

De geologie van Polen

door dr. R.H.B. Fraaye
en drs. W.C.P. de Vries

De Poolse landschappen

Het Poolse landschap vormt de overgang tussen het kleinschalige, afwisselende landschap van Centraal-Europa en de onafzienbare vlakten van Oost-Europa, die zich uitstrekken tot ver in Azië. Het vlakke land overheerst in Polen: meer dan de helft van het oppervlak van geheel Polen ligt lager dan 150 meter boven zeeniveau, 90% van het oppervlak ligt onder de 300 meter en slechts een goede 3% vormt heuvelland tot bergland met hoogten boven de 500 meter. Het berggebied langs de grens met Slowakije, de Karpaten, is een stukje van de Alpiene gebergte-gordel.

Langs de kusten van de Baltische Zee ligt **de kustvlakte**, die slechts enkele meters boven zeeniveau ligt tot zelfs, in het delta-gebied van de Wisla, gemiddeld 1,8 meter onder zeeniveau. De kust is zeer vlak, voornamelijk zandig met duinen, en er zijn grote moerasgebieden. Op enkele plaatsen, waar dikke keileemlagen voorkomen, zijn er kustkliffen gevormd. Karakteristiek voor de Oostzeekust zijn de lange, smalle zandruggen die grote strandlagunes afsluiten, de *haffen*. Zie afb. 1.

Ten zuiden van de kustvlakte vinden we **de merengordel**, waarvan de gemiddelde hoogte varieert van 100 tot 300 meter. Dit landschap werd gevormd in de laatste glaciële periode van de

IJstijd; de ijsskap liet een golvend morenelandschap achter. Rond de morenewallen ontstonden zandige vlakten doordat smeltwater het zand uit de morene-afzettingen uitspoelde. De depressies in het land werden gevuld met water, het werden meren en uitgestrekte moerassen. Dit gebied van de Poolse Laagvlakte is wat betreft de vegetatie het meest interessant.

Aansluitend aan het merengebied volgt de zone van **de grote rivierdalen**, het gedeelte van de Centrale Laagvlakte waar de grote rivieren stromen in (nu veelal véél te) brede valleien. Deze werden in de nadagen van de IJstijd aangelegd door de grote stromen smeltwater. Het landschap is vlak golvend tot plateau-achtig, veelal zijn de duingebieden de enige karakteristieke topografische elementen. Het gebied bestaat voornamelijk uit glaciële sedimenten (keileem of morenes) en fluvio-glaciële afzettingen (de zandvlakten). Qua vegetatie is dit het minst interessante gedeelte van het land.

Dan volgt het gebied van de hoge plateaus en de hooglanden, ofwel **het Poolse Heuvelland**, gelegen boven de 200 meter hoogte. Hier vinden we kalkplateaus met Mesozoïsche gesteenten, deels bedekt met löss, deels door een vrij dunne en niet aansluitende bedekking met keileemafzettingen; daarnaast komen oudere, geplooidde Paleozoïsche gesteenten aan

de oppervlakte. Dit is onder meer het geval in het Heilig Kruis Gebergte (Gory Swietokrzyskie). Het gebied wordt in het zuiden afgesloten door **de Karpaten**. Tussen de zone van de opwelvingen van het plateaugebied en de Karpaten vinden we de zogenoemde **Voor-Karpatische depressie**. Dit is een langgerekte, oost-west lopende strook die, waarschijnlijk onder invloed van het zich vormende, oprijzende Karpatengebergte, in de loop van het Tertiair is gedaald. Deze dalende strook werd ingenomen door de zee, op de bodem werden Tertiaire sedimenten afgezet. In de loop van de tijd werd de zeearm opgevuld en verlandde hij. De vegetatie van deze gebieden vertoont de grootste variatie, anderzijds is hier door cultivatie ook het meeste vernietigd. De gebergteflora van de Karpaten is van groot belang omdat hier een aantal endemische soorten voorkomen die reeds in het Tertiair bestonden. Deze hebben zich gedurende de IJstijd kunnen handhaven.



