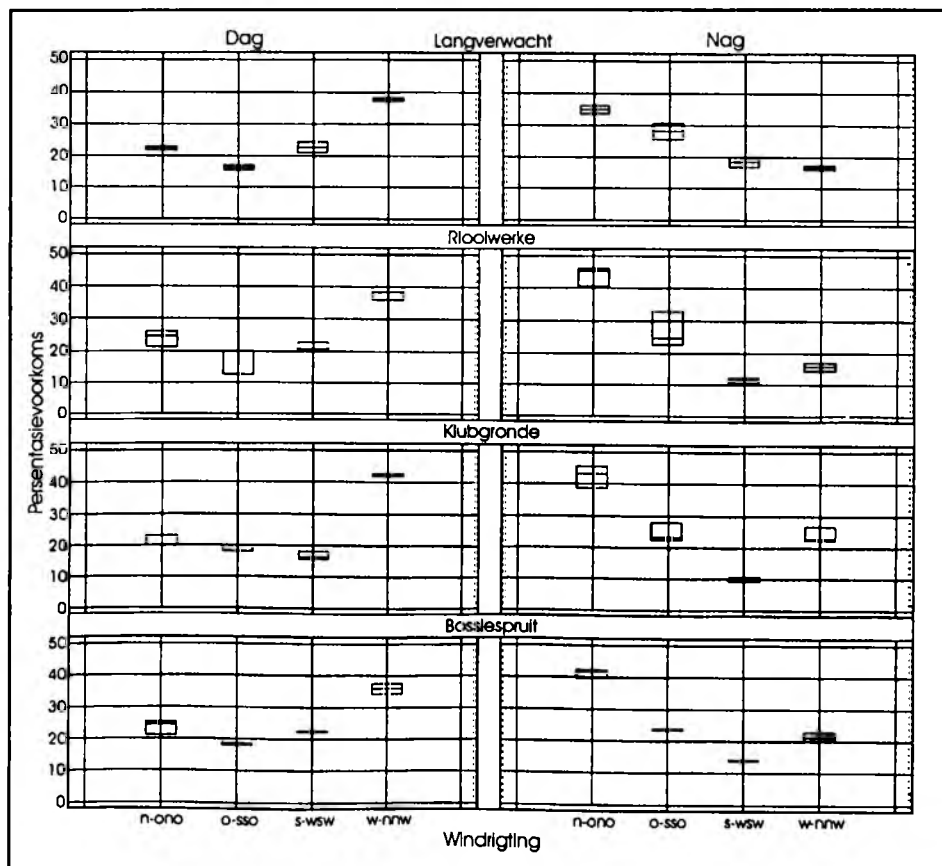
In die teenwoordigheid van stabiele atmosferiese toestande in die nag, kom lugdreinering nie slegs op lokale skaal nie maar ook op regionale skaal voor. Regionaleskaal-lugdreinering gaan met 'n hoër windspoed gepaard as wat met lokale skaal winde die geval is. Die voorkoms van sterk winde uit noordelike rigtings hou met suidwaartse lugdreinering in die Vaalrivierkom verband, terwyl die sterk winde uit oostelike rigtings aan die regionale

berg-vlaktewind vanaf die eskerpement in die ooste toegeskryf kan word. Die effek van regionale lugdreinering kom veral by Bossiespruit na vore, maar word ook by die ander meetstasies waargeneem.

In die nag word die hoogste gemiddelde windspoed gevolglik geassosieer met winde in die sektor ono-o-oso (wissel van 11,9 km/u by Langverwacht en Klubgronde tot 19,9 km/u by Bossiespruit) en noordewinde (gemiddeld 15,7 km/u by Rioolwerke, Langverwacht en Bossiespruit). Talle uitsonderings kom egter voor, waarvan Rioolwerke as voorbeeld geneem kan word. Hier is dit winde in die sektore nw-nnw-n en so-ssw-s wat die hoogste gemiddelde spoed het. Die lys van relatief sterk winde in die nag word aangevul met noord-noordoostewinde by Langverwacht, winde in die sektor ssw-sw-wsw, asook noordoostewinde by Klubgronde, en laastens noord-noordooste, noordooste- en suidoostewinde by Bossiespruit.

Die patroon van windrigtings met die laagste gemiddelde windspoed is nie minder gekompliseerd nie. Dit is wel duidelik dat winde in die sektor wsw-w-wnw op enkele uitsonderings na die laagste spoed het (voorkoms: 4,3% per rigting; spoed: wissel van 6,9 km/u in die vallei tot 10,8 km/u by Bossiespruit). By Langverwacht, Klubgronde en Bossiespruit is die spoed van suid-suidooste- en suidewinde ook baie laag (voorkoms: 2,8% per rigting; spoed: wissel van 5,3 km/u by Langverwacht tot 12,7 km/u by Bossiespruit). Rioolwerke is weereens 'n uitsondering deurdat dit eerder noordooste- en oos-noordoostewinde is wat hier 'n lae spoed het. Die lys van relatief swak winde in die nag word aangevul met suidwestewinde by Rioolwerke, suid-suidwestewinde by Langverwacht, noordweste- en noord-noordwestewinde by Klubgronde, en laastens wes-suidweste- en noordwestewinde by Bossiespruit.

Uit die voorafgaande volg dat ligte winde merkbaar meer algemeen in die nag as die dag is. Dit geld veral vir die meer



Figuur 5: Die variësbreedte in die persentasievoorkoms van verskillende groepe windrigtings oor die drie opeenvolgende driejaarperiodes gedurende die totale meetperiode.

beskutte meetstasies in die vallei, waar die gemiddelde windspoed in die nag 55% van die tyd laer as 9 km/u is (in vergelyking met 30% van die tyd in die dag). Dit is omrede die voorkoms van stabiele atmosferiese toestande in die nag (in die vorm van oppervlaktemperatuurinversies) daartoe lei dat die lokale lugvloei in die vlak vallei nie baie sterk is nie. In die teenwoordigheid van sterk regionale lugdreinering of grootskaalse sinoptiese invloede, is die windspoed in die vallei wel hoër. Die meer blootgestelde ligging van Bossiespruit veroorsaak dat die sterker regionale winde hier deurgaans 'n groter rol speel, en ligte winde merkbaar minder algemeen is (gemiddelde windspoed in die nag slegs 19% van die tyd laer as 9 km/u). Hierdie verskille in gemiddelde windspoed, enersyds tussen dag en nag, en andersyds tussen Bossiespruit en die meetstasies in die vallei, word in figuur 4 uitgebeeld.

