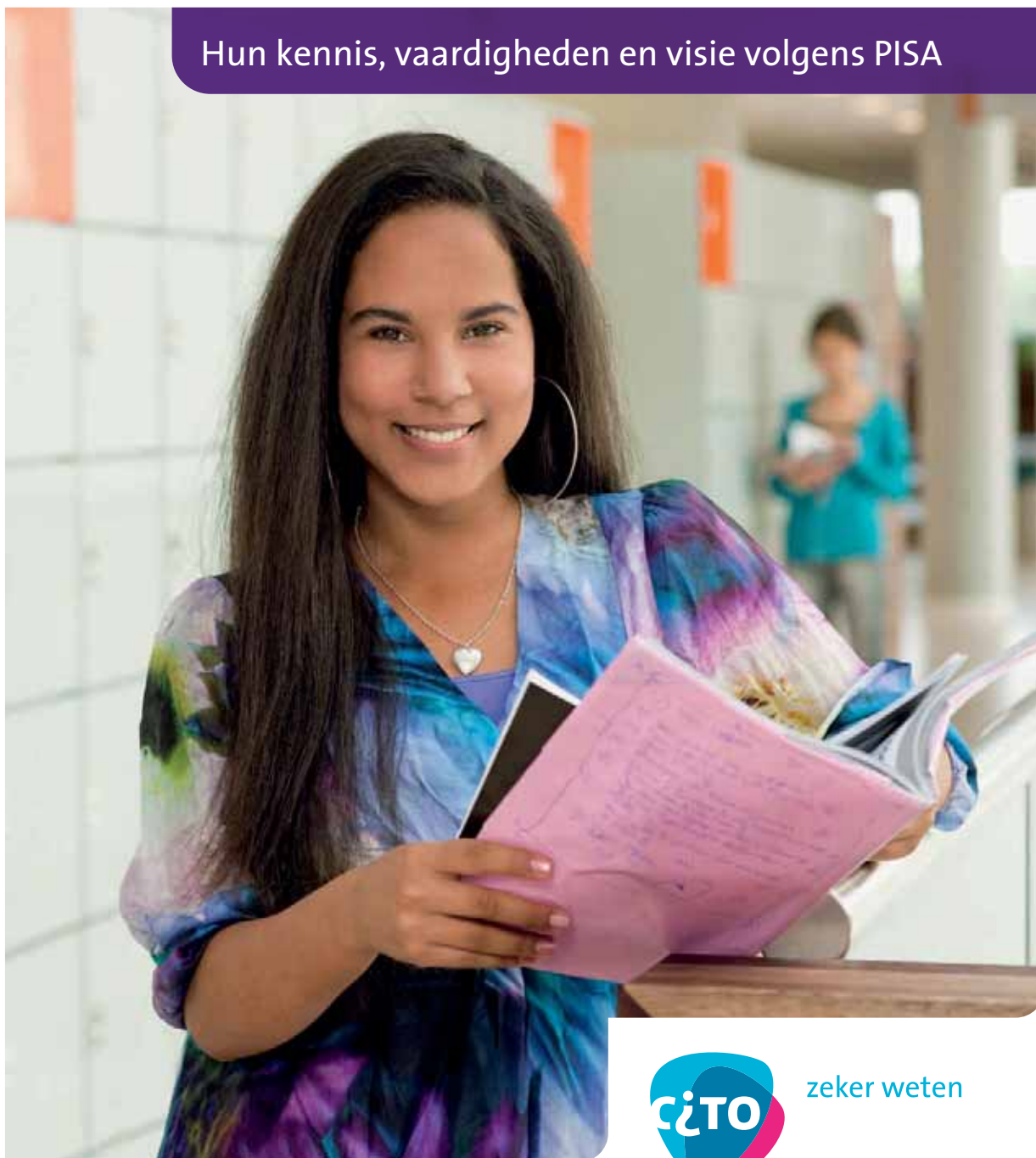


Nederlandse 15-jarigen en de natuurwetenschappen

Hun kennis, vaardigheden en visie volgens PISA



zeker weten

Nederlandse 15-jarigen en de natuurwetenschappen

Hun kennis, vaardigheden en visie volgens PISA

Aan deze publicatie hebben de volgende mensen hun medewerking verleend:

Cito Instituut voor Toetsontwikkeling

Joke Kordes

Pieter Smeets

Jasper Wouda

Maarten Marsman

Maaïke van Groen

Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen (FIsmc)

Harrie Eijkelhof

Elwin Savelsbergh

Arnhem/Utrecht, 2010

Voorwoord

In 2006 vond de derde cyclus plaats van het driejaarlijks PISA-project (Programme for International Student Assessment) in opdracht van de OESO (Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling). Eind 2007 verschenen op basis van dit onderzoeksproject een internationaal rapport (OECD, 2007) en diverse nationale rapporten, waaronder één voor Nederland (Cito, 2007). In deze rapporten staan belangrijke bevindingen van het onderzoek; informatie waar overheden van deelnemende landen, scholen en andere belanghebbenden hun voordeel mee kunnen doen. Met de rijke dataset van dit onderzoek met toetsscores en achtergrondvariabelen is echter nog veel meer te doen. Enkele van de vele mogelijke aanvullende analyses, gericht op natuurwetenschappelijke geletterdheid, hebben Cito en het Freudenthal Instituut uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap (OCW). Deze analyses hebben geresulteerd in dit boekje, waar niet alleen in beschreven staat waar Nederlandse leerlingen goed in zijn en hoe dit komt, maar ook hoe het komt dat zij minder positief denken over natuurwetenschappelijke onderwerpen en natuurwetenschappelijk onderzoek en waarin leerlingen die uitblinken in natuurwetenschappelijke vakken zich onderscheiden van andere leerlingen. Op het niveau van scholen staan in dit boekje voorzichtige aanbevelingen beschreven hoe schooldirecties de natuurwetenschappelijke geletterdheid van hun leerlingen kunnen vergroten en hoe zij ervoor kunnen zorgen dat leerlingen een positiever beeld krijgen van de natuurwetenschappen. Ten slotte zijn er in dit boekje ook nog een paar suggesties te vinden waar beleidsmakers in Nederland hun voordeel mee kunnen doen.

Inhoud

Voorwoord	3
1 Inleiding	7
2 De aansluiting tussen PISA en het Nederlandse curriculum	17
3 De sterktes en zwaktes in natuurwetenschappelijke geletterdheid van Nederlandse 15-jarige leerlingen	23
4 Natuurwetenschappelijke geletterdheid in Nederland in relatie tot school- en leerlingenkenmerken vergeleken met de ons omringende landen	35
5 Natuurwetenschappelijke geletterdheid in relatie tot leesvaardigheid en wiskundige geletterdheid	43
6 Hoe denken Nederlandse leerlingen over natuurwetenschappen?	49
7 Excellente leerlingen in de natuurwetenschappelijke vakken	59
8 Conclusies en aanbevelingen op basis van dit rapport	69
Referenties	71
Bijlagen	73
1 Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy	74
2 Mary Montagu	76
3 Het broeikaseffect	78
4 Kleding	84

1 Inleiding

In 2006 vond de derde cyclus plaats van het driejaarlijks PISA-project (Programme for International Student Assessment) in opdracht van de OESO (Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling). PISA richt zich op leerlingen die tegen het eind van hun leerplichtige leeftijd zitten; leerlingen met een leeftijd van rond de 15 jaar. Het project is gericht op vergaring van gegevens over de lees-, wiskunde- en natuurwetenschappelijke vaardigheden van deze leerlingen wereldwijd. Het PISA-project werd in 2006 in 57 landen uitgevoerd (30 OESO-lidstaten en 27 partnerlanden). In 2009 hebben 65 landen deelgenomen. De gegevens van deze laatste PISA-cyclus zullen eind 2010 worden gepubliceerd. In 2000 lag de nadruk op leesvaardigheid, in 2003 was het belangrijkste aandachtsgebied wiskunde en in 2006 waren dit de natuurwetenschappen. In 2009 lag de nadruk wederom op leesvaardigheid.

PISA wordt gecoördineerd door de regeringen van de deelnemende landen, onder leiding van de OESO. Toonaangevende internationale deskundigen hebben samen een toets ontwikkeld waarvan de resultaten vergelijkbaar zijn over de verschillende nationale en culturele contexten heen. PISA geeft een internationaal overzicht van de resultaten van leerlingen en geeft de deelnemende landen een standaard waaraan de prestaties van leerlingen periodiek gemeten kunnen worden.

PISA wordt uitgevoerd door een consortium van internationale organisaties, waarvan in 2009 ook Cito deel uitmaakte. In de deelnemende landen zijn nationale centra verantwoordelijk voor de afname van PISA in hun land. Cito zorgt voor de afname van PISA in Nederland. Cito doet dit in opdracht van het Ministerie van OCW.

In andere internationale onderzoeken wordt vaak gekeken naar gemeenschappelijke zaken in de verschillende onderwyscurricula. PISA verschilt hierin van deze onderzoeken doordat er veel meer wordt gekeken naar de mate waarin de opgedane kennis kan worden gebruikt in het dagelijks leven. PISA evalueert in hoeverre jonge mensen hun kennis en vaardigheden kunnen toepassen in alledaagse situaties. Het gaat er niet zozeer om te meten of zij de stof die ze op school gehad hebben beheersen. De leerlingen moeten laten zien dat ze belangrijke begrippen snappen, bepaalde processen beheersen en dat ze hun kennis en vaardigheden in verschillende situaties kunnen toepassen. Er wordt ook informatie verzameld over de houding van leerlingen ten opzichte van het leren en over hun leerstijl. Daarbij is voor de meeste opgaven wel te herkennen wat hun plek is in de Nederlandse curricula¹ voor natuurwetenschappelijke vakken, zodat het huidige onderzoek, waarin de resultaten van Nederlandse leerlingen gerelateerd worden aan de curricula voor natuurwetenschappelijke vakken mogelijk is.

1 In Nederland bestaan geen curricula met een wettelijke basis. Feitelijk moeten we spreken van kerndoelen en eindtermen. Voor het gemak spreken we in dit rapport echter over curricula.

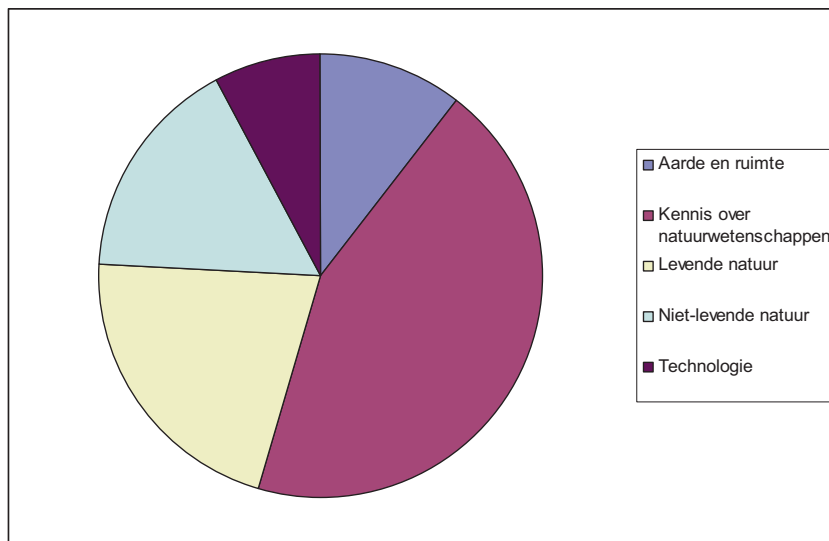
Analyse en schaling

Het PISA-onderzoek uit 2006 bevat onder andere 140 items (opgaven) over natuurwetenschappelijke onderwerpen, waarvan 108 vaardigheidsitems. De overige items zijn attitude-items. Van vijf items ontbreekt informatie over de moeilijkheidsgraad. De items werden niet allemaal aan alle leerlingen voorgelegd. Het onderzoeksontwerp van PISA zorgt er echter wel voor dat de vragen eerlijk zijn verdeeld over de te onderzoeken onderwerpen en groepen.

Op het antwoordpatroon van de leerlingen op de items is een psychometrisch model gepast, een zogeheten IRT model. Dit model heeft de eigenschap dat de moeilijkheidsgraad van items en de vaardigheid van leerlingen op dezelfde schaal kunnen worden geplaatst. Deze schaal moet niet gezien worden als een absolute schaal, maar als een relatieve schaal. Zo is de vaardigheid van de slimste leerling wellicht zo groot dat zijn of haar vaardigheidsscore veel hoger op de schaal ligt dan de moeilijkheidsgraad van het moeilijkste item. Er kan echter niet meer gezegd worden over de vaardigheid van deze leerling dan dat hij of zij met een bepaalde kans het moeilijkste item goed kan maken. Hoeveel hoger de vaardigheid van deze leerling ligt ten opzichte van het moeilijkste item kan niet met dit model worden aangegeven. Binnen PISA worden naast de schaal waarin alle items zijn meegenomen meerdere (sub)schalen berekend. Alle schalen in het PISA-onderzoek hebben dezelfde kenmerken; ze zijn gestandaardiseerd op een gemiddelde van 500 met een standaardafwijking van 100 voor alle OESO-landen.

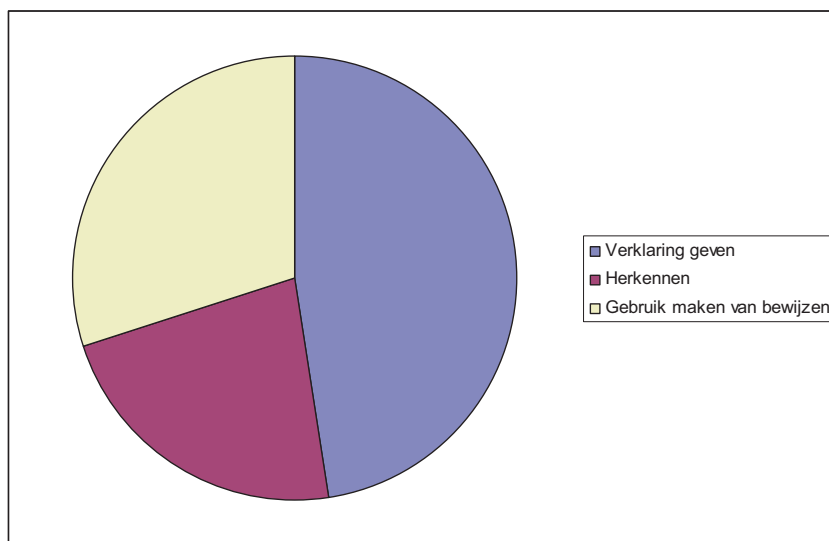
Natuurwetenschappelijke domeinen en competenties

In het PISA-onderzoek van 2006 zijn vier natuurwetenschappelijke domeinen opgenomen: *Niet-levende natuur*, *Levende natuur*, *Aarde & ruimte* en *Kennis over de natuurwetenschappen*. Voor een vijfde domein, *Technologie*, kon uiteindelijk geen schaalscore berekend worden (zie Figuur 1.1).



Figuur 1.1 Percentuele verdeling van items over de domeinen

Verder zijn er drie competenties onderscheiden: *Herkennen van natuurwetenschappelijke onderwerpen*, *Natuurwetenschappelijke verklaring geven voor gebeurtenissen* en *Gebruikmaken van natuurwetenschappelijke bewijzen* (zie Figuur 1.2).



Figuur 1.2 Percentuele verdeling van items over de competenties

Natuurwetenschappelijke vaardigheidsniveaus

Om meer zicht te krijgen op de bij PISA 2006 ontwikkelde schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid is een onderverdeling in verschillende vaardigheidsniveaus ontworpen (OECD, 2006). Voor natuurwetenschappelijke geletterdheid zijn in PISA 2006 zes verschillende niveaus onderscheiden die een serie vaardigheden bevatten met een stijgende moeilijkheidsgraad. Hierbij is niveau 1 het eenvoudigste en niveau 6 het moeilijkste niveau. Hieronder staat een uitgebreide beschrijving per niveau (bron: Resultaten PISA-2006).

Niveau Kenmerken van wat een leerling op dit niveau kan

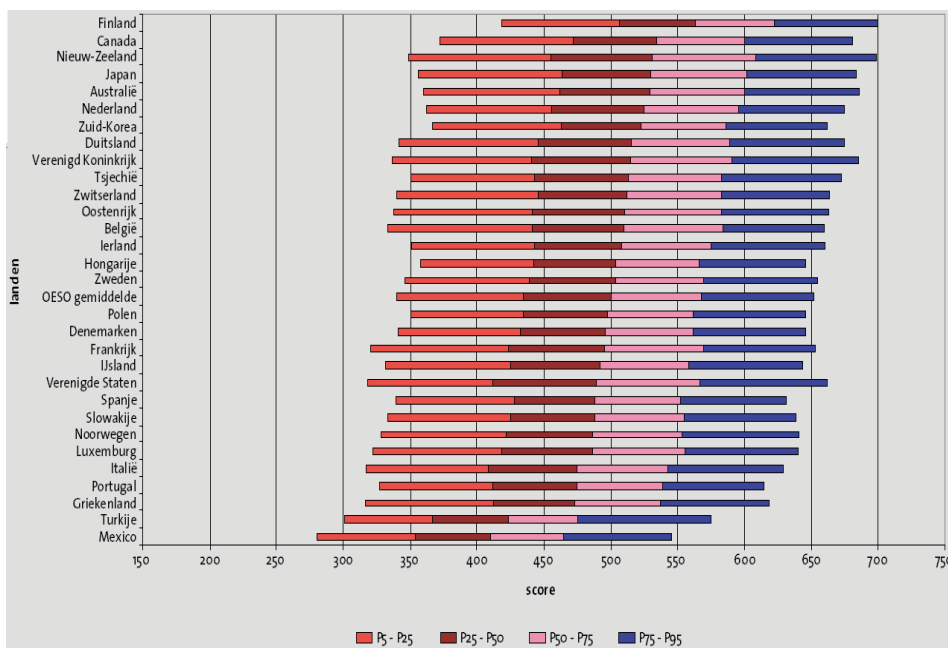
- 1
Leerlingen op dit niveau hebben zo'n beperkte natuurwetenschappelijke kennis dat zij deze alleen kunnen toepassen in een klein aantal bekende situaties. Zij kunnen voor de hand liggende natuurwetenschappelijke uitleg geven die direct is af te leiden uit de gegevens.
- 2
Leerlingen op dit niveau hebben voldoende natuurwetenschappelijke kennis om mogelijke verklaringen te geven in een bekende context of conclusies te trekken op grond van eenvoudig onderzoek. Zij kunnen resultaten van een natuurwetenschappelijk onderzoek of technologisch probleem op eenvoudige wijze beargumenteren en interpreteren.
- 3
Leerlingen op dit niveau kunnen duidelijk beschreven natuurwetenschappelijke onderwerpen herkennen in een reeks van contexten. Zij kunnen feiten en kennis uitkiezen om gebeurtenissen te verklaren en eenvoudige modellen of onderzoeksmethoden toepassen. Zij kunnen natuurwetenschappelijke concepten uit verschillende vakgebieden interpreteren en gebruiken. Zij kunnen korte beweringen opstellen met gebruikmaking van feiten en beslissingen nemen op basis van natuurwetenschappelijke kennis.
- 4
Leerlingen op dit niveau kunnen met succes omgaan met duidelijk herkenbare situaties en onderwerpen die aannames over de betekenis van techniek en natuur vereisen. Zij kunnen verklaringen uit verschillende gebieden van de natuurwetenschappen kiezen en samenvoegen en deze verklaringen direct verbinden met kenmerken van het dagelijks leven. Zij kunnen reflecteren op hun handelen en zij kunnen over beslissingen communiceren met gebruikmaking van natuurwetenschappelijke bewijzen.
- 5
Leerlingen op dit niveau kunnen natuurwetenschappelijke elementen herkennen in veel complexe dagelijkse situaties. In die situaties kunnen zij zowel natuurwetenschappelijke concepten als kennis over natuurwetenschappen gebruiken en zij kunnen – bij het reageren op dagelijkse situaties – passende natuurwetenschappelijke bewijzen vergelijken, selecteren en evalueren. Zij kunnen goed ontwikkelde onderzoeksvaardigheden gebruiken, kennis op de juiste wijze toepassen en situaties kritisch beoordelen. Zij kunnen verklaringen opstellen gebaseerd op bewijzen en argumenten uit hun kritische analyses.
- 6
Leerlingen op dit niveau kunnen stelselmatig natuurwetenschappelijke kennis en kennis over natuurwetenschappen herkennen, verklaren, en toepassen in verschillende complexe dagelijkse situaties. Zij kunnen informatie en verklaringen uit verschillende bronnen samenvoegen en bewijzen hieruit gebruiken om besluiten te onderbouwen. Zij kunnen duidelijk en stelselmatig de natuurwetenschappelijke denkwijze en redeneringen gebruiken en zij willen hun begrip van de natuurwetenschappen gebruiken ter ondersteuning van oplossingen van nieuwe situaties in natuur en techniek. Leerlingen op dit niveau kunnen natuurwetenschappelijke kennis en argumenten gebruiken voor aanbevelingen en besluiten in persoonlijke, maatschappelijke, en wereldsituaties.

Natuurwetenschappelijke geletterdheid in Nederland en omliggende landen

Nationaal rapport

Het nationaal rapport van het PISA-onderzoek (Cito, 2007) beschrijft de PISA-resultaten van Nederlandse leerlingen op de hele toets en onderdelen daarvan ten opzichte van andere landen. Bovendien toont het verschillen tussen verschillende groepen binnen de Nederlandse samenleving.

In Figuur 1.3 zijn voor alle participerende OESO-landen de prestaties op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid voor de middelste 90 procent van de leerlingen weergegeven. Dit betreft hun prestaties op de 103 vaardigheidsitems. De landen zijn gerangschikt volgens de score op P50, de gemiddelde score. Iedere balk is verdeeld in vier vakken waarvan het meest linkse vak de afstand aangeeft tussen de percentielen 5 en 25; vervolgens vakken met respectievelijk de afstand tussen percentielen 25 en 50 en percentielen 50 en 75 en tenslotte een vak met de afstand tussen de percentielen 75 en 95. Zowel de laagst scorende 5 procent van de leerlingen als de hoogst scorende 5 procent van de leerlingen zijn hier dus niet weergegeven. Dit is gedaan om te voorkomen dat uitschieters te veel invloed hebben op het gemiddelde.



Figuur 1.3 Scoreverdeling op de natuurwetenschappelijke schaal in de OESO-landen (Bron: Resultaten PISA-2006)

In Nederland heeft 90 procent van de geteste leerlingpopulatie een score tussen 362 en 646 en een gemiddelde van 525 op de natuurwetenschappelijke schaal. Nederland scoort daarmee hoog. Het staat op de zesde plaats van de OESO-landen.