Afb. 1. Overzichtkaart van Polen met de landschappen.

ERA	PERIODE	TIJDVAK	ETAGE	POLEN
CENOZOICUM	KWARTAIR	HOLOCEEN PLEISTOCEEN		Alluvium Glaciale afzettingen
	1,7			
CENOZOICUM	TERTIAIR		PLIOCEEN MIOCEEN OLIGOCIEEN EOCEEN PALEOCIEEN DANIEN	Voor-Karpatische Depressie; Nida gips Plooiing Karpaten; opheffing Heilig Kruis Geb.
	65			
MESOZOICUM	KRIJKT	BOVEN-KRIJKT	MAASTRICHTIEN CAMPANIEN SANTONIEN CONIACIEN TURONIEN CENOMANIEN	Groeven in het dal van de Wisla
		ONDER-KRIJKT	APTIEN BARREMIEN HAUTERIVIEN VALANGINIEN BERIASIEN	
	JURA	MALM	PURBECKIEN PORTLANDIEN KIMMERIDGIEN OXFORDIEN CALLOVIEN	Malogoszcz
		DOGGER	BATHONIEN BAJOCIEN AALENIEN	
210	LIAS			
TRIAS		KEUPER MUSCHELKALK BUNTSANDSTEIN	Wolica	
PALEOZOICUM	PERM		ZECHSTEIN ROTLIEGENDES	Rand Heilig Kruis Gebergte
	290			
	CARBOON		STEFANIEN WESTPHALIEN NAMURIEN VISEEN TOURNASIEN	
	360		FAMENNIEN FRASNIEN GIVETIEN COUVINIEN EMSIEN SIEGENTIEN GEDINIEN	Hercynisch geplooid gesteenten in het Heilig Kruis Gebergte
	DEVOON			
	410			
SILUUR				
440				
ORDOVICIUM				
500				
CAMBRIUM				
590				
PRECAMBRIUM				

Afb. 2. Geologische tijdschaal met enkele gebeurtenissen in Polen.

Een geheugensteuntje voor de geologische periodes en etages is de geologische tijdschaal in afb. 2. Een geologische kaart is te vinden op de achterkant van het Gea-omslag. Deze geeft de formaties ouder dan het Tertiair weer.

De geologische eenheden

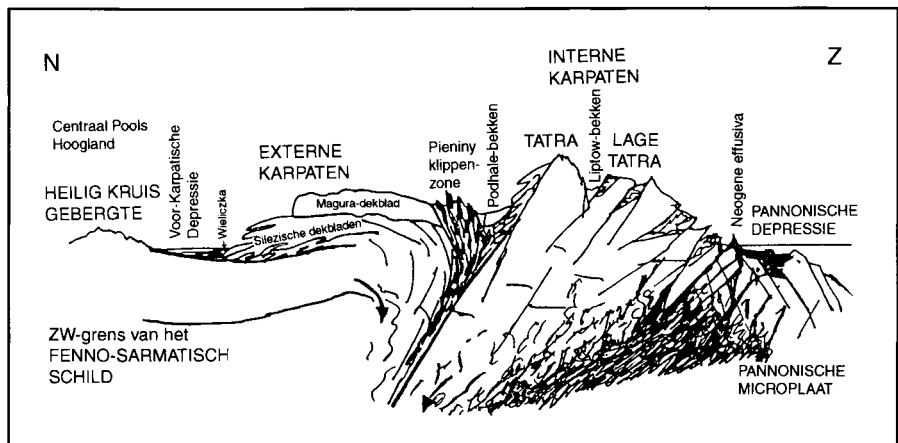
We kunnen Polen in een viertal grootschalige geologische eenheden indelen:

1. Het Karpaten-blok

Dit is het Alpiene deel van Polen, het gebergte dat in het Tertiair werd gevormd als onderdeel van de Alpiene gebergtegordels op aarde. De Alpiene gebergtegordel ligt langs de Poolse zuidgrens en is niet veel meer dan de uiterste externe rand van het 'front' van het gebergte. We vinden veel zandsteenformaties, die dicht bebost zijn en niet boven de 1500 meter hoogte uitkomen.

