

Hydrological and hydrochemical system analysis of Ob valley mires (Western Siberia)

Hydrologische en hydrochemische systeemanalyse van venen langs de Ob (West-Siberië)

Sander Loos & Aafke Schipper

Begeleiding: Dr. W. Bleuten

Utrecht University, Department of Physical Geography

P.O.Box 80.115, Heidelberglaan 2, 3508 TC Utrecht

E-mail: sanderloos@hotmail.com, aafkeschipper@hotmail.com

Summary

The floristic composition and hence the biological diversity of mire ecosystems is largely dependent on their hydrological and hydro-chemical characteristics. To gain insight in the hydrology and hydro-chemistry of Ob valley mires, a representative transect with a length of 3.5 km from the terrace plateau bordering the mires to the Ob River was chosen as a study site. To reveal the groundwater flow patterns and the water balance of the study site, a steady-state numerical groundwater model was created in MODFLOW. The model was calibrated using hydraulic heads measured during summer of 2002. Hydrochemical characteristics of the site were investigated based on the composition of several hundreds of mire water samples, acquired by frequent sampling at 9 sampling locations. Cluster analysis was executed for all mire water samples in order to obtain a classification in more or less homogenous groups. Subsequently, to reveal relations between hydrological and hydro-chemical characteristics of the mire, the distribution of the resulting water types was compared with the groundwater flow patterns discerned. The MODFLOW results showed that on a yearly average basis the mire is characterized by a constant influx of groundwater from the terrace plateau. This flux is about 2.5 times larger than the supply of net precipitation to the mire. Seepage of groundwater into the mire occurs most pronounced next to the terrace plateau. Groundwater seeping at increasing distance from the plateau originates from larger depth. Within the mire body horizontal groundwater flow is negligible compared to vertical flow. Seeped water, supplemented by a net precipitation flux, flows over the mire surface in the direction of the Ob River. At a distance of approximately 1.5 km from the terrace plateau re-infiltration takes place due to the presence of vegetation ridges, which obstruct water flow. Analysis results of the water samples revealed that for the summer of 2002 spatial patterns in mire water composition are much more distinct than temporal fluctuations. This can be ascribed to the large groundwater supply, of which flux and composition are relatively independent of meteorological conditions. Cluster analysis resulted in the distinction of four mire water types. The chemical composition of type 1 is characterized by the diluting influence of precipitation; it was found only at the mire surface. Type 2 shows a typical groundwater composition, characterized by high concentrations of dissolved minerals. It appeared to be abundant both in the mire groundwater and at its surface. Water type 3 is rich in NH_4^+ ; it was found in the mire groundwater in a zone bordering the Ob River. Water type 4

resembles type 2, but contains higher amounts of HCO_3^- , Cl^- , Na^+ and Si. It was found at those sampling locations where groundwater seepage originates from largest depth.

Inleiding

Vandaag de dag zijn vrijwel alle nog bestaande veengebieden in West-Europa aangetast en worden ze in hun voortbestaan bedreigd door menselijke invloeden als kunstmatige drainage, vervuiling, verzuring en eutrofiëring. Om verdere achteruitgang tegen te kunnen gaan is het van belang het inzicht te vergroten in de hydro-ecologie van natuurlijke, nog onverstoorde veensystemen. Hiertoe is door de universiteiten van Utrecht, Tomsk (Rusland) en Greifswald (Duitsland) een multidisciplinair onderzoek opgezet naar de karakteristieken van de veensystemen in de riviervallei van de Ob in West-Siberië, op een onderzoekslocatie ongeveer 60 kilometer ten westen van Tomsk. Dit artikel presenteert de resultaten van een hydrologische en hydro-chemische systeemanalyse van het gebied, die binnen dat kader zijn uitgevoerd als afstudeeronderzoek bij het departement Fysische Geografie van de Universiteit Utrecht.

