

Effecten van nascholingen Wetenschap en Techniek in het Primair Onderwijs in de regio Amsterdam¹

Thomas van Eijck & Ed van den Berg

Expertisecentrum Wetenschap en Techniek Noord-Holland en Flevoland,
Hogeschool van Amsterdam

1. Inleiding

In het kielzog van post-Sputnik curriculumvernieuwing in het middelbaar onderwijs in de Verenigde Staten werd ook ruim aandacht gegeven aan natuurwetenschap in de basisschool. Er werden interessante programma's ontwikkeld met nadruk op *hands-on science* en onderzoekend leren (*inquiry*). Voorbeelden zijn Amerikaanse programma's als *Science: A Process Approach* (SAPA), een programma dat een systematische opbouw van cognitieve onderzoeksvaardigheden beoogde, gebaseerd op de leerpsychologie van Robert Gagné die zelf ook actief betrokken was; *Science Curriculum Improvement Study* (SCIS) dat werd geleid door fysicus Robert Karplus en ontwikkeld vanuit een Piaget achtergrond; *Elementary Science Study* (ESS) dat in de eerste plaats was ontwikkeld rond succesvolle onderzoekend leren activiteiten zonder een expliciete leertheorie; en *Nuffield Science 5/13* dat werd ontwikkeld in het Verenigd Koninkrijk. Elk van deze programma's van de jaren zestig en zeventig van de vorige eeuw heeft een moderne opvolger gekregen, respectievelijk STC, FOSS, INSIGHTS, en Nuffield Primary Science. Succesvolle activiteiten zoals *Mystery Powders* en *Batteries and Bulbs* van ESS leven nog steeds voort in moderne incarnaties in veel andere methoden.

Continentaal Europa liep achter, maar de afgelopen vijftien jaar is een ware beweging ontstaan en hebben veel landen geïnvesteerd in (natuur)wetenschap en techniek (w&t) in het primair onderwijs. Frankrijk adopteerde in 1996 het Amerikaanse INSIGHTS en ontwikkelde daaruit *La Main à la Pâte* op initiatief van de Franse Academie van Wetenschappen en van Nobelprijswinnaar Georges Charpak. Zweden (Wickman, 2011) adopteerde in 1997 *Science, Technology and Children* (STC) dat met steun van de Amerikaanse Academie van Wetenschappen ontwikkeld was. De Zweedse Academies van Wetenschappen en Engineering namen het initiatief en zijn nog steeds nauw betrokken. Australië ontwikkelde het *Primary Connections*-programma geïnitieerd door de Australische Academie van Wetenschappen (Hackling, 2006). De investeringen in ontwikkeling of vertaling/aanpassing van lesmateriaal gaan gepaard met investering in nascholing. Zweden hanteert een inktvlek model waarbij telkens nieuwe gemeenten kiezen voor implementatie van STC en waarbij nascholingen en logistiek van verspreiding van leskisten per gemeente georganiseerd worden. In 2006 koos Berlijn voor hetzelfde STC vanwege de complete leskisten, de structuur in het programma, en het Zweedse verspreidingsmodel. Nascholingen

voor basisschool w&t hebben daardoor een duidelijk focus, ze zijn gericht op implementatie van concrete modules met heldere leerdoelen.

Reeds in de jaren zeventig van de vorige eeuw werd duidelijk dat het leiden van *inquiry* lessen veel moeilijker was dan oorspronkelijk werd gedacht. Harlen and Simon (2001) halen een overheidsverslag aan dat in 1978 over Engeland zegt:

The progress in science teaching in primary schools has been disappointing: the ideas and materials produced by the curriculum development projects have had little impact in the majority of schools (p. 54).

Het prachtige lesmateriaal bleek geen garantie te zijn voor goede implementatie. Er groeide een oerwoud aan workshops en nascholingen maar ook daarvan moest men concluderen dat effecten beperkt waren (Joyce & Showers, 1988;) en dat effectieve nascholing veel tijd en geld vergt en begeleiding in de klas (Loucks-Horsley et al, 1998). En nog problematischer:

In general, it was felt that the proposed science approach required too much of the average teacher in terms of content knowledge, change of teaching role, and personal commitment (Akker, 1998, p. 426).

Fundamentele veranderingen in manieren van lesgeven – zoals onderzoekend en ontwerpend leren – vereisen bovendien systeemveranderingen (Fullan 1991, 2001), waarin veel wijzigingen moeten plaatsvinden op verschillende niveaus, zowel bovenschools (curriculum doelen, examens) als op schoolniveau (schoolleiding, beleid, samenwerking, incentives), als in de klas. In de jaren negentig was er in de Verenigde Staten volop aandacht voor *systemic change* met grote nationale subsidies. Onderzoek en evaluaties leidden tot conclusies, zoals de volgende:

- Training in nieuwe of verbeterde onderwijsmethoden zou vergezeld moeten gaan van ondersteuning in de klas middels begeleiding door een expert of collegiale consultatie (Joyce & Showers, 1988; Appleton, 2007, 2008).
- Professionele ontwikkeling komt beter tot zijn recht als dit vanuit de school gebeurt en als onderwijzers elkaar assisteren bij de implementatie of zelfs *communities of practice* vormen (Desimone et al., 2002).
- Training zou een sterke inhoudelijke component moeten hebben die gericht is op het verbreden en verdiepen van de onderwerpkennis en vakdidactiek (Wayne et al., 2008; Garet et al., 2008; Vescio et al., 2008).
- Elke onderwijsverandering, hoe klein ook, vereist veranderingen op verschillende niveaus van het onderwijssysteem: systeemverandering (Fullan, 2001).
- Bij minder dan tachtig uur training kan men geen blijvende resultaten verwachten (Supovitz & Turner, 2000 in een studie van *systemic change* projecten op vijftien locaties in de

Verenigde Staten). Er zijn zelfs sterke indicaties dat langdurige coaching trajecten nodig zijn om onderzoekend leren in science te implementeren (Appleton, 2008).

In Nederland werd Kennis der Natuur al in 1857 verplicht gesteld op de basisschool. Techniek verscheen voor het eerst in 1998 in de kerndoelen. Deze vakken maken deel uit van het leergebied Wereldoriëntatie. In de loop van de jaren waren er diverse relatief kleine projecten om natuuronderwijs op de basisschool te ondersteunen zoals de publicatie van Grabbelton in de jaren 80 door de SLO, maar er werd niets ontwikkeld of vertaald dat vergelijkbaar was met bovengenoemde complete hands-on/inquiry curriculum pakketten met leerlijnen voor de leeftijd van vijf tot twaalf jaar, laat staan dat natuur en techniek gezien werden als onderdeel van de grote drie: taal, rekenen-wiskunde en science, zoals in het Verenigd Koninkrijk.