De Karpaten worden onderverdeeld in twee complexen: de externe Karpaten met voornamelijk Mesozoïsche, zandi-

Afb. 3. Plaattektonisch model van de verschillende geologische eenheden in de Karpaten. Naar A. Radwanski.



ge afzettingen (Flysch); er worden in dit complex enkele dekbladen onderscheiden. Daarnaast zijn er de interne Karpaten, die onder meer bestaan uit een aantal granietmassieven. Een heel klein stukje van één van deze massieven ligt nog in Polen, dit is het Tatra-gebergte. Ten zuiden van Zakopane, op de grens van Slowakije, vinden we in de Tatra een top die net boven de 2000 meter hoogte komt. Daar heeft het landschap weliswaar geen Alpiene allures, maar is wel van een woeste grootsheid. Afb. 3.

2. Het Sudeten-blok

Dit is een deel van het Boheems Massief, een zeer oud gebergtegebied dat voornamelijk uit Precambrische gesteenten bestaat. Dit massief is in het Jong-Tertiair (Mioceen) door een zeer langgerekte breuk gesplitst in een zuidelijk deel, dat een opheffende beweging heeft ondergaan: de huidige Sudeten, en een gedaald noordelijk deel, waarop Jong-Tertiaire en Kwartaire sedimenten werden neergelegd: het Sudetisch Voorland. Afb. 4.

3. Het Oost-Europees Platform ofwel het Fenno-Sarmatisch Schild

Een 'schild' is een deel van de aardkorst dat bestaat uit veelal sterk metamorfe gesteenten, die ontstaan zijn door meerdere fasen van gebergtevorming in het Precambrium en dat in de post-Precambrische perioden geen gebergtevormende fase meer heeft doorgemaakt.

In Europa kennen we het Scandinavisch - (of Fenno-Sarmatisch) Schild, dat aan de dag treedt in Zweden en Finland en zich naar het oosten en zuidoosten voortzet onder vrijwel geheel Europees Rusland. De kristallijne Precambrische gesteenten komen in de Oekraïne weer aan het aardoppervlak. In Rusland is het schild bedekt door enorm uitgestrekte, dunne sedimentlagen van Paleozoïsche ouderdom.

Het Fenno-Sarmatisch Schild vormt ook de ondergrond van het noordoostelijk deel van Polen. Op het complex van veelal sterk metamorfe gesteenten uit het Precambrium ligt een pakket van Paleozoïsche en Mesozoïsche sedimenten. De lagen zijn dun en de gesteenteseries die tijdens vele tijdperken werden afgezet zijn elk niet meer dan enkele honderden meters dik. De sedimenten werden gevormd in zee, deze is door de honderden miljoenen jaren heen altijd ondiep gebleven. Van al deze gesteenteseries is in het noordoosten van Polen echter vrijwel niets te zien door de uitgebreide bedekking van glaciale sedimenten uit de Pleistocene IJstijd. Op enkele plaatsen komen Tertiaire en Cretaceïsche gesteenten door de moreneafzettingen heen. Brokken van Pre-Kwartaire sedimenten kunnen we ook tegenkomen in de glaciale afzettingen; de brokken werden door de gletsjers losgerukt en vervoerd, op dezelfde wijze als de glaciale erratica (zwerfstenen) met het ijs uit Scandinavië meegevoerd werden. Het beroemdste voorbeeld van een glaciaal getransporteerde Poolse sedimentmassa is de Callovien-klei (Midden-Jura) van Lukow waarin fraaie 'parelmoer'-ammonieten voorkomen.



Afb. 4. Fascinerende zandsteenformatie in de Sudeten.

Foto: Pools Informatiebureau voor Toerisme.