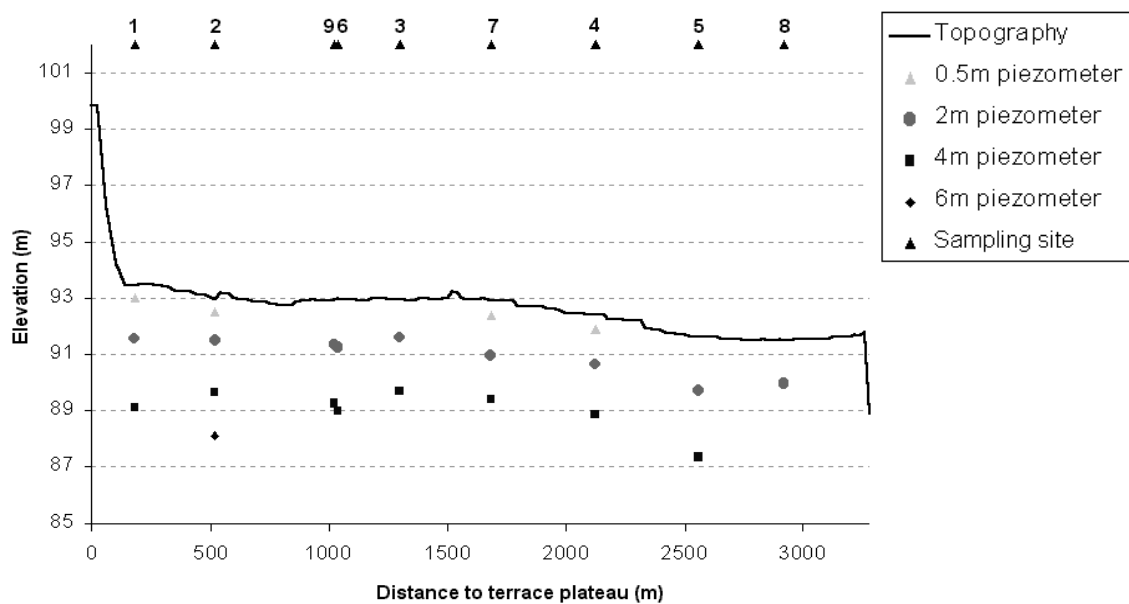
Om tot een goede analyse van de hydrologische en hydrochemische karakteristieken van het gebied te komen zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- Hoe zien de grondwaterstromingspatronen en de waterbalans voor het gebied eruit?
- Welke temporele en ruimtelijke variatie is aanwezig in watersamenstelling?
- Zijn er relaties te vinden tussen hydrologische en hydrochemische karakteristieken?

Methoden

Om stromingspatronen bloot te leggen en de waterbalans van het studiegebied op te stellen, is gebruik gemaakt van een steady-state numeriek grondwatermodel in MODFLOW, dat is gecalibreerd op gemeten stijghoogten. Ruimtelijke en temporele variatie in watersamenstelling zijn geïnventariseerd door middel van grafische weergave van de analyseresultaten van enkele honderden watermonsters. Vervolgens is een clusteranalyse uitgevoerd om de monsters te classificeren in verschillende watertypen. Om eventuele relaties tussen hydrologie en hydrochemie bloot te leggen zijn de grondwaterstromingspatronen vergeleken met de ruimtelijke verdeling van de verschillende watertypen.

Voor het verkrijgen van de benodigde gegevens is in het studiegebied een meetnetwerk aangelegd in de vorm van een 3.5 km lang transect tussen de Ob en het terrasplateau aan de rand van de Ob vallei. Binnen dit transect zijn met regelmatige tussenafstand 9 meetlocaties gekozen waar piezometers met filters op verschillende diepte zijn geplaatst (figuur 1). Tussen 1 juni en 25 augustus 2002 zijn deze locaties elke twee weken bezocht voor het bepalen van de stijghoogten op diverse dieptes in het veen en aan het veenoppervlak, het meten van de netto neerslag en het nemen van watermonsters. pH, EC en alkaliteit zijn voor elk monster ter plaatse bepaald. Vervolgens zijn de monsters aangezuurd en bewaard, om na afloop van de totale meetperiode te kunnen worden geanalyseerd met ICP (Inductively Coupled Plasma techniek) en AA (Auto Analyzer).