Het eerste grote overheidsproject in Nederland dat erop gericht was techniek in het basisonderwijs een plaats te geven was het nationaal Actieplan Verbreding Techniek Basisonderwijs 2004-2010 (VTB). Oorspronkelijk lag de nadruk op techniek als nieuw vak. Later werd dit verbreed tot Wetenschap en Techniek. Het Platform Bèta Techniek stimuleerde w&t-onderwijs door middel van de w&t programma's via een breed spectrum van activiteiten met grote nadruk op autonomie van de school. Veel scholen kregen eenmalig € 12,000 en konden zelf kiezen voor investering in een lokaal, techniek torens en ander materiaal, een methode van een uitgever, of inkopen van professionele ondersteuning en nascholing. Er was controle achteraf via een jaarlijkse audit waarbij ook op het systeem gelet werd (schoolplan etc.).

Van 2008-2010 werden landelijk 5000 basisschoolleerkrachten nageschoold onder het w&t Pro programma in regionale centra met nadruk op de didactiek van onderzoekend en ontwerpend leren. De Hogeschool van Amsterdam trainde ruim driehonderdvijftig leerkrachten in samenwerking met het Amstelinstituut, NEMO, en Artis. Per groep waren er zeven sessies op woensdag middag verspreid over een jaar, waarvan vier op de HVA, één ICT-sessie op het Amstelinstituut, één sessie in NEMO met NEMO-nascholingsmateriaal, en een sessie in Artis. Details zijn te vinden in figuur 1 en op <http://www.ficonacci-project.nl/ewt>. De rode draad in de training was de didactiek van onderzoekend en ontwerpend leren, steeds geïllustreerd aan ander lesmateriaal, zoals de LOOLmodules,² proefjes,³ Amstel lesmateriaal met sensoren en computers, en materiaal van NEMO en Artis. Tussen de sessies door werd verwacht dat de deelnemers dit of ander materiaal gebruikten in *hands-on/minds-on* lessen op de eigen school. Sommige deelnemers kwamen als individuele vertegenwoordigers van een school, anderen in groepen van twee à vier per school, terwijl in een aantal gevallen het hele schoolteam deelnam. Buiten de zeven halfdagse trainingssessies boden de trainers begeleiding (coaching) van de onderwijzers in de klas en assisteerden ze scholen bij het schrijven van het schoolplan voor w&t. Lesbezoeken door de trainers-coaches waren beperkt tot één à twee bezoeken per leerkracht. Dat is voldoende om een idee te krijgen wat er met de training in de klas gebeurt, maar onvol-

doende als begeleiding bij invoering van onderzoekend en ontwerpnd leren. In de meeste andere trainingen in het land waren dergelijke bezoeken niet inbegrepen in de training. Dit artikel geeft een voorlopige⁴ evaluatie van deze professionaliseringstrajecten in de regio Amsterdam.

Wanneer we het VTB-programma vergelijken met de eerdergenoemde conclusies uit onderzoek dan zien we dat VTB zeker probeerde op verschillende niveaus te werken van klas tot school tot nationaal beleid (Fullan, 2001). Maar de ambitie en de keuze van VTB Pro om zeer grote aantallen scholen en leerkrachten te bereiken, maakten het onmogelijk om de conclusies in de training te verwerken zoals veel meer contacturen, tijd voor onderwerpkennis, en coaching in de klas. Met andere woorden, de VTB Pro design voldeed niet aan de ontwerpeisen uit bovenstaand onderzoek. Toch leek het nuttig om onze eigen Amsterdamse VTB Pro training te evalueren en school- en leerkrachteffecten te beschrijven. Inmiddels heeft het Platform Beta/Techniek een nieuw programma gelanceerd dat werkt met zogenaamde vindplaatsscholen en netwerkscholen dat meer ruimte lijkt te bieden voor scholing op maat en voor kwaliteitsbegeleiding.

Sessie	Activiteit
	Voor alle werkgroepssessies zijn beschrijvingen, hulpmateriaal en powerpoints te vinden op http://www.fibonacci-project.nl/ewt
0	Intakesessie (individueel of per school), hierin wordt informatie verzameld over W&T-ervaring en doelstellingen van deelnemers en scholen.
1	<p>Het zeven-stappen <i>onderzoekend</i> lerenmodel wordt geïllustreerd aan een activiteit met stuitballen (Graft & Kemmers 2007, 2010) waarin ballen, afstand en ondergrond gevarieerd kunnen worden.</p> <p>Het zeven-stappen <i>ontwerpnd</i> leren model wordt geïllustreerd in de vallende eiactiviteit, waarin deelnemers een beschermingsverpakking ontwerpen om breken van het ei te voorkomen. Deelnemers ontvangen een map met het LOOL-materiaal van Graft en Kemmers en tuinkerszaden. Ze worden gevraagd de zaadjesmodule of de drijven- en zinkenmodule in de eigen klassen uit te voeren, zo mogelijk voor de volgende nascholingsessie.</p>
2	<p>Terugkoppeling met sessie 1. Rapportering van ervaringen. Dit gebeurt elke sessie.</p> <p>Onderzoekend en Ontwerpnd Leren met Spiegels in groep 1-4. Een docentenhandleiding voor zeven spiegellessen is te vinden op de genoemde site. Klaservaringen worden beschreven in Damsma et al (2008, 2009) en uitgebreid in Damsma (2011).</p> <p>De derde activiteit is een ontwerp/maak activiteit: het maken van een periscoop. Het ontwerp is grotendeels gegeven maar de plaatsing van de spiegels moet nog geoptimaliseerd worden. Tenslotte discussie over implementatie in de klas. Dit materiaal wordt relatief veel gebruikt door deelnemers.</p>