Nederland en ons omringende landen

In de analyses voor dit rapport is Nederland vergeleken met zeven ons omringende OESO-landen: Finland, Duitsland, Verenigd Koninkrijk, België, Zweden, Denemarken en Noorwegen. Slechts één van deze OESO-landen heeft een hogere gemiddelde score voor natuurwetenschappen: Finland. Finland staat met 563 punten aardig verwijderd van alle andere landen. De ons omringende landen buiten Finland scoren lager dan Nederland. Duitsland, Verenigd Koninkrijk, België, Zweden, Denemarken en Noorwegen staan op respectievelijk plaats 8, 9, 13, 16, 18, en 24. De plek van België geeft een wat vertekend beeld door het grote verschil tussen Vlaanderen en Wallonië. Gemiddeld scoren de Vlaamse leerlingen iets hoger dan de Nederlandse, namelijk 529. Vlaanderen alleen zou hiermee in de ranglijst samen met Australië op de vijfde plek van de OESO-landen komen. Voor de rest van dit rapport zullen we Nederland echter vergelijken met België als geheel, omdat er geen gewogen resultaten over de individuele items beschikbaar waren voor Vlaanderen en Wallonië apart. In het nationaal rapport staan de meeste vergelijkingen voor de totale schalen reeds beschreven. In dit rapport gaan we echter dieper in op de eigenschappen van individuele opgaven die door Nederlandse leerlingen, vergeleken met leerlingen uit de ons omringende landen, relatief makkelijk of moeilijk worden gevonden.

Resultaten voor domeinen, competenties en vaardigheidsniveaus

In Tabel 1.1 zijn de gemiddelde scores per domein voor Nederland en de ons omringende landen opgenomen. Nederland neemt op de domeinen *niet-levende natuur*, *levende natuur*, *aarde en ruimte* en *kennis over de natuurwetenschappen* een respectievelijk tweede, vijfde, tweede en tweede plek in. Op het domein *levende natuur* presteren Nederlandse 15-jarigen dus het minst goed. Voor Finland, Duitsland, Verenigd Koninkrijk en Denemarken is *levende natuur* juist het domein waarop het best gepresteerd wordt. Voor opgaven binnen het domein *Technologie* kon helaas geen schaal berekend worden, omdat het psychometrische model niet voldoende paste op de antwoorden om een volledige schaal te kunnen verantwoorden. Later zullen we echter wel ingaan op de items behorende bij deze niet volledige schaal.

Tabel 1.1 Gemiddelde score in de ons omringende landen per domein op de vaardigheids-schaal natuurwetenschappen

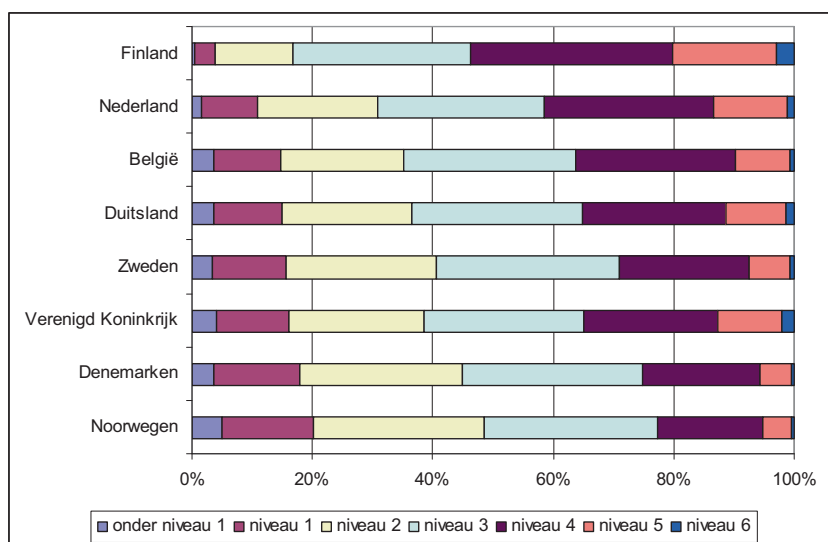
	Niet-levende natuur	Levende natuur	Aarde en ruimte	Kennis over natuurwetenschappen
Finland	560	574	554	558
Nederland	531	509	518	530
Duitsland	516	524	510	512
Verenigd Koninkrijk	508	525	505	517
België	507	502	496	519
Zweden	517	512	498	498
Denemarken	502	505	487	493
Noorwegen	491	496	497	480

In Tabel 1.2 zijn de gemiddelde scores per competentie voor Nederland en de ons omringende landen opgenomen. Nederland neemt op de drie competenties *Verklaring geven*, *Herkennen* en *Gebruikmaken van bewijzen* de tweede plek in van de acht landen.

Tabel 1.2 Gemiddelde score in de ons omringende landen per domein op de vaardigheids-schaal natuurwetenschappen

	Verklaring geven	Herkennen	Gebruikmaken van bewijzen
Finland	566	555	567
Nederland	522	533	526
Duitsland	519	510	515
Verenigd Koninkrijk	517	514	514
België	503	515	516
Zweden	510	499	496
Denemarken	501	493	489
Noorwegen	495	489	473

In Figuur 1.4 worden voor de acht landen die in dit rapport zijn vergeleken de percentages leerlingen weergegeven binnen elk van de zes vaardigheidsniveaus. Ze zijn aflopend gerangschikt op basis van het percentage leerlingen boven niveau 1. Het enige land met een substantieel lager percentage leerlingen onder of op niveau 1 is Finland.

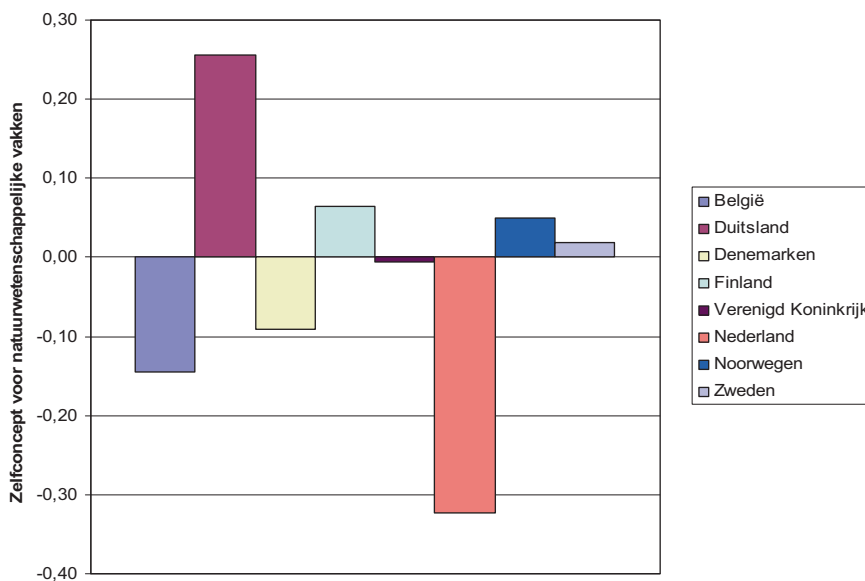


Figuur 1.4 Prestaties per land, aflopend gerangschikt naar percentage boven niveau 1

Zoals te zien is in Figuur 1.4 neemt Nederland een tweede plaats in na Finland; weinig Nederlandse leerlingen hebben niveau 1 of lager. Pas boven niveau 4 verandert het beeld lichtelijk. Nederland heeft een lager percentage leerlingen boven niveau 4 dan het Verenigd Koninkrijk en komt dan op een derde plek.

Zelfconcept voor natuurwetenschappelijke vakken

Als we het zelfconcept van Nederlandse 15-jarigen voor natuurwetenschappelijke vakken vergelijken met dat van hun leeftijdgenoten in omliggende landen, dan valt op dat het ondanks hun gemiddeld hoge natuurwetenschappelijke geletterdheid zeer laag is (zie Figuur 1.5). Dit is mogelijk te verklaren doordat Nederlandse leerlingen zich vergelijken met klasgenoten en daardoor de lat hoog leggen voor zichzelf, omdat Nederland het goed doet ten opzichte van andere landen.

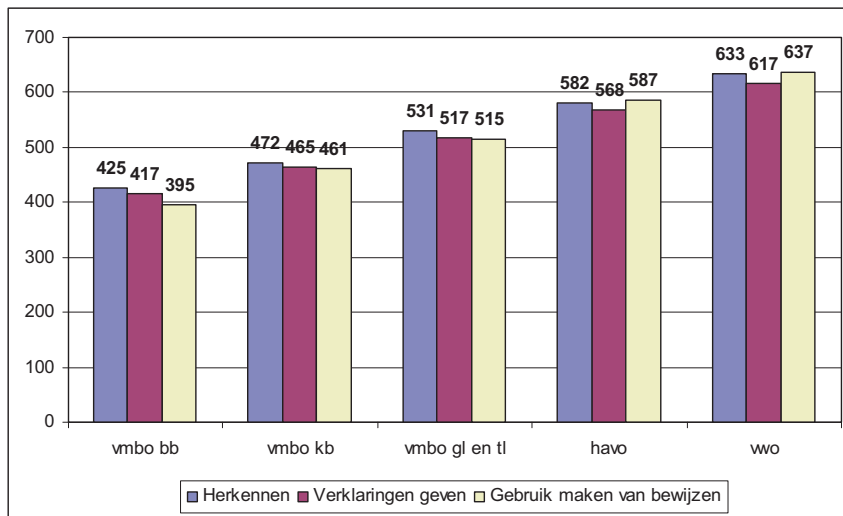


Figuur 1.5 Gemiddelde score op de schaal voor 'zelfconcept voor natuurwetenschappen' per land

Nederlandse resultaten per schooltype

In Figuur 1.6 zijn de scores voor de drie natuurwetenschappelijke competenties weergegeven per schooltype. Hier valt de selectiviteit van het Nederlandse schoolsysteem duidelijk te herkennen. Naarmate het opleidingstype 'moeilijker' wordt, schuift ook de scoreverdeling naar boven op. De verschillen tussen de opeenvolgende schooltypen zijn significant, maar de effectgrootte is niet zo groot ($r^2=0.15$ tot 0.19). De verschillen tussen vwo en vmbo basisberoepsgerichte leerweg (vmbo-bb) zijn zoals te verwachten wel groot te noemen ($r^2=0.757$).

Landen verschillen in het moment waarop gedifferentieerd wordt. In Nederland is dat relatief vroeg. Differentiatie is een mogelijke verklaring voor de verschillen op de PISA-schaal tussen landen.



Figuur 1.6 Prestaties op de competenties, per schooltype

Opzet van dit boekje

In hoofdstuk 2 beschrijven we de aansluiting tussen het PISA framework voor natuurwetenschappelijke geletterdheid en het Nederlandse curriculum voor natuurwetenschappelijke vakken. In dit hoofdstuk nemen we ook een voorschot op mogelijke verklaringen voor sterke en zwakke punten van Nederlandse leerlingen op het gebied van natuurwetenschappelijke geletterdheid en verschillen tussen leerlingen in vmbo en havo/vwo, welke uitgebreider beschreven worden in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 beschrijven we de resultaten van een multilevelanalyse, waarbij wij kenmerken van scholen en leerlingen aanwijzen die van invloed zijn op de natuurwetenschappelijke geletterdheid van 15-jarigen. Hoofdstuk 5 beschrijft de relatie van natuurwetenschappelijke geletterdheid met wiskundige geletterdheid en leesvaardigheid. In hoofdstuk 6 beschrijven we een analyse naar de oorzaken van de relatief negatieve attitudes van Nederlandse leerlingen wat betreft natuurwetenschappelijke onderwerpen. Hoofdstuk 7 zoomt in op excellente leerlingen in de natuurwetenschappelijke vakken: Wat zijn de kenmerken van deze leerlingen? Ten slotte plaatsen we in hoofdstuk 8 opmerkingen en aanbevelingen op basis van dit rapport.

2 De aansluiting tussen PISA en het Nederlandse curriculum

Inleiding

Het PISA-onderzoek richt zich op de wiskundige, natuurwetenschappelijke en talige 'geletterdheid' van leerlingen aan het eind van de leerplichtige leeftijdsfase. De lengte van die fase kan per land verschillen. Omwille van de vergelijkbaarheid is het onderzoek verricht onder 15-jarigen. Met de term 'geletterdheid' verwijst men naar kennis en vaardigheden die relevant zijn voor ieders functioneren in het dagelijks leven en als burger. Het PISA-onderzoek heeft daarmee een duidelijke eigen agenda, die meer of minder kan aansluiten bij het nationale curriculum van een land. Dit onderscheidt PISA van bijvoorbeeld het TIMSS-onderzoek waar men zich richt op het gemeenschappelijke deel van de curricula van de deelnemende landen. Voor het interpreteren van de Nederlandse PISA-resultaten is het dan ook zinnig een vergelijking te maken tussen het begrip 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' (scientific literacy) zoals dat geoperationaliseerd is in PISA en de doelen die worden nagestreefd in de Nederlandse natuurwetenschappelijke curricula. Daarmee zou verklaard kunnen worden waarom Nederlandse leerlingen het op bepaalde gebieden beter doen dan op andere.

In dit hoofdstuk beschrijven we eerst het PISA-raamwerk voor natuurwetenschappelijke geletterdheid. Vervolgens toetsen we de huidige curricula in onder- en bovenbouw van het voortgezet onderwijs aan dit raamwerk. Ten slotte zullen we het raamwerk vergelijken met actuele ontwikkelingen op het gebied van het onderwijs in de natuurwetenschappen om te beoordelen of deze stroken met de richting die door PISA wordt voorgestaan.

Het PISA-raamwerk natuurwetenschappen

In 2000 en 2003 lag de nadruk van het PISA-onderzoek op respectievelijk leesvaardigheid en wiskunde. Ter voorbereiding op de uitvoering van PISA 2006 is door een expertgroep onder leiding van Rodger Bybee (Biological Sciences Curriculum Study, VS) een raamwerk opgesteld waarin het begrip 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' gedefinieerd wordt². Bijlage 1 bevat een samenvatting van dit raamwerk.

Het raamwerk omvat vijf gebieden:

1 Contexten

Authentieke situaties uit het dagelijks leven en de samenleving waarin natuurwetenschappelijke en technologische kennis een rol speelt. De situaties zijn gekozen uit vijf contextgebieden die wereldwijd in de aandacht staan: gezondheid, natuurlijke hulpbronnen, milieu, risico's en innovaties op het gebied van wetenschap en technologie.

2 OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy. A Framework for PISA 2006*. Paris: OECD. Zie ook: www.sourceoecd.org/education/9264026398.

2 *Competenties*

Drie competenties zijn gedefinieerd: (1) het kunnen herkennen van natuurwetenschappelijke vraagstellingen, (2) natuurwetenschappelijke verklaringen kunnen geven van verschijnselen en (3) een natuurwetenschappelijke bewijsvoering kunnen opzetten.

3 *Kennis van natuurwetenschappen*

PISA toetst natuurwetenschappelijke kennis in de domeinen niet-levende natuur, levende natuur, aarde & ruimte en technologie.

4 *Kennis over natuurwetenschappen*

PISA toetst niet alleen kennis van de natuurwetenschappen maar ook of leerlingen in staat zijn te reflecteren op de aard van natuurwetenschappelijk onderzoek (ontstaan, doel, experimenten, gegevens, metingen, kenmerken van resultaten) en op natuurwetenschappelijke verklaringen (soorten verklaring, wijze van verklaren, regels, opbrengsten).

5 *Attitude*

Bij attitude gaat het in PISA om belangstelling voor de natuurwetenschappen, het erkennen van het belang van natuurwetenschappelijk onderzoek en verantwoordelijkheid voor hulpbronnen en milieu.

PISA en de huidige kerndoelen in de onderbouw van het voortgezet onderwijs

In de onderbouw van het voortgezet onderwijs is al jaren een trend te bespeuren richting contextgericht onderwijs in de natuurwetenschappen. Bij natuurkunde zien we de invloed van projecten als PLON³ in de aandacht die gegeven wordt aan contexten en bij wiskunde wordt in de onderbouw ook veel gebruik gemaakt van realistische contexten. Titels van natuurwetenschappelijke methodes van de laatste decennia van de vorige eeuw zijn in dit verband illustratief, bijvoorbeeld 'Natuurkunde in Context', 'Chemie Overal' en 'Biologie voor jou'. De contexten die in deze methoden gebruikt worden hebben uiteenlopende functies, zoals illustratie van de theorie, startpunt om leerlingen te motiveren, rode draad bij bepaalde onderwerpen en aantonen van het belang van natuurwetenschappelijke kennis. De methoden verschillen van aanpak maar komen overeen in de nadruk op het gebruik van contexten.

Deze nadruk op het gebruik van contexten sluit aan bij de ideeën achter de invoering van de basisvorming, begin jaren negentig. Het belang van toepassingen werd hierbij benadrukt vanuit het uitgangspunt dat het onderwijs in de onderbouw van het voortgezet onderwijs van belang moest zijn voor alle leerlingen, ongeacht de vervolgopleiding. Op de invoering van de basisvorming is naderhand maatschappelijk veel kritiek geleverd. In reactie daarop heeft de Taakgroep Vernieuwing Basisvorming in het begin van deze eeuw nieuwe lijnen uitgezet voor de onderbouw. In de voorstellen van de taakgroep voor nieuwe kerndoelen voor het gebied 'Mens en natuur' wordt opnieuw het gebruik van

3 Project LeerpakketOntwikkeling Natuurkunde, 1972–1986.

contexten aangemoedigd. Immers, de uitgangspunten verwijzen naar *het begrijpen van de omgeving* en het *duurzaam beheren van de omgeving*. *Onderzoek leren doen, toepassen van kennis, ontwerpen en het maken van keuzes* worden van daaruit gemotiveerd. Bij de kerndoelen wordt gesproken over *verbinden met situaties in het dagelijks leven, wisselwerking met de omgeving, relatie met omgeving en milieu, bevorderen van gezondheid, zorgen voor zichzelf, anderen en omgeving en veiligheid in leefsituaties positief kunnen beïnvloeden*. Kortom, de nieuwe kerndoelen geven ruim baan voor het gebruik van contexten, met name op het gebied van gezondheid, milieu en veiligheid.

Niet alle docenten zijn gecharmeerd van contexten, dus in de lessen zullen contexten in uiteenlopende mate aan bod komen. Desondanks is de verwachting gerechtvaardigd dat voor veel 15-jarige Nederlandse leerlingen, die de onderbouw achter de rug hebben, contexten niet vreemd zijn (PISA-raamwerk, gebied 1).

Op het gebied van natuurwetenschappelijke competenties (PISA-raamwerk, gebied 2) vinden we in de kerndoelen van natuurwetenschappelijke vakken in de onderbouw de volgende aspecten terug: *verklaringen zoeken, onderzoeksvragen formuleren, onderzoek uitvoeren, resultaten presenteren en technische producten ontwerpen en maken*.

Daarentegen wordt in de kerndoelen weinig aandacht besteed aan competenties die te maken hebben met *het doen van aannames en bewijsvoering*.

Op het gebied van kennis van natuurwetenschap (PISA-raamwerk, gebied 3) zijn de kerndoelen grotendeels dekkend. De meeste terreinen uit het raamwerk worden behandeld, maar het valt op dat het domein *Aarde en ruimte* niet aan bod komt binnen de natuurwetenschappelijke kerndoelen (en ook niet bij het leergebied 'mens en maatschappij'). In de praktijk zullen fysisch-geografische aspecten op veel scholen waarschijnlijk wel behandeld worden.

Elementen uit deelgebied 4 (Kennis over de natuurwetenschappen) en deelgebied 5 (*Attitude*) vinden we maar beperkt terug in de kerndoelen. Er is wel expliciet aandacht voor verwondering en zorg voor de omgeving.

Concluderend kunnen we stellen dat, afgaande op de kerndoelen, het natuurwetenschappelijk onderwijs in de onderbouw goed aansluit bij het PISA-raamwerk voor zover het gaat om gebruik van realistische contexten. Ook de competenties uit het PISA-raamwerk worden redelijk gedekt door de kerndoelen. Voor wat betreft de behandelde inhoud is de dekking goed, met uitzondering van het domein *Aarde en ruimte*. In vergelijking met het PISA-raamwerk wordt in de kerndoelen weinig aandacht geschonken aan het domein *Kennis over natuurwetenschappen* en aan *Attituden*. Dat attituden niet in de kerndoelen vermeld zijn betekent natuurlijk nog niet dat er in de onderwijspraktijk geen aandacht aan besteed wordt. Toch is het ontbreken van doelen ten aanzien van attitudevorming een relevante observatie gegeven het feit dat Nederlandse leerlingen een relatief negatieve attitude blijken te hebben ten aanzien van de natuurwetenschappen (zie ook Hoofdstuk 6 van dit rapport).

PISA en ANW (bovenbouw havo/vwo)

Na de onderbouw zal een deel van de 15-jarigen onderwijs hebben gevolgd in het vak Algemene Natuurwetenschappen (ANW), dat van 1999 – 2007 verplicht was op havo en vwo. In ANW staat reflectie op aard en toepassingen van de natuurwetenschappen centraal. In het examenprogramma ANW is domein B⁴ ondermeer gewijd aan het ontstaan van kennis, de betrouwbaarheid van beweringen, de toepassingen van natuurwetenschap en technologie, het belang van deze kennisgebieden en het vormen van een eigen mening over maatschappelijke vraagstukken waarin natuurwetenschappelijke kennis een rol speelt. In ANW vinden we veel terug van het PISA-gebied *Kennis over natuurwetenschappen* en van een deel van het gebied *Competenties* (onderzoekbare vragen herkennen en bewijsvoering).

Het ANW-programma bevat veel verwijzingen naar contexten op de gebieden gezondheid, evolutie, biosfeer, materie, en zonnestelsel en heelal. De inhoud en betrekking op deze gebieden, zonder dat specifieke begrippen gekend hoeven worden. De nadruk ligt op het (aan de hand van voorbeelden) kunnen uitleggen van ontwikkelingen. ANW is meer gericht op *Kennis over natuurwetenschappen* dan op *Kennis van natuurwetenschappen*.

In dit opzicht maakt het vak ANW het Nederlandse bovenbouwonderwijs verschillend van dat in veel andere landen: *Kennis over natuurwetenschappen* (anders gezegd *How science works*) komt daar weinig aan bod (Osborne & Dillon, 2008). Sinds 2007 is het vak ANW echter alleen nog verplicht voor vwo-leerlingen en is het aantal uren bijna gehalveerd. In principe leidt dit tot een mindere dekking met het PISA-raamwerk. Of dit gevolgen zal hebben voor de PISA-resultaten moet nog blijken.

Trends in curriculumontwikkeling bovenbouw havo/vwo

In de periode 2005-2010 zijn verschillende vernieuwingscommissies actief in het ontwerpen en beproeven van nieuwe examenprogramma's en curricula. In hoeverre sluiten deze ontwikkelingen aan bij de visie die uitgedragen wordt in het PISA-Raamwerk?

De Stuurgroep Nieuwe Scheikunde besteedt in haar basisdocument (2003) veel aandacht aan contexten (maatschappelijk, experimenteel, theoretisch en beroepsgericht), gekoppeld aan conceptontwikkeling. Ook is er veel aandacht voor onderzoeksvaardigheden maar niet in de zin van reflectie op het proces van onderzoeken. Wel wordt gewezen op het belang van modellen en ontwerpvaardigheden. Inhoudelijk staan centraal:

- moleculaire opbouw (molecuul concept)
- moleculaire en macroscopische eigenschappen (micro/macro concept).