4. De Deens-Poolse Trog

Deze langgerekte, noordwest-zuidoost dwars door Polen lopende zone was vanaf het Perm een dalend gebied. We vinden hier een praktisch complete opeenvolging van het Perm tot en met het oudste Tertiair. Deze tot 8 km dikke serie sedimenten ligt op een Paleozoïsche basis. Deze gesteenteserie werd mogelijk deels beïnvloed door de Caledonische plooiing, maar werd in ieder geval in het zuidelijke gedeelte geplooid tijdens de Variscische (Hercynische) orogenese. De langdurige daling sloeg in het Tertiair om in een opheffende beweging, die zich voornamelijk in het zuidelijk deel deed gelden. Door deze opheffing werd op enkele plaatsen in het zuiden van Polen de oude Paleozoïsche ondergrond van zijn bedekkende Mesozoïsche sedimenten ontdaan, zodat wij nu Devonische en Carbonische sedimenten aan het aardoppervlak kunnen bekijken. Dit is onder meer in het Heilig Kruis Gebergte het geval.

Het noordelijke deel van de Poolse Trog vormt nu, met de rand van het Fenno-Sarmatisch Massief, de ondergrond van het Poolse Laagland; ook hier vormen Pleistocene glaciële sedimenten en Holocene alluviale afzettingen op uitgebreide schaal de bedekking.

Het Hercynische gebied

Aan de voet van de Karpaten strekt zich het plateaugebied uit dat tot 200 km breed is, het bereikt hoogten tussen de 400 en 500 meter. De gesteenteformaties die we in deze strook vinden zijn deels geplooide Paleozoïsche formaties, die de romp vormen van het Variscisch of Hercynisch gebergte.

Dit Poolse Heuvelland vertegenwoordigt het noordelijke, ofwel externe gedeelte van het Hercynisch gebergte. Het heeft een landschappelijk karakter dat vergelijkbaar is met andere gebieden van deze gebergtezone in Europa, zoals de Ardennen en het Rijnleisteengebergte. Het Poolse Hercynische landschap is echter minder gevarieerd dan dat van vele in westelijker landen gelegen gebieden. In Polen zijn vele gebieden bedekt met moreneafzettingen uit de IJstijd, zij hebben een arme, zandige bodem waarop uitgestrekte naaldbossen groeien. Daarnaast zijn er ook streken die doen denken aan Zuid-Duitsland of Noordoost-Frankrijk: een golvend landschap met heuvels, die bekroond worden door een kasteel en verspreid liggende kleine dorpjes rond een oude kerk.

De geplooiden Paleozoïsche gesteenten zijn bedekt met Mesozoïsche formaties. Ook zijn grote gebieden overdekt met glaciële afzettingen. Er zijn slechts weinig plaatsen waar de Mesozoïsche sedimenten of de Hercynisch geplooiden gesteenten door de bedekking heen steken. Heuvels met vlakke toppen, die bestaan uit Jurassische en Cretaceïsche kalkige sedimenten, met grillig gevormde steilwanden uit dolomiet vinden we tussen Czestochowa en Katowice (de "Poolse Jura").

Meer oostelijk rijst het glooiende heuvellandschap van het Heilig Kruis Gebergte op tot een hoogte van 611 meter. Dit 'gebergte', dat ligt ten oosten van Kielce en ten westen van de Wisla, biedt een zeer welkome afwisseling in het monotone vlakke land, het geeft daardoor ook de indruk van een echt berggebied. De structuur van dit gedeelte van het vroegere Hercynisch gebergte

met zijn open plooiën komt tot uiting in de evenwijdig lopende heuvelrijen van harde zandsteen en soms kalksteen, afgewisseld met dalen die uitgeslepen zijn in leisteen en waarvan de bodem veelal bedekt is met morenemateriaal.

In de loop van het Perm was de afbraak van het gebergte al ver gevorderd en over het vrij vlakke land meanderden rivieren die soms enorme watermassa's vervoerden en dan grote hoeveelheden zand en grind over het woestijnland uitspreidden. Op het

Hercynisch oppervlak vinden we nu op veel plaatsen de roodgekleurde zanden en conglomeraten van het Zechstein (Boven-Perm).