3	<p><i>1. Inleiding Wetenschap en Techniek en taal.</i> Start met een lezing waarin de 3 onderwerpen van de workshops geïntroduceerd worden:</p> <ul style="list-style-type: none"> – De didactiek om prentenboeken te gebruiken als authentieke of betekenisvolle context voor wetenschap- en techniekactiviteiten – Taal bij de zaakvakken en ICT van de SLO, ervaringen van de projectgroep met het opzetten van lessenseries waarin wetenschap en techniek en schrijfonderwijs zijn geïntegreerd en de ontwikkeling van het specifieke didactische model. – De didactiek van het verhalend ontwerpen <p><i>2. Werkgroep waarbij gekozen kan worden uit achtereenvolgens:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Prentenboeken, deelnemers onderzoeken prentenboeken op wetenschap en techniek activiteiten. – Wetenschap en techniek en schrijfonderwijs, deelnemers toetsen het model aan de praktijk en vullen dit zelf in. – Verhalend ontwerpen, deelnemers schrijven een draaiboek voor een verhalend ontwerp. – Of (later ingevoegde variant): deelnemers maken verder kennis met het opstellen en operationaliseren van onderzoeksvragen, het opzetten van experimenten en het voorspellen van het resultaat ervan. – Deelnemers maken kennis met de didactiek van vragen stellen en de verschillende 'soorten' onderzoeksvragen die gesteld kunnen worden. – Deelnemers maken kennis met het benoemen van technische objecten en het verwoorden van de werking ervan, aan de hand van zogenaamd 'omgekeerd ontwerpen' (een zogenaamde 'sloopsessie'). <p><i>3. Plenaire uitwisseling ervaringen met de diverse werkgroepen.</i></p> <p><i>4. Maken van afspraken over vervolgactiviteiten (lesopdracht) en coachingsbezoeken</i></p>
4*	<p>NEMO-sessie</p> <p>Start met lezing over talentenkracht. Vervolgens keuze uit drie parallelwerkgroepen voor de onder-, midden- en bovenbouw over achtereenvolgens <i>Hands-on & Brains-on</i>, Testkees uit Nieuws uit de Natuur en Science Center op School. Hierin komt het zeven-stappen plan weer opnieuw aan bod.</p> <p>Aandacht voor toepassen van aanbod in eigen lespraktijk en overleg over begeleidingsmogelijkheden hierbij.</p> <p>Afsluiting waarbij tijd voor het maken van afspraken over:</p> <ul style="list-style-type: none"> – vervolg tweede gedeelte traject: eventueel extra inhoudelijk aanbod op maat waarbij aandacht voor verschillende schoolconcepten (Dalton, Montessori, OGO); – zelfstandige activiteiten en coaching bezoeken. <p>(Voor details: zie NEMO website www.e-nemo.nl en www.fibonacci-project.nl/ewt)</p>

5	<p>Na een inleiding en demonstraties oefenen deelnemers het meten met sensoren en gebruik van bijbehorende Coach Lite software. In een tweede activiteit bedenken ze een onderzoekje met sensoren. Mogelijkheden van de digitale microscoop en afstandssensors worden gedemonstreerd. Tot slot een discussie over leerdoelen die met deze spullen bereikt kunnen worden. Deelnemers kunnen gratis sensoren lenen voor een leerhoek in de klas. Software is gratis te downloaden en installeren van de site. Hulp op locatie is beschikbaar in geval van problemen met installatie of een verzoek voor aangepaste activiteiten. (Voor details over activiteiten: http://www.fibonacci-project.nl; kies sensoren, keuze uit ruim dertig activiteiten).</p>
6	<p>Bezoek aan onderzoeksgroep plantenfysiologie, FNWI-UvA. Professor Michel Haring, hoogleraar plantfysiologie geeft een inleiding over de empirische onderzoekscyclus aan de hand van een voorbeeld van het lopende onderzoek van de vakgroep. Hierna volgt er een rondleiding door laboratoria, klimaatkamers en kweekkasten waarbij de empirische onderzoekscyclus in de praktijk getoond wordt. Tot slot worden de deelnemers in de gelegenheid gesteld om een eigen stekje te maken volgens een wetenschappelijk verantwoorde standaardprocedure.</p>
7*	<p>Artis/ESERO/NEMO: Aarde en Heelal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Korte introductie over de opzet van de trainingssessie en de werking van het Planetarium. 2. Lezing: Spacetrip door Artis. In het Planetarium maken de aanwezigen een reis door het heelal. Vanaf de aarde naar de grenzen van ons universum en weer terug. Tijdens deze reis krijgen de aanwezigen een goed beeld van de structuur van het heelal en onze positie hierin. 3. Interactieve presentatie over preconcepten bij kinderen over sterrenkunde. Twee voorbeelden uit de sterrenkunde zullen centraal worden gesteld om duidelijk te maken welke preconcepten kinderen kunnen hebben en hoe je hier op in kunt spelen. 4. Drie parallelle werkgroepen over misconcepties (maanfasen, seizoenen, zonnestelsel).
<p>* In sessies 4 en 7 worden trainingsgroepen gecombineerd zodat het mogelijk is parallel werkgroepen aan te bieden gericht op onderbouw, middenbouw en bovenbouw.</p>	

Figuur 1. Beschrijving van de Amsterdam VTB Pro in-service door HvA, NEMO, Amstel, Artis

2. Onderzoeksvragen

De onderzoeksvragen voor de evaluatie van het professionaliseringstraject w&t waren:

1. Welke veranderingen vinden er plaats in de les- en schoolprogramma's voor Wetenschap en Techniek op scholen van deelnemers?
2. Welke kenmerken van onderzoekend en ontwerpend leren zijn wel of niet zichtbaar tegen het einde van de training?
3. Welke aspecten van de implementatie van w&t in de school en in de klas zijn moeilijk en wat zijn de oplossingen die scholen en leerkrachten hiervoor gebruiken?

4. Zijn er verschillen in antwoorden op de vragen 1-3 afhankelijk van het type nascholing (individuele participatie versus teamgerichte nascholing)?

3. Methoden

Intake-enquêtes werden afgenomen onder de aanstaande vTB Pro cursusdeelnemers over hun W&T-activiteiten en onder een controlegroep van leerkrachten die niet deelnamen aan het traject. De controlegroep bestond uit leerkrachten die stages van Pabo studenten begeleidden maar niet deelnamen aan vTB Pro. Kwantitatieve gegevens van de deelnemende groep en de controlegroep werden middels een *t*-test vergeleken. Het enquête formulier is niet opgenomen in dit artikel, maar is beschikbaar op aanvraag. Vragen gingen onder andere over lestijd besteed aan natuurwetenschap en aan techniek, of er *hands-on* activiteiten waren en voor welk percentage van de lestijd, onderwerpen die aan bod gekomen zijn, en vragen over onderzoekend leren zoals:

Is er de afgelopen tijd door de leerlingen ook onderzoeksmatig⁵ gewerkt aan onderwerpen uit natuur/techniek? Zo ja, hoe? Zo nee, waarom niet?

Observaties en verslagen van 46 begeleidingsbezoeken aan scholen en klassen werden door de eerste auteur vastgelegd. Elke deelnemer uit de groepen *A* en *B* (september 2008 tot mei 2009) en *I* en *K* (september 2009 tot mei 2010) werd bezocht in de klas. Bij de bezoeken aan groepen *A* en *B* werden er video-opnamen gemaakt maar zelden bij bezoeken aan *I* en *K*. Drie van deze lessen werden tegelijkertijd geobserveerd door een tweede onderzoeker (P. Kruit) om de betrouwbaarheid van de observaties te controleren. Er was een grote mate van overeenstemming in classificaties (>80 procent).