4 Analyse en reflectie met betrekking tot natuurwetenschap, techniek en de rol van mensen

Geen systematische aandacht wordt besteed aan *Kennis over natuurwetenschappen*. De Stuurgroep vindt attitudevorming belangrijk; in dit verband worden doelen genoemd als belangstelling wekken, een realistisch beeld schetsen van scheikunde (inclusief het beroepsperspectief) en een onderzoekende houding ontwikkelen. Ook attitudes ten aanzien van veiligheid en duurzame ontwikkeling worden bepleit.

De Commissie Vernieuwing BiologieOnderwijs baseert zich op een rapport van de Biologische Raad (2003). Zij benadrukt het belang van contexten, ook gemotiveerd door nieuwe ontwikkelingen in het biologisch onderzoek. Inhoudelijk wordt veel aandacht gevraagd voor biologische organisatieniveaus (moleculair, cel, orgaan, organisme, ecosysteem), net als in het PISA-raamwerk ook voor de hogere niveaus, en ontwikkeling van voor biologie karakteristieke werkwijzen. Er is geen systematische aandacht voor *Kennis over natuurwetenschappen*, wel voor attitudes ingebed in competenties. Belangstelling ontwikkelen voor het vak biologie wordt nagestreefd. Daarnaast is er veel aandacht voor ethische aspecten, waardevorming en oordeels- en besluitvorming gerelateerd aan maatschappelijke discussies (natuur & milieu, erfelijkheid, gezondheid), verbonden met het aspect van risicoanalyse.

De Commissie Vernieuwing NatuurkundeOnderwijs besteedt in haar visiedocument (2006) veel aandacht aan een variatie aan contexten (gekoppeld aan conceptontwikkeling) en aan verklaren en onderzoeken (wetenschappelijke werkwijzen). Het inhoudsbereik is breder dan in het PISA Raamwerk. Geen systematische aandacht wordt besteed aan *Kennis over natuurwetenschappen*, wel aan het belang van wetenschappelijke werkwijzen, de samenhang in de natuurkunde en het fascineren van leerlingen. Het stimuleren van zelfvertrouwen van leerlingen en maatschappelijke verantwoordelijkheid worden niet expliciet genoemd. Dit is een interessant gegeven, omdat het zelfconcept voor natuurwetenschappelijke vakken van Nederlandse leerlingen duidelijk negatief afwijkt ten opzichte van leerlingen uit ons omringende landen (zie Hoofdstuk 1).

De drie commissies bepleiten voor de bovenbouw meer aandacht voor contexten bij conceptontwikkeling en dat sluit aan bij het PISA-raamwerk. De nadruk ligt bij de vernieuwingscommissies sterk op *Kennis van natuurwetenschappen* en niet op *Kennis over natuurwetenschappen*. Het gaat dan om de vakkennis zelf en niet om inzicht in de manier waarop kennis ontstaat en zich ontwikkelt. Wellicht gaan de commissies er van uit dat dit laatste (op het vwo) in ANW al aan bod komt. Een andere overweging kan zijn dat het verwerven van vakkennis van meer belang is voor de voorbereiding op bèta vervolgopleidingen dan methodekennis. Immers, leerlingen kiezen een natuurprofiel voornamelijk met het oog op kwalificatie voor vervolgstudies.

Conclusies

Concluderend kunnen we stellen dat het PISA-raamwerk in veel opzichten aansluit bij trends in het Nederlandse onderwijs: contexten zijn gebruikelijk in de onderbouw van het VO en veel leerlingen uit de onderzoekspopulatie (2006) hebben in de vierde klas van havo en vwo het vak ANW gehad. Inhoudelijk komt het domein *Aarde en ruimte* niet aan bod in de onderbouw maar weer wel in ANW. Verwacht mag worden dat vmbo-leerlingen minder vertrouwd zijn met *Kennis over natuurwetenschappen* omdat zij niet het vak ANW hebben gehad.

Kijken we naar de toekomst dan kunnen we constateren dat het PISA-raamwerk goed aansluit bij curriculumontwikkelingen in de bovenbouw van havo en vwo. De vraag is wel of minder aandacht voor het vak ANW in de toekomst niet zal leiden tot een zwakkere beantwoording van vragen in het domein *Kennis over natuurwetenschappen*, temeer omdat er ook bij de curriculumvernieuwingen in de mono-vakken geen aanwijzingen zijn dat kennis over natuurwetenschappen meer aandacht zal krijgen.

3 De sterktes en zwaktes in natuurwetenschappelijke geletterdheid van Nederlandse 15-jarige leerlingen

Inleiding

In dit hoofdstuk gaan we nader in op de prestaties op specifieke onderdelen van de PISA-toets. We vergelijken tussen Nederlandse leerlingen en leerlingen uit de ons omringende landen en tussen leerlingen in havo/vwo en vmbo. We onderzoeken op welke vaardigheden, onderwerpen en individuele items opvallende verschillen optreden, en we proberen deze verschillen te verklaren. De landen waarmee we Nederland vergelijken zijn België, Duitsland, Verenigd Koninkrijk, Zweden, Denemarken, Noorwegen en Finland.

Het ene land scoort hoger dan het andere en het ene item is moeilijker dan het andere, maar die verschillen zijn voor de analyses in dit hoofdstuk niet van belang. Het gaat in dit hoofdstuk juist om afwijkende score-patronen op itemniveau. Daarom werd allereerst per opgave de gemiddelde moeilijkheidsgraad over alle landen afgetrokken van de moeilijkheidsgraad voor de landen afzonderlijk. Deze afwijkingen per opgave werden vervolgens gestandaardiseerd in z-scores. Deze z-scores of standaard-scores geven aan hoeveel standaarddeviaties de afwijking van een moeilijkheidsgraad van een item ten opzichte van het gemiddelde boven of onder de gemiddelde afwijking zit. Het zorgt ervoor dat observaties uit verschillende landen met elkaar vergeleken kunnen worden. Het is bijvoorbeeld al bekend dat Finland gemiddeld het best presteert en Nederland over het algemeen op de tweede plek staat; het is daarom niet verrassend dat Finse en Nederlandse leerlingen alle natuurwetenschappelijke opgaven over het algemeen minder moeilijk vinden dan leerlingen uit de andere landen uit ons onderzoek. Maar wanneer de verschillen zijn omgezet in z-scores is het mogelijk aan te geven welke items relatief moeilijker of makkelijker zijn voor Nederland en de zeven omringende landen.

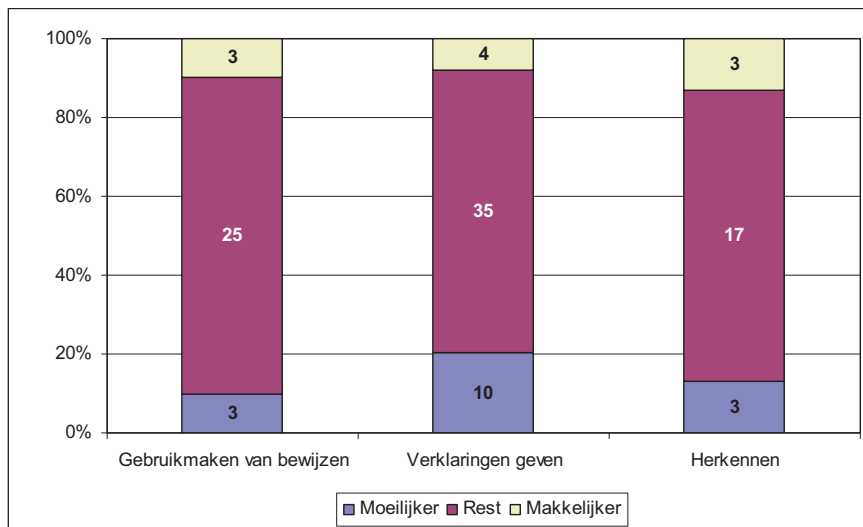
De onderzoeksvraag was: Wat zijn de kenmerken van opgaven die door Nederlandse leerlingen relatief makkelijk of moeilijk worden gevonden in vergelijking met leerlingen uit de ons omringende landen? We zullen de items bekijken waarvan de verschillen voor Nederlandse leerlingen één of meer standaarddeviaties boven of onder het gemiddelde liggen.

Doordat veel items over meerdere jaren worden gebruikt, is een groot aantal ervan nog geheim. Dit is de reden dat we niet alle voor ons interessante items zullen kunnen weergeven. Wel is het mogelijk om niet vrijgegeven opgaven globaal te beschrijven en kenmerken als het domein, de competentie, het vaardigheidsniveau en het natuurwetenschappelijke vak aan te geven.

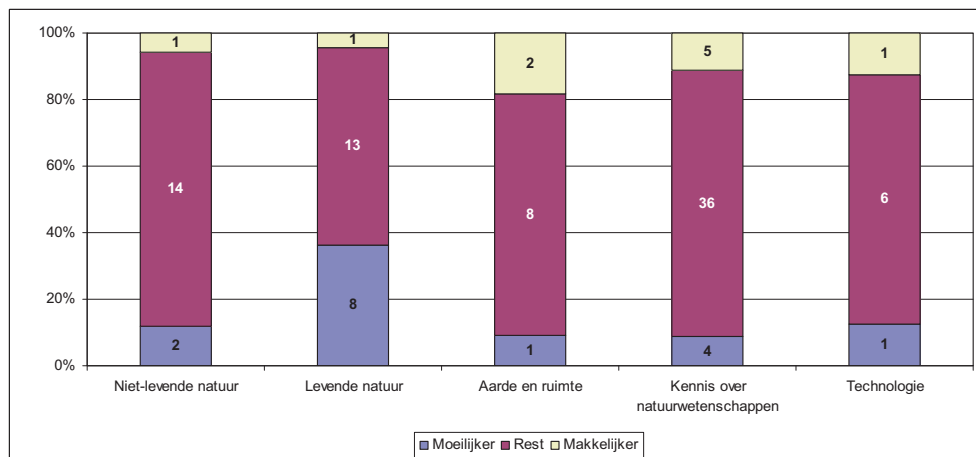
Relatief makkelijke en moeilijke opgaven voor Nederlandse leerlingen

In de Figuren 3.1 tot en met 3.3 zijn de percentages makkelijker, moeilijker en overige opgaven weergegeven voor de Nederlandse 15-jarigen, respectievelijk per competentie, per domein en per natuurwetenschappelijk vak.

Wanneer we Figuur 3.1 bekijken dan is te zien dat de competentie *Natuurwetenschappelijke verklaring geven voor gebeurtenissen* een wat hoger percentage relatief moeilijke items bevat.



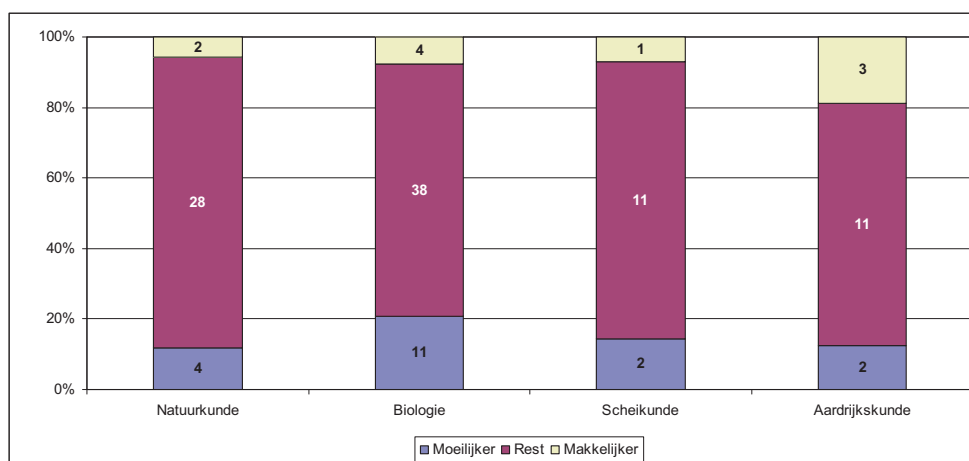
Figuur 3.1 Percentages beter en slechter gemaakte items per natuurwetenschappelijke competentie



Figuur 3.2 Percentages beter en slechter gemaakte items per natuurwetenschappelijk domein

In Figuur 3.2 is te zien dat het domein *Levende natuur* een wat hoger percentage relatief moeilijke items bevat. Dit komt overeen met het feit dat Nederlandse leerlingen op de subschaal voor ‘Levende natuur’ ook relatief minder hoog scoren. Het percentage moeilijker items is in de overige domeinen vrijwel gelijk. In het domein *Aarde en ruimte* komen percentueel wat vaker relatief makkelijke items voor, maar men moet hierbij beseffen dat dit domein slechts elf opgaven bevat.

Alle natuurwetenschappelijke opgaven hebben we ingedeeld in vier vakken: Natuurkunde, biologie, scheikunde en aardrijkskunde. We hebben twee deskundigen onafhankelijk van elkaar de opgaven toe laten wijzen aan één of meer van deze vakken. Sommige opgaven worden dus in de analyses bij meerdere vakken meegeteld. Bij afwijkende indelingen tussen de twee beoordelaars is na overleg voor een indeling gekozen.



Figuur 3.3 Percentages beter en slechter gemaakte items per natuurwetenschappelijk vak

Uit Figuur 3.3 blijkt dat de relatief slechter gemaakte items wat vaker bij biologie in te delen zijn dan bij de andere bètavakken. Dit kon al afgeleid worden uit de slechtere prestaties op het domein *Levende natuur*, omdat *Levende natuur* een belangrijk onderdeel is van het vak biologie. De relatief goed gemaakte items zijn gelijkmatiger verdeeld over de verschillende bètavakken, maar binnen aardrijkskunde komen er relatief iets meer voor.

In de volgende paragraaf beschrijven we in meer detail de items die voor Nederland het meest afwijken ten opzichte van het gemiddelde van de acht landen in ons onderzoek; dus items die voor Nederlandse leerlingen relatief moeilijker dan wel makkelijker zijn dan voor leerlingen in ons omringende landen.

Afwijkende items in detail bekeken

Negatief afwijkende items

Zes van de items zijn meervoudige meerkeuzevragen: leerlingen moeten hier twee of drie keer subvragen met ja of nee beantwoorden; dit soort items is minder gebruikelijk in het Nederlandse onderwijs. Vier vragen hebben een open karakter, waaronder onderstaand voorbeeld. Bij de twee items waarop Nederlandse leerlingen in vergelijking met andere landen het zwakste resultaat behalen is het antwoordmodel discutabel. We nemen aan dat het effect daarvan voor leerlingen in andere landen gelijk is, maar het lijkt verder niet zinvol de afwijkende score van Nederlandse leerlingen op deze twee items te interpreteren. Eén item betreft een plattelandcontext; voor veel Nederlandse kinderen die niet uit een agrarisch gezin komen is deze vraag moeilijker te beantwoorden omdat ze de authentieke praktijk waarschijnlijk niet kennen. Twee items betreffen het ordenen van drie objecten naar grootte; het probleem zou kunnen liggen aan de vraagvorm, maar ook aan het feit dat de genoemde objecten (op het gebied van *Aarde en ruimte*) niet altijd aan bod komen in de onderbouw van het VO.

Van de voor Nederlandse leerlingen relatief moeilijke items is er slechts één vrijgegeven. Dit is onderdeel vier van het vraagstuk 'Mary Montagu' (zie Bijlage 2). Dit is een item uit het domein *Levende natuur* en representeert de competentie *Natuurwetenschappelijke verklaring geven voor gebeurtenissen*. De itemmoeilijkheid is 507 en daarmee is het item van vaardigheidsniveau 3. Het maakt deel uit van het vak biologie. In bijlage 2 staat het item inclusief inleiding en antwoordmodel weergegeven. Dit item werd relatief veel moeilijker gevonden in ons land dan gemiddeld. Het scheelde -2,2 standaarddeviaties ten opzichte van de gemiddelde moeilijkheid van de acht landen. Leerlingen uit Denemarken (-1,1 standaarddeviatie) vonden het ook een relatief moeilijk item. Opvallend is dat leerlingen uit Duitsland, Zweden en Noorwegen dit juist een relatief makkelijk item vonden. Dit betrof een verschil van respectievelijk 1,3, 1,0 en 1,7 standaarddeviaties voor deze drie landen. Bij dit item valt op dat de – uitvoerige – inleidende context niet nodig is voor het beantwoorden van de vraag. Daarentegen is het wel nodig de vraag zelf nauwkeurig te lezen. Als we kijken naar alle vragen die vooraf gegaan worden door een tekst die niet relevant is voor het beantwoorden van de vraag, dan zien we dat Nederlandse leerlingen bijna een kwart van deze vragen relatief moeilijk vinden; een groter percentage dan voor vragen waarbij dit niet het geval is. Eén van de items vereist zelfs dat leerlingen een deel van de gegeven informatie negeren.

Positief afwijkende items

Twee items die voor Nederlandse leerlingen relatief makkelijk zijn hebben betrekking op de werking van apparatuur of geneesmiddelen. Twee andere items vereisen het aflezen van een of twee grafieken. Nederlandse leerlingen worden in de onderbouw – maar ook al op de basisschool – veel geconfronteerd met het lezen van informatie uit grafieken en tabellen.

Ook van de voor Nederlandse leerlingen relatief makkelijke items is er slechts één vrijgegeven. Dit is onderdeel 5 van het vraagstuk 'Het broeikaseffect' (zie Bijlage 3). Dit is

een item uit het domein *Aarde en ruimte* en representeert de competentie *Natuurwetenschappelijke verklaring geven voor gebeurtenissen*. De itemmoeilijkheid is 710 en daarmee is het item van niveau 6. Nederlandse leerlingen maken dit item gemiddeld vaker goed dan leerlingen uit de omringende landen (Gemiddelde p-waarde is 0,22; die voor Nederland 0,34). Wellicht heeft deze positieve afwijking te maken met de vele publiciteit in Nederland rond het broeikas-effect. In bijlage 3 staat het item inclusief inleiding en antwoordmodel weergegeven. Onderdeel 5 van dit item werd relatief makkelijker gevonden in ons land dan gemiddeld. Het scheelde 1,7 standaarddeviaties ten opzichte van de gemiddelde afwijking van de acht landen. Leerlingen uit de andere landen hadden het niet veel makkelijker of moeilijker met dit item dan gemiddeld.

Hoe doen de Nederlandse leerlingen het op contextrijke vragen?

In lijn met de PISA visie op natuurwetenschappelijke geletterdheid worden vrijwel alle natuurwetenschappelijke items in PISA gepresenteerd in contexten. Nentwig en collega's (2009) hebben die contexten aan een nader onderzoek onderworpen. Zij constateerden dat de vragen sterk verschilden in de mate waarin de gegeven context ook werkelijk functioneel was voor het beantwoorden van de vraag. Zij onderscheidde drie soorten vragen:

- 1 vragen zonder begeleidende tekst of plaatjes en/of geen relatie tussen tekst en vragen;
- 2 vragen met weinig tekst en/of weinig relatie tussen tekst en vragen (zie Bijlage 4 voor een voorbeeld);
- 3 vragen met veel aanvullende informatie die relevant is voor de beantwoording van de vragen (zie Bijlage 2 voor een voorbeeld).

Alleen vragen van het type (1) en (3) werden geselecteerd en aangeduid als respectievelijk lo-con en hi-con items. Sets van 20 lo-con en 24 hi-con items werden geselecteerd, rekening houdend met vergelijkbare moeilijkheidsgraad, leesniveau en aard van de vragen (*Kennis van natuurwetenschappen* en *Kennis over natuurwetenschappen*). Vervolgens werden de resultaten van 12 OESO landen met elkaar vergeleken voor de hi-con en lo-con items. Voor de selectie van landen werden twee criteria toegepast:

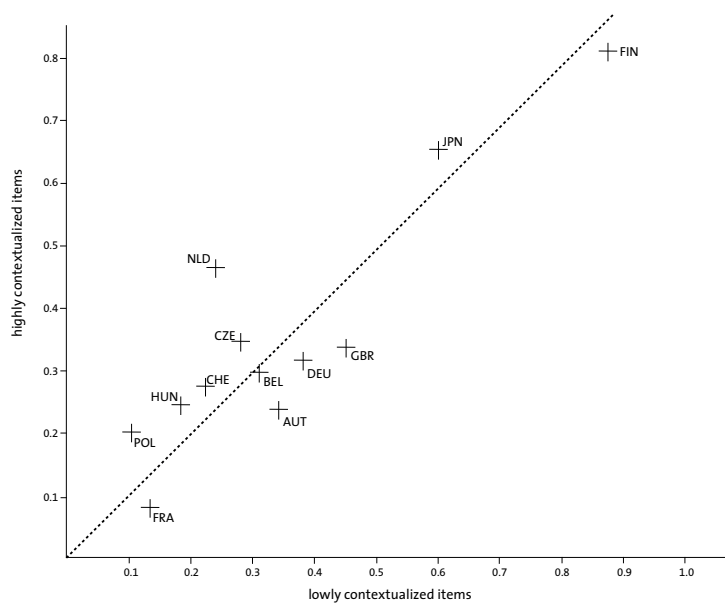
- a) spreiding over de resultaten: van Finland met de hoogste score tot Frankrijk en Polen met scores net onder het gemiddelde;
- b) landen die in cultureel opzicht vergelijkbaar waren met Duitsland, het land waar het onderzoek werd uitgevoerd.

De score op hi-con en lo-con wordt uitgedrukt in plausible values: PV (zie Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Scores voor hi-con en lo-con vragen per land

Land	score natuur-wetenschappelijke geletterdheid gemiddeld	PV hi-con	PV lo-con	Verskil hi-lo-con
Finland	563	0,82	0,88	-0,05
Japan	531	0,66	0,60	0,06
Nederland	525	0,47	0,24	0,23
Duitsland	516	0,32	0,38	-0,05
Verenigd Koninkrijk	515	0,34	0,45	-0,12
Tsjechië	513	0,35	0,28	0,07
Zwitserland	512	0,28	0,22	0,06
Oostenrijk	511	0,24	0,34	-0,09
België	510	0,30	0,31	-0,01
Hongarije	504	0,25	0,18	0,08
Polen	498	0,20	0,10	0,10
Frankrijk	495	0,08	0,13	-0,05

De resultaten zijn uitgezet in onderstaande grafiek (Figuur 3.4). Daaruit blijkt dat voor de meeste landen het verschil tussen de resultaten op de hi- en lo-con items niet groot is. Als we rekening houden met de effect-grootte dan valt alleen het resultaat van de Nederlandse leerlingen op: zij doen het aanzienlijk beter op de hi-con dan op de lo-con vragen. De resultaten zijn ook bepaald voor jongens en meisjes apart (zie Tabel 3.2).



Figuur 3.4 Scores op hoge en lage contextopgaven per land (Bron: Nentwig et al (2009))

Tabel 3.2 Verschillen in scores voor hoge en lage contextvragen per geslacht en land

Land	Verschil hi-lo-con		
	jongens	meisjes	verschil j-m
Finland	0,01	-0,12	0,11
Japan	0,07	0,06	0,01
Nederland	0,27	0,19	0,08
Duitsland	0,00	-0,11	0,11
Verenigd Koninkrijk	-0,11	-0,13	0,02
Tsjechië	0,07	0,07	0,00
Zwitserland	0,10	0,03	0,07
Oostenrijk	-0,02	-0,17	0,15
België	-0,01	0,00	-0,01
Hongarije	0,10	0,05	0,05
Polen	0,09	0,11	-0,02

Het patroon dat meisjes relatief iets beter op lo-con items scoren, en jongens relatief iets beter op hi-con items is in de meeste landen herkenbaar, al zijn de verschillen vaak maar klein. Het verschil tussen Nederlandse leerlingen en leerlingen uit andere landen is echter veel groter. Zowel de Nederlandse meisjes als de jongens scoren erg goed op hi-con items en relatief minder op lo-con items.