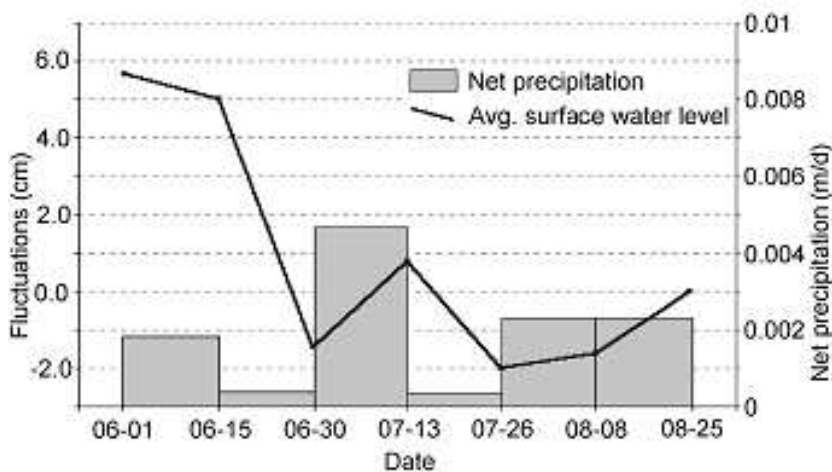


Figuur 1: Schematische weergave van het meetnetwerk

Resultaten

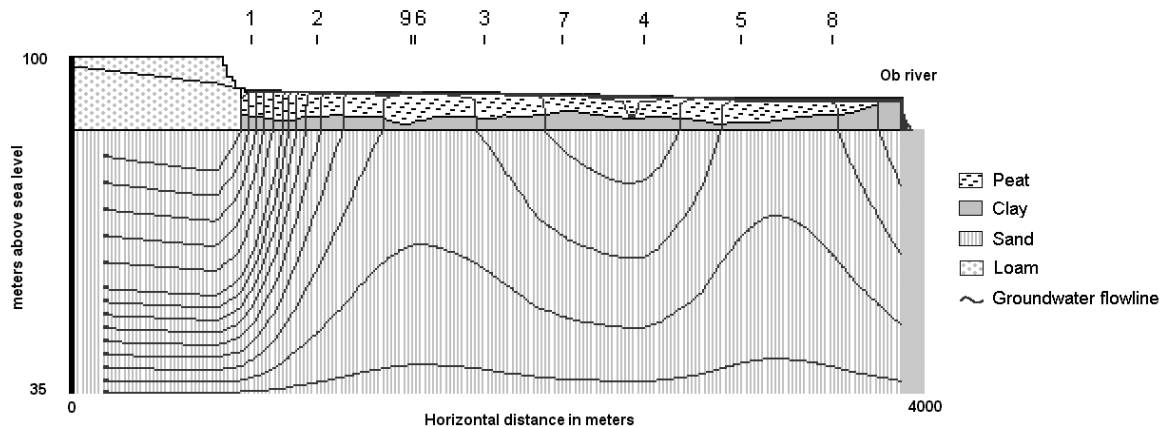
Hydrologie

Uit de metingen van de waterstanden aan het veenoppervlak is gebleken dat optredende fluctuaties goed correleren met veranderingen in netto neerslag (figuur 2). Hoge waterstanden die geobserveerd zijn in het voorjaar, aan het begin van de veldperiode, worden veroorzaakt door het smelten van neerslag die in de winter (in bevroren toestand) in het gebied accumuleert. De resultaten van het steady-state model laten zien dat het studiegebied op jaargemiddelde basis wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een netto kwelstroom die ongeveer 2.5 keer zo groot is als de jaarlijkse hoeveelheid netto neerslag in het gebied. De kwelflux kent de grootste omvang in de nabijheid van de terrasrand; grondwater dat opkwelt op grotere afstand van de terrasrand is afkomstig van grotere diepte (figuur 3).



Figuur 2: Gemiddelde waterstands-fluctuatie over alle meetlocaties t.o.v. 08-25

Binnen het veenpakket is grondwaterstroming in horizontale richting verwaarloosbaar ten opzichte van verticale stroming. Over het veenoppervlak vindt stroming plaats in de richting van de Ob, waarbij het gaat om opgekamd water aangevuld door netto neerslag. Op ongeveer 1.5 km vanaf de terrasrand bevindt zich een infiltratiezone. De aanwezigheid van deze zone kan worden verklaard door het bestaan van ruggen met relatief hoge begroeiing, waardoor stroomopwaartse opstuwing van het water plaatsvindt.



Figuur 3: Grondwaterstromingspatroon in het studiegebied volgens MODFLOW berekeningen