STANDHOUDENDHEID

Die langtermyn-oppervlaklugvloecipatrone vir die Sekunda-omgewing, soos in figuur 2 onderskeidelik vir dag en nag uitgebeeld word, is vir standhoudendheid getoets deur 'n ontleding van windrose vir die drie opeenvolgende driejaarperiodes gedurende die totale meetperiode (1978-07-01 tot 1987-06-30) uit te voer. Die doel hiermee was om die veranderlikheid, al dan nie van die lugvloecipatrone oor tyd uit te lig.

Die ontleding van die windrose het getoon dat hoewel nie baie groot nie, daar 'n mate van variasie in die voorkomspatroon van die verskillende windrigtings oor die drie periodes is. Hierdie variasie word in figuur 5 met behulp van Box-Whisker-diagramme vir elk van die meetstasies uitgebeeld. Met uitsondering van winde in die sektor o-oso- sso by Rioolwerke, wil dit voorkom of daar nie beduidende verskille in die voorkomspatroon van die verskillende windrigtings tussen die drie periodes bestaan nie.

Meervoudige variansie-ontleding volgens die metode van die som van kwadrate is gebruik om die geldigheid van hierdie hipotese, naamlik dat die persentasievoorkoms van die verskillende windrigtings nie beduidend oor tyd varieer nie, te bevestig of te verwerp. Afsonderlike ontledings is vir elk van die meetstasies asook vir die dag en nag uitgevoer. Uit die variansie-ontleding het geblyk dat met uitsondering van Langverwacht, met meer as 99% sekerheid aanvaar kan word dat die persentasievoorkoms van die verskillende windrigtings nie beduidend oor tyd varieer nie. Hierdie bevinding geld vir sowel die situasie in die dag as in die nag. Die laer sekerheidspeil van die resultate vir Langverwacht vloei daaruit voort dat slegs metings vir twee van die driejaarperiodes hier beskikbaar is.

Die implikasie van hierdie resultate is dat die variasie tussen die drie periodes (m.a.w. die variasie oor tyd) vir 'n baie klein gedeelte van die totale variasie in die data verantwoordelik is. Die grootste gedeelte van die variasie in die data kan eerder toegeskryf word aan die variasie wat binne elke periode tussen die verskillende windrigtings aanwesig is. Ten spyte van die bevinding van die variansie-ontleding, is dit tog nodig om van sekere van die meer opsigtelike variasies kennis te neem, en ook van die wyse waarop die situasie tussen die meetstasies verskil.

Die mees opsigtelike variasie kom voor by die meer beskutte meetstasies in die vallei, soos Rioolwerke en Klubgronde (figuur 5). Hierdie variasie is ook meer prominent in die nag as in die dag. Geen duidelike patroon kom egter na vore nie: terwyl sekere windrigtings minder dikwels by een of twee meetstasies voorkom, toon dit 'n toename in voorkoms by ander meetstasies. Hierdie waarneming kan aan die kenmerkende veranderlikheid van swak lokale valleiwinde, veral in die nag, gekoppel word.

Die redelik skerp afname in die voorkoms van winde in die sektor o-oso- sso by Rioolwerke oor die drie periodes gedurende

die dag en die nag, verdien nadere ondersoek. Hierdie afname kan aan die afskermende effek van die nabygeleë SASOL-kompleks toegeskryf word. Ten spyte van die afname in die voorkoms van hierdie winde by Rioolwerke, het die gemiddelde spoed daarvan gestyg van 13,1 na 17,4 km/u in die dag, en van 8,8 na 11,1 km/u in die nag. Die afskermende effek geld slegs vir die swakker, lokale valleiwinde. Die sterker, regionale- en/of sinoptieseskaal-winde uit die ooste beïnvloed hierdie meetstasie steeds, vandaar die hoër gemiddelde windspoed van die winde in hierdie sektor.

SEISOENALE VARIASIES

Seisoenale variasies in die sinoptiese toestande wat die weer in die oostelike Hoëveld beïnvloed, is 'n gegewe feit.^{5,6,7,8} Om hierdie rede behoort lugvloecipatrone in die oostelike Hoëveld, wat die studiegebied insluit, ook seisoenaal te varieer. Ten einde hierdie variasie te ondersoek, is 'n ontleding met behulp van windrose per seisoen op die winddata vir die studiegebied uitgevoer. Onderskeid is getref tussen toestande in die dag (06:00 - 18:00) en in die nag (18:00 - 06:00). Die lugvloecipatrone vir die verskillende seisoene verskyn in figuur 6 en die windspoedpatrone in figuur 7.

Lente

Die relatief hoë voorkoms van winde uit noordwestelike rigtings gedurende **lentedae** (figuur 6), is die gevolg van die hoofsaaklik antisiklonale lugsirkulasie. Hoewel antisiklonale toestande veral met die winter geassosieer word, is dit ook redelik algemeen in die eerste helfte van die lente.^{5,15,16} Die algemene weerpatroon in die lente word dikwels deur verskillende tipes weersteurings ontstig. Die algemeenste hiervan is middelbreedte-weste-windversteurings, wat tot relatief sterk winde in die sektore w-wnw-nnw en ssw-sw-wsw aanleiding gee. Die sterk winde in die sektor o-oso-so wat soms gedurende lentedae voorkom, daarenteen, hou verband met die Atlantiese hoog wat suidoos van die kontinent inbeweeg (figuur 3).^{5,15,16}

Die windspoed is die hoogste van al die seisoene gedurende lentedae (figuur 7), wat deels die gevolg van middelbreedteversteurings is wat dikwels voorkom, en van steil drukgradiënte vergesel word. By die meeste meetstasies word die hoogste windspoed (gemiddeld 21,8 km/u) met winde in die sektor nw-nnw-n, asook ooste- en oos-suidoostewinde geassosieer. Klubgronde is 'n uitsondering, met winde in sowel die sektor sw-wsw-w, as die sektor ono-o-oso wat die hoogste gemiddelde spoed het (18,5 km/u).

Gedurende **lentenagte** is winde in die sektor no-ono-o prominent (figuur 6). Ligte winde (<8 km/u) is meer algemeen in die nag as in die dag, veral in die meer beskutte vallei. By die meer blootgestelde Bossiespruit kom egter naasteby ewe veel ligte winde gedurende lentedae as gedurende -nagte voor. In die algemeen word die hoogste windspoed gedurende lentenagte met winde in die sektor ono-o-so geassosieer, en varieer dit rondom 17,5 km/u. By Langverwacht, Rioolwerke en Bossiespruit kom redelik sterk winde uit noordelike rigtings ook voor, en by Klubgronde redelik sterk suid-suidweste- en suidwestewinde.