Verschillen tussen de resultaten van leerlingen havo/vwo en vmbo

In de PISA-studie scoren havo/vwo-leerlingen zoals te verwachten was op alle fronten beter dan vmbo-leerlingen. Op sommige vragen zijn de verschillen echter opvallend groot, terwijl op andere vragen de verschillen juist relatief klein zijn. In onze analyse vonden we 22 vragen waarop vmbo-leerlingen het veel slechter doen dan op grond van hun totaal score verwacht mag worden en 18 vragen waarop vmbo-leerlingen relatief beter scoren.

We bespreken eerst de vragen waarop vmbo-leerlingen relatief zwakker scoren dan op grond van hun score voor natuurwetenschappelijke geletterdheid verwacht mag worden. Van deze vragen hebben 13 een open karakter. Bij deze vragen hebben we de antwoorden van 20 leerlingen nader geanalyseerd. Dit komt neer op in totaal 260 leerling-antwoorden. Een mogelijke verklaring was dat vmbo-leerlingen de open vragen minder vaak beantwoorden (vaker 'open laten'). Dit is inderdaad het geval, maar omdat het percentage opengelaten vragen ook voor vmbo-leerlingen erg klein is (maximaal 4 procent opengelaten vragen) kan dit zeker niet de volledige verklaring zijn. Een grote meerderheid van de vmbo-leerlingen doet een serieuze poging de open vragen te beantwoorden. Ze gebruiken daarbij echter gemiddeld veel minder woorden dan de havo/vwo-leerlingen. Ter illustratie laten we de aselect gekozen antwoorden zien van tien vmbo- en tien havo/vwo-leerlingen op vraag S493Q05:

Waarom moet je sneller en dieper ademen als je aan lichaamsbeweging doet, dan wanneer je lichaam in rust is?

Deze vraag, van het type *Natuurwetenschappelijk verklaring geven* is door 75 procent van de leerlingen in havo/vwo en 36 procent van de leerlingen in vmbo correct beantwoord. De maximale score werd gegeven voor de antwoorden: "Om het teveel aan koolstofdioxide af te voeren" en/of "Om het lichaam meer zuurstof te verschaffen". "Lucht" in plaats van "koolstofdioxide" of "zuurstof" werd niet goedgekeurd.

Voorbeelden van antwoorden van vmbo-leerlingen:

- Omdat je hart dan sneller moet pompen
- Om meer zuurstof nodig hebt
- Omdat je anders ademhalingsproblemen kan krijgen
- Je hart moet sneller pompen en je moet naar lucht happen
- Anders ga je langzaam en stopt alles ermee
- Dan heb je meer lucht nodig want je verbruikt meer energie als dat je rust
- Omdat je longen open zijn en dus meer lucht nodig hebben

- Als je actief bezig bent heeft je lichaam meer energie nodig, die haalt hij uit zuurstof dus moet je meer ademen om zuurstof op te nemen
- Dan span je je spieren beter
- [geen antwoord]

Voorbeelden van antwoorden van havo/vwo-leerlingen:

- Je verbruikt meer energie
- Je lichaam verbruikt meer zuurstof dus moet je meer zuurstof inademen en ga je sneller en dieper ademhalen
- Je hebt meer zuurstof nodig voor je spieren en de rest van je lichaam
- Je spieren verbranden stoffen en hiervoor is zuurstof nodig. Die O₂ haal je uit de lucht en komen via je longen bij je spieren
- Om zuurstof naar je spieren te sturen om te bewegen, moet je meer zuurstof hebben, die je in de lucht kan krijgen. Je kunt dan sneller en meer zuurstof krijgen.
- Omdat je spieren meer gaan verbranden & daar is zuurstof voor nodig, dus meer zuurstof is er nodig in het lichaam
- Omdat je lichaam meer energie verbruikt en je lichaam heeft zuurstof nodig om dat aan te maken
- Omdat je hart het bloed sneller door je lichaam pompt, dus je moet ook meer O₂ toevoeren dus sneller en dieper ademhalen
- Je spieren moeten meer voedingsstoffen verbranden. Daar is meer zuurstof voor nodig dan normaal. Dus moet je vaker ademhalen dan normaal.
- Je hart moet harder werken om voldoende zuurstof te krijgen. Het bloed wordt sneller rondgepompt, hierdoor moeten je longen ook hard werken. Dieper en sneller ademhalen dus.

De antwoorden op deze vraag illustreren twee moeilijkheden die we ook bij andere vragen aantreffen: 1) vmbo-leerlingen hebben moeite met het noemen van precies de juiste termen en 2) vmbo leerlingen hebben moeite met het beschrijven van processen en tussenstappen om verschijnselen te verklaren.

Inhoudelijk gezien hebben de vmbo-leerlingen het meest moeite met vragen van het type *Kennis over natuurwetenschappen* en *Gebruik maken van natuurwetenschappelijke bewijzen*. Een mogelijke verklaring is dat dit soort aspecten in ANW aan bod is geweest voor de havo/vwo-leerlingen en dat in de onderbouw van havo/vwo relatief meer aandacht wordt besteed aan een onderzoekende houding.

Relatief goed scoren de vmbo-leerlingen op 18 vragen. Dit zijn vrijwel allemaal meerkeuzevragen, bijv. 493Q03:

Wat gebeurt er als je je spieren gebruikt? Omcirkel “Ja” of “Nee” voor elk van de beweringen.

Gebeurt dit als je je spieren gebruikt?	Ja of Nee?
De spieren raken beter doorbloed.	Ja/Nee
Er vormen zich vetten in de spieren.	Ja/Nee

Deze vraag is door 87 procent van de havo/vwo-leerlingen en 82 procent van de vmbo-leerlingen correct beantwoord. Het is mogelijk dat meerkeuzevragen voor vmbo-leerlingen relatief gemakkelijker te beantwoorden zijn dan open vragen, omdat er geen beroep gedaan wordt op hun formuleringsvaardigheden. Waarschijnlijk zijn de vmbo-leerlingen ook redelijk vertrouwd met meerkeuzevragen omdat die in de vmbo-eindexamens voorkomen. Een andere verklaring kan zijn dat vmbo-leerlingen hier relatief goed scoren door de raadkans. Bij het berekenen van het percentage goed beantwoorde vragen is met de raadkans namelijk geen rekening gehouden. Bij een zeer moeilijke open vraag zal geen enkele zwakke leerling de vraag correct hebben, terwijl een zeer moeilijke meerkeuzevraag door de raadkans toch door enkele zwakke leerlingen goed zal worden beantwoord.

Conclusies

Nederlandse leerlingen zijn relatief goed in opgaven die vallen onder het vak aardrijkskunde, in contextrijke opgaven, in het geven van globale antwoorden op open vragen en in het lezen van grafieken en tabellen voor het beantwoorden van vragen. Nederlandse leerlingen zijn relatief zwak in natuurwetenschappelijke verklaring geven voor gebeurtenissen, in opgaven die vallen binnen het domein *Levende natuur*, oftewel het vak biologie, in contextarme opgaven, in opgaven die vragen om open specifieke antwoorden en in het beantwoorden van vragen met irrelevante inleidingen.

Alhoewel uit het onderzoek van Nentwig en collega's (2009) blijkt dat Nederlandse leerlingen goed zijn in contextrijke vragen is de ene context de andere niet. Niet alle PISA-items zijn een goede operationalisatie van de PISA-doelen. Hier is ruimte voor verdere ontwikkeling. De resultaten van dit onderzoek geven wel aan dat er blijkbaar iets bijzonders is aan het Nederlandse onderwijs; het past bij de PISA-doelen voor natuurwetenschappelijke geletterdheid. De vraag is hoe erg het is dat Nederlandse leerlingen het op contextarme items minder goed doen. Als het geen onderdeel is van de doelstellingen van het Nederlandse onderwijs, dan hoeven we ons hierover geen zorgen te maken.

Samenvattend valt op dat vmbo-leerlingen relatief gezien extra moeite hebben met nauwkeurig formuleren en met het beschrijven van processen en meerstapsredeneringen. Als het antwoordmodel genoeg neemt met globale antwoorden en er geen specifieke termen in het antwoord genoemd moeten worden, dan scoren ook vmbo-leerlingen goed. Vergeleken met leerlingen uit ons omringende landen scoren Nederlandse leerlingen goed op vragen waarbij globale antwoorden beloond worden.

4 Natuurwetenschappelijke geletterdheid in Nederland in relatie tot school- en leerlingenkenmerken vergeleken met de ons omringende landen

Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de factoren die de verschillen in natuurwetenschappelijke geletterdheid kunnen verklaren. We hebben hiertoe voor Nederland een analyse uitgevoerd op twee niveaus (school en leerling) en voor de acht landen samen (inclusief Nederland) op drie niveaus; met land als derde niveau toegevoegd.

Verschillen in natuurwetenschappelijke geletterdheid binnen Nederland

Als we nog geen rekening houden met kenmerken van scholen en individuele leerlingen (wat we noemen een 'leeg' model) en 'onbevangen' kijken naar verschillen in scores tussen leerlingen binnen scholen en tussen scholen onderling, dan wordt zestig procent van de verschillen op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid binnen Nederland verklaard door de school waar leerlingen op zitten en veertig procent door de leerlingen zelf. Dit is een vertekend beeld, omdat we in Nederland verschillende schoolsoorten hebben en een 'school' binnen het PISA-onderzoek is gedefinieerd als een vestiging met vaak maar één schoolsoort. In Hoofdstuk 1 hebben we al laten zien dat de gemiddelde scores op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid flink verschillen tussen schoolsoorten. De grote verschillen tussen scholen zijn dus eigenlijk verschillen tussen schoolsoorten. Schoolsoort is daarom één van de variabelen die we gaan bekijken op leerlingniveau.

Scholen

We willen graag weten waarom scholen zoveel verschillen in hun gemiddelde score op de natuurwetenschappelijke schaal, omdat deze kennis ons mogelijk kan helpen scholen te adviseren in het verbeteren van hun onderwijs in natuurwetenschappelijke vakken. Om dit te bewerkstelligen voegen we aan het 'lege' model schoolkenmerken toe waarvan we vermoeden dat ze deze schaalscore beïnvloeden. Als we dit doen dan vermindert vanzelfsprekend het percentage van de overgebleven 'nog niet verklaarde' verschillen tussen scholen. Het is dan nog maar 28 procent; de overige verschillen worden dus verklaard door de aan het model toegevoegde schoolkenmerken. De schoolkenmerken waar we naar gekeken hebben zijn:

- De urbanisatiegraad van de plaats waar de school gevestigd is
- Schoolgrootte (het aantal leerlingen op de betreffende vestiging)
- De sociaaleconomische achtergrond van leerlingen op de school
- Het percentage gekwalificeerde leerkrachten (alle vakken)
- De mate waarin, volgens het schoolhoofd, het geven van onderwijs op de vestiging wordt gehinderd door
 - gebrek aan bevoegde docenten natuurkunde, scheikunde, biologie of ANW
 - gebrek aan technische onderwijsassistenten
 - gebrek of tekortkomingen aan de inrichting en het materiaal van de practicumlokalen voor natuurwetenschappelijke vakken
- In hoeverre, volgens het schoolhoofd, docenten op de vestiging zich toeleggen op het ontwikkelen van kennis en vaardigheden bij leerlingen die hen stimuleren zich te ontwikkelen in de richting van een natuurwetenschappelijk beroep.

Slechts twee van de bovengenoemde variabelen verklaren een significant deel van de verschillen op de natuurwetenschappelijke schaal tussen scholen in Nederland. Dat zijn schoolgrootte en de gemiddelde sociaaleconomische achtergrond van de leerlingen op een school. Beide variabelen laten een positief verband zien, wat betekent dat leerlingen op grote scholen en scholen met een leerlingenpopulatie met een gemiddeld hoge sociaaleconomische status over het algemeen beter presteren op het terrein van natuurwetenschappelijke geletterdheid dan leerlingen op kleine scholen en scholen met een leerlingenpopulatie met een gemiddeld lage sociaaleconomische status. Dit tweede effect zou mogelijk te verklaren zijn door verschillen in gemiddelde sociaaleconomische status tussen schoolsoorten. Echter, het effect blijft bestaan als we op leerlingniveau compenseren voor leerjaar en schoolsoort. Dit betekent bijvoorbeeld dat leerlingen in leerjaar 3 van de havo gemiddeld hogere scores op de natuurwetenschappelijke schaal als de gemiddelde sociaaleconomische status van de school hoog is dan als de gemiddelde sociaaleconomische status van de school laag is. Dit fenomeen is vaker gevonden, ook voor cognitieve resultaten in het algemeen (Dekkers e.a., 2000) en wijst mogelijk op een gebrek aan gelijke kansen voor alle leerlingen. Niet alle leerlingen hebben immers de gelegenheid om naar een school met een gemiddeld hoge sociaaleconomische status te gaan.

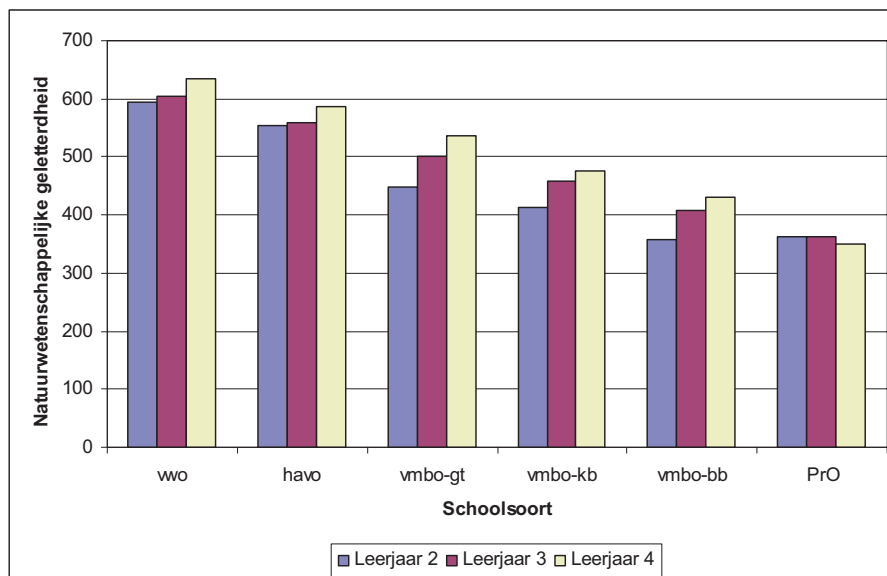
Het gebrek aan technische onderwijsassistenten heeft pas een significant effect als we in het model rekening houden met verschillen tussen kenmerken van leerlingen (zie de volgende paragraaf). Houden we rekening met verschillende leerlingenpopulaties op scholen, dan zorgt een groter gebrek aan technische onderwijsassistenten voor lagere scores op de natuurwetenschappelijke schaal. Kennelijk heeft de samenstelling van leerlingen op een school, waaronder de schoolsoort waarin ze les krijgen, zoveel invloed op de score voor natuurwetenschappelijke geletterdheid dat de invloed van gebrek aan technische onderwijsassistenten ondergesneeuwd raakt. Het mooie van analyses op meerdere niveaus is dat deze kleine maar relevante effecten op schoolniveau alsnog zichtbaar worden. Dat is belangrijk, omdat dit de effecten zijn die door scholen en beleidsmakers zijn te beïnvloeden, in tegenstelling tot de meeste effecten op leerlingniveau.

Leerlingen

Als we aan het model met schoolkenmerken ook leerlingenkenmerken toevoegen, dan vermindert ook het percentage van de overgebleven 'nog niet verklaarde' verschillen dat toe te schrijven is aan kenmerken van een school; van 28 naar 14 procent. De kenmerken van leerlingen waar we naar gekeken hebben zijn:

- Leerjaar
- Geslacht
- Schoolsoort
- Sociaaleconomische status
- De tijd die leerlingen besteden aan natuurwetenschappelijke vakken
 - op school
 - in bijles en
 - aan huiswerk.

Op één na verklaren alle bovengenoemde variabelen een significant deel van de verschillen op de natuurwetenschappelijke schaal tussen leerlingen in Nederland. Leerjaar en schoolsoort hebben we in combinatie bekeken (zie Figuur 4.1). Vanzelfsprekend hebben leerlingen die al in leerjaar 4 zitten een hogere natuurwetenschappelijke geletterdheid dan leerlingen in leerjaar 3. Daarbovenop heeft schoolsoort nog een positief effect op de scores: Leerlingen in havo en vwo scoren hoger dan leerlingen in vmbo. Leerlingen in het praktijkonderwijs hebben de laagste score, wat voor de hand ligt omdat deze leerlingen een leer- en/of intelligentieachterstand hebben ten opzichte van leerlingen in het regulier onderwijs.

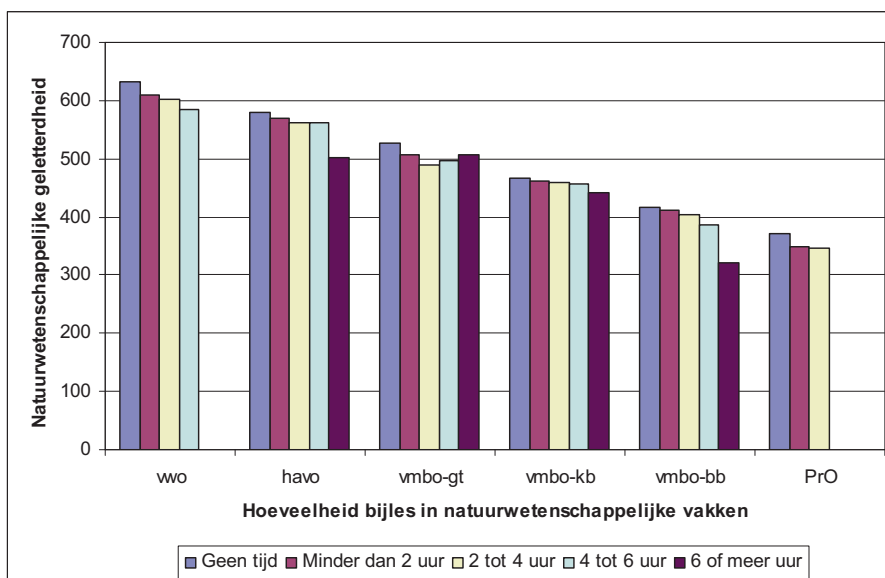


Figuur 4.1 Gemiddelde scores op de schaal Natuurwetenschappelijke geletterdheid per leerjaar en schoolsoort

Alhoewel de gemiddelde sociaaleconomische status van een schoolpopulatie een groter deel van de verschillen op de natuurwetenschappelijke schaal verklaart, wordt daar bovenop ook een deel van de verschillen verklaard door de sociaaleconomische status van een individuele leerling. Dit effect komt dus nog bovenop die van schoolsoort, leerjaar en gemiddelde sociaaleconomische status op de school.

Het aantal lessen voor natuurwetenschappelijke vakken dat leerlingen hebben op school heeft een positieve relatie met scores op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid. Het grootste deel van dit verband zal hem zitten in het feit dat sommige 15-jarigen al één of meerdere natuurwetenschappelijke vakken hebben laten vallen. In leerjaar 3 van het vmbo is het zelfs mogelijk dat leerlingen geen van de drie natuurwetenschappelijke vakken (natuurkunde, scheikunde en biologie) meer in hun pakket hebben. Het ligt voor de hand dat ze dan minder opgaven goed zullen maken, alhoewel PISA zich niet expliciet richt op schoolse kennis en vaardigheden.

De tijd die leerlingen besteden aan bijles in natuurwetenschappelijke vakken hangt vanzelfsprekend negatief samen met natuurwetenschappelijke geletterdheid (zie Figuur 4.2). Bijles zal de achterstand van leerlingen in de vakken natuurkunde, scheikunde en/of biologie wel verminderen, maar het is wellicht een illusie te denken dat deze helemaal weggewerkt kan worden.



Figuur 4.2 Gemiddelde scores op de schaal Natuurwetenschappelijke geletterdheid in relatie tot het aantal bijlessen in natuurwetenschappelijke vakken

De tijd die leerlingen besteden aan huiswerk voor natuurwetenschappelijke vakken geeft geen significante verklaring voor de gevonden verschillen in natuurwetenschappelijke geletterdheid binnen Nederland. Dit is een bevinding die wel vaker is gerapporteerd.

Er werken hier namelijk twee effecten tegen elkaar in. Leerlingen die goed zijn in natuurwetenschappelijke vakken scoren hoog zonder veel tijd aan huiswerk te besteden. Echter, leerlingen die het wel nodig zouden hebben veel tijd aan hun huiswerk te besteden maar dit niet doen scoren juist lager. De optelsom van deze effecten resulteert in een te klein verband met natuurwetenschappelijke geletterdheid om significant te zijn.

Verschillen in natuurwetenschappelijke geletterdheid tussen landen, scholen en leerlingen

Naast het verklaren van de verschillen binnen Nederland, willen we ook kijken hoe de verschillen over de acht landen heen te verklaren zijn. Als we nog geen rekening houden met kenmerken van scholen en individuele leerlingen (het lege model), dan wordt ruim dertig procent van de verschillen op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid die niet verklaard worden door het landenniveau verklaard door de school waar leerlingen op zitten en bijna zestig procent door de leerlingen zelf.

Landen

Alle zeven landen in de omgeving van Nederland verschillen significant van Nederland op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid. Finland in positieve zin en de overige landen in negatieve zin (zie ook Hoofdstuk 1). Het is natuurlijk interessant om te zien of kenmerken van scholen en/of leerlingen deze verschillen zouden kunnen verklaren. Dat zou betekenen dat we een beter inzicht krijgen in de verklaringen voor verschillen tussen landen.

Scholen

Als we aan het 'lege' model schoolkenmerken toevoegen, dan vermindert vanzelfsprekend het percentage van de overgebleven 'nog niet verklaarde' verschillen dat toe te schrijven is aan de school. Het is dan nog maar veertien procent.

Net als voor de verschillen binnen Nederland verklaren schoolgrootte en gemiddelde sociaal-economische status van een school een significant deel van de verschillen tussen leerlingen over de acht landen heen. Wel verklaren ze over landen een kleiner deel van de verschillen dan binnen Nederland. Daarnaast hebben ook de urbanisatiegraad van de school (grootte van de plaats waarin de school is gevestigd) en het gebrek aan bevoegde docenten voor natuurwetenschappelijke vakken een – negatief – effect op de scores voor natuurwetenschappelijke geletterdheid. Met andere woorden: Scholen in dorpen en kleine steden doen het beter op de natuurwetenschappelijk schaal dan scholen in grote steden. Ook doen scholen waarvan het schoolhoofd aangeeft dat er een gebrek is aan bevoegde natuurwetenschappelijk docenten het slechter dan scholen waar dit probleem niet speelt. Dit laatste ligt natuurlijk voor de hand. Overigens verdwijnt het effect van schoolgrootte als we rekening houden met kenmerken van leerlingen. Kennelijk zit er een andere populatie leerlingen op grote dan op kleine scholen, zodat het effect van schoolgrootte eigenlijk hierdoor te verklaren is.