De huidige structuur kreeg het Heilig Kruis Gebergte in een veel later stadium door een koepelvormige opheffing onder invloed van de Alpiene bewegingen in het Tertiair. Het deel van de Hercynische gebergteromp dat door de opheffing aan het oppervlak is gekomen is niet groot en meet ongeveer 70 km in noordwest-zuidoostelijke richting, terwijl de breedte niet meer dan 30 km bedraagt. Langs de randen vinden we gesteenteseries van Trias, Jura en Krijt, waarvan de lagen een soms vrij steile helling van het Heilig Kruis Gebergte af vertonen. Dit is een bewijs van de koepelvormige opheffing van het oude Hercynische gebied in latere tijd (Tertiair). Zie afb. G-1 op pag. 78.

Het Mesozoïcum

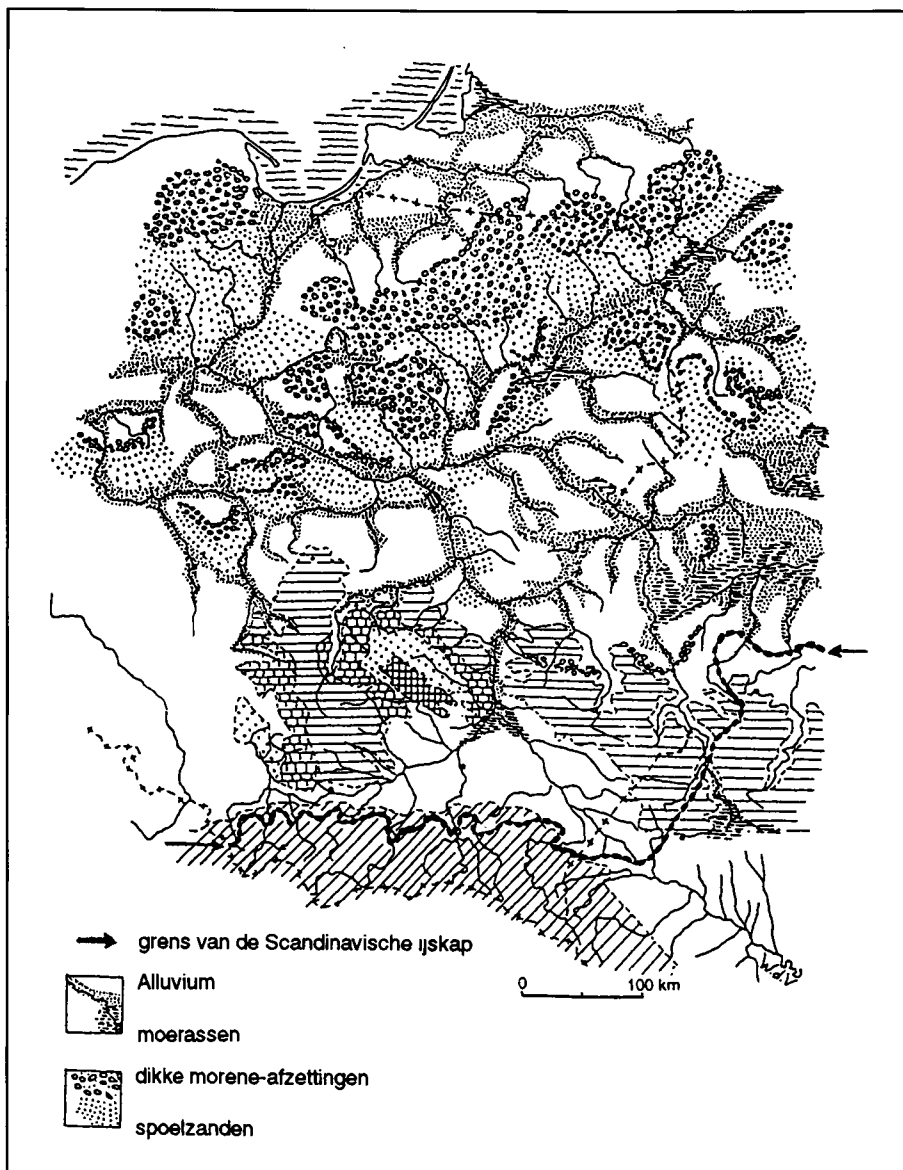
De Mesozoïsche gesteenteseries vormen kustalandschappen met steilwanden die veelal bestaan uit Jurassische dolomiet; de Krijtgesteenten zijn zachter, vaak mergelig. Gaande naar het zuidwesten duikt het hele laagpakket weer op, ditmaal door de opheffende beweging die het steenkoolgebied van Silezië heeft ondergaan, waardoor er opnieuw Paleozoïsche formaties aan de dag treden. Ten noorden van Krakow en Katowice vinden we uitgestrekte plateau-landschappen van de Jurassische en Cretaceïsche kalken, die aan de westelijke zijde begrensd zijn door steilwanden. Tussen het Heilig Kruis Gebergte en Silezië ontstond zo een uitgestrekte komvormige structuur, waar in het Boven-Tertiair de zee kon binnenstromen. Dit is de Synclinale van Nida; in landschappelijk opzicht is het nu het Plateau van Klein-Polen.