Elk bezoek nam ongeveer anderhalfuur in beslag en bestond uit de volgende onderdelen:

1. Observatie van een w&T-les, deze werd ter plekke uitgeschreven.
2. Video-opnamen, met name van leerlingactiviteiten;
3. Nabespreking met de leerkracht van verschillende aspecten van de les.

Bijna alle bezoeken vonden plaats in de tweede helft van de cursus na minimaal 3 of 4 sessies.

De volgende aspecten van de trainingsgroepen *A*, *B*, *I* en *K* werden genoteerd en verder geanalyseerd:

- leeftijdsgroep (variërend van vier tot twaalf jaar);
- algemeen onderwerp van de les;
- doel van de les in de perceptie van de observator;
- leerkrachtactiviteiten en tijd;
- leerlingactiviteiten en tijd (bij het vastleggen van deze activiteiten werd er een onderscheid gemaakt tussen 'verkennen' en 'experimenteren': 'verkennen' werd hierbij gedefinieerd als een open activiteit zonder duidelijke richting, terwijl 'experimenteren' werd gedefini-

eerd als een activiteit die verloopt volgens de natuurwetenschappelijke methode, waarbij een onderzoeksopzet met een voorspelling wordt gehanteerd, enzovoort);

- percentage van de tijd dat praktisch ('hands-on') wordt gewerkt;
- welke fasen van onderzoekend/ontwerpend leren er zichtbaar waren.

Interviews werden na afloop van het traject afgerond met directeuren, adjunct-directeuren, eventuele w&t-coördinatoren en/of deelnemers. De interviews werden afgenomen op negen scholen van de groepen A en B in de periode mei-augustus 2009. In de meeste gevallen werd een directielid geïnterviewd.

Exit-enquêtes werden na afloop van de trajecten I en K in 2010, afgenomen onder 44 te certificeren deelnemers. Hierbij werd naar enkele van de kwantitatieve en kwalitatieve gegevens die bij de intake-enquêtes en de observaties waren verzameld, nogmaals gevraagd en kwamen ook vragen voor als de volgende:

In hoeverre pas je hetgeen je tijdens de nascholing LOOL/POLLEN hebt geleerd toe in je onderwijspraktijk? (In hoeverre vindt er daadwerkelijk onderzoekend leren plaats? In hoeverre wordt er gebruik gemaakt van de didactiek van OOL? Zo nee, wat heeft je weerhouden om die didactiek toe te passen? Zo nee, welke didactiek pas je dan wel toe? Zo ja, wat is volgens jou de meerwaarde hiervan?)

4. Resultaten

De *intakeenquête* bevatte aparte vragen voor implementatie van natuuronderwijs en techniek. Gegevens van 2008-2009 laten zien dat de door de 32 deelnemers ingeschatte tijd die aan techniek werd besteed en het ingeschatte percentage dat er *hands-on* werd gewerkt tweemaal zo hoog was als bij twintig niet-deelnemers (41 versus 21 procent, t -test voor proporties $p < 0.05$); dit wijst erop dat de scholen en leerkrachten van de deelnemende groepen al bezig waren met de implementatie van techniek voordat ze deelnamen aan het traject. Dit kan ook afgeleid worden uit het feit dat het percentage scholen waar een natuur- en/of techniekcoördinator aanwezig is, in de deelnemersgroep bijna tweemaal zo hoog is als in de controlegroep. De meeste van de deelnemende scholen hadden al eerder een eenmalige VTB-2-subsidie voor de implementatie van techniek ontvangen, dit in tegenstelling tot de controlegroep. Voor de lessen natuuronderwijs waren deze verschillen niet significant. Intake-gegevens van 2009-2010 laten een vergelijkbaar beeld zien.

De *observaties* van groep A (18 deelnemers, gemiddelde observatietijd per lesbezoek: 38 minuten, 2008/09), en van I en K (29 deelnemers, gemiddelde observatietijd: 46 minuten 2009/10), zijn in detail geanalyseerd.

Leerlingen van alle leeftijdsgroepen, van vier tot twaalf jaar, zijn geobserveerd. Over het algemeen waren de kinderen enthousiast. Tijdens de lessen kwam een grote hoeveel-

heid onderwerpen aan bod. Bij de lessen natuuronderwijs was het onderwerp 'spiegels' het populairst, waarschijnlijk omdat het onderwerp deel uitmaakte van het trainingsaanbod en zonder al te veel voorbereiding direct in de klas ingezet kon worden. Veel van de andere natuuronderwijs-onderwerpen waren afkomstig van internet; er werd in slechts enkele gevallen gebruik gemaakt van natuuronderwijs- en/of techniekmethodes van uitgevers. Alle techniekonderwerpen hadden te maken met constructie; de andere domeinen (transport, communicatie, productie) kwamen niet aan bod. In slechts enkele gevallen werden natuur en techniek met elkaar geïntegreerd, hoewel er talrijke mogelijkheden aanwezig waren om dit te doen.

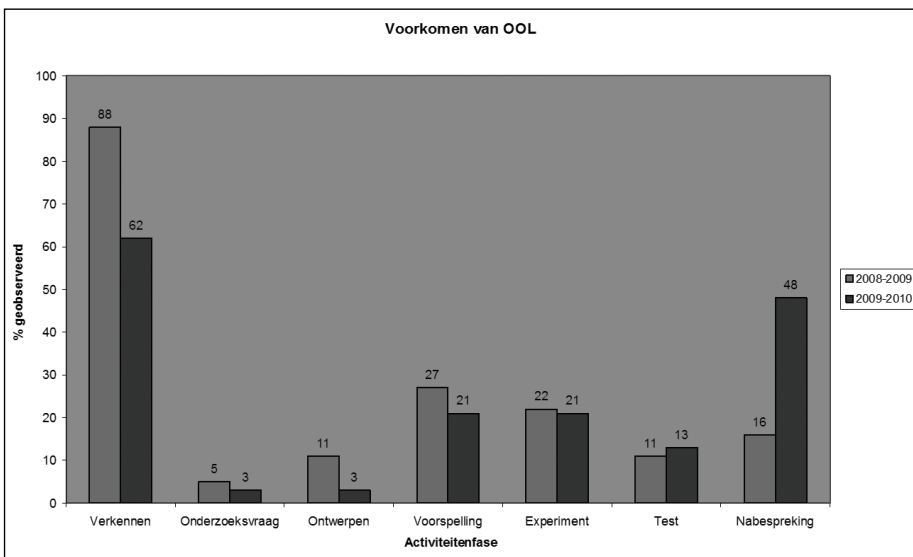
Er is een verschil tussen 2008-2009 en 2009-2010 wat betreft de door de leerkrachten genoemde lesdoelen. In 2008-2009 waren de meeste lessen gericht op een introductie van het onderwerp (56 procent van de leerkrachten noemde 'verkennen en/of ervaren' als lesdoel), terwijl in 2009-2010 ook doelen als 'wetenschappelijk redeneren', 'formuleren van onderzoeksvragen', 'voorspellen' en 'aanleren van vocabulaire' werden genoemd.