Rekening houdend met de verschillen in kenmerken van leerlingen op een school gaat het percentage gekwalificeerde docenten alsnog een rol spelen. Deze rol is echter negatief, wat betekent dat een hoger percentage bevoegde docenten een lagere score oplevert op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid. We kunnen hier gaan speculeren over de oorzaak van dit effect, maar dat is gevaarlijk. Wat we wel kunnen concluderen is dat het percentage bevoegde docenten op een school samenhangt met een schoolkenmerk die de eigenlijke invloed uitoefent op natuurwetenschappelijke geletterdheid; een variabele die we niet kennen en daarom niet hebben meegenomen in de huidige analyses.

Leerlingen

Als we aan het model met schoolkenmerken ook leerlingenkenmerken toevoegen, dan vermindert ook het percentage van de overgebleven 'nog niet verklaarde' verschillen dat toe te schrijven is aan kenmerken van een school, al is het slechts weinig; van veertien naar elf procent.

Alle variabelen op leerlingenniveau die we in het model hebben meegenomen, verklaren een belangrijk deel van de verschillen tussen leerlingen. Over landen heen verklaart dus ook de tijd besteed aan huiswerk voor natuurwetenschappelijke vakken een belangrijk deel van de verschillen, in tegenstelling tot de verschillen binnen Nederland. Kennelijk zijn er tussen landen wel aanzienlijke verschillen in de hoeveelheid huiswerk voor natuurwetenschappelijke vakken; meer tijd besteed aan huiswerk zorgt voor een hogere waarde op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid. Het beleid in een land om buiten schooltijd extra tijd te besteden aan natuurwetenschappelijke vakken werpt dus z'n vruchten af.

Conclusies

Binnen Nederland heeft schoolgrootte een positieve relatie met de gemiddelde score op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid. Dit resultaat pleit voor schaalvergroting in het onderwijs, terwijl die in Nederland juist op z'n retour is. Een kanttekening hierbij is dat het ook zo kan zijn dat goede scholen veel leerlingen trekken, waardoor de schoolgrootte toeneemt. De school moet dit organisatorisch echter wel aankunnen. Wat voor natuurwetenschappelijk onderwijs in ieder geval van belang is, is dat de school in staat is voldoende bevoegde natuurwetenschappelijke docenten en technische onderwijs-assistenten aan te trekken.

De gemiddelde sociaaleconomische status van leerlingen op een school is moeilijk te beïnvloeden door beleid. Streven naar een gelijk gemiddelde voor alle scholen levert niet noodzakelijkerwijs het meeste op, omdat scholen met een bovengemiddelde sociaaleconomische status over het algemeen betere resultaten hebben dan scholen met een gemiddelde sociaaleconomische status. Nader onderzoek zou moeten uitwijzen of dit nadeel voldoende gecompenseerd wordt door het voordeel dat op scholen met een benedengemiddelde sociaaleconomische status behaald kan worden door de sociaaleconomische status naar een gemiddeld niveau te verhogen.

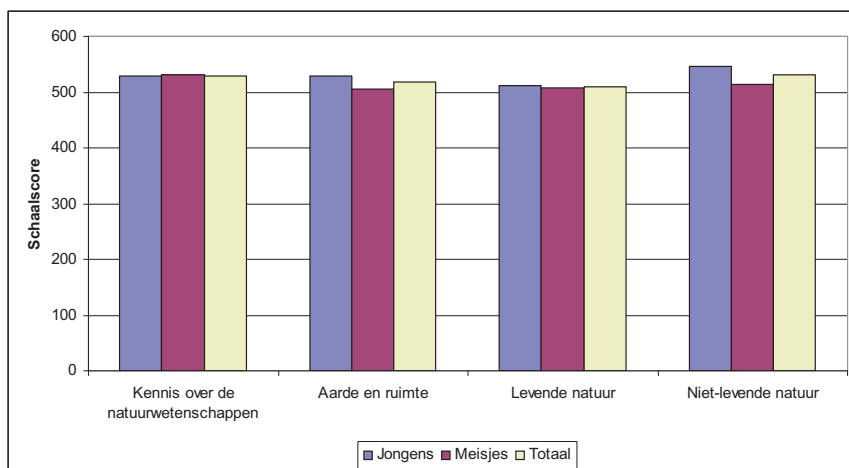
De tijd die leerlingen besteden aan bijles in natuurwetenschappelijke vakken hangt negatief samen met natuurwetenschappelijke geletterdheid. Eigenlijk kunnen we met dit resultaat niet zoveel. Om uitspraken te kunnen doen over het nut van bijles is een (quasi-) experimentele onderzoeksopzet nodig, waarin leerlingen die een bepaalde tijd bijles krijgen vergeleken kunnen worden met leerlingen met gelijke vaardigheden die geen bijles krijgen. Op basis van de PISA-database is een dergelijke analyse niet mogelijk.

Nederland lijkt een goede huiswerkcultuur te hebben voor natuurwetenschappelijke vakken. Als we over landen heen kijken, dan hebben landen waarvoor geldt dat leerlingen gemiddeld veel tijd aan huiswerk besteden voor natuurwetenschappelijke vakken betere resultaten dan landen waarin leerlingen gemiddeld weinig tijd aan huiswerk besteden voor natuurwetenschappelijke vakken. Binnen Nederland heeft de hoeveelheid tijd besteed aan huiswerk voor natuurkunde, scheikunde en biologie geen significante invloed op natuurwetenschappelijke geletterdheid.

5 Natuurwetenschappelijke geletterdheid in relatie tot leesvaardigheid en wiskundige geletterdheid

Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de prestaties van Nederlandse leerlingen voor leesvaardigheid en wiskundige geletterdheid. We leggen een verband tussen natuurwetenschappelijke geletterdheid en leesvaardigheid en wiskundige geletterdheid.

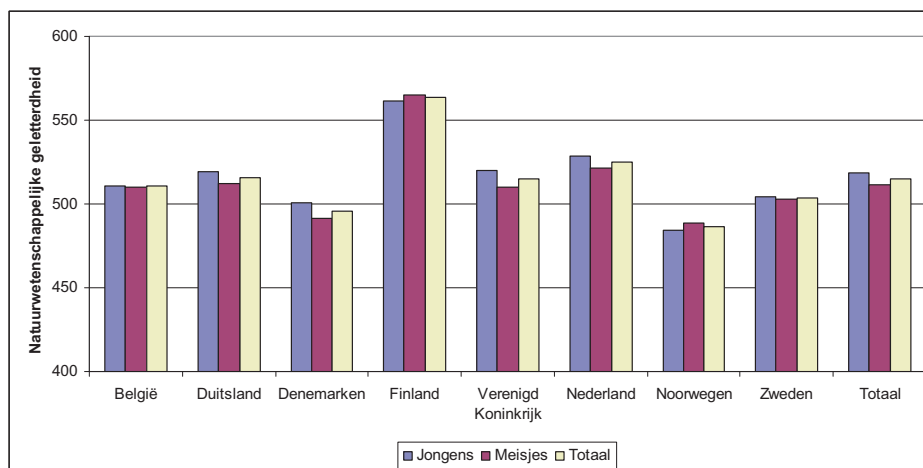


Figuur 5.1 Gemiddelde scores op de schaal Natuurwetenschappelijke geletterdheid voor jongens en meisjes, per domein

Het ligt voor de hand dat de verschillende natuurwetenschappelijke opgaven vragen om bepaalde basisvaardigheden op het gebied van lezen en rekenen/wiskunde. Dit kan mogelijk een deel van de verschillen verklaren in de prestaties van Nederlandse leerlingen op de verschillende typen natuurwetenschappelijke opgaven. Bijvoorbeeld het feit dat meisjes gemiddeld beter presteren dan jongens in het domein *Kennis over natuurwetenschappen* (zie Figuur 5.1), terwijl jongens gemiddeld beter presteren dan meisjes in de overige drie natuurwetenschappelijke domeinen.

In Figuur 5.2 is te zien dat in Nederland jongens iets hoger scoren op natuurwetenschappelijke geletterdheid dan meisjes. Ook over de acht landen heen is dat het geval, alhoewel in Finland en Noorwegen juist meisjes iets beter presteren dan jongens en in Zweden en België de verschillen tussen jongens en meisjes verwaarloosbaar klein zijn.

We gaan in de volgende paragrafen deze verschillen in verband brengen met leesvaardigheid en wiskundige geletterdheid.



Figuur 5.2 Gemiddelde scores op de schaal Natuurwetenschappelijke geletterdheid voor jongens en meisjes, per land en gemiddeld over acht landen

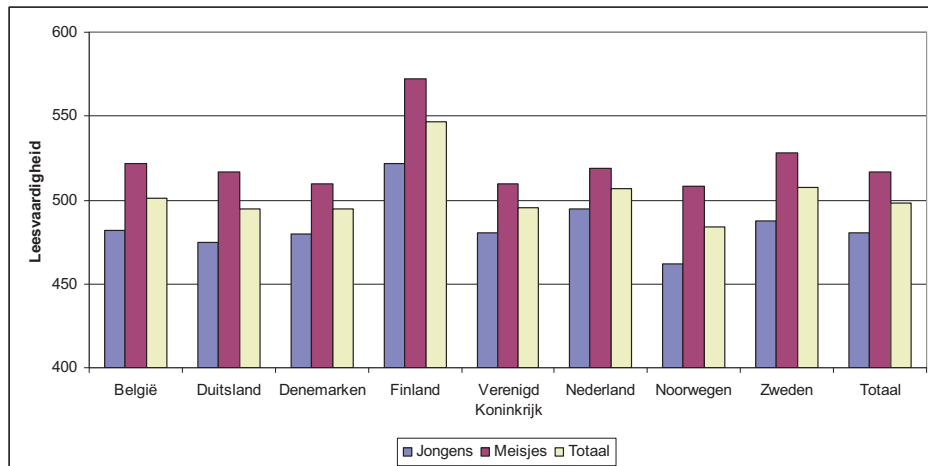
Leesvaardigheid

Met leesvaardigheid wordt binnen het PISA-onderzoek bedoeld: “De vaardigheid om schriftelijke informatie te begrijpen en weloverwogen te gebruiken. Het is dus een wat bredere vaardigheid dan het letterlijk begrijpen van teksten, want ook beoordeling en waardering van vorm en inhoud zijn van belang.”(Cito, 2007)

In Figuur 5.3 staan de gemiddelde scores op leesvaardigheid van jongens en meisjes weergegeven voor Nederland en de ons omringende landen.

Wat betreft de prestaties van de leerlingen doet Nederland het iets beter dan gemiddeld ten opzichte van de OESO-landen. Met een gemiddelde vaardigheidsscore van 507 staat Nederland op de tiende plaats op de lijst van OESO-landen, met als naburig land alleen Finland boven ons. Er zitten echter veel landen rond het gemiddelde, dus de verschillen zijn over het algemeen klein.

Het verschil in leesvaardigheid tussen jongens en meisjes is voor alle OESO-landen groot. Dit geldt ook voor Nederland, maar het verschil tussen jongens en meisjes is in Nederland wel minder groot dan in de meeste andere landen. Nederlandse meisjes halen gemiddeld 24 punten meer op de leesvaardigheidsschaal dan Nederlandse jongens.



Figuur 5.3 Gemiddelde scores op de schaal Leesvaardigheid voor jongens en meisjes, per land en gemiddeld over acht landen

Wiskundige geletterdheid

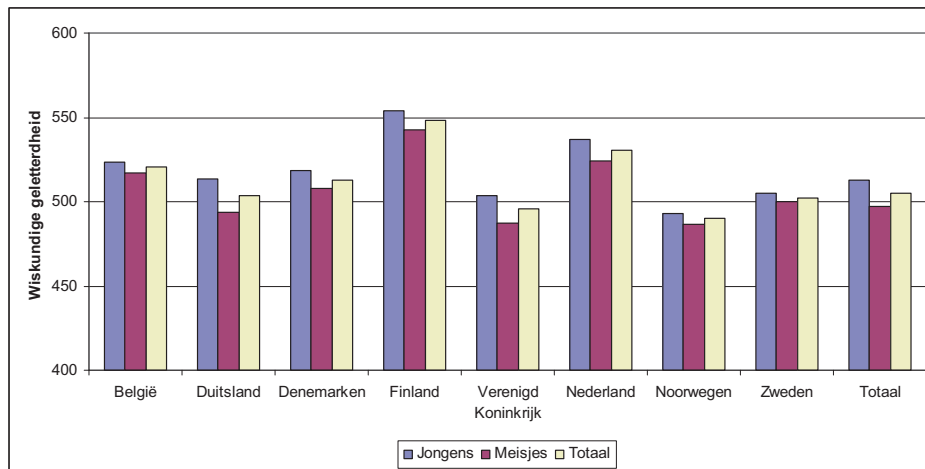
Wiskundige geletterdheid betekent binnen het PISA-onderzoek: "Het vermogen van een individu om de rol die wiskunde speelt in de wereld te kunnen identificeren en te begrijpen, het vermogen om gefundeerde beslissingen te nemen en om wiskunde te gebruiken op een wijze die tegemoet komt aan de behoeften van diens leven als een opbouwend, betrokken en beschouwend burger. Oftewel, het is de vaardigheid om vraagstukken in een realistische context te benaderen en op te lossen met gebruikmaking van wiskundige kennis." (Cito, 2007).

In Figuur 5.4 staan de gemiddelde scores op wiskundige geletterdheid van jongens en meisjes weergegeven voor Nederland en de ons omringende landen.

Nederland komt met een vaardigheidsscore van 531 ver boven het OESO-gemiddelde van 498⁵ uit. Internationaal staan we dan ook op een vijfde plaats. Van de omringende landen hebben wederom alleen de Finse leerlingen een betere score dan de Nederlandse leerlingen.

Het verschil tussen jongens en meisjes op de schaal van wiskundige geletterdheid is tegenovergesteld aan het verschil in de prestaties op leesvaardigheid: Nederlandse jongens halen gemiddeld 13 punten meer op deze schaal dan Nederlandse meisjes. Dit is een gemiddeld verschil ten opzichte van de andere OESO-landen.

5 Voor wiskunde is het gemiddelde voor OESO-landen in 2003, waarin wiskunde het hoofdonderwerp was, op 500 gezet. In 2006 was dit gemiddelde 498.



Figuur 5.4 Gemiddelde scores op de schaal Wiskundige geletterdheid voor jongens en meisjes, per land en gemiddeld over acht landen

Natuurwetenschappelijke geletterdheid in relatie tot leesvaardigheid

De correlatie tussen natuurwetenschappelijke geletterdheid en leesvaardigheid is hoog. Dit betekent dat er een sterk verband is tussen natuurwetenschappelijke geletterdheid en leesvaardigheid: Hoe hoger de score op de leesvaardigheidschaal, des te hoger de score op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid. Dat is ook niet vreemd, omdat leesvaardigheid binnen PISA breed gedefinieerd is en dus ook algemene redeneervaardigheden omvat die je voor natuurwetenschappelijke vakken ook nodig hebt. Daarbij bevatten natuurwetenschappelijke opgaven vaak een inleidende tekst waarvoor leesvaardigheid vereist is.

Competenties

De verschillen in correlaties van leesvaardigheid met de drie competenties van natuurwetenschappelijke geletterdheid zijn erg klein; de scores van leerlingen op de schalen voor de natuurwetenschappelijke competenties correleren alledrie hoog met de scores van deze leerlingen op leesvaardigheid (0,80, 0,81 en 0,83 voor respectievelijk *Verklaringen geven*, *Herkennen* en *Gebruikmaken van bewijzen*).

Kennisdomeinen

Het domein *Kennis over natuurwetenschappen* heeft de hoogste correlatie met leesvaardigheid (0,74), dan komt *Levende natuur* (0,71), dan *Aarde en ruimte* (0,68) en tenslotte *Niet-levende natuur* (0,67). De hoge correlatie van leesvaardigheid met het domein *Kennis over natuurwetenschappen* is mogelijk de verklaring voor het feit dat meisjes in dit domein de jongens overtreffen; meisjes zijn over het algemeen vaardiger op het gebied van lezen dan jongens en dat komt ze bij items die vallen binnen dit domein blijkbaar goed van pas. Hetzelfde geldt voor het domein *Levende natuur*, het domein met de op één na hoogste correlatie met leesvaardigheid. Het verschil in vaardigheid binnen dit

domein is weliswaar in het voordeel van de jongens, maar wel kleiner dan voor de domeinen *Aarde en ruimte* en *Niet-levende natuur* (zie Figuur 5.1).

Natuurwetenschappelijke geletterdheid in relatie tot wiskundige geletterdheid

Ook de correlatie tussen natuurwetenschappelijke geletterdheid en wiskundige geletterdheid is hoog, zelfs iets hoger dan die met leesvaardigheid. Dit betekent: Hoe hoger de wiskundige geletterdheid, des te hoger ook de natuurwetenschappelijke geletterdheid.

Competenties

De correlaties van de scores op de drie competentieschalen met wiskundige geletterdheid verschillen iets meer met elkaar dan de correlaties van scores op deze schalen met leesvaardigheid. De correlatie van *Gebruikmaken van natuurwetenschappelijke bewijzen* met wiskundige geletterdheid is het grootst (0,87). Daarna volgt *Natuurwetenschappelijke verklaring geven voor gebeurtenissen* (0,84) en de correlatie met *Herkennen van natuurwetenschappelijke onderwerpen* is het kleinst (0,81). Dit laatste is op zich logisch en verklaarbaar, aangezien je bij het herkennen van natuurwetenschappelijke onderwerpen het minste een beroep doet op logische redeneervaardigheden.

Kennisdomeinen

De verschillen in correlaties van wiskundige geletterdheid met de domeinen van natuurwetenschappelijke geletterdheid zijn erg klein; de scores van leerlingen op de schalen voor de natuurwetenschappelijke domeinen correleren allemaal hoog met de scores van deze leerlingen op wiskundige geletterdheid. Wel valt te melden dat het verschil in correlaties van de schaalscore voor *Aarde en ruimte* met wiskundige geletterdheid en met leesvaardigheid voor jongens significant⁶ is: De correlatie met wiskundige geletterdheid is beduidend groter dan die met leesvaardigheid. Dit verklaart mogelijk dat dit het domein is waar jongens, die ook beter zijn in wiskunde, beduidend beter op scoren dan meisjes (zie Figuur 5.1).

Conclusies

Hoewel de richting van de causale verbanden tussen natuurwetenschappelijke geletterdheid enerzijds en leesvaardigheid en wiskundige geletterdheid anderzijds niet kan worden aangetoond, kunnen we er vanuit gaan dat zowel leesvaardigheid als wiskundige geletterdheid van groot belang zijn om natuurwetenschappelijke items goed te kunnen maken⁷. Als we de natuurwetenschappelijke geletterdheid in Nederland willen verbeteren

6 De effectgrootte is 0,21.

7 Het eerste is ook een gevolg van de erg talige presentatie van de opgaven in het PISA-project.

Nader onderzoek waarbij gebruik gemaakt wordt van andere media, zoals filmpjes en animaties, zou meer licht op deze zaak kunnen werpen.

dient daarom de basis hiervoor gelegd te worden in het verbeteren van leesvaardigheid en wiskundige geletterdheid.

Verschillen tussen jongens en meisjes in leesvaardigheid en wiskundige geletterdheid komen gedeeltelijk ook tot uitdrukking in verschillen in natuurwetenschappelijke geletterdheid, bijvoorbeeld binnen de domeinen *Aarde en ruimte* en *Kennis over natuurwetenschappen*.

Daarnaast zijn ook andere vaardigheden noodzakelijk. Te denken valt aan onderzoeksvaardigheden, kritisch denken, probleemoplossend vermogen en informatie uit verschillende bronnen samenvoegen. Deze vaardigheden komen vooral op de niveaus 5 en 6 van natuurwetenschappelijke geletterdheid om de hoek kijken. Als we in ons land de ambitie hebben een kennisnatie te zijn, waarbij we natuurwetenschappelijk talent willen aanboren en ontwikkelen, zouden we ons ook op deze vaardigheden moeten richten.

6 Hoe denken Nederlandse leerlingen over natuurwetenschappen?

Inleiding

In dit hoofdstuk bekijken we nader de attitudes van Nederlandse leerlingen ten aanzien van natuurwetenschappelijke onderwerpen. Dit doen we aan de hand van de schaalcores voor *Belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen* en *Steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek*. In de boekjes met cognitieve items staan bij sommige clusters vragen over de belangstelling van leerlingen voor onderwerpen van voorgaande opgaven en steun voor onderzoek naar deze onderwerpen. Van deze vragen zijn twee schalen gemaakt: (1) Belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen en (2) Steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek. Hieronder staan twee voorbeelden van vragen met betrekking tot belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen en drie voorbeelden van vragen met betrekking tot steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek.

Vraag 10N: GENETISCH GEMODIFICEERDE GEWASSEN

Hoeveel belangstelling heb je voor de volgende informatie?

Eén hokje per regel aankruisen.

	<i>Veel belangstelling</i>	<i>Redelijk wat belangstelling</i>	<i>Weinig belangstelling</i>	<i>Geen belangstelling</i>
a) Iets te weten komen over het proces waarmee planten genetisch gemodificeerd worden.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Te weten komen waarom sommige planten niet worden aangetast door onkruidverdelgers.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Beter het verschil begrijpen tussen het kruisen en het genetisch modificeren van planten.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Vraag 10N: ZURE REGEN

Hoeveel belangstelling heb je voor de volgende informatie?

Eén hokje per regel aankruisen.

	<i>Veel belangstelling</i>	<i>Redelijk wat belangstelling</i>	<i>Weinig belangstelling</i>	<i>Geen belangstelling</i>
a) Te weten komen welke activiteiten van mensen de voornaamste oorzaak zijn van zure regen.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Iets te weten komen over technologieën die de uitstoot van gassen die zure regen veroorzaken, beperken.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) De technieken begrijpen die worden gebruikt bij het herstellen van bouwwerken die beschadigd zijn door zure regen.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Vraag 10N: ZURE REGEN

In hoeverre ben je het eens met de volgende beweringen?

Eén hokje per regel aankruisen.

	<i>Zeer eens</i>	<i>Eens</i>	<i>Oneens</i>	<i>Zeer oneens</i>
a) Om de resten van oude bouwwerken te bewaren, moet men zich baseren op wetenschappelijk onderzoek dat de oorzaken van de schade vaststelt.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Beringen over de oorzaken van zure regen moeten steunen op wetenschappelijk onderzoek.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Vraag 10S: MARY MONTAGU

In hoeverre ben je het eens met de volgende beweringen?

Eén hokje per regel aankruisen.