De Jong-Tertiaire sedimenten bestaan uit kleien en zanden met gips, vaak bedekt met een kalklaag die niet overal horizontaal ligt. Tot in het Kwartair kwamen er nog, zij het geringe, bewegingen voor.

Het is deze zone van kalkige plateaus en van Permische formaties die het hart van Polen vormt, waar de hoogste bevolkingsdichtheid van Polen wordt gevonden, waar de kleiige gronden reeds werden bewerkt vanaf de vroege dageraad van de menselijke beschaving, waar de meeste steden liggen en de grootste industriële activiteit plaats vindt door de rijkdom aan delfstoffen en erts in de Paleozoïsche formaties, waar de grote lössgordel begint in het bovenstroomse gebied van de Wisla, met zijn oude handelssteden en centra van wetenschap van het vroegere Galicië, voorheen de verbingscorridor tussen Noordwest-Europa en Zuidwest-Rusland.

Ten zuidoosten van het Heilig Kruis Gebergte, waar Wisla en San bij elkaar komen, ligt een vlakte met dikke moreneafzettingen. Hier komen uitgestrekte moerassen voor; daarnaast heeft de wind het zand uit de glaciële afzettingen opgewaaid tot duinen.

Ten oosten van de Wisla vinden we de plateaus van Krijtgesteenten, lokaal bedekt door sedimenten van Miocene ouderdom, ondermeer het Plateau van Lublin. Hier vinden we ook in de vegetatie de overgang naar echte continentale omstandigheden. Vele Atlantische plantensoorten hebben hun



Afb. 5. Schematische geologische kaart van Polen met de Kwartaire bedekking.

laatste voorkomen in de Lysa Gora, het noordoostelijke deel van het Heilig Kruis Gebergte; vlak over de Poolse grens in Rusland verdwijnt bijvoorbeeld de beuk. Deze omstandigheden zijn niet te wijten aan een belangrijk verschil in regenval, die afneemt van 750 mm in Krakow tot 600 mm langs de Dnestr; belangrijker zijn de grotere temperatuurverschillen van het continentale klimaat, vooral de lange en strenge winter. De huidige oostgrens van Polen is vaak de grens tot waar winden uit de Atlantische Oceaan nog hun invloed doen gelden, zij brengen veelvuldig perioden van dooi in de winter, terwijl oostelijker het grote hogedrukgebied nauwelijks of niet meer wordt beïnvloed en dit zijn invloed vele maanden per jaar achtereen kan blijven doen gelden.