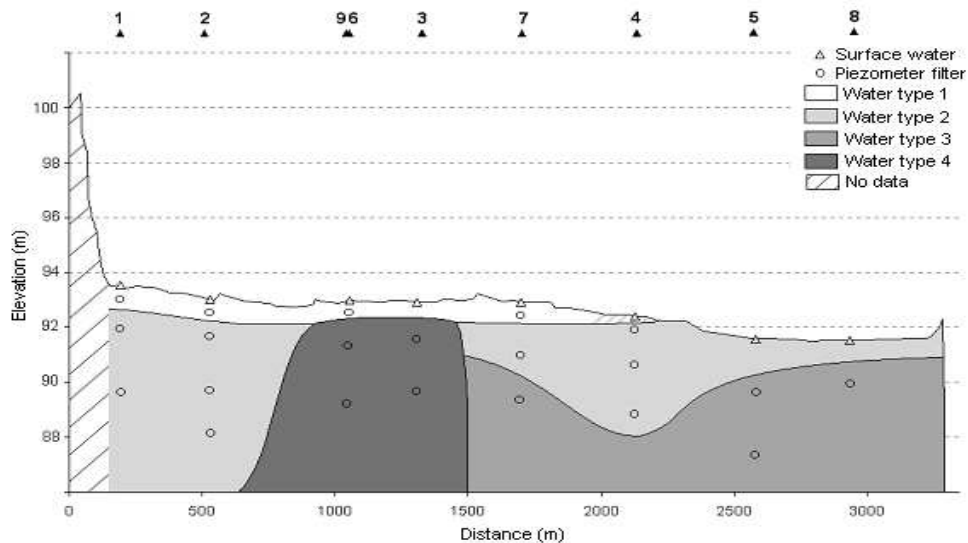
Hydrochemie

Uit de analysesresultaten van de watermonsters is gebleken dat de temporele fluctuaties in watersamenstelling gedurende de meetperiode gering zijn in vergelijking met de ruimtelijke variatie binnen het onderzoeksgebied. De afwezigheid van aanzienlijke temporele variatie kan worden verklaard door de grote grondwaterflux, die relatief weinig wordt beïnvloed door meteorologische omstandigheden. Het uitvoeren van een clusteranalyse heeft vier watertypen opgeleverd. De karakteristieken van deze watertypen zijn weergegeven in tabel 1; figuur 4 geeft de ruimtelijke verdeling van de watertypen over het onderzoeksgebied weer.

Type 1 wordt voor de meeste ionen gekenmerkt door lagere concentraties dan de overige watertypen, resulterend in een relatief lage EC. Dit watertype bevindt zich uitsluitend aan het veenoppervlak. Watertype 2 kent een typische grondwatersamenstelling met relatief hoge concentraties opgeloste mineralen. Uit figuur 4 blijkt dat dit watertype in het gebied het meest voorkomt, zowel in het veenpakket als aan het oppervlak. Ook type 3 wordt gekenmerkt door een grondwatersamenstelling; daarnaast is met name de relatief hoge concentratie NH_4^+ opvallend. Water type 4 is vergelijkbaar met type 2, maar bevat hogere concentraties HCO_3^- , Cl^- , Na^+ en Si.

Tabel 1 Karakteristieken van verschillende watertypen (gemiddelde waarden, ionen in mg/l)

Type	EC	pH	HCO_3^-	Ca^{2+}	Cl^-	Fe	K^+	Mg^{2+}	Mn	Na^+	NH_4^+	NO_3^-	PO_4^{3-}	Si
1	545	6.98	359	79.2	2.0	5.7	1.2	14.5	0.4	10.6	0.5	1.2	1.6	8.3
2	688	7.13	483	105.9	1.0	4.6	1.5	20.2	0.8	8.5	0.5	1.2	0.8	10.7
3	705	6.72	461	89.0	1.4	6.3	1.7	24.3	1.0	10.3	3.7	1.1	1.2	11.2
4	829	6.90	569	102.4	6.4	2.6	1.8	19.8	0.4	45.4	1.8	1.1	0.6	15.6



Figuur 4: Ruimtelijke verdeling van watertypen

Discussie: relaties tussen hydrologie en hydrochemie

Wanneer de verspreiding van watertypes (figuur 4) in verband wordt gebracht met het grondwaterstromingspatroon (figuur 3), valt op dat type 4 te vinden is daar waar grondwater opkwelt afkomstig van de grootste diepte. De relatief hoge concentraties HCO_3^- , Cl^- , Na^+ en Si kunnen tegen die achtergrond verklaard worden door ofwel een relatief lange verblijftijd van het grondwater ofwel de aanwezigheid van bepaalde mineraalrijke afzettingen in het herkomstgebied. Type 1, dat uitsluitend aan het veenoppervlak voorkomt, wordt gekenmerkt door relatief lage concentraties die toegeschreven kunnen worden aan de verdunnende invloed van neerslag. De relatief hoge NH_4^+ concentraties van type 3 zijn mogelijk veroorzaakt door overstromingen door de Ob, die in het verleden zijn voorgekomen. De verdeling van watertypes in het studiegebied kan derhalve goed verklaard worden vanuit de hydrologische karakteristieken.

Literatuur

Loos S. & Schipper A., 2003. Hydrological and hydrochemical system analysis of the Ob valley mires. Department of Physical Geography, University of Utrecht, 50p.