Net soos in die dag word lentenagte deur die hoogste gemiddelde windspoed van al die seisoene gekenmerk. Verwant hieraan is dat oppervlaktemperatuurinversies die laagste voorkoms van al die seisoene gedurende lentenagte het (40% van alle nagte).^{6,7} Dit het tot gevolg dat lugvloecipatrone in die nag nie slegs deur die lokale topografie beïnvloed word nie, maar dat regionale topografiese invloede van net soveel, indien nie meer nie, belang is. Die prominensie van redelik sterk winde

in die sektor no-ono-o, asook sterk noordewinde by sommige meetstasies, kan aan regionale lugdreinerings toegeskryf word. Hierdie effek is die duidelikste by die meer blootgestelde Bossiespruit, waar die windspoed ook die hoogste van al die meetstasies is (figuur 7). By die meetstasies in die vallei is ligter winde meer algemeen, wat op die bykomende effek van lokale omstandighede dui. Die sterker winde wat wel in die vallei voorkom, reflekteer ook die effek van regionale lugdreinerings.

Somer

Hoewel minder algemeen as vir enige van die ander seisoene, kom antisiklonale toestande steeds in die somer voor. Winde uit noordwestelike rigtings vertoon dus steeds redelik prominent gedurende **somerdae** (figuur 6), hoewel dit die laagste voorkoms van al die seisoene het. Winde uit westelike en suidwestelike rigtings is relatief skaars omdat die voorkoms van middelbreedteversteurings 'n laagtepunt in die somer bereik. Sterk winde in die sektor o-oso-so word steeds van tyd tot tyd waargeneem, en word soos in die lente met die Atlantiese hoog wat suidoos van die kontinent inwig, geassosieer (effens meer dikwels in die somer as in die lente).^{5,15,16}

Aangesien die voorkoms van tropiese oostewindversteurings 'n maksimum in die somer bereik, is die invloed daarvan op windpatrone dan die opvallendste. Dit neem gewoonlik die vorm van 'n tropiese oostewindgolf of -laag aan wat vanuit die noorde oor Suid-Afrika instoot (figuur 3), en die antisiklonale sirkulasie sodoende verswak. Gedurende somerdae toon winde uit noordoostelike rigtings dus 'n toename ten koste van winde uit noordwestelike rigtings.

Gedurende somerdae is die gemiddelde windspoed heelwat laer as gedurende lentedae (figuur 7). Waar die hoogste windspoed gedurende lentedae ongeveer 22 km/u is, is dit 17 km/u in die somer. In die somer is dit meestal winde uit noordelike en oostelike rigtings wat die sterkste is. Klubgronde is 'n uitsondering, met winde uit oostelike, suidwestelike en westelike rigtings wat die sterkste is. Oor die algemeen is winde uit noordoostelike en suidelike rigtings die swakste. Net soos vir die lente, is die gemiddelde windspoed by die meer blootgestelde Bossiespruit weereens die hoogste van al die meetstasies.

Soortgelyk aan lentedae, is winde in die sektor no-ono-o besonder prominent gedurende **somernagte** (figuur 6). Met 'n voorkoms van 50%, het winde in hierdie sektor die hoogste voorkoms van al die seisoene. Die hoogste spoed (ongeveer 15 km/u) word met winde uit noordelike en oostelike rigtings geassosieer. Hoewel dit redelik sterk is, is dit twee tot drie km/u laer as gedurende lentedae.

Daar moet in ag geneem word dat oppervlaktemperatuurinversies (hoewel nie baie diep en sterk nie) meer algemeen gedurende somer- as lentedae in die oostelike Hoëveld is (meer as 70% van alle somernagte is betrokke).^{6,7} Hierdie meer algemene voorkoms van (relatief swak ontwikkelde) stabiele toestande, tesame met die windspoed wat steeds relatief hoog is, lei daartoe dat regionale lugdreinerings die duidelikste van al die seisoene gedurende somernagte na vore kom. Dit neem die vorm aan van redelik sterk winde in die sektor no-ono-o, met die voorkoms van redelik sterk noordewinde wat ook hieraan toegeskryf kan word.

Ligte winde (<8 km/u) is ongeveer 5% meer algemeen gedurende somer- as gedurende lentedae (voorkoms wissel van 14% by Bossiespruit tot 48% by Langverwacht). Hierdie ligter winde is veral opmerklik in die vallei, en kan aan die effek van lokale omstandighede toegeskryf word. In die teenwoordigheid van 'n oppervlaktemperatuurinversie in die vallei, ontwikkel 'n unieke lokale sirkulasiepatroon met ligte winde uit 'n verskeidenheid rigtings. Hierdie patroon word egter deur

die sterker regionale lugdreinerings versluier. Soos in die geval van lentedae is die windspoed by die meer blootgestelde Bossiespruit veel hoër as by die ander meetstasies (figuur 7).