De glaciële Laagvlakte

De rest van het land, meer dan tweederde van zijn oppervlak, behoort tot de grote Noord-Europese Laagvlakte, die zich ten noorden van het Rijnleisteengebergte en de Harz uitstrekt en zich naar het oosten toe steeds verder verwijdt en overgaat in de eindeloze vlakten van Rusland. In Polen bedraagt de breedte van de glaciële laagvlakte rond de 500 km. De ondergrond van de laagvlakte bestaat uit een dunne laag zachte Tertiaire sedi-

menten die liggen op kalken uit het Boven-Krijt; deze serie is echter op grote schaal bedekt door een dikke laag glaciële afzettingen, de keileem, achtergelaten door de Pleistocene ijskap. De landschap die tijdens het Pleistoceen verscheidene malen vanuit Scandinavië naar het zuidoosten stroomde, heeft tijdens één van zijn uitbreidingsfasen vrijwel geheel Polen bedekt met een vele honderden meters tot enkele kilometers dikke ijslaag. Het ijs heeft zich tot ver in het zuiden van Polen uitgestrekt, tot voorbij Krakow, waar moreneafzettingen liggen tot op rond de 450 meter hoogte tegen de voet van de Karpaten. Afb. 5.

Het zeer geringe reliëf in het begin van het Pleistoceen, waar slechts enkele heuvels van witte Krijtkalken uit de zachte Tertiaire formaties van zanden en kleien oprezen, heeft de Scandinavische gletsjers de mogelijkheid gegeven om zo ver zuidelijk te komen, zelfs het Heilig Kruis Gebergte was geen factor van betekenis. Veel ijs is uit het westen komen aanstromen, afgeleid door de Sudeten.

De landschapsvormen en sedimenten die door het ijs werden achtergelaten vinden we over vrijwel geheel Polen in min of meer herkenbare vorm terug. Zo groot is de invloed van de gletsjers er geweest dat de laatste koudeperiode van de IJstijd genoemd is naar de Wisla, ofwel zoals de rivier vroeger werd genoemd: de Weichsel. De naam 'Weichsel Glaciaal', wordt internationaal gebruikt. Karakteristieke glaciële landschapsvormen zijn te zien, zoals het onregelmatige landschap dat door de ijsbedekking werd achtergelaten met meertjes, moerassen en onregelmatige rivierstelsels.

Lokaal zijn herkenbaar de uitgestrekte vlakten met zandige bodem, bestrooid met steenblokken van veelal kristallijne gesteenten (bv. granieten), afkomstig uit Scandinavië, die vaak gletsjerklassen tonen, deze vertegenwoordigen de *grondmorenes*. Bultige landschappen, bezaaid met meertjes, zijn de voormalige *eindmorenes*, gevormd tijdens perioden van stagnatie van de ijskap. Zandige vlakten, de *fluvio-glaciële spoelzandwaaiers*, zijn te vergelijken met de sandrs van IJsland. De drumlins vormen rijen van langgerekte, kleine heuvels, die een evenwijdige oriëntatie tonen. Langgerekte, slingerende zandruggen: de *eskers*, werden eens gevormd door onder het ijs stromende smeltwaterbeekjes.

Moerassen komen op veel plaatsen voor, onder meer langs de linkeroever van de Bug onder Malkinia. Zeer uitgestrekte moerasgebieden komen voor aan de Russische zijde van de grens, bv. ten oosten van Brest. Op enkele plaatsen komen de witte Krijtkalken door de Tertiaire en Kwartaire sedimenten te voorschijn, klei wordt afgegraven voor steenbakkerijen, de witte kalk wordt in enkele grote groeven geëxploiteerd voor bouwsteen en cement.

De rivieren helpen, vooral tijdens perioden van hoge waterafvoer, met de verspreiding van planten uit de gebergtegebieden naar de laaglanden. Zo worden onder meer de grauwe els (*Alnus incana*) en de tot de tamarisk-familie behorende *Myricaria germanica* tot ver in het benedenstroomse gebied gevonden.