In bijna alle geobserveerde lessen kon er een duidelijke onderscheid tussen de verschillende activiteiten gemaakt worden: een introductie/instructiefase (waarin de leerlingen participeren met luisteren en/of het stellen van vragen of het beantwoorden van vragen van de leerkracht), gevolgd door een fase van verkennen, experimenteren en/of construeren waarbij de leerlingen door de leerkracht begeleid worden. Het gemiddelde percentage van de tijd dat leerlingen *hands-on* activiteiten taken uitvoerden varieerde van 60% tot 70% (afhankelijk van het jaar en het onderwerp). In 2008-2009 werden slechts 3 van de 18 geobserveerde lessen (16 procent) afgesloten met een nabespreking; in 2009-2010 waren dit er 14 van de 29 (48 procent).

In zowel 2008-2009 als in 2009-2010 konden de verschillende fasen van onderzoekend en ontwerpnd leren worden geïdentificeerd:

- ervaren en/of verkennen;
- formuleren van onderzoeksvragen;
- uitkomst van een experiment voorspellen;
- experiment uitvoeren (meerdere fasen van onderzoekend leren);
- conclusie trekken/resultaten verklaren;
- ontwerpen;
- ontwerp testen.

Het relatieve voorkomen van deze fasen is afgebeeld in figuur 2.



Figuur 2. Relatief voorkomen van de verschillende fasen van onderzoekend en ontwerpend leren (OOL) in de klassen van deelnemers van twee opeenvolgende jaargroepen. Achtereenvolgens gaat het om verkennen, onderzoeksvragen formuleren, ontwerpen, voorspellen of verwachtingen formuleren, experiment uitvoeren, een ontwerp testen en nabespreking.

In zowel 2008-2009 als 2009-2010 lag de nadruk van de activiteiten op verkennen, maar dit leidde nauwelijks tot het formuleren van onderzoeksvragen. In de vijf lessen waarin in 2008-2009 experimenten werden uitgevoerd, werden er wel voorspellingen geformuleerd, maar slechts in twee gevallen conclusies uit de resultaten getrokken. In 2009-2010 gebeurde dit in 5 van de 6 gevallen. Naar aanleiding van onderzoeksresultaten van 2008-2009 werd in de 2009-2010 nascholing sterk benadrukt dat lessen moeten eindigen met een nabespreking en conclusies. In beide jaren kwam het maken en testen van een technisch ontwerp zelden aan de orde.

5. Exit-enquêtegegevens van deelnemers 2009-2010

De door de deelnemers ingeschatte tijd die besteed werd aan natuur- of techniekonderwijs was respectievelijk 1,2 en 1 uur per week; de ingeschatte percentages van deze tijd dat er *hands-on* werd gewerkt waren 52 procent respectievelijk 69 procent. Als belangrijkste hindernissen voor het geven van meer lessen natuuronderwijs en/of techniek werd in

39 procent van de gevallen tijdgebrek als oorzaak genoemd, gevolgd door gebrek aan materialen (25 procent), organisatorische problemen (19 procent) of een gebrek aan ideeën, methode of inhoudelijke kennis (11 procent) of een geschikte ruimte (6 procent). Op de vraag in hoeverre er tijdens de lessen natuuronderwijs en/of techniek gebruik is gemaakt van de didactiek van onderzoekend en ontwerpend leren (LOOL; het '7-stappenplan') antwoordde 44 procent 'vaak', 26 procent 'soms' en 30 procent 'nooit'. Op de vraag wat de belangrijkste motivatie voor de deelnemers is om dit soort lessen te geven werd in 51 procent van de gevallen het enthousiasme van de leerlingen genoemd; in 26 procent van de gevallen de gehanteerde didactiek en in 19 procent van de gevallen de eigen interesse. Op de vraag wat de belangrijkste motivatie was om deel te nemen aan het professionaliseringstraject gaf 67 procent van de deelnemers de persoonlijke wens tot professionalisering aan (bijvoorbeeld 'meer kennis opdoen', of 'handreikingen krijgen') en 33 procent gaf antwoorden waaruit een meer extrinsieke gemotiveerdheid bleek (bijvoorbeeld 'vraag vanuit het team' of 'leerlingen met techniek in aanraking brengen').

6. Exit-interviews van 9 schoolleiders of W&T coördinatoren (2008-2009)

Activiteiten die ondernomen werden door schoolleiders waren voornamelijk gericht op de implementatie en facilitering van w&t-onderwijs in het schoolcurriculum, zoals: het organiseren van informatieavonden voor ouders en studiedagen voor leerkrachten, het aanvragen en beheren van subsidiegelden, leerkrachten aanmoedigen tot deelname aan het professionaliseringstraject, een w&t-beleidsparagraaf in het schoolplan schrijven en deelnemen aan vtb-netwerkbijeenkomsten. Activiteiten die ondernomen werden door de w&t-coördinator en/of -commissie waren meestal gericht op de implementatie op klasniveau: deelnemen aan het professionaliseringstraject, w&t-onderwijsactiviteiten organiseren, experimenteren met w&t-onderwijsmateriaal en werkafspraken maken met collega's, bijvoorbeeld over het aantal lessen dat zou moeten worden aangeboden in een bepaalde bouw en over het opslaan, beschikbaar maken en onderhouden van het w&t-onderwijsmateriaal. In vier gevallen werden er ook stagiairs betrokken, zoals voor het verzorgen van lessen en het verzamelen van materialen.