Herfs

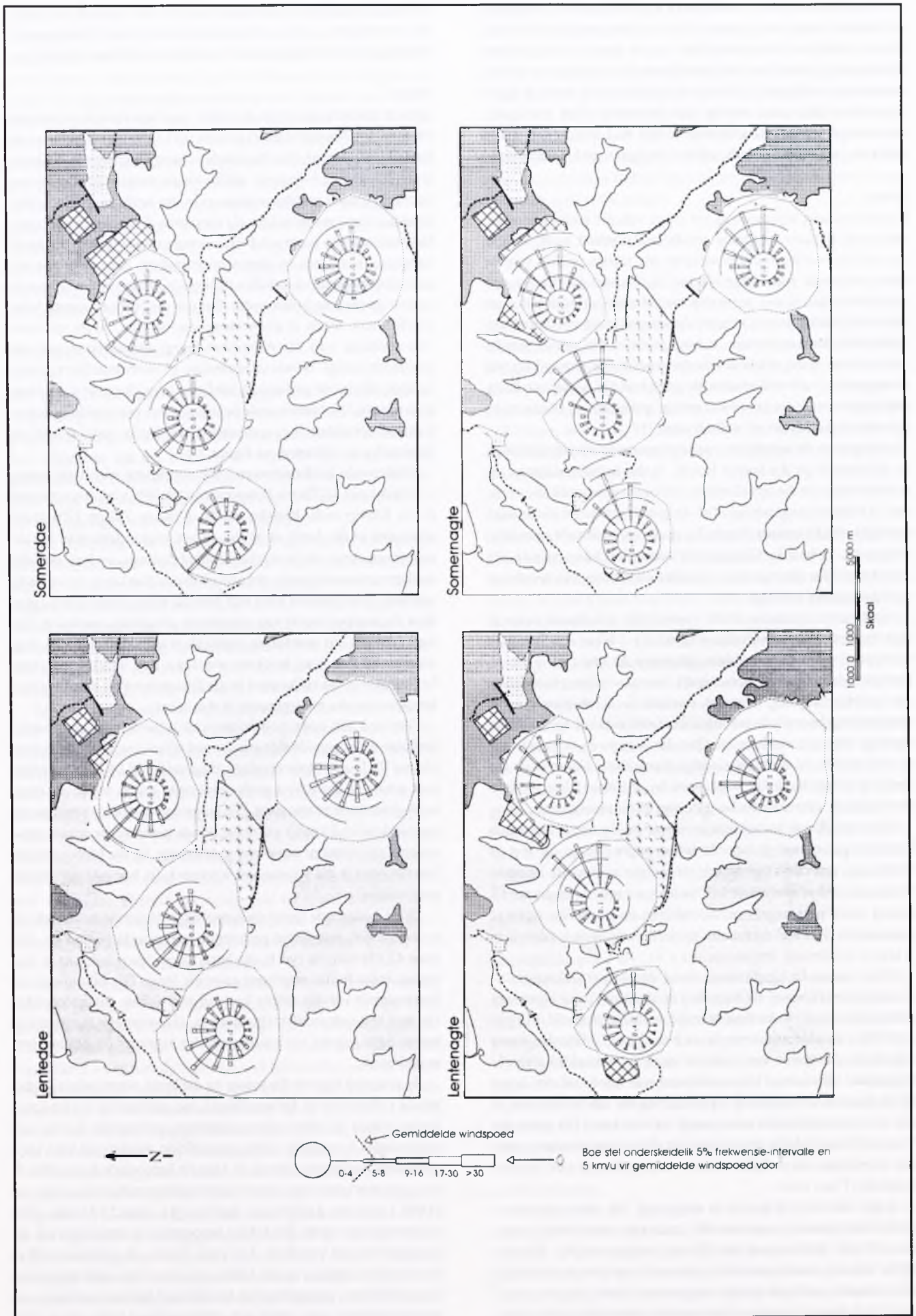
Soos in die lente en somer, is winde van antisiklonale oorsprong (m.a.w. uit noordwestelike rigtings) dominant gedurende **herfsdae** (figuur 6). Hierdie winde is meer algemeen in die herfs as in die somer (wanneer antisiklonale toestande die minste voorkom), maar minder algemeen in die herfs as in die winter en lente (wanneer antisiklonale toestande die meeste voorkom). Hoewel tropiese oostewindversteurings steeds tydens die herfs voorkom, is dit nie so algemeen as tydens die somer nie, en toon winde uit noordoostelike rigtings 'n afname (hoewel steeds meer algemeen as in die lente). Soos in die lente en somer, kom redelik sterk winde in die sektor o-oso-so van tyd tot tyd voor (die resultaat van die Atlantiese hoog wat suidoos van die kontinent inwig). Winde uit westelike en suidwestelike rigtings is meer algemeen gedurende herfsdae as gedurende die somer en die lente. Die toenemende belangrikheid van middelbreedte-westewindversteurings gedurende die herfs speel hierin 'n belangrike rol. (Verwys na figuur 3.)

Gedurende herfsdae wissel die voorkoms van ligte winde (<8 km/u) van 22,7% vir Bossiespruit tot 38% vir Langverwacht en vir Klubgronde. Hierdie winde is tussen 7% en 12% meer algemeen in die herfs as in die somer, merendeels van lokale oorsprong, kom uit 'n verskeidenheid rigtings, en hou met die sterker teenwoordigheid van antisiklonale toestande in die herfs verband. Die presiese aard van hierdie ligte winde word egter deur die sterker winde van sinoptiese oorsprong versluier. Die ligter winde uit westelike rigtings wat gedurende die dag voorkom, kan wel beskou word as die uitvloeisel van hellingopwaartse valleiwind in die Sekunda-vallei en/of vlaktebergwind na die eskarpement in die ooste.

Vanweë die hoër voorkoms van ligte winde gedurende herfsdae is die gemiddelde windspoed effens laer as in die somer (figuur 7). Die hoogste windspoed (gemiddeld 14,2 km/u) word met winde in die sektor wsw-wnw-nnw, asook ooste- en oos-suidoostewinde geassosieer. Die laagste gemiddelde windspoed (gemiddeld 10,3 km/u) word met winde in sowel die sektor nno-ono-ono, as die sektor sso-s-ssw geassosieer. By die blootgestelde Bossiespruit is die windspoed weereens die hoogste van al die meetstasies.

Soos gedurende lente- en somernagte is winde in die sektor no-ono-o ook prominent gedurende **herfsnagte** (figuur 6). Dit kom 42,9% van die tyd in die herfs voor, dus minder as in die somer, maar feitlik netsoveel as in die lente. Die blootgestelde Bossiespruit verskil effens hiervan met winde uit noordelike rigtings wat ook redelik algemeen is. By sommige meetstasies vorm ligte winde uit suidwestelike rigtings 'n sekondêre maksimum.

In vergelyking met die somer en die lente, neem relatief ligte winde (<8 km/u) in belangrikheid toe gedurende herfsnagte. Ligte winde is 20% meer algemeen gedurende herfs- as somernagte. Gevolglik is die gemiddelde windspoed veel laer gedurende herfsnagte (figuur 7). Hierdie ligte winde hou verband met die voorkoms van oppervlaktemperatuurinversies, wat 'n skerp toename gedurende herfsnagte toon.^{6,7} Onder dié omstandighede speel die lokale topografie 'n bepalende rol in die lugvloei wat voorkom. Die ligte winde uit noordoostelike en oostelike rigtings in die vallei, hou dus met onderskeidelik lokale suidwes- en weswaartse katabatiese lugvloei verband. 'n Verskeidenheid ligte winde uit ander rigtings kom ook in die vallei voor. Dit is egter nie so algemeen as die genoemde rigtings nie, en kan aan die unieke lokale omstandighede en topografie



Figuur 6: Lugvloeipatrone gedurende die verskillende seisoene.



Figuur 6 (vervolg): Lugvloeioptrone gedurende die verskillende seisoene.

van elke meetstasie toegeskryf word.