	<i>Zeer eens</i>	<i>Eens</i>	<i>Oneens</i>	<i>Zeer oneens</i>
a) Ik ben voor onderzoek naar vaccins tegen nieuwe griepstammen.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Alleen wetenschappelijk onderzoek kan de oorzaken van een ziekte vaststellen.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) De doeltreffendheid van alternatieve behandelingen tegen ziekten moet wetenschappelijk worden getest.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

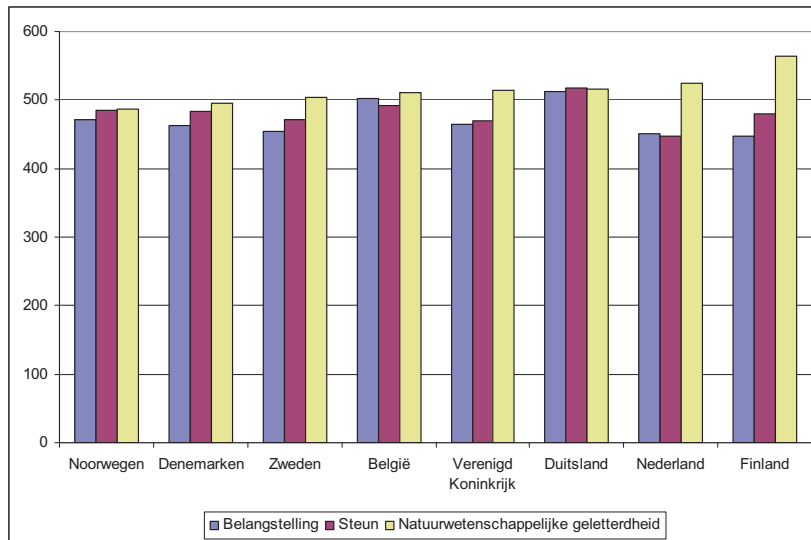
Vraag 10S: DE GRAND CANYON

In hoeverre ben je het eens met de volgende beweringen?

Eén hokje per regel aankruisen.

	<i>Zeer eens</i>	<i>Eens</i>	<i>Oneens</i>	<i>Zeer oneens</i>
a) Systematische bestudering van fossielen is belangrijk.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Acties om nationale parken tegen schade te beschermen moeten gebaseerd zijn op wetenschappelijk bewijs.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Het is belangrijk dat geologische lagen wetenschappelijk worden onderzocht.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Als we de landen onderling vergelijken wat betreft hun gemiddelde score op de attitude-schalen, dan valt – wellicht onverwacht – op dat vooral landen met hoge prestaties wat betreft natuurwetenschappelijke geletterdheid minder belangstelling hebben voor natuurwetenschappelijke onderwerpen (zie Figuur 6.1). Binnen landen is het echter zo dat leerlingen met een hoge natuurwetenschappelijke geletterdheid ook positiever denken over de natuurwetenschappen, niet alleen in Nederland, maar in vrijwel alle landen.

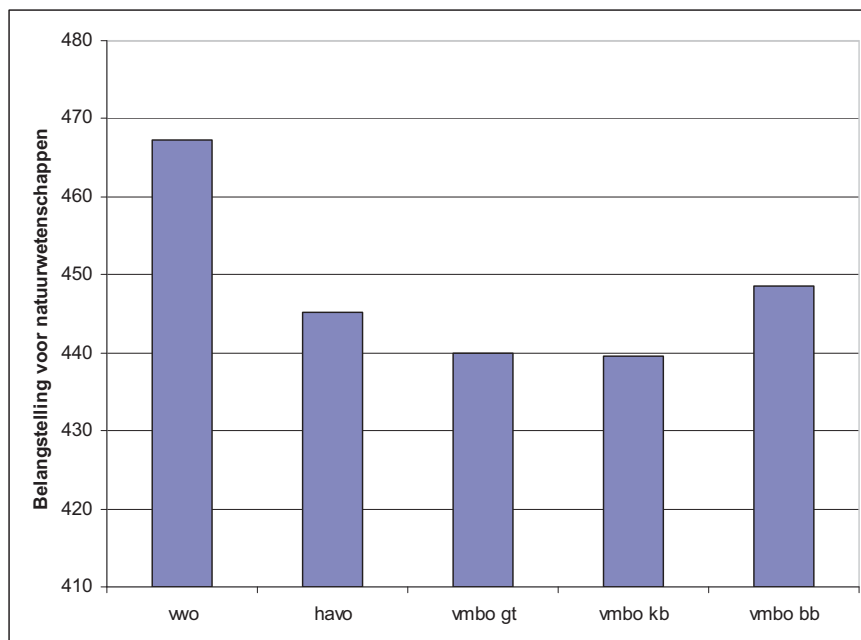


Figuur 6.1 Gemiddelde score op natuurwetenschappelijke schaal, belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen en steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek, per land

We bekijken in dit hoofdstuk welke factoren van invloed zijn op de attitudes van Nederlandse leerlingen. Factoren die we hierbij meenemen zijn onder andere: (a) de score op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid, (b) kenmerken van de vakdidactiek, zoals interactie in de les en het plaatsvinden van hands-on activiteiten en (c) voorlichting over natuurwetenschappelijke beroepen. De effecten van deze factoren op de attitude van leerlingen zal per schoolsoort bekeken worden, omdat veel van deze factoren voor de verschillende schoolsoorten verschillend geïnterpreteerd kunnen worden. Over schoolsoorten heen zou het effect van bijvoorbeeld hands-on activiteiten vrijwel volledig verklaard lijken te worden door de schoolsoort waarin de leerling zit, omdat hands-on activiteiten meer gedaan worden binnen beroepsgerichte leerwegen van het vmbo dan binnen meer theoretische opleidingen. Daarom hebben we ervoor gekozen om de analyses voor verschillende schoolsoorten apart te doen. Hierbij worden de basis- en kaderberoepsgerichte leerwegen van het vmbo (respectievelijk vmbo-bb en vmbo-kb) samengenomen.

Belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen

In de natuurwetenschappelijk opgaven zijn ook attitudevragen opgenomen. Deze vragen zijn gericht op de belangstelling van leerlingen voor de verschillende natuurwetenschappelijke onderwerpen. Deze attitudevragen vormen samen een schaal *Belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen*. In Figuur 6.2 staan de gemiddelden op deze schaal weergegeven per schoolsoort. In deze figuur is te zien dat vwo-leerlingen verreweg de meeste belangstelling hebben voor natuurwetenschappelijke onderwerpen. Het is echter niet zo dat deze belangstelling toeneemt naarmate de schoolsoort 'hoger' is. Leerlingen in vmbo-bb staan qua belangstelling op de tweede plaats, maar wel op flinke afstand van vwo-leerlingen.



Figuur 6.2 Belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen per schoolsoort

Hieronder bekijken we per schoolsoort welke factoren een relatie hebben met de belangstelling van Nederlandse leerlingen voor natuurwetenschappelijke onderwerpen. Wat voor alle schoolsoorten geldt is dat de hoeveelheid informatie die volgens de leerlingen op school gegeven wordt over natuurwetenschappelijke beroepen de belangrijkste factor is die positief samenhangt met belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen (zie Figuur 6.3). Het is overigens goed mogelijk dat het causale verband de andere richting uit gaat; leerlingen die belangstelling hebben voor de natuurwetenschappen gaan wellicht actief op zoek naar informatie over natuurwetenschappelijke beroepen.

vwo

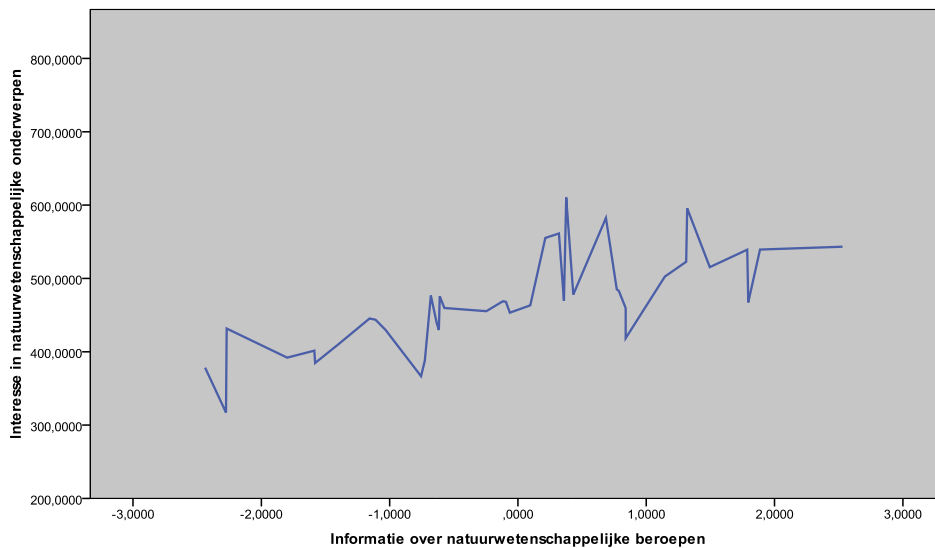
Binnen het vwo is, na de hoeveelheid informatie die gegeven wordt over natuurwetenschappelijke beroepen, de mate van voorbereiding op natuurwetenschappelijke beroepen binnen de school de belangrijkste factor die samenhangt met belangstelling. Daarna volgt de mate van interactie in de lessen (discussiëren/mening geven); ook deze factor heeft een positieve relatie met belangstelling. Tenslotte hangt ook de score op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid in lichte mate samen met belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen.

havo

Voor havo-leerlingen vertonen, als tweede en derde factor, de score op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid en de hoeveelheid interactie in de lessen (discussiëren/mening geven) lichte samenhang met belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen.

vmbo-theoretische leerweg

Aandacht binnen de lessen voor toepassingen van natuurwetenschappen is binnen de theoretische leerweg van het vmbo (vmbo-t) de tweede factor die samenhangt met belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen, na de hoeveelheid informatie die gegeven wordt over natuurwetenschappelijke beroepen. De mate van interactie in de les (discussiëren/mening geven) en de score op de natuurwetenschappelijke schaal hebben ook een licht positieve relatie met belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen.



Figuur 6.3 Informatie over natuurwetenschappelijke beroepen afgezet tegen belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen

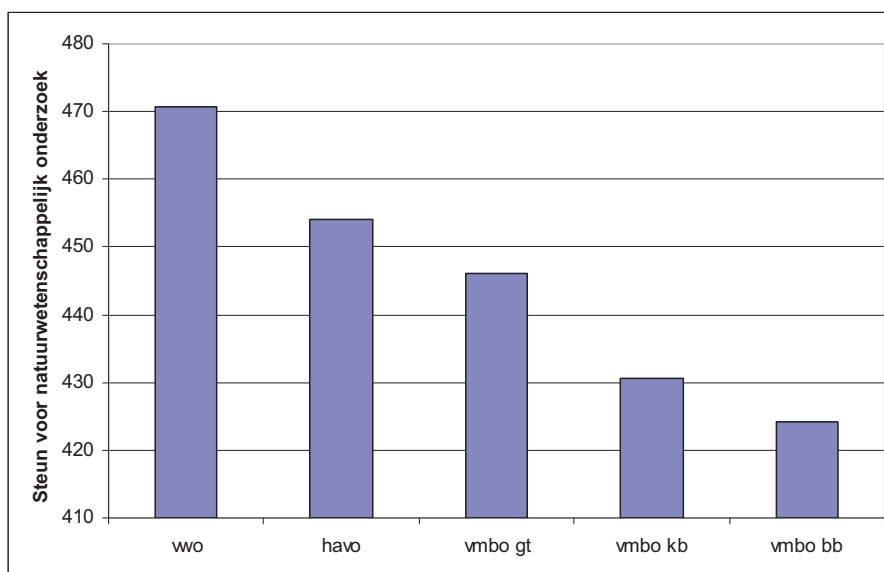
vmbo-basis- en -kaderberoepsgerichte leerwegen

In vmbo-bb en -kb hebben de factoren vergelijkbare verbanden met belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen als in vmbo-t, op interactie in de lessen na. Deze laatste factor heeft slechts een zwakke relatie met belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen binnen de beroepsgerichte leerwegen.

Steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek

Naast belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen zijn in de natuurwetenschappelijk opgaven ook beweringen opgenomen over onderzoek op verschillende natuurwetenschappelijke terreinen. De mate van instemming met deze beweringen vormen samen een tweede attitudeschaal *Steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek*. In Figuur 6.4 staan de gemiddelden op deze schaal weergegeven per schoolsoort. In deze figuur is te zien dat ook op deze schaal vwo-leerlingen gemiddeld het hoogst scoren. Voor steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek geldt echter wel dat deze toeneemt naarmate de schoolsoort 'hoger' is; voor leerlingen in de beroepsgerichte leerwegen is deze steun voor onderzoek erg laag.

Ook voor steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek hebben we per schoolsoort apart bekeken welke factoren hiermee samenhangen. Voor alle schoolsoorten, op vwo na, geldt echter dat natuurwetenschappelijke geletterdheid de meest sterke relatie heeft met steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek. Voor vwo is dit de tweede factor. Hoewel deze samenhang ook blijkt uit de verschillen tussen schoolsoorten in steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek (zoals eerder aangetoond verschillen de schoolsoorten ook in natuurwetenschappelijke geletterdheid), is dit verband ook binnen schoolsoorten sterk.



Figuur 6.4 Steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek per schoolsoort

vwo

De factor die het sterkst positief samenhangt met steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek binnen het vwo is de hoeveelheid voorbereiding op natuurwetenschappelijke beroepen. Leerlingen die goed worden voorbereid op het in de toekomst zelf doen van natuurwetenschappelijk onderzoek zien daarvan ook meer het belang in en steunen dit onderzoek daardoor meer dan leerlingen die hierop minder worden voorbereid. Ook de hoeveelheid informatie over natuurwetenschappelijke beroepen is een factor die binnen het vwo samenhangt met de steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek, maar deze samenhang is maar half zo sterk als die van voorbereiding op natuurwetenschappelijke beroepen en de score op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid.

havo

De hoeveelheid informatie over natuurwetenschappelijke beroepen is ook binnen havo een factor die samenhangt met de steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek, na de score op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid. De derde factor met samenhang binnen havo is de mate van interactie in de les (discussiëren/mening geven).

vmbo-theoretische leerweg

De hoeveelheid informatie over natuurwetenschappelijke beroepen en aandacht in de lessen voor toepassingen van natuurwetenschappen hebben binnen vmbo-t een ongeveer even sterke relatie met steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek.

vmbo-basis- en -kaderberoepsgerichte leerwegen

Ook binnen de basis- en kaderberoepsgerichte leerwegen van het vmbo hebben informatie over natuurwetenschappelijke beroepen en aandacht in de lessen voor toepassingen van natuurwetenschappen een ongeveer even sterke relatie met steun voor onderzoek op natuurwetenschappelijk gebied. Het is mogelijk dat deze factoren meer voorkomen binnen de sector techniek. Leerlingen die voor deze sector hebben gekozen hebben hoogstwaarschijnlijk al een meer positieve attitude ten aanzien van de natuurwetenschappen dan leerlingen die voor andere sectoren gekozen hebben.

Conclusies

Zowel belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen als steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek verschillen sterk tussen de schoolsoorten. De verschillen tussen de schoolsoorten in belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen is niet te verklaren door verschillen in natuurwetenschappelijke geletterdheid. Natuurwetenschappelijke geletterdheid neemt namelijk toe van vmbo-bb naar vwo; voor belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen geldt dit niet. Een verklaring voor de verschillen in belangstelling tussen schoolsoorten is de hoeveelheid informatie die volgens de leerlingen gegeven wordt over natuurwetenschappelijke beroepen. Die is het grootst binnen vwo, gevolgd door vmbo-bb en havo en de minste informatie hierover wordt gegeven in vmbo-t en -kb. Of deze vragen objectief zijn beantwoord is de vraag, want het ligt niet voor de hand dat in vmbo-bb meer informatie over natuurwetenschappelijke beroepen gegeven wordt dan in de andere leerwegen van het vmbo. Zoals eerder opgemerkt, is het goed mogelijk dat dit verband de andere kant op werkt; leerlingen met belangstelling voor de natuurwetenschappen gaan actief op zoek naar informatie over natuurwetenschappelijke beroepen. Dit kan vooral de verschillen binnen de schoolsoorten verklaren. De mate van interactie in de lessen, zoals discussiëren en de gelegenheid voor leerlingen om hun mening te geven, is in de meeste schoolsoorten een manier om de belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen te vergroten, alhoewel deze factor in de beroepsgerichte leerwegen van het vmbo slechts een zwakke relatie heeft met belangstelling.

De verschillen in steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek tussen en binnen schoolsoorten is voor een groot deel te verklaren door de sterke relatie van steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek met natuurwetenschappelijke geletterdheid. Binnen het vmbo valt ook veel te winnen met aandacht voor toepassingen van de natuurwetenschappen binnen de lessen. Als in de lessen wordt uitgelegd wat mogelijke toepassingen zijn van natuurwetenschappelijk onderzoek zal de steun hiervoor toenemen. Binnen havo en vwo is de hoeveelheid informatie over natuurwetenschappelijke beroepen

een factor waarmee scholen de steun van leerlingen voor natuurwetenschappelijk onderzoek kunnen vergroten. Binnen vwo is het vooral de hoeveelheid voorbereiding op natuurwetenschappelijke beroepen die samengaat met de mate van steun; iets wat waarschijnlijk binnen de natuurprofielen het grootst is.

7 Excellente leerlingen in de natuurwetenschappelijke vakken

Inleiding

In dit hoofdstuk analyseren we de PISA-resultaten van excellente leerlingen in de natuurwetenschappelijke vakken. Het is onmogelijk alle leerlingen te laten uitblinken in de natuurwetenschappen, maar het is voor een land dat ernaar streeft een kenniseconomie te zijn van belang in kaart te brengen hoe we talent in natuurkunde, scheikunde en biologie naar boven kunnen halen.

We hebben ervoor gekozen om ‘excellentie’ als relatief begrip te definiëren ten opzichte van de groep van leerlingen in dezelfde schoolsoort en leerweg. Volgens deze definitie vinden we binnen iedere schoolsoort excellente leerlingen. We hebben hiervoor gekozen om ook in kaart te kunnen brengen in welke omstandigheden leerlingen in andere schoolsoorten dan het vwo hun talenten optimaal kunnen benutten. Gevolg hiervan is wel dat we excellente leerlingen in Nederland niet kunnen vergelijken met die in andere landen, omdat in elk land het schoolsysteem anders is.

Kenmerken van excellente bètaleerlingen

De definitie van de ‘excellente leerling’ voor deze analyse is gebaseerd op de PISA resultaten. We volgen daarbij de indeling in natuurwetenschappelijke vaardigheidsniveaus volgens PISA (zie Hoofdstuk 1). Het afsnijpunt is per schoolsoort verschillend gekozen: waar op het vwo alleen het hoogste vaardigheidsniveau als excellent geldt, is voor het vmbo-bb een score op niveau 3 al excellent. In Tabel 7.1 staan de definities en het percentage excellente leerlingen in natuurwetenschappen, wiskunde en leesvaardigheid per schoolsoort. Door de manier waarop we ‘excellent’ definiëren lopen de percentages per schoolsoort nogal uiteen. Vooral binnen het vwo is het groepje excellente leerlingen voor de natuurwetenschappelijke vakken zeer select; het betreft minder dan 5 procent van de vwo-leerlingen.

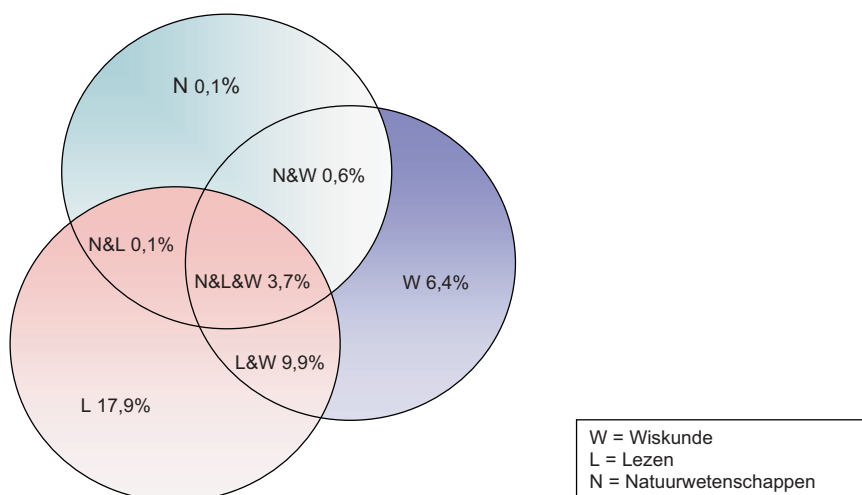
Tabel 7.1 Definitie en percentage van excellente leerlingen per schoolsoort

	vwo	havo	vmbo-t	vmbo-kb en -bb
Vaardigheidsniveaus	Niveau 6*	Niveau 5 en hoger	Niveau 4 en hoger	Niveau 3 en hoger
Natuurwetenschappen	4,4	12,9	24,8	24,1
Wiskunde	20,5	25,5	33,7	31,1
Lezen	31,7	5,7	20,0	22,6

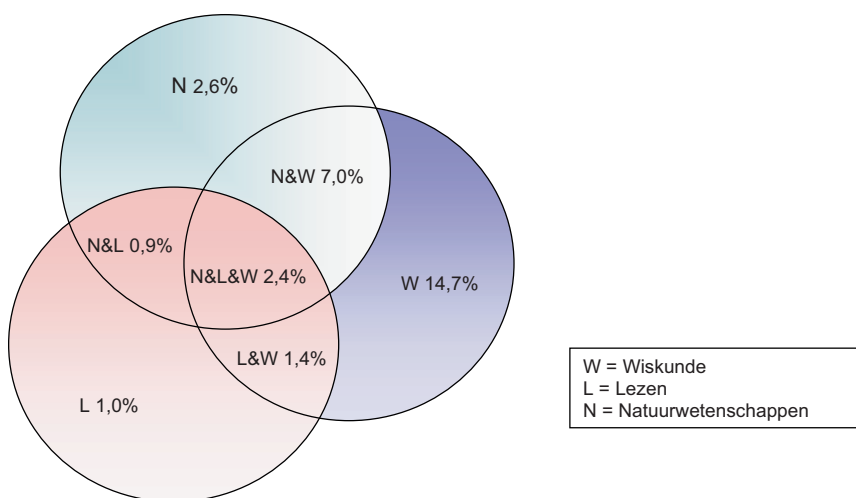
* Voor leesvaardigheid is niveau 5 genomen, omdat dit het hoogste niveau is voor deze vaardigheid.