Budget/materialen: acht van de negen scholen hadden de vtb2-subsidie van 12.000 euro ontvangen. De mate waarin en de manier waarop dit geld werd besteed varieerde aanzienlijk, hoewel meer dan de helft van de scholen besloot dit geld te investeren in een 'totaalpakket', bijvoorbeeld de 'Techniektorens' of de 'Techniekkar'. In deze gevallen werd ten minste de helft van de subsidie in één keer besteed. Slechts één van de scholen besloot om te investeren in een nieuwe w&t-methode, die 67 procent van hun subsidie in beslag nam, en om deze methode als leidraad te nemen voor het investeren in aanvullend materiaal, waaraan de overige 33 procent werd uitgegeven.

w&T-commissie: in zeven van de negen scholen was er een techniekcoördinator en/of een techniekcommissie aangesteld. In sommige scholen was er ook een natuur- en milieucommissie aanwezig, maar in die gevallen was er geen sprake van samenwerking met de techniekcommissie. In geen van de gevallen werd er een expliciete integratie van natuur en techniek aangetroffen. Het aantal taakuren kon niet altijd worden gespecificeerd, maar in die gevallen waarin dat wel mogelijk was varieerde het tussen de 20 en 25 uur op jaarbasis. De nadruk van de activiteiten ligt meer op de organisatie van de lessen dan op de inhoud ervan; hier vindt ook nauwelijks discussie over plaats. Als gevolg hiervan hebben de scholen nog geen plan of programma voor hun w&T-onderwijs ontwikkeld, maar blijft het slechts bij voornemens.

Implementatie van w&T: De doelen van de implementatie verschillen per school. In drie scholen was het doel het integreren van w&T met andere schoolvakken. In twee scholen wordt w&T gezien als een hoofdbestanddeel van het schoolprofiel zoals dat wordt uitgedragen naar ouders en derden. In andere gevallen wordt w&T gezien als een middel om tegemoet te komen aan de specifieke behoeften van de leerlingen, zoals in het speciaal basisonderwijs (met een meer praktische benadering van onderwijs). Geen van de scholen had een duidelijke visie op de uiteindelijke doelen van w&T-onderwijs, zoals natuurwetenschappelijke geletterdheid en technische vaardigheden.

Verskillende aspecten van de implementatie werden als moeilijk ervaren. De voornaamste hindernissen die de geïnterviewden benoemden, waren:

1. Gebrek aan kennis over vakinhoud en vakdidactiek (vijf van de negen scholen).
2. Organisatie van de lessen (6 scholen). Dit betreft aspecten als praktische ervaring, beschikbaarheid van materialen, schoollogistiek en integratie met andere vakken.
3. Tijd om de lessen voor te bereiden (4 scholen): zowel tijd voor het bestuderen van vakinhoud als voor de praktische voorbereidingen.

Samenwerking: op de meeste scholen bepaalt de indeling in onder-, midden- en bovenbouw de structuur voor interne samenwerking. Vandaar dat er veel minder samenwerking is tussen de verschillende bouwen, met name in de grotere scholen. In de meeste gevallen biedt de natuur- en/of techniekcommissie een gelegenheid tot samenwerking tussen de verschillende bouwen.

Het trainingsaanbod wordt niet altijd gedeeld met niet-getrainde collega's, en wanneer dit wel gebeurt, gaat dat spontaan en ad hoc, bijvoorbeeld tijdens mededelingenrondjes tijdens teamvergaderingen. De meeste teams staan wel open voor verandering, hoewel er in sommige gevallen een verzaaging is opgetreden ten aanzien van implementaties omdat er te veel (semi)overheidsprojecten, programma's en prioriteiten door elkaar lopen.

Er is nauwelijks sprake van regelmatig contact tussen de verschillende scholen om informatie uit te wisselen of zogeheten *good practices* te delen. Als w&T-coördinatoren bij

elkaars scholen op bezoek kwamen, werden er vooral details over de organisatie en logistiek uitgewisseld, maar niet over vakinhoud en onderwijsmethoden.

Het percentage leerkrachten van de individuele scholen die aan het professionaliseringstraject deelnamen, verschilde aanzienlijk en liep uiteen van 10 tot 83 procent van het totale aantal leerkrachten in de school. Van de helft van de scholen namen leerkrachten van alle bouwen deel, van de andere helft waren het overwegend leerkrachten uit de kleuter- en onderbouw die aan de training deelnamen.

7. Conclusies en discussie

1. Welke veranderingen vinden er plaats in de les- en schoolprogramma's voor Wetenschap en Techniek?

Op klassenniveau is zowel in 2008-2009 als in 2009-2010 het *geobserveerde* percentage van de lestijd die aan hands-on activiteiten besteed wordt, hoger dan bij de *intake-enquête door de leerkrachten* wordt ingeschat. Echter: wanneer ze de enquête invullen, zouden leerkrachten de neiging kunnen hebben om zichzelf te onderschatten, omdat ze ervan overtuigd zijn dat ze training nodig hebben om een adequate vorm van w&t-onderwijs te verzorgen, terwijl ze mogelijk een betere in plaats van de normale prestatie laten zien wanneer ze bezocht worden door een externe trainer. De exit-enquête in 2010 toont echter ook hoger ingeschatte hands-on percentages dan de intake-enquête. Dit zou blijk kunnen geven van een bewustwordingsproces omtrent de organisatie en tijdsplanning van w&t-onderwijs en/of een ontwikkeling naar een minder leerkrachtgestuurde benadering. De belangrijkste verandering op schoolniveau is een toename van organisatieactiviteiten, zoals het aanschaffen van onderwijsmaterialen en het aanstellen van techniekcoördinatoren, maar geen van de scholen heeft nog een gedetailleerd plan of programma voor hun w&t-onderwijs ontwikkeld, terwijl de opbrengsten van de training ad hoc, dus ongepland, binnen de school worden verspreid.

2. Welke kenmerken van onderzoekend en ontwerpend leren zijn wel of niet zichtbaar aan het einde van de training?

Het belangrijkste aspect van onderzoekend en ontwerpend leren dat in de observaties zichtbaar werd, is de praktische verkenningsfase. Andere belangrijke kenmerken - leerlingen die onderzoeksvragen formuleren, onderzoeksresultaten vergelijken en conclusies trekken - worden minder vaak waargenomen. Dat impliceert echter niet dat ze niet begrepen worden door de deelnemende leerkrachten. Waarschijnlijk missen deze de competentie om zelfstandig onderzoeksmatige lessen te ontwikkelen/implementeren. Dit wordt ook geïllustreerd door de notie dat de meeste leerkrachten weliswaar niet gewend zijn om les te geven zonder lesmethode (=leerboek), maar dat er nog steeds nauwelijks Nederlandse w&t-lesmethoden bestaan die gebruik maken van onderzoekend of ontwerpend

leren. Daar begint verandering in te komen, maar lesmateriaal met lange en consistente groep 1 – 8 leerlijnen voor *inhoud* zowel als voor *onderzoeken en ontwerpen* ontbreken nog. Als gevolg hiervan zouden leerkrachten het idee kunnen hebben dat ze zelf telkens opnieuw het wiel moeten uitvinden zonder behoorlijke ondersteuning van hun collega's en/of leidinggevenden, hetgeen zeer demotiverend en tijdrovend kan zijn en zelfs buiten hun professioneel bereik valt. Wel is er in 2009-2010 ten opzichte van 2008-2009 een verdrievoudiging te zien van het aantal gevallen waarin een nabespreking plaatsvindt, en worden er ook vaker conclusies getrokken uit gedane experimenten. Dit kan een gevolg zijn van het feit dat hier tijdens de training meer nadruk op werd gelegd dan het jaar daarvoor. Het feit dat veel lessen in de praktische verkenningfase blijven steken, doet ook vermoeden dat activiteiten weliswaar *hands-on* zijn, maar dat de *minds-on* component nog sterk verbeterd kan worden.