Die hoogste windspoed gedurende herfsnagte word geassosieer met winde in die sektore ono-o-oso by Langverwacht, Klubgronde en Bossiespruit, so-sso-s by Rioolwerke, en ssw-sw-wsw by Klubgronde, asook noordwinde by Langverwacht, Rioolwerke en Bossiespruit. Die sterker winde uit oostelike en noordelike rigtings kan steeds aan die effek van regionale lugdreinerig toegeskryf word. Dit geld veral vir die meer blootgestelde Bossiespruit. As gevolg van onder andere die voorkoms van temperatuurinversies, is die meetstasies in die vallei tot 'n mate van hierdie sterker winde afgeskerm. Hier kom ligte winde (<8 km/u) meer as 60% van die tyd voor.

Winter

Gedurende **winterdae** is winde in die sektor sw-w-nw die algemeenste (figuur 6). Die winde uit noordwestelike rigtings hou verband met antisiklonale toestande wat ook 'n maksimum voorkoms in die winter het. Laasgenoemde winde, en ook winde uit westelike en suidwestelike rigtings, hou verder verband met verskynsels soos koue fronte en die invloei van koue lug uit die suide (beide geassosieer met middelbreedtwestewindversteurings), wat 'n maksimum in die winter bereik (figuur 3). In die winter is die sekondêre maksimum van winde in die sektor no-ono-oso die minste opvallend. Dit is omdat tropiese oostewindversteurings feitlik gladnie in die winter voorkom nie, en dit ook selde gebeur dat die Atlantiese hoog in die winter suidoos van die kontinent inwig.^{5,15,16}

Die patroon van gemiddelde windspoed vir winterdae toon heelwat ooreenkomste met dié vir die herfs. Ligte winde (<8 km/u) kom naastenby netso dikwels gedurende winter- as herfsdae voor (gemiddeld 33% van die tyd). Die gemiddelde windspoed gedurende herfs- en winterdae verskil dus nie veel nie, en is ook laer as gedurende die lente en die somer (figuur 7). Die verskil in windspoed tussen enersyds die blootgestelde Bossiespruit en andersyds die meer beskutte vallei, is netso opvallend gedurende die winter as enige van die ander seisoene.

Die hoogste gemiddelde windspoed gedurende winterdae is ongeveer 15 km/u en word met winde in die sektor nw-enn-n, asook met suidweste-, wes-suidweste-, ooste- en oos-suidoostewinde geassosieer. Hierdie winde hou merendeels met die voorkoms van mesoskaal-weerversteurings verband. Die ligter winde, daarenteen, hou verband met die heersende antisiklonale toestande, wat ideale omstandighede vir die voorkoms van lokale winde bied. Die ligter winde uit westelike rigtings wat reeds gedurende die herfs merkbaar is, en ook gedurende winterdae voorkom, dien as voorbeeld.

Gedurende **winternagte** het oppervlaktemperatuurinversies die hoogste voorkoms van al die seisoene (meer as 90% van alle nagte), en wat ideale omstandighede vir die ontwikkeling van lokale winde bied.^{6,7,8} In 'n vallei soos dié by Secunda, behoort lugvloeioptrone gedurende winternagte dus in 'n groot mate die invloed van die lokale topografie te weerspieël. Hellingafwaartse, katabatiese lugvloei wat met winde in die sektor no-ono-o gepaardgaan, is dus algemeen. Anders as die geval met regionale lugdreinerig, is die spoed van hierdie winde nie baie hoog nie. Dit is moeilik om die patroon presies te identifiseer, aangesien regionale lugdreinerig steeds voorkom, en die effek daarvan bo-op die lokale lugvloeioptrone gesuperponeer is. Bo en behalwe winde in die sektor no-ono-o, kom daar ook 'n verskeidenheid ander relatief ligte winde in die vallei voor. 'n Voorbeeld is die hoë voorkoms van winde in die sektor sw-wsw-w by Rioolwerke. Terselfdertyd is winde in die sektor so-sso-s feitlik heeltemal afwesig by hierdie meetstasie. Hierdie tipe verskille hou met die unieke ligging en

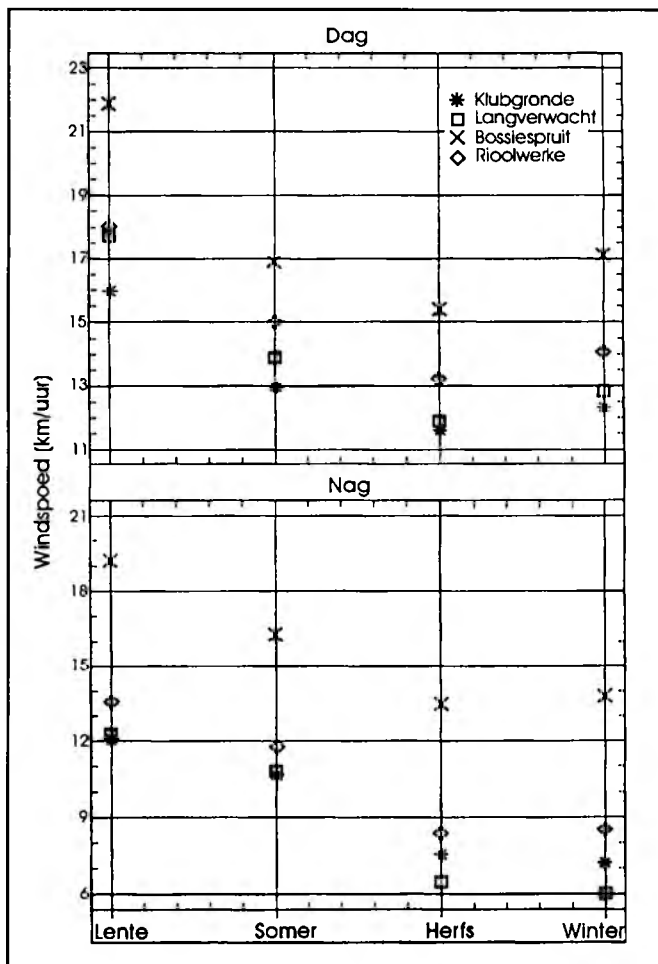
omstandighede van elke meetstasie verband.

Gedurende winternagte is die verskil tussen die blootgestelde Bossiespruit en die vallei veral opvallend. In die vallei veroorsaak temperatuurinversies dat 'n unieke lokale lugvloeioptrone ontstaan. By Bossiespruit, daarenteen, word die regionale eerder as die lokale lugsirkulasie van die vallei waargeneem. Hierdie verskille tussen die meetstasies veroorsaak dat die patroon van windrigtings met die hoogste gemiddelde spoed nie homogeen is nie. By Langverwacht, Klubgronde en Bossiespruit word winde in die sektor ono-o-oso deur 'n relatief hoë gemiddelde spoed gekenmerk, by Rioolwerke winde in die sektor oso-so-sso en by Klubgronde winde in die sektor ssw-sw-wsw. Noordwinde is redelik sterk by al die meetstasies.