Overlap in excellentie in natuurwetenschappelijke vakken, wiskunde en leesvaardigheid

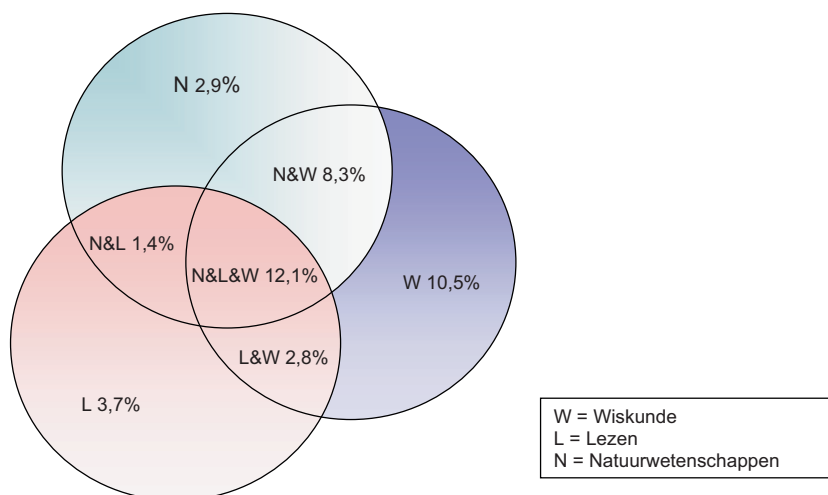
In de Figuren 7.1 tot en met 7.4 is per schoolsoort weergegeven hoe groot de overlap is van excellentie in de natuurwetenschappen met die in wiskunde en leesvaardigheid. In alle schoolsoorten zijn er meer leerlingen die excelleren in zowel natuurwetenschappelijke vakken als wiskunde dan in natuurwetenschappelijke vakken alleen. Dit lijkt erop te duiden dat wiskundige en natuurwetenschappelijke geletterdheid deels vragen om dezelfde competenties, iets wat we in hoofdstuk 5 ook al geconstateerd hebben. Voor vwo en vmbo geldt zelfs dat het percentage leerlingen dat excelleert in alledrie de vakgebieden groter is dan het percentage leerlingen dat alleen excelleert in de natuurwetenschappen of in natuurwetenschappen en één van de andere vakgebieden.



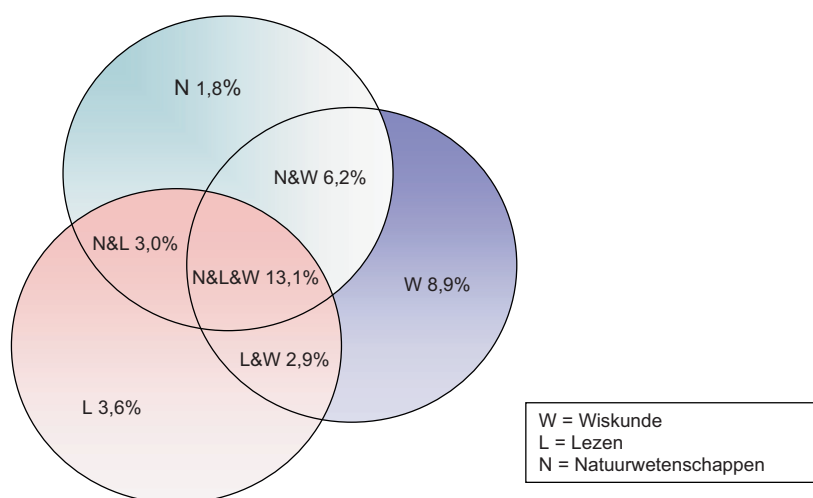
Figuur 7.1 Getalenteerde leerlingen op de drie vakgebieden voor vwo (N=1132)



Figuur 7.2 Getalenteerde leerlingen op de drie vakgebieden voor havo (N=1035)



Figuur 7.3 Getalenteerde leerlingen op de drie vakgebieden voor vmbo-t (N=1260)



Figuur 7.4 Getalenteerde leerlingen op de drie vakgebieden voor vmbo-bb en -kb (N=1260)

Sexeverschillen in excellentie binnen de natuurwetenschappen

Op het vwo en in het vmbo excelleren significant meer jongens dan meisjes in de natuurwetenschappelijke vakken (zie Tabel 7.2). Het is mogelijk dat dit verschil verklaard kan worden door verschillen in capaciteiten tussen jongens en meisjes, maar het kan ook aan verschillen in geboden kansen liggen of aan verschillen in benutte kansen. Uit ander onderzoek (Dekkers e.a., 2000; Langen, van e.a., 2004) blijkt dat als we meisjes en jongens met gelijke capaciteiten op het gebied van natuurwetenschappen vergelijken, de meisjes minder vaak voor een natuurprofiel of de sector techniek kiezen dan jongens en dat dit er mogelijk voor zorgt dat meisjes minder vaak excelleren in de natuurwetenschappen dan jongens.

Tabel 7.2 Percentages excellente jongens en meisjes in de natuurwetenschappen per schoolsoort

	vwo*	havo	vmbo-t*	vmbo-bb en -kb*
Percentage jongens	5,9%	14,7%	31,0%	30,5%
Percentage meisjes	3,0%	11,3%	17,7%	16,5%

* Significant verschil

Natuurwetenschappelijke excellentie van autochtone en allochtone leerlingen

Binnen havo en vmbo excelleren westerse allochtonen vaker in de natuurwetenschappelijke vakken dan autochtonen, en niet-westerse allochtonen juist minder vaak (zie Tabel 7.3). Het patroon is voor het vwo hetzelfde, maar de verschillen zijn daar niet significant door het kleine aantal excellente leerlingen in het vwo.

Tabel 7.3 Percentages excellente autochtone en allochtone leerlingen in de natuurwetenschappen per schoolsoort

	vwo	havo*	vmbo-t*	vmbo-bb en -kb*
Autochtone leerlingen	4,8%	13,8%	28,3%	27,3%
Westers allochtone leerlingen	6,9%	17,5%	37,8%	36,1%
Niet-westers allochtone leerlingen	1,9%	4,9%	9,5%	11,0%

* Significant verschil

Beroep van de ouders en excellentie in de natuurwetenschappen

Binnen vwo excelleren leerlingen vaker in de natuurwetenschappen als één of beide ouders werkzaam is in een natuurwetenschappelijk beroep⁸ (7,6 procent) dan als dit niet het geval is (2,2 procent). Dit komt mogelijk doordat ouders die zelf werkzaam zijn binnen de natuurwetenschappen hun kind meer stimuleren voor en helpen met natuurwetenschappelijke vakken.

Visie van excellente leerlingen op hun lessen natuurkunde, scheikunde en biologie

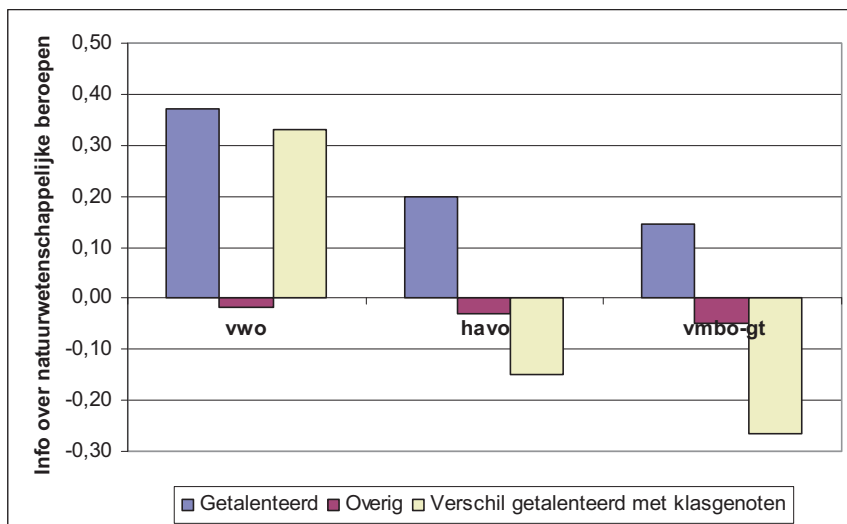
Excellente leerlingen in de natuurwetenschappen beoordelen sommige activiteiten binnen de school en binnen hun lessen natuurkunde, scheikunde en biologie positiever dan overige leerlingen en andere activiteiten juist negatiever.

Positiever beoordeelde school- en leskenmerken

De positiever beoordeelde activiteiten zijn: De mate van informatie over en voorbereiding op natuurwetenschappelijke beroepen en de frequentie van natuurwetenschappelijke activiteiten binnen de lessen (zie Figuren 7.5 t/m 7.7). Binnen vwo en havo wordt de mate van voorhande zijnde informatie over natuurwetenschappelijke beroepen door excellente leerlingen in de natuurwetenschappelijke vakken positiever beoordeeld dan door overige leerlingen. Ook de mate van voorbereiding op natuurwetenschappelijke beroepen wordt door hen positiever beoordeeld. De frequentie van natuurwetenschappelijke activiteiten binnen de lessen wordt, naast vwo en havo, ook binnen vmbo-t positiever beoordeeld door excellente leerlingen dan door overige leerlingen. Het oordeel van excellente leerlingen over deze activiteiten valt echter ook positiever uit dan die van hun schoolgenoten binnen dezelfde schoolsoort (helaas weten we niet wie hun klasgenoten zijn). Als we aannemen dat schoolgenoten binnen dezelfde schoolsoort gelijke informatie, voorbereiding en lessen krijgen, dan lijkt het erop dat de verschillen tussen excellente en overige leerlingen – in ieder geval deels – verklaard kunnen worden door een positiever beeld van de excellente

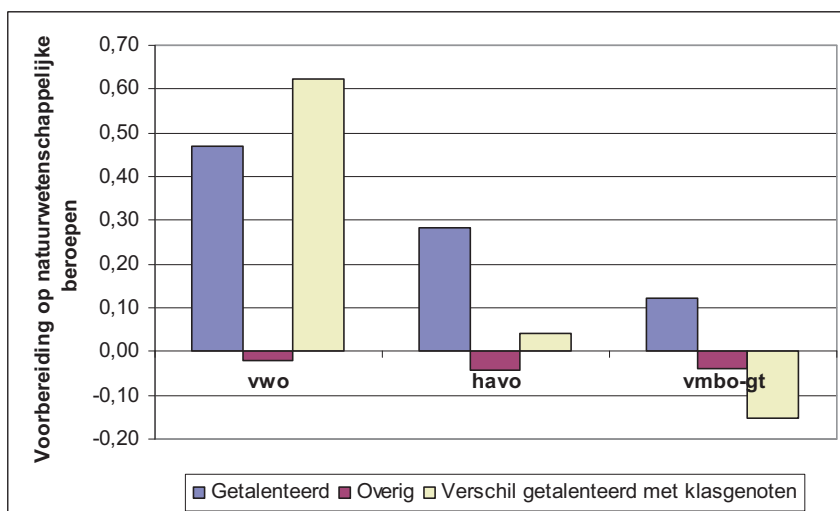
⁸ De indeling in beroepen is binnen PISA 2006 gedaan op basis van ISCO-88 codering.

leerlingen zelf en niet alleen door een daadwerkelijk meer positieve situatie op school en in de lessen.



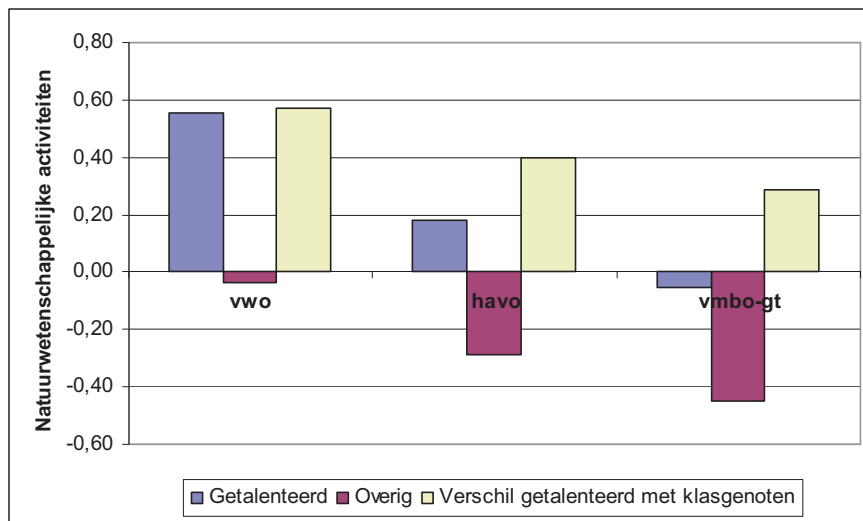
* Alleen verschillen met één of beide effectscores van 0,2 of groter zijn in de figuur weergegeven.

Figuur 7.5 Informatie over natuurwetenschappelijke beroepen per schoolsoort



* Alleen verschillen met één of beide effectscores van 0,2 of groter zijn in de figuur weergegeven.

Figuur 7.6 Voorbereiding op natuurwetenschappelijke beroepen per schoolsoort

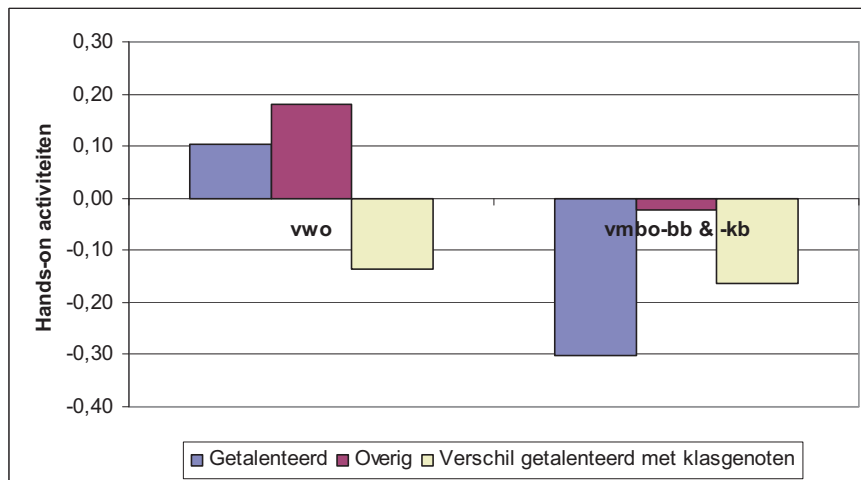


* Alleen verschillen met één of beide effectscores van 0,2 of groter zijn in de figuur weergegeven.

Figuur 7.7 Visie op natuurwetenschappelijke activiteiten per schoolsoort

Negatiever beoordeelde school- en leskenmerken

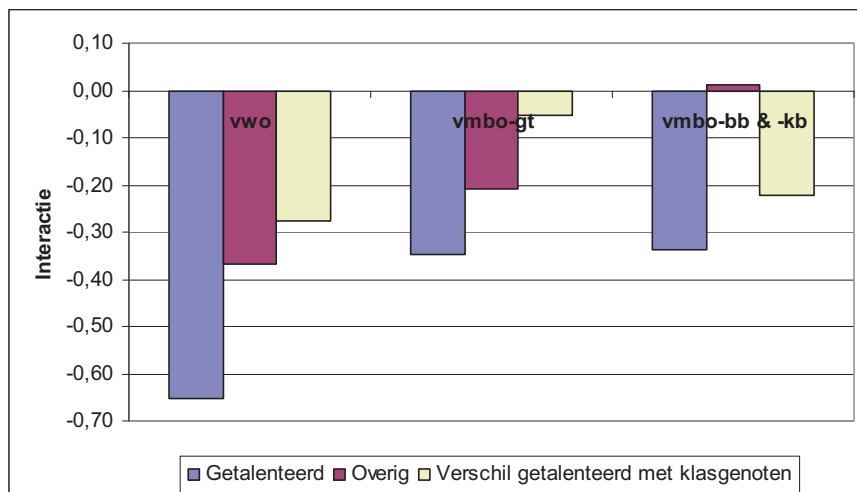
Hands-on activiteiten in de lessen (bijvoorbeeld proefjes, praktische opdrachten en conclusies trekken uit uitgevoerde experimenten) worden door excellente leerlingen in vmbo-bb en -kb negatiever beoordeeld dan overige leerlingen, maar ook negatiever dan hun schoolgenoten in dezelfde leerwegen (zie Figuur 7.8). Excellente leerlingen in het vwo beoordelen de mate van hands-on activiteiten in de natuurwetenschappelijke lessen ook negatiever dan schoolgenoten in het vwo, maar ze wijken niet negatief af van vwo-leerlingen op andere scholen. Kortom, het lijkt erop dat excellente vwo-leerlingen meer behoefte hebben aan hands-on activiteiten in de lessen dan hun klasgenoten.



* Alleen verschillen met één of beide effectscores van 0,2 of groter zijn in de figuur weergegeven.

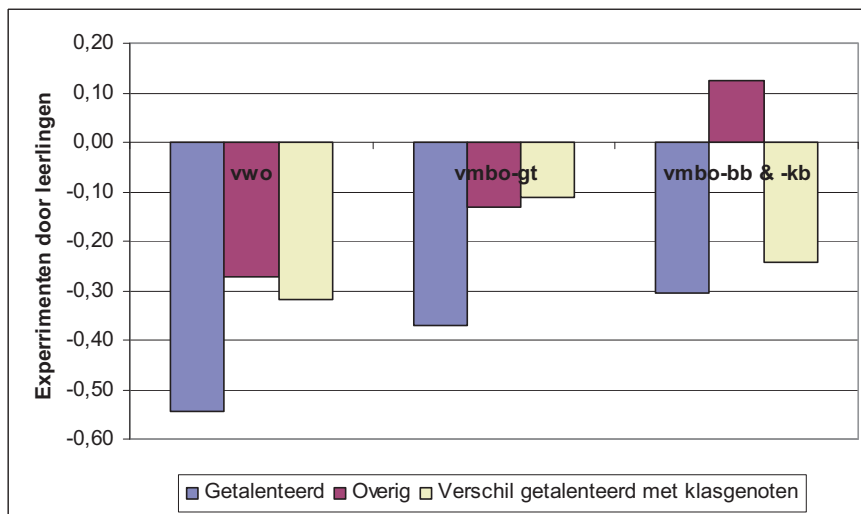
Figuur 7.8 Visie op hands-on activiteiten per schoolsoort

De mate van interactie in de lessen natuurkunde, scheikunde en biologie (mening geven, discussiëren) en het voorkomen van kiezen, bedenken en uitvoeren van experimenten door leerlingen worden door excellente leerlingen in vmbo-bb en -kb negatiever beoordeeld, maar ook negatiever dan hun schoolgenoten in dezelfde leerwegen. Hetzelfde geldt voor het vwo. Ook binnen vmbo-t beoordelen excellente leerlingen deze activiteiten negatiever dan leerlingen op andere scholen, maar niet negatiever dan hun schoolgenoten in de theoretische leerweg (zie Figuren 7.9 en 7.10).



* Alleen verschillen met één of beide effectscores van 0,2 of groter zijn in de figuur weergegeven.

Figuur 7.9 Visie op interactie per schoolsoort



* Alleen verschillen met één of beide effectscores van 0,2 of groter zijn in de figuur weergegeven.

Figuur 7.10 Visie op experimenten door leerlingen per schoolsoort

Conclusies

Leerlingen die uitblinken in de natuurwetenschappen doen dit vaak ook in wiskunde. Dit lijkt erop te wijzen dat natuurwetenschappelijke en wiskundige geletterdheid deels vragen om dezelfde vaardigheden. Binnen het vmbo excelleren meer leerlingen in zowel leesvaardigheid als natuurwetenschappelijke vakken dan in havo en vwo. Wellicht is dit te verklaren door het feit dat voor vmbo de definitie van 'excellent' minder streng is, zodat 'excellentie' makkelijker bereikt wordt.

Jongens scoren niet alleen gemiddeld hoger dan meisjes op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid, maar blinken ook vaker dan meisjes uit in natuurwetenschappelijke vakken. Dit verschil is mogelijk deels te verklaren door het feit dat meisjes minder vaak een natuurprofiel of sector techniek kiezen dan jongens met vergelijkbare capaciteiten op het gebied van natuurwetenschappen.

Binnen havo en vmbo excelleren westerse allochtonen vaker in de natuurwetenschappelijke vakken dan autochtonen, niet-westerse allochtonen juist minder vaak.

Binnen vwo excelleren leerlingen vaker in de natuurwetenschappen als één of beide ouders werkzaam is of zijn in een natuurwetenschappelijk beroep. Scholen met een vwo-afdeling zouden meer gebruik kunnen maken van deze ouders om ook andere leerlingen voor de natuurwetenschappen enthousiast te maken.

Excellente leerlingen in de natuurwetenschappen beoordelen sommige activiteiten binnen de school en binnen hun lessen natuurkunde, scheikunde en biologie positiever dan overige leerlingen. De positievere oordelen zijn mogelijk deels te verklaren doordat deze leerlingen met een 'roze bril' naar activiteiten op het gebied van natuurwetenschappen kijken. Dit blijkt uit het feit dat ze deze activiteiten ook positiever beoordelen dan hun schoolgenoten in dezelfde schoolsoort. Sommige activiteiten beoordelen excellente leerlingen juist negatiever, zowel in vergelijking met leerlingen op andere scholen als met hun schoolgenoten. Een uitzondering zijn hands-on activiteiten binnen het vwo; deze worden alleen negatiever door excellente leerlingen beoordeeld in vergelijking met hun schoolgenoten. Dit kan erop wijzen dat leerlingen binnen het vwo die uitblinken in de natuurwetenschappelijke vakken meer behoefte hebben aan hands-on activiteiten dan hen binnen hun school geboden wordt.

8 Conclusies en aanbevelingen op basis van dit rapport

Conclusies

Nederlandse leerlingen laten voor contextrijke opgaven goede resultaten zien; dit is verklaarbaar op grond van trends in het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken en de wiskunde. De huidige kerndoelen voor natuurwetenschappelijke vakken in de onderbouw van het voortgezet onderwijs sluiten aan bij het PISA-raamwerk in het gebruik van realistische contexten en competenties; er is echter minder aandacht voor attitudes en kennis over natuurwetenschappen. Trends in curriculumontwikkeling voor de bovenbouw sluiten aan op het PISA-raamwerk; de overeenkomsten tussen de curricula en het PISA-raamwerk zullen daarom in de toekomst alleen nog maar groter worden.

Nederlandse leerlingen zijn ook relatief goed in het interpreteren van grafieken en tabellen en het geven van globale antwoorden. Relatief minder goed zijn ze in contextloze opgaven, opgaven die vallen onder het vak biologie en in open vragen die een specifiek antwoord vereisen zoals het geven van verklaringen. Vmbo-leerlingen hebben extra moeite met open vragen, met name als nauwkeurig formuleren noodzakelijk is, zoals bij het beschrijven van processen en meerstapsredeneringen.

Uit dit onderzoek blijkt dat zowel de sociaaleconomische status van individuele leerlingen als de gemiddelde sociaaleconomische status van de school een rol spelen bij de resultaten op de schaal voor natuurwetenschappelijke geletterdheid.

Leesvaardigheid en wiskundige geletterdheid van leerlingen blijken van belang om de PISA-opgaven over natuurwetenschappen goed te kunnen beantwoorden.

Nederlandse leerlingen scoren relatief laag op belangstelling voor natuurwetenschappelijke onderwerpen en steun voor natuurwetenschappelijk onderzoek; factoren die een rol spelen zijn de aandacht binnen scholen voor natuurwetenschappelijke beroepen en toepassingen en de mate van interactie in de lessen voor natuurwetenschappelijke vakken.

Aanbevelingen

Bij acceptatie van het PISA-raamwerk als benchmark voor het Nederlandse onderwijs zou er meer aandacht moeten zijn voor attitudevorming in onder- en bovenbouw. Dit hoeft niet ten koste te gaan van het niveau en betekent niet alleen “meer leuke dingen doen”. Wel betekent het dat er vertrouwen dient te zijn in de groeiomgeving van de leerling, uitdaging en het besef dat de wetenschap niet af is; dit vraagt om ‘vrouwvriendelijke’ natuur- en scheikundedocenten, meer differentiatie, Natuur, Leven en Technologie (NLT), school-university partnerships etc.