3. Welke aspecten van de implementatie van w&t in de school en in de klas zijn moeilijk en wat zijn de oplossingen die scholen en leerkrachten hiervoor gebruiken?

Op leerkrachtniveau wordt gebrek aan tijd om de lessen voor te bereiden als belangrijkste hindernis genoemd. Dit betreft zowel tijd voor het bestuderen van vakinhoud als voor de praktische voorbereidingen. Zo wordt er regelmatig gewag gemaakt van gebrek aan kennis over vakinhoud en vakdidactiek, gebrek aan goede lesideeën, of gebrek aan een lesmethode die past bij de visie van de school. Voor de leerkrachten is ook lang niet altijd duidelijk wat het verschil is tussen techniek en natuurkunde, en wordt biologie als een afzonderlijk vak gezien. Op dit moment bestaat er in Nederland nog geen modulair programma voor w&t-onderwijs met groep 1-8-leerlijnen dat gebaseerd is op onderzoekend leren, zoals *Science Technology and Children* (STC - Verenigde Staten) of *Nuffield Primary Science* (Engeland).

Op schoolniveau bestaat er doorgaans geen goede structuur om W&T schoolbreed te implementeren. Dit betreft aspecten als praktische ondersteuning, beschikbaarheid van ruimte en materialen, schoollogistiek en integratie met andere vakken. De oplossingen die scholen hiervoor gebruiken zijn doorgaans: (1) het faciliteren van teamleden om een natuur- en/of techniekcommissie te vormen (2) het professionaliseren van teamleden op het gebied van wetenschap en techniek (3) het aanschaffen van een nieuwe natuur en/of techniekmethode of een complete inventaris via een commerciële aanbieder en (4) het inzetten van stagiaires of ouders bij het samenstellen en beheren van een inventaris.

4. Zijn er verschillen in antwoorden op de vragen 1, 2 en 3, afhankelijk van het type nascholing (individuele participatie versus teamgerichte nascholing)?

In strijd met de verwachting dat de teamgerichte nascholing een positief effect zou hebben op de uitkomsten van het traject, konden er nog geen verschillen tussen individuele deel-

nemers en teamgerichte nascholing gevonden worden. Dit zou kunnen worden veroorzaakt door (een combinatie van) verschillende factoren, zoals:

- onvoldoende samenwerking tussen de leerkrachten, vooral in de organisatie en logistiek van de lessen en het delen van w&t-vakkennis en vakdidactiek;
- onvoldoende rendement van de training vanwege het achterwege blijven van het delen van trainingsresultaten met collega's;
- het feit dat in meerdere gevallen leerkrachten gedwongen zijn om aan de training mee te doen, dat het initiatief om deel te nemen niet bij henzelf lag maar bij hun leidinggevenden;
- gebrek aan betrokkenheid van de schoolleiding, dat bijvoorbeeld geïllustreerd wordt door de afwezigheid van een schoolplan w&t;
- het ontbreken van facilitering van leerkrachten of onvoldoende (financiering van) w&t-materialen en logistiek;
- overladenheid van het schoolprogramma, als gevolg van het steeds uitdijende takenpakket van scholen, met name op het gebied van gedrag- en taalproblematiek.

De resultaten van dit onderzoek bevestigen wederom dat positieve effecten van een professionaliseringstraject moeilijk te bewerkstelligen zijn en dat men op veel fronten en niveaus tegelijk moet werken om blijvende effecten te bereiken (systeembenadering, Fullan, 2001). Concreet betekent dit onder andere noodzaak voor aandacht en actieve steun vanuit de schoolleiding, enige facilitering voor een trekker van w&t in de school, aandacht en ondersteuning op team niveau zoals creëren van mogelijkheden voor peer coaching of tenminste gezamenlijke voorbereiding van lessen. Voor wat betreft de nascholingscomponent binnen zo'n systeembenadering bevestigen de resultaten de conclusies van de diverse reviews uit de inleiding van dit artikel:

- Ingrijpende veranderingen in didactiek zoals invoering van onderzoekend leren, vereisen een minimum intensiteit in nascholing, mogelijk zelfs de tachtig-honderd zestig uur genoemd door Supovitz en Turner (2000).
- Naast contacturen is ondersteuning in de klas vereist zoals beschreven door Joyce & Showers (1988, 1996) en in case studies van Appleton (2008). Eigen coaching ervaringen ondersteunen dit (Louman et al, 2010) en laten zien dat een behoorlijk aantal coaching bezoeken nodig kan zijn. Dat is niet te bekostigen uit nascholing, maar kan soms gerealiseerd worden door diverse projecten te combineren zoals gezamenlijk begeleiden van studentenstages door coach en leerkracht, onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten, en andere vormen van samenwerking met leerkrachten (zie postscript).
- Beschikbaarheid van complete curriculum pakketten met leerlijnen voor de leeftijd vier tot twaalf jaar (als INSIGHT en STC) is geen garantie voor goede implementatie van onderzoekend en ontwerpnd leren, maar wel een voorwaarde bij invoering ervan door nog onvoldoende voorbereide leerkrachten. Beschikbaarheid van zo'n pakket geeft training en

invoering van onderzoekend leren veel meer focus. Zweden, Frankrijk en Australië hadden bij de start van het professionaliseringstraject compleet lesmateriaal beschikbaar en maakten ruimte voor aanpassingen, divergenties, en creativiteit bij voortschrijding van dat traject.

8. Postscript

Momenteel werken we nauw samen met een scholenvereniging in verschillende projecten die elkaar versterken. De scholenvereniging wil w&t en onderzoekend en ontwerpnd leren als een onderscheidend profiel ontwikkelen voor zes van zijn achttien basisscholen. Diverse projecten en subsidies stellen ons in staat over een breed front samen te werken met scholen en leerkrachten en inderdaad een soort van systeembenadering te volgen met een realistisch tijdpad. We werken onder andere samen in een excellentieproject met als speerpunt onderzoekend en ontwerpnd leren, in opleiden van leerkrachten (opleidingsscholen), in onderzoek, in het nieuwe Ruimte voor Talent programma, en hebben een community of practice bestaande uit enkele leerkrachten, opleiders, en studenten die actief zijn binnen deze scholenvereniging. Dit biedt diverse mogelijkheden om hulp en begeleiding in de klas aan te bieden en om als onderzoekers en opleiders van de klas-praktijk te leren.