BESPREKING EN GEVOLGTREKKINGS

Die resultate van hierdie ondersoek in die Secunda-omgewing dien ter aanvulling van vorige navorsing in verband met die omvang en invloed van winde van topografiese oorsprong in die oostelike Hoëveld.^{6,7,8} Voorbeelde van navorsing oor lokale winde van topografiese oorsprong in gebiede wat deur geleidelike hellings en 'n sag-golwende topografie gekenmerk word, is nie volop nie, veral nie in die Suid-Afrikaanse konteks nie.

'n Belangrike bevinding van die ondersoek in die Secunda-omgewing is dat die lugvloeioptrone in die nag by al die meetstasies deur winde in die sektor no-ono-o oorheers word. Die situasie by die meetstasies in die vlak vallei verskil egter van dié by die meer blootgestelde Bossiespruit-meetstasie. Dit is hoofsaaklik as gevolg van oppervlaktemperatuurinversies wat 'n meer direkte invloed op die lugvloei in die vallei uitoefen as



Figuur 7: Seisoensgemiddeldes van windspoed.

wat by die hoër liggende Bossiespruit die geval is.

By Bossiespruit is sterker winde in die nag meer algemeen as in die vallei. Hier is dit ook nie slegs winde in die sektor no-ono-o wat dominant is nie, maar ook winde in die sektor nnw-n-ono. Dit is omdat die regionale lugdreinerings vanaf die eskarp in die ooste en ook in die Vaalrivierkom die mees direkte impak op Bossiespruit het. Daarenteen kan die relatief ligter winde wat algemeen in die nag in die vallei voorkom, in 'n groter mate aan lokale katabatiese lugvloei as aan regionale lugdreinerings toegeskryf word. Die sterker winde in die sektor nnw-no-o wat in die vallei waargeneem word, kan wel aan die effek van regionale lugdreinerings toegeskryf word.

Hierdie lugvloecipatrone ondersteun nie slegs vorige navorsingsbevindings in verband met die prominensie van winde in die sektor no-ono-o in die nag in die oostelike Hoëveld nie, maar vul dit ook aan.^{6,7,8} Die patrone vir Bossiespruit bevestig 'n vorige bevinding dat winde uit noordelike rigtings in die nag meer algemeen in die suide as in die res van die oostelike Hoëveld is. Dit geld egter nie vir die meer beskutte meetstasies in die vallei nie, wat in 'n mate teen regionale invloede beskut is. Die enkele kere wat winde uit noordelike rigtings wel in die vallei voorkom, is die spoed daarvan redelik hoog - 'n aanduiding dat dit aan sterk regionale lugdreinerings in die Vaalrivierkom toegeskryf kan word.

Vorige navorsing in verband met lugvloecipatrone in die oostelike Hoëveld is gebaseer op data vir 'n relatief klein aantal meetstasies wat ver uitmekaar oor die hele gebied versprei is. Vanweë die groot wisseling in omstandighede van plek tot plek, was dit dus moeilik om die effek van die lokale- tot regionaleskaal-topografie op lugvloecipatrone in die algemeen te karakteriseer. In die geval van die Secunda-onderzoek, met winddata wat beskikbaar is vir vier meetstasies relatief na aan mekaar, is dit makliker om die lokale en regionale invloede op die lugvloecipatrone te identifiseer en sodoende 'n algemene beeld van die situasie te vorm.

Gedurende die **dag** is winde in die sektor wsw-wnw-wnw dominant. Oostewinde, en by party meetstasies ook noordooste en oos-noordoostewinde, vorm sekondêre maksima. Die belangrikste regulator van hierdie winde is die mesoskaal sinoptiese toestande. Die oorsprong van die relatief ligte winde wat redelik dikwels gedurende die dag in die sektor wsw-wnw voorkom, kan wel aan topografiese invloede gekoppel word. Dit word geassosieer met sowel die vallei-op wind langs die wes-oos strekkende hoofas van die vlak vallei, as die regionale vlakke-bergwind in die rigting van die eskarpement in die ooste.

By Langverwacht, Rioolwerke en Bossiespruit word winde met die hoogste spoed gedurende die dag geassosieer met sowel die sektor nw-wnw-n, as die sektor o-oso-so. By Klubgronde, met 'n beskutte ligging teen die geleidelike hang van die vlak vallei, is dit winde in die sektore sw-w-nw en ono-o-oso wat die hoogste spoed het. Soos in die nag is die gemiddelde windspoed by Bossiespruit ook in die dag heelwat hoër as wat die geval in die meer beskutte vallei is.

Hierdie lugvloecipatrone vir die Secunda-omgewing in die dag, stem in breë trekke met vorige navorsingsbevindings vir die oostelike Hoëveld ooreen.^{6,7,8} 'n Vorige gevolgtrekking, naamlik dat winde in die sektor ssw-sw-wsw meer algemeen in die suide as die meer noordelike dele van die oostelike Hoëveld is, is bevestig. Die gemiddelde voorkoms van hierdie rigtinggroep is 18% in die Secunda-omgewing, teenoor 14,6% in dié deel van die oostelike Hoëveld ten noorde van die lyn Leslic-Kinross-Davel. 'n Verklaring hiervoor is dat die suidelike dele van die oostelike Hoëveld effens meer as die noordelike dele deur winde uit suidwestelike rigtings (wat met middel-

breedteversteurings gepaardgaan) beïnvloed word.

In samehang met die seisoenale variasies in sinoptiese toestande is daar 'n aansienlike mate van **seisoenale variasie** in die lugvloecipatrone wat in die Secunda-omgewing in die dag voorkom. Hoewel hierdie bevinding in pas is met wat voorheen vir die res van die oostelike Hoëveld bevind is,^{6,7,8} vertoon die seisoenale lugvloecipatrone vir die Secunda-omgewing tog sekere unieke kenmerke.

Sinoptiese toestande oefen gedurende al die seisoene 'n sterk invloed op lugvloecipatrone in die **dag** in die Secunda-omgewing uit. Die prominensie van winde in die sektor wnw-nw-wnw gedurende al die seisoene is die gevolg van die antisiklonale sirkulasie wat reg deur die jaar die lugvloei in die oostelike Hoëveld domineer. Gedurende die herfs en die winter, namate die voorkomingsfrekwensie van middelbreedte westewindgolwe, koue fronte en invloei van koue lug uit die suide groter word, neem winde in die sektor sw-wsw-w in belangrikheid toe. Tropiese oostewindversteurings bereik 'n maksimum in die somer, en verklaar die hoër voorkoms van winde uit noord-oostelike rigtings gedurende hierdie seisoen. Die Atlantiese hoog wat suidoos van die kontinent inwig, gee tot redelik sterk winde in die sektor o-oso-so in die Secunda-omgewing aanleiding. Hierdie winde is veral prominent in die lente en somer, wanneer die voorkomingsfrekwensie van hierdie sinoptiese verskynsel die hoogste is.