Ook is er meer aandacht nodig voor (1) kennis over natuurwetenschappen in onder- en bovenbouw, zoals beschreven in het PISA-raamwerk, (2) het type PISA-opgaven in de onderbouw en (3) basaal redeneren en verklaren, met name in het vmbo; de vraag is of soms niet te gemakkelijk dit soort kennis en vaardigheden wordt vermeden omdat de leerlingen daar mogelijk moeite mee hebben.

Daarnaast dient samenhang tussen schoolvakken bevorderd te worden, zodat leerlingen leesvaardigheid en wiskundige competenties ook in natuurwetenschappelijke vraagstukken kunnen inzetten.

Om een positieve attitude te bevorderen is meer aandacht voor beroepen en nut van toepassingen van de natuurwetenschappen gewenst; ouders die werkzaam zijn in relevante beroepen zouden daarbij meer kunnen worden ingeschakeld.

In de onderbouw moet meer aandacht komen voor talentvolle leerlingen in de natuurwetenschappen; wellicht wordt aan hen soms te weinig uitdaging geboden.

Referenties

- Cito (2007). Resultaten PISA-2006. *Praktische kennis en vaardigheden van 15-jarigen*. Arnhem: Cito.
- Commissie Onderwijs van de Biologische Raad (2003). *Biologieonderwijs: een vitaal belang*. Amsterdam: KNAW.
- Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo (2006). *Natuurkunde leeft*. Amsterdam: Nederlandse Natuurkundige Vereniging.
- Dekkers, H.P.J.M., R.J. Bosker & W.J.M. Driessen (2000). Complex inequalities of educational opportunities. A large-scale longitudinal study on the relation between gender, social class, ethnicity and school success. *Educational Research and Evaluation*, 6, 1, pp. 59-82.
- Driessen, H.P.W. et al. (2003). *Chemie tussen context en concept*. Enschede: Commissie Vernieuwing Scheikunde Havo en Vwo.
- Langen, van A., L. Rekers-Mombarg & Dekkers, H. (2004). Groepsgebonden verschillen in de keuze van exacte vakken. *Pedagogische Studiën*, 81, pp. 117-133.
- Nentwig, P., Rönnebeck, S., Schöps, K., Rumann, S. & Carstensen, C. (2009). Performance and levels of contextualization in a selection of OECD countries in PISA 2006. *Journal of Research in Science Teaching*, 8, 897 – 908.
- OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical literacy: A Framework for PISA 2006*. Paris: OECD.
- OECD (2007). *PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow's World*. Paris: OECD.
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections. EA Report to the Nuffield Foundation*. London: King's College.
- Taakgroep Vernieuwing Basisvorming (2004). *Beweging in de onderbouw. Bijlage 2: Voorstel voor nieuwe kerndoelen onderbouw VO*. Zwolle: Taakgroep Vernieuwing Basisvorming.

Bijlagen

Bijlage 1

ASSESSING SCIENTIFIC, READING AND MATHEMATICAL LITERACY.
A FRAMEWORK FOR PISA 2006. PARIS: OECD (2006)

Chapter 2: Scientific Literacy (pp 19-44)

- 1 Context- life situations that involve science and technology
Dimensions:
 - personal, social, global
 - health, natural resources, environment, hazard, frontiers of science and technology

- 2 Science competencies
 - Identifying scientific issues
 - Recognising issues that are possible to investigate scientifically
 - Identifying keywords to search for scientific information
 - Recognising the key features of a scientific investigation
 - Explaining phenomena scientifically
 - Applying knowledge of science in a given situation
 - Describing or interpreting phenomena scientifically and predicting changes
 - Identifying appropriate descriptions, explanations and predictions
 - Using scientific evidence
 - Interpreting scientific evidence and making and communicating conclusions
 - Identifying the assumptions, evidence and reasoning behind conclusions
 - Reflecting on the societal implications of science and technological conclusions

- 3 Content areas knowledge of science
 - Physical systems
 - Structure of matter
 - Properties of matter
 - Chemical changes of matter
 - Motions and forces
 - Energy and its transformation
 - Interactions of energy and matter
 - Living systems
 - Cells
 - Humans
 - Populations
 - Ecosystems
 - Biosphere
 - Earth and space systems
 - Structures of the earth systems
 - Energy on the earth systems
 - Change in earth systems
 - Earth's history

- Earth in space
 - Technology systems
 - Role of science-based technology
 - Relationships between science and technology
 - Concepts
 - Important principles
- 4 Categories for the ‘knowledge about science’ domain
- Scientific enquiry
 - Origin
 - Purpose
 - Experiments
 - Data
 - Measurement
 - Characteristics of results
 - Scientific explanations
 - Types
 - Formation
 - Rules
 - Outcomes
- 5 Student attitudes
- Support for scientific enquiry
 - Acknowledge the importance of considering different scientific perspectives and arguments
 - Support the use of factual information
 - Express the need for logical and careful processes in drawing conclusions
 - Self-belief as science learners
 - Handle scientific tasks effectively
 - Overcome difficulties to solve scientific problems
 - Demonstrate strong scientific abilities
 - Interest in science
 - Indicate curiosity in science and science-related issues and endeavours
 - Demonstrate willingness to acquire additional scientific knowledge and skills, using a variety of resources and methods
 - Demonstrate willingness to seek information and have an ongoing interest in science, including consideration of science-related careers
 - Responsibility towards resources and environments
 - Show a sense of personal responsibility for maintaining a sustainable environment
 - Demonstrate awareness of the environmental consequences of individual actions
 - Demonstrate willingness to take the action to maintain natural resources

Bijlage 2

MARY MONTAGU

Lees het volgende krantenartikel en beantwoord de volgende vragen.

DE GESCHIEDENIS VAN DE INENTING

Mary Montagu was een zeer mooie vrouw. In 1715 overleefde ze een pokkeninfectie, maar ze bleef misvormd door littekens. Tijdens een verblijf in Turkije in 1717, zag zij een zogenaamde inoculatiemethode die daar veelvuldig werd uitgevoerd. Bij deze behandeling werd een afgezwakte vorm van het pokkenvirus overgebracht door een krasje op de huid van gezonde jonge mensen die vervolgens gedurende een korte tijd ziek werden, maar in de meeste gevallen slechts een milde vorm van de ziekte opliepen.

Mary Montagu was er zo van overtuigd dat deze inoculaties ongevaarlijk waren, dat zij haar zoon en haar dochter liet inenten.

In 1796 gebruikte Edward Jenner inoculaties van een verwante ziekte, koepokken, om antistoffen aan te maken tegen pokken. Deze behandeling kende minder bijwerkingen dan de inoculatie van pokken en de behandelde persoon kon anderen niet besmetten. De behandeling werd bekend als inenting.

Vraag 4: MARY MONTAGU

S477Q04 – 0 1 9

Geef een reden waarom het raadzaam is dat jonge kinderen en vooral ouderen worden ingeënt tegen de griep.

.....

.....

Beoordeling vraag 4: MARY MONTAGU

Maximale score

Code 1: Antwoorden die verwijzen naar het feit dat jonge mensen en/of bejaarden een zwakker immuunsysteem hebben dan andere mensen, of een vergelijkbaar antwoord.

Beoordelingsaanwijzing: De redenen die gegeven worden moeten *specifiek* naar jonge of oude mensen verwijzen – niet naar iedereen in het algemeen. Het antwoord moet ook, direct of indirect, aangeven dat deze mensen zwakkere immuunsystemen hebben dan andere mensen – niet alleen maar dat ze in het algemeen “zwakker” zijn.

- Deze mensen hebben minder weerstand tegen ziekten.
- Jonge mensen en oude mensen kunnen zich niet zo goed tegen de ziekten verweren als anderen.
- Ze hebben meer kans om griep te krijgen.
- Als die mensen griep krijgen, zijn de gevolgen ernstiger.
- Omdat organismen van jonge kinderen en oudere mensen zwakker zijn.
- Oude mensen worden eerder ziek.

Geen punten

Code 0:

Andere antwoorden.

- Om geen griep te krijgen.
- Zij zijn zwakker.
- Zij hebben hulp nodig om zich te verweren tegen de griep.

Code 9:

Antwoord ontbreekt.

Bijlage 3 HET BROEIKASEFFECT

Lees de teksten en beantwoord de daarop volgende vragen.

HET BROEIKASEFFECT: FEIT OF FICTIE?

Levende wezens hebben energie nodig om te overleven. De energie die het leven op aarde in stand houdt, is afkomstig van de zon, die energie uitstraalt in de ruimte doordat ze zo heet is. Een heel klein gedeelte van deze energie bereikt de aarde.

De atmosfeer van de aarde fungeert als een beschermende deken over het oppervlak van onze planeet en voorkomt hierdoor temperatuurschommelingen die zich zouden voordoen in een wereld zonder lucht.

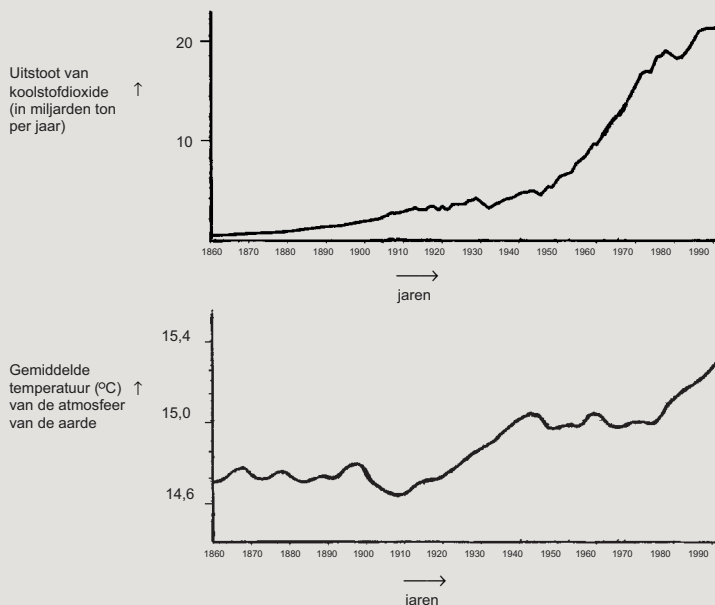
Het grootste deel van de energie die de zon uitstraalt, gaat door de atmosfeer van de aarde heen. De aarde absorbeert een deel van deze energie, terwijl een ander deel van deze energie wordt teruggekaatst vanaf het aardoppervlak. Een deel van deze teruggekaatste energie wordt geabsorbeerd door de atmosfeer.

Dit heeft tot gevolg dat de gemiddelde temperatuur boven het aardoppervlak hoger is dan wanneer er geen atmosfeer zou zijn. De atmosfeer van de aarde heeft hetzelfde effect als een broeikas, vandaar de term *broeikas* effect.

Er wordt gezegd dat het broeikas effect tijdens de twintigste eeuw duidelijker merkbaar is geworden. Het is een feit dat de gemiddelde temperatuur van de atmosfeer van de aarde is gestegen. In kranten en tijdschriften wordt de verhoogde uitstoot van koolstofdioxide vaak beschouwd als de belangrijkste oorzaak van de temperatuurstijging in de twintigste eeuw.

Een leerling genaamd André, is geïnteresseerd in de mogelijke relatie tussen de gemiddelde temperatuur van de atmosfeer van de aarde en de uitstoot van koolstofdioxide op aarde.

In een bibliotheek vindt hij de volgende twee grafieken.



HET BROEIKASEFFECT: FEIT OF FICTIE?

André concludeert op basis van deze twee grafieken dat het vaststaat dat de stijging van de gemiddelde temperatuur van de atmosfeer het gevolg is van de toename van de uitstoot van koolstofdioxide.

Vraag 3: BROEIKASEFFECT

S114Q03 - 01 02 11 12 99

Welke informatie uit de grafieken ondersteunt de conclusie van André?

.....

.....

Beoordeling vraag 3: BROEIKASEFFECT

Maximale score

Code 11: Verwijst naar de toename van zowel de (gemiddelde) temperatuur als de uitstoot van koolstofdioxide.

- Als de uitstoot groter wordt, stijgt ook de temperatuur.
- Beide grafieken tonen een stijgende lijn.
- Omdat in 1910 beide grafieken begonnen te stijgen.
- De temperatuur stijgt als CO₂ wordt uitgestoten.
- De lijnen in de grafieken stijgen beide.
- Alles neemt toe.
- Hoe meer CO₂-uitstoot, hoe hoger de temperatuur.

Code 12: Verwijst (in algemene termen) naar een positieve relatie tussen temperatuur en uitstoot van koolstofdioxide.

[Let op: Deze code is bedoeld om het gebruik van termen zoals "positieve relatie", overeenkomstige vorm" of "recht evenredig" door de leerling af te dekken; hoewel dit antwoord strikt genomen niet correct is, wordt er van voldoende begrip blijk gegeven om de maximale score hier toe te kennen.

- De hoeveelheid CO₂ en de gemiddelde temperatuur van de aarde zijn recht evenredig.
- Ze hebben een overeenkomstige vorm, wat wijst op een relatie.

Geen punten

- Code 01:
- Verwijst alleen naar de toename van de (gemiddelde) temperatuur of de uitstoot van koolstofdioxide.
 - De temperatuur is omhoog gegaan.
 - De CO₂ neemt toe.
Het laat de dramatische temperatuurverandering zien.
- Code 02:
- Verwijst naar de temperatuur en de uitstoot van koolstofdioxide zonder duidelijke uitspraak over de aard van enige relatie.
- De uitstoot van koolstofdioxide (grafiek 1) heeft een effect op de stijging van de temperatuur op aarde (grafiek 2).
 - De koolstofdioxide is de belangrijkste oorzaak van de stijging van de temperatuur op aarde.

OF

andere antwoorden

- De uitstoot van koolstofdioxide neemt sterk toe, meer dan de gemiddelde temperatuur op aarde. *[Let op: Dit antwoord is onjuist, omdat de mate waarin de CO₂-uitstoot en de temperatuur stijgen, als antwoord wordt gegeven, in plaats van dat ze beide toenemen.]*
- De toename van CO₂ in de loop van de jaren is het gevolg van de stijging van de temperatuur van de atmosfeer op aarde.
- De manier waarop de grafiek omhoog gaat.
- Er is een stijging.

Code 99: Antwoord ontbreekt.

Vraag 4: BROEIKASEFFECT

S114Q04 - 0 1 2 9

Inge, een andere leerling, is het niet eens met de conclusie van André. Zij vergelijkt de twee grafieken en zegt dat bepaalde delen van de grafieken zijn conclusie niet ondersteunen. Geef een voorbeeld van een deel van de grafieken dat de conclusie van André niet ondersteunt. Licht je antwoord toe.

.....
.....

Beoordeling vraag 4: BROEIKASEFFECT

Maximale score

- Code 2: Verwijst naar een specifiek deel van de grafieken waarin de curves niet beide dalen of stijgen en geeft een daarmee overeenstemmende verklaring.
- Van (ongeveer) 1900 – 1910 nam de CO₂ toe, terwijl de temperatuur naar beneden ging.
 - Van 1980 – 1983 nam de koolstofdioxide af en de temperatuur steeg.
 - De temperatuur blijft in de negentiende eeuw vrijwel gelijk, maar de eerste grafiek blijft stijgen.
 - Tussen 1950 en 1980 steeg de temperatuur niet, maar de CO₂ wel.
 - Van 1940 tot 1975 blijft de temperatuur ongeveer gelijk, maar de uitstoot van koolstofdioxide toont een sterke stijging.
 - In 1940 is de temperatuur behoorlijk wat hoger dan in 1920 en de uitstoot van koolstofdioxide is ongeveer gelijk.

Gedeeltelijk goed

- Code 1: Noemt een correcte periode, zonder enige verklaring.
- 1930 – 1933
 - vóór 1910

Noemt alleen een bepaald jaar (niet een periode), met een acceptabele verklaring.

- In 1980 nam de uitstoot af, maar de temperatuur steeg nog.

Geeft een voorbeeld dat de conclusie van André niet ondersteunt, maar maakt een vergissing bij het noemen van de periode. *[Let op: deze vergissing moet aantoonbaar zijn. Geeft bijvoorbeeld een deel van de grafiek aan dat duidt op een goed antwoord en maakt vervolgens een vergissing bij het beschrijven van deze informatie.]*

- Tussen 1950 en 1960 nam de temperatuur af en de koolstofdioxide steeg.

Verwijst naar verschillen tussen de twee curves zonder een specifieke periode te noemen.

- Op sommige plaatsen stijgt de temperatuur, zelfs als de uitstoot afneemt.
- Vroeger was er weinig uitstoot, maar desalniettemin een hoge temperatuur.
- Als er een geleidelijke stijging is in grafiek 1, is er geen stijging in grafiek 2, die blijft constant. *[Let op: Hij blijft “in het algemeen” constant.]*
- Omdat aan het begin de temperatuur al hoog was, terwijl de koolstofdioxide erg laag was.

Verwijst naar een onregelmatigheid in een van de grafieken.

- Rond 1910 was de temperatuur gedaald en dat bleef een poos zo.
- In de tweede grafiek is er een daling van de temperatuur van de atmosfeer op aarde kort voor 1910.

Geeft een verschil in de grafieken aan, maar de verklaring is zwak.

- In de veertiger jaren was de warmte erg hoog, maar de koolstofdioxide erg laag. *[Let op: De verklaring is erg zwak, maar het aangeduide verschil is duidelijk.]*

Geen punten

Code 0: Verwijst naar een onregelmatigheid in een curve, zonder duidelijk naar beide grafieken te verwijzen.

- Het gaat een beetje op en neer.
- Het ging in 1930 naar beneden.

Verwijst naar een slecht gedefinieerde periode of afzonderlijk jaar zonder enige verklaring.

- Het middelste deel
- 1910

Andere antwoorden.

- In 1940 nam de gemiddelde temperatuur toe, maar niet de uitstoot van koolstofdioxide.
- Rond 1910 stijgt de temperatuur, maar niet de uitstoot.

Code 9: Antwoord ontbreekt.

Vraag 5: BROEIKASEFFECT

S114Q05- 01 02 03 11 12 99

André blijft bij zijn conclusie dat de stijging van de gemiddelde temperatuur van de atmosfeer van de aarde wordt veroorzaakt door de toename van de uitstoot van koolstofdioxide. Inge is echter van mening dat zijn conclusie voorbarig is. Zij zegt: “Vóór je deze conclusie accepteert, moet je er zeker van zijn dat andere factoren die het broeikaseffect zouden kunnen beïnvloeden constant zijn.”

Noem één van de factoren die Inge bedoelt.

.....
.....

Beoordelings vraag 5: BROEIKASEFFECT

Maximale score

- Code 11: Vermeldt een factor die verwijst naar de energie/straling van de zon.
- De verwarming door de zon en misschien de veranderende positie van de aarde.
 - Energie die door de aarde teruggekaatst wordt.
- Code 12: Vermeldt een factor die verwijst naar een natuurlijke component of een potentiële verontreiniging.
- Waterdamp in de lucht
 - Wolken
 - Dingen zoals vulkaanuitbarstingen
 - Vervuiling van de atmosfeer (gas, brandstoffen)
 - De hoeveelheid uitlaatgassen
 - CFK's
 - Het aantal auto's
 - Ozon (als een bestanddeel van lucht) [*Let op: Gebruik Code 03 voor verwijzingen naar afbraak.*]

Geen punten

- Code 01: Verwijst naar een oorzaak die de concentratie van koolstofdioxide beïnvloedt.
- Het kappen van regenwouden
 - De hoeveelheid CO₂ die vrijkomt
 - Fossiele brandstoffen
- Code 02: Verwijst naar een niet-specifieke factor.
- Kunstmest
 - Spuitbussen
 - Hoe het weer was.
- Code 03: Andere onjuiste factoren of andere antwoorden.
- De hoeveelheid zuurstof
 - Stikstof
 - Het gat in de ozonlaag wordt ook groter.
- Code 99: Antwoord ontbreekt

Bijlage 4

KLEDING

Lees de tekst en beantwoord de daarop volgende vragen.

KLEDING

Een team van Britse natuurwetenschappers ontwikkelt “intelligente” kleding die gehandicapte kinderen de mogelijkheid geeft tot “spreken”. Kinderen met vesten gemaakt van een uniek elektrotexiel, gekoppeld aan een spraaksynthesizer, zullen zich verstaanbaar kunnen maken door gewoon op het materiaal te tikken dat gevoelig is voor aanraking.

Het materiaal wordt gemaakt van normale stof en een ingenieus netwerk van met koolstof geïmpregneerde vezels die elektriciteit kunnen geleiden. Wanneer druk wordt uitgeoefend op de stof, wordt het patroon van signalen die door de geleidende vezels heengaan, gewijzigd en kan een computerchip nagaan waar de stof werd aangeraakt. De chip kan vervolgens een elektronisch apparaat aansturen, dat aan de chip bevestigd is en dat niet groter dan twee luciferdoosjes hoeft te zijn.

“Het vernuftige zit hem erin hoe wij de stof weven en hoe wij de signalen erdoor sturen – wij kunnen het weven in bestaande stofontwerpen, zodat het onzichtbaar is,” aldus één van de wetenschappers.

Het materiaal kan – zonder beschadiging – worden gewassen, om voorwerpen gewikkeld of gekreukeld en de wetenschapper beweert dat het goedkoop in grote hoeveelheden kan worden geproduceerd.

Bron: Steve Farrer, “Interactive fabric promises a material gift of the garb”, *The Australian*, 10 augustus 1998.

Vraag 1: KLEDING

S213Q01

Welke van de beweringen in het artikel kunnen via natuurwetenschappelijk onderzoek worden getest in een laboratorium?

Omcirkel “Ja” of “Nee” voor elk van de beweringen.

Het materiaal kan zonder beschadiging	Kan de bewering worden getest via natuurwetenschappelijk onderzoek in een laboratorium?
worden gewassen.	Ja / Nee
om voorwerpen worden gewikkeld.	Ja / Nee
worden gekreukeld.	Ja / Nee
goedkoop in grote hoeveelheden worden geproduceerd.	Ja / Nee

Beoordeling vraag 1: KLEDING

Maximale score

Code 1: ja, ja, ja, nee, in die volgorde.

Geen punten

Code 0: Andere antwoorden.

Code 9: Antwoord ontbreekt.

VRAAG 2: KLEDING

S213Q02

Welk laboratoriuminstrument zou je beschikbaar moeten hebben om te controleren of de stof elektriciteit geleidt?

- A voltmeter
- B lichtbak
- C micrometer
- D geluidsmeter

Beoordeling vraag 2: KLEDING

Maximale score

Code 1: A voltmeter

No Credit

Code 0: Andere antwoorden.

Code 9: Antwoord ontbreekt.

Nederlandse 15-jarigen en de natuurwetenschappen

Hun kennis, vaardigheden en visie volgens PISA

Cito

Amsterdamseweg 13
Postbus 1034
6801 MG Arnhem
T (026) 352 11 11
F (026) 352 13 56
www.cito.nl

Klantenservice

T (026) 352 11 11
F (026) 352 11 35
klantenservice@cito.nl

Fotografie: Ron Steemers