Inmiddels is een nieuw overheidsprogramma gestart: Ruimte voor Talent. Dit programma heeft een compleet verschillende disseminatie model voor w&t-onderwijs. Er wordt geïnvesteerd in een beperkt aantal 'vindplaatsen' oftewel voorbeeldscholen. Die ontwikkelen schoolprogramma's voor w&t en hun eigen capaciteiten om goed w&t-onderwijs te implementeren in de klas. De begeleidingsstructuur (regionale kenniscentra, pabo's, enzovoort) assisteert. Het is de bedoeling dat deze voorbeeldscholen hun kennis en ervaring uitstralen naar volgscholen in de buurt of van dezelfde schoolvereniging of eventueel verder gelegen scholen met een soortgelijke pedagogische aanpak. Dit model lijkt realistischer dan de vTB Pro massale training, vooral door de zelf-selectie van scholen die zichzelf kandidaat stellen voor vindplaats en volgschool. Dat zijn scholen die al affiniteit hebben met w&t en zelf kiezen voor verdere ontwikkeling op dat gebied. Er is een grotere kans dat er *communities of practice* ontstaan, dat er *peer coaching* plaatsvindt, en dat het veranderingsproces 'systemic' is (zie eerdere conclusies uit onderzoek naar professionalisering). De voorbeeldscholen worden gekoppeld aan Talentenkracht onderzoeksgroepen⁶ en w&t-kenniscentra om kwaliteit van vak en vakdidactiek te waarborgen. Of het allemaal zal werken... we zullen het kritisch volgen.

Noten

1. Met dank aan de schooldirecteuren en leerkrachten die meewerkten aan de interviews en die ons ontvingen in hun lessen.
2. Zie: <http://www.slo.nl/primair/leergebieden/wereldoriëntatie/natuur/vtb/>
3. Zie: <http://www.proefjes.nl>
4. Voorlopige evaluatie want gegevens warden in 2009 en 2010 verzameld, dus voor het einde van VTB Pro Verder zijn er in een klein aantal scholen ontwikkelprocessen op gang gebracht die - met horten en stoten- doorlopen tot nu toe.
5. Met 'onderzoeksmatig' wordt onder andere bedoeld: werken vanuit een onderzoeksvraag, het doen van een voorspelling, het meten/vastleggen van resultaten en het formuleren van conclusies.
6. Zie: www.talentenkracht.nl

Literatuur

- Akker, J. van den (1998). The Science Curriculum: Between Ideals and Outcomes. In: B.J. Fraser & K. Tobin: *International Handbook of Science Education*. 421-448: Kluwer Academic Publishers.
- Appleton, K. (2007). Elementary science teaching. In: Abell & Ledermann: *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah (NJ, USA): Lawrence Erlbaum Associates, 493-536.
- Appleton, K. (2008). Developing science pedagogical content knowledge through mentoring elementary teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 19, 523-545.
- Damsma, W. (2011). *Teaching Science Through Inquiry in Kindergarten and Grades 1&2*. Unpublished Master thesis, University of Amsterdam.
- Damsma, W., Berg, E. van den & Manneveld, G. (2008). Spiegels, een lessenserie voor de eerste vier jaar van de basisschool. *NVOX*, 33(6), 242-244.
- Damsma, W., Berg, E. & van den, Manneveld, G. (2009). *The Magic Mirror! Science and Children*, 47(4), 45-47.
- Desimone, L.M., Porter, A.C., Garet, M.S., Yoon, K.S. & Birman, B.F. (2002). Effects of professional development on teachers' instruction: results from a three-year longitudinal study. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 24, 81-112.
- Fullan, M.G. (2001). *The New Meaning of Educational Change* (3rd edition). London: RoutledgeFalmer.
- Garet, M.S., Cronen, S., Eaton, M., Kurki, A., Ludwig, M., Jones, W., Uekawa, W., Falk, A., Bloom, H. S., Doolittle, F., Zhu, P., Sztejnberg, L. & Silverberg, M. (2008). *The impact of two professional development interventions on early reading instruction and achievement*. Washington, DC: National Center for Educational Evaluation and Regional Assistance, Institute of Education Science, U.S. Department of Education.
- Graft, M. van (2003). Natuuronderwijs op de basisschool? Natuurlijk! (Science education in primary? Of course!). *NVOX*, 28(8), 365-367.
- Graft, M. van & Kemmers, P. (2007, 2010). *Onderzoekend en Ontwerpend Leren in Natuur en Techniek* (Learning Science and Technology by Inquiry and Design). The Hague: VTB Project.
- Harlen, W. & Simon, S. (2001). Elementary school science and the rise and rise of primary science. *School Science Review*, 82(300), 49-57.
- Joyce, B. & Showers, B. (1988, 1996). *Student achievement through faculty development*. London: Longman.

- Loucks-Horsley, S., Hewson, P.W., Love, N. & Stiles, K.E. (1998). *Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics*. Thousand Oaks (CA): Corwin Press.
- Louman, E., Kruit, P.N. & Berg, E. van den (2010). *Op zoek naar begeleidingsvaardigheden bij wetenschap en techniek op de basisschool: leren begeleiden van kinderen bij wetenschap en technieklessen*. Paper presented at Onderwijs Research Dagen, Enschede 23-25 juni 2010.
- Supovitz, J.A. & Turner, H.M. (2000). The effects of professional development on science teaching practices and classroom culture. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 963-980.
- Thijssen, J., F. van der Schoot, N. Verhelst & B. Hemker (2004). Balans van het natuurkunde- en techniekonderwijs aan het einde van de basisschool 3. Uitkomsten van de derde peiling 2002. *PPON-reeks nr.26*. Arnhem: Citogroep.
- Vescio, V., Ross, D. & Adams, A. (2008). A review of research on the impact of professional learning communities on teaching practice and student learning. *Teaching and Teacher Education*, 24, 80-91.
- Wayne, A.J., Yoon, K.S., Zhu, P., Cronen, S. & Garet, M. S. (2008). Experimenting with teacher professional development: Motives & methods. *Educational Researcher*, 37(8), 469-479.
- Wickman, P.O., (2011). NTA - A Swedish School Programme for Science and Technology. <http://www.nta.kva.se/In-English/> (accessed 4 november 2011).