Gedurende herfs- en winterdae, wanneer mooiweer antisiklonale toestande en gevolglik ook atmosferiese stabiliteit die sterkste van al die seisoene ontwikkel is, kom die effek van lokale winde van topografiese oorsprong die duidelikste na vore. Dit neem die vorm van ligte winde uit die weste aan, en is die uitvloeisel van sowel 'n vallei-op wind langs die oos-wes-strekkende hoofas van die vlak Secunda-vallei, as 'n regionale, hellingopwaartse vlakke-bergwind na die eskarpement in die ooste. Dieselfde tipe verskynsel word ook elders in die oostelike Hoëveld waargeneem.^{6,7,8}

In ooreenstemming met die seisoenale variasie in sinoptiese toestande, is die windspoed in die dag die hoogste in die lente, tweede hoogste in die somer, en laer in die herfs en winter. Die verskil in windspoed tussen die blootgestelde Bossiespruit en die beskutte meetstasies in die Secunda-vallei word gedurende al die seisoene gehandhaaf.

In vergelyking met toestande in die dag, wanneer redelik groot variasies in die lugvloecipatrone tussen die verskillende seisoene voorkom, is toestande in die **nag** meer homogeen. In die nag is winde in die sektor no-ono-o prominent gedurende al die seisoene. Die sterker winde in hierdie sektor is veral opvallend in die lente en somer (wanneer sterk oppervlakt-temperatuurinversies skaarser is), en hou met regionale lugdreinerings verband. Die swakker winde in hierdie sektor is veral prominent gedurende die herfs en winter (wanneer sterk oppervlakt-temperatuurinversies feitlik elke nag voorkom) en hou met katabatiese lugvloei in die vlak Secunda-vallei verband. Hierdie bevindings oor lokale en regionale lugdreinerings in die suidelike dele van die oostelike Hoëveld dien ter aanvulling van vroeër bevindings in dié verband, gebaseer op data wat oor korter tydperke ingesamel is.^{6,7,8}

Die ligte winde wat redelik opvallend in die vallei gedurende herfs- en winternagte is, kom nie tot dieselfde mate by Bossiespruit voor nie. Weens sy blootgestelde ligging word Bossiespruit in 'n minder mate deur ligte lokale winde, en meer deur sterker regionale winde in die nag beïnvloed. Dit geld nie slegs vir die weswaartse dreinerings van lug vanaf die eskarpement in die ooste nie, maar ook vir die suidwaartse dreinerings van lug in die Vaalrivierkom. Dit verklaar die relatief hoë voorkoms van winde uit noordelike rigtings by Bossiespruit.

Die stabiele atmosferiese toestande wat in die nag in die vlak vallei by Secunda heers, word met 'n unieke lugvloei patroon geassosieer. Weens die besonder lae spoed van die winde, en die feit dat die lokale omstandighede by elke meetstasie verskil, kom 'n groot verskeidenheid windrigtings voor. Ten spyte hiervan bly die oorheersende patroon steeds een van winde in die sektor no-ono-o.

Hoewel die windspoed merkbaar laer in die nag as in die dag is, geld soortgelyk aan die dag dat die windspoed die hoogste gedurende lentedagte is, tweede hoogste gedurende somernagte en die laagste gedurende herfs- en winternagte. Die patroon van 'n hoër gemiddelde windspoed vir Bossiespruit as vir die meetstasies in die vallei word deur al die seisoene gehandhaaf.

'n Ondersoek na die standhoudendheid van hierdie lugvloei patrone vir die Secunda-omgewing toon dat die variasies wat met tydverloop waargeneem kan word, nie statisties beduidend is nie. Daar kan dus aanvaar word dat die variasie wat waargeneem word deel van die normale veranderlikheid van weerpatrone uitmaak. Hierdie bevinding is soortgelyk aan wat vir die res van die oostelike Hoëveld in 'n vorige studie oor lugvloei- en besoedelingspatrone bevind is.⁷

SUMMARY

This article contains the results of an analysis of the surface air flow in and around a shallow valley on the eastern Highveld of Mpumalanga. The valley is located directly south of Secunda, and its significance is due to the fact that it is the site for the SASOL 2 and 3 complexes. The aim of the study was to identify the regulators of the surface air-flow in this area and, following from this, to determine to what extent the local scale circulation (specifically topographically induced winds) features in the long-term air-flow pattern. This article has links with previous research on air-flow in general, and the occurrence of local winds of topographical origin in the eastern Highveld in particular.^{6,7,8} This previous research drew attention to, *inter alia*, a shallow nocturnal easterly wind which develops over the subdued topography that lies between the Drakensberg escarpment to the east and the Highveld to the west.

This analysis is based on wind data recorded by Sasol over a period of nine years at four sites in the vicinity of Secunda as part of an environmental monitoring programme. Three of the sites (Langverwacht, Rioolwerke & Klubgronde) are located in a shallow valley to the south of Secunda, while the fourth (Bossiespruit) has a higher, more exposed location. Measurements were conducted on a continuous basis with Lambrecht anemometers at a height of 10 metres above ground level. The wind charts were digitized by the Atmospheric Sciences Division of the CSIR, and then stored in electronic format on the CSIR's CDC mainframe. The data were analysed with the same software that was used in previous studies of this kind.^{6,7}

The analysis of the long-term air-flow pattern revealed a **nocturnal** easterly air flow in the Secunda area, with characteristics very similar to those previously observed in the eastern Highveld.^{6,7,8} Some differences were found between the sites located in the valley and the high-lying, more exposed site. This is due to the fact that intense stable conditions (including surface temperature inversions), create conditions in the valley that differ greatly from those at the more exposed site. Consequently, wind speeds at night are much higher at the exposed site, where not only relatively strong easterly winds, but also strong northerly winds are common. The easterly winds can be ascribed to air drainage from the escarpment, while the northerly winds are the result of air drainage to the south in the Vaal River basin. While the stronger easterly winds at the sites in the valley can

also be ascribed to regional air drainage, the lighter easterly winds at these sites can be ascribed to local katabatic flow in the valley itself. Sheltering effects also cause northerly winds to be very rare at the valley sites, although strong northerlies sometimes do occur.

During **daytime** the mesoscale circulation dominates the surface air flow in the study area. The long-term air-flow pattern reveals that west-southwesterly, westerly to north-northwesterly winds frequently occur at most sites, while easterly winds and, at some sites, northeasterly and east-northeasterly winds also occur relatively frequently. Due to the fact that these winds are mostly of synoptic origin, air flow of topographic origin tends to become less visible, especially in the long run. However, the relatively light westerlies which are fairly common during daytime, are related to the topography, being the daytime equivalent (but in the opposite direction) of the nocturnal easterly flow.

Despite the dominance of anticyclonic conditions throughout the year, some **seasonal variation** in the prevailing wind directions in the study area during daytime are apparent. During the winter months, winds in the sector southwest, west-southwest to west occur more frequently. This relates to the increased occurrence of midlatitude westerly waves with accompanying phenomena such as cold fronts and cold snaps. During summer tropical easterly disturbances reach a maximum, which causes an increase in the occurrence of winds from northeasterly directions. Strong easterly, east-southeasterly to southeasterly winds are related to the Atlantic high which ridges in to the southeast of the continent. This phenomenon peaks during spring and summer. During autumn and winter days, when daytime stability is best developed and wind speeds are lowest, the effect of local westerly winds of topographical origin becomes visible in the long-term air-flow pattern. This phenomenon has also been observed elsewhere in the eastern Highveld.^{6,7,8}

Although the night-time weather regime is characterised by stable conditions during all seasons, the intensity of the stability increases as the seasons progress towards winter. However, winds in the sector northeast, east-northeast to east dominate the night-time air-flow during all seasons. The stronger winds in this sector are of particular relevance in spring and summer, and can be ascribed to the effect of regional air drainage from the escarpment in the east. The lighter winds in this sector are, however, of particular relevance at the sites in the valley, specifically during the more stable autumn and winter nights. They are the manifestation of local katabatic flow in the shallow valley.

It can be concluded that the higher-lying site is exposed to a much greater extent to regional air drainage than the more sheltered sites. This is particularly true for autumn and winter nights, when strong temperature inversions occur which influence the valley sites to the greatest extent. A unique air-flow pattern therefore develops in the valley, which is characterised by local winds and the occurrence of regional air drainage.

The findings of this study not only support those of previous studies in the eastern Highveld^{6,7,8}, but also provide additional detailed information on air-flow patterns, including the occurrence of winds of topographical origin in this region. The patterns obtained were tested for persistence, and it was found that the variability which can be observed forms part of the normal variability of air-flow patterns, especially those associated with local winds.

ERKENNINGS

Die outeur bedank SASOL vir die beskikbaarstelling van die winddata en die toestemming verleen om hierdie werk te mag publiseer. Dank gaan ook aan die WNNR vir die gebruikmaking

van hul rekenaarfasieliteit. 'n Opregte woord van dank aan Laura Steyn van die Departement Geografie en Omgewingstudie (Unisa) en Helena Ferreira (ook voorheen van laasgenoemde departement) vir die hulp wat hulle met die samestelling van die figure en diagramme verleen het.

LITERATUURVERWYSINGS

1. Tyson, P.D. (1968). Local winds in a Drakensberg valley, *S.A. Geographical J.*, **50**, 15 - 32.
2. Tyson, P.D., Preston-Whyte, R.A. (1972). Observations of regional topographically-induced wind systems in Natal, *J. of App. Meteorology*, **11**, 643 - 650.
3. Tyson, P.D., Seely, K.M. (1980). Local winds over the central Namib, *S.A. Geographical J.*, **62**, 135 - 150.
4. Preston-Whyte, R.A., Diab, R.D., Sokolic, F. (1994). Thermotopographically induced winds over the Etosha pan, *S.A. Geographical J.*, **76**, 59 - 62.
5. Preston-Whyte, R.A., Tyson, P.D. (1988). *The atmosphere and weather of Southern Africa* (Oxford:Cape Town).
6. Von Gogh, R.G., Langenberg, H., Brassel, K.M., Danford, I.R. (1982). *Dispersion climatology and characteristics of sulphur dioxide pollution in the Eastern Transvaal Highveld*, Report ATMOS/82/3 (Atmospheric Sciences Division, NPRL, CSIR: Pretoria).
7. Pretorius, R.W., Auret, I., Held, G., Brassel, K.M., Danford, I.R., Waldic, D.D. (1986). *The climatology of the boundary layer over the Eastern Transvaal Highveld and its impact on sulphur dioxide concentrations at ground level*, Report ATMOS/18/16 (Atmospheric Sciences Division, NPRL, CSIR: Pretoria).
8. Tyson, P.D., Kruger, F.J., Louw, C.W. (1988). *Atmospheric pollution and its implications in the Eastern Transvaal Highveld*, South African National Scientific Programmes Report No. 150 (Foundation for Research Development, CSIR: Pretoria).
9. Suid-Afrika. (1982). *Trichardt-Evander-Kinross-Secunda ontwerpplan* (Kantoor van die Eerste Minister, Tak Fisiese Beplanning:Pretoria).
10. Taljaard, J.J. (1981). Upper-air circulation, temperature and humidity over southern Africa, *S.A. Weather Bureau Tech. Paper No.10*.
11. Tyson, P.D., Diab, R.D., Preston-Whyte, R.A. (1976). Towards an inversion climatology of Southern Africa: part I, surface inversions, *S.A. Geographical J.*, **58**, 151 - 163.
12. Preston-Whyte, R.A., Diab, R.D., Tyson, P.D. (1977). Towards an inversion climatology of Southern Africa: part II, non-surface inversions in the lower atmosphere, *S.A. Geographical J.*, **59**, 47 - 59.
13. Lengoasa, J.R. (1991). Surface temperature fields and circulation variations over Southern Africa, *S.A. Geographical J.*, **73**, 41 - 47.
14. Crisp, P.T., Archibold, O.W., Crisp, E.A. (1984). The use of wind direction data to predict pollution dispersal around the Port Kembla industrial area, New South Wales, *Australian Geographical Studies*, **22**, 243 - 260.
15. Vowinckel, E. (1956). 'Ein Beitrag zur witterungsklimatologie des suedlichen Mozambiquekanals', *Miscelanea Geofisica Publicada Pelo Servico Meteorologico de Angola em Comemoracao do X Aniversario do Servico Meteorologico Nacional*, Luanda, 63-86.
16. Taljaard, J.J. (1982). Cut-off lows and heavy rain over the Republic, *S.A. Weather Bureau Newsletter*, No. **403**, 155-156.