

VOORTSCHRIJDEND VERVAL EN VERZURING

**Een studie naar het effect van 14 jaar natuurlijke veroudering
op de papierkwaliteit in de collecties
van de Koninklijke Bibliotheek
en het Nationaal Archief**

**Uitgevoerd als samenwerkingsproject
van de Koninklijke Bibliotheek en het Nationaal Archief
in opdracht van het Bureau Metamorfoze**

Henk Porck
Henk Voorbij

Den Haag
Juni 2006

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding	3
1.1. Doelstelling	3
1.2. Vooronderzoek	3
1.3. Opzet van het onderzoek	4
1.4. Meetprotocol	4
1.5. Statistische analyse	8
2. Resultaten van het KB-onderzoek	9
2.1. Veranderingen in het handvouwgetal 1990-2004	9
2.1.1. <i>Veranderingen in categorie-indeling</i>	9
2.1.2. <i>Paarsgewijze vergelijkingen</i>	9
2.1.3. <i>Veranderingen in absolute waarden</i>	9
2.1.4. <i>Conclusie</i>	10
2.2. Veranderingen in de oppervlakte-pH 1990-2004	10
2.2.1. <i>Veranderingen in categorie-indeling</i>	10
2.2.2. <i>Paarsgewijze vergelijkingen</i>	10
2.2.3. <i>Veranderingen in absolute waarden</i>	10
2.2.4. <i>Conclusie</i>	11
2.3. Relatie handvouwgetal - verbruining	11
2.4. Relatie handvouwgetal - zuurgraad	12
2.5. Vergelijking 2004-herhalingsonderzoek met 1996-test	12
3. Resultaten van het NA-onderzoek	14
3.1. Veranderingen in het handvouwgetal 1990-2004	14
3.1.1. <i>Veranderingen in categorie-indeling</i>	14
3.1.2. <i>Paarsgewijze vergelijkingen</i>	14
3.1.3. <i>Veranderingen in absolute waarden</i>	14
3.1.4. <i>Conclusie</i>	14
3.2. Veranderingen in de oppervlakte-pH 1990-2004	15
3.2.1. <i>Veranderingen in categorie-indeling</i>	15
3.2.2. <i>Paarsgewijze vergelijkingen</i>	15
3.2.3. <i>Veranderingen in absolute waarden</i>	15
3.2.4. <i>Conclusie</i>	15
3.3. Relatie handvouwgetal - verbruining	16
3.4. Relatie handvouwgetal - zuurgraad	16
Samenvatting en eindconclusies	18
Appendix	
Tabellen	20

1. Inleiding

1.1. Doelstelling

Het onderzoek is uitgevoerd om een verbeterd inzicht te verkrijgen in de achteruitgang van de papierkwaliteit die de afgelopen 14 jaar onder de bestaande bewaarcondities is opgetreden in de collecties van de Koninklijke Bibliotheek (KB) en het Nationaal Archief (NA). Met het onderzoek wordt met name beoogd om meer duidelijkheid te verschaffen in de snelheid van het papierverval en de factoren die hierbij een belangrijke rol spelen. Een aanvulling op onze kennis ten aanzien van de effecten van natuurlijke veroudering van ons papieren bibliotheek- en archiefmateriaal kan een nuttige bijdrage leveren aan de verdere ontwikkeling van een effectief en efficiënt conserveringsbeleid.

1.2. Vooronderzoek

In 1990 hebben de KB en het NA (voorm. Algemeen Rijksarchief, ARA) een uitgebreid schade-inventariserend onderzoek in hun collecties uitgevoerd. De aard en omvang van de vervalproblematiek konden aan de hand van de onderzoeksresultaten goed in beeld worden gebracht.¹ De uitkomsten van deze schade-inventarisatie vormden voor beide instellingen het uitgangspunt voor het uitwerken en toepassen van grootschalige conserveringsmaatregelen en -behandelingen. De organisatie en uitvoering van deze z.g. massaconservingsactiviteiten vinden plaats binnen het raamwerk van het nationale programma *Metamorfoze* (www.metamorfoze.nl).

Een belangrijke vraag die de afgelopen jaren regelmatig naar voren kwam en die nog onbeantwoord is gebleven, betreft de wijze waarop en de snelheid waarmee het papierverval voortschrijdt. De kunstmatige (versnelde)- verouderingstechnieken die gebruikt worden voor de bestudering van duurzaamheid en langetermijneffecten worden nog niet algemeen geaccepteerd als betrouwbare methode voor het maken van een kwantitatieve prognose.²

Het hier gepresenteerde onderzoek betreft een poging van de KB en het NA om het verloop van het papierverval op een andere wijze te bepalen, namelijk door het meten van de effecten van de *natuurlijke* veroudering die vanaf het eerste meetmoment (1990), in de loop van 14 jaar (1990-2004) hebben plaatsgevonden. Voor de opzet van dit herhalingsonderzoek is gebruik gemaakt van een tussentijdse (1996) test waarbij het papier van ca. 400 KB boeken, geselecteerd uit het testmateriaal van het in 1990 uitgevoerde schade-inventariserend onderzoek (een steekproef van in totaal 2.300 boeken uit de KB-collecties), opnieuw is onderzocht.³ Vergelijking van de meetresultaten van deze test met die uit 1990 leverde nog geen definitieve conclusies op, maar gaf wel de eerste aanwijzing dat er in een relatief korte tijd van 6 jaar onder de huidige bewaaromstandigheden al een meetbare afname in papiersterkte kan ontstaan. Met het onderhavige onderzoek wordt beoogd een mogelijke 'trend' in het verval te verifiëren en deze in nader detail te beschrijven.

¹ Hol, R.C., Voogt, L., *Bedreigd papierbezit in beeld*, CNC-Publikaties, 2, 1991.

² Porck, H.J., *Snelheid van papierverval: de betrouwbaarheid van prognoses op basis van kunstmatige-verouderingstests*, *Metamorfoze-publicaties*, 2, 1999.

³ Pauk, S., *Bedreigd papierbezit nogmaals in beeld*, KB, Den Haag, 1997.

1.3. Opzet van het onderzoek

Het 2004-herhalingsonderzoek is uitgevoerd als samenwerkingsproject van de KB en het NA. De studie in de KB is uitgevoerd aan de boeken die ook in de tussentijdse test zijn onderzocht. Voor de studie in het NA is door middel van een steekproef uit het testmateriaal van 1990 (totaal 2.800 archiefstukken) een vergelijkbaar aantal items (ruim 400) geselecteerd.

Hoewel het onderzoek op gescheiden locaties (KB en NA) is uitgevoerd, en in de praktijk afzonderlijk ter plekke werd gecoördineerd, betreft het in aanpak en opzet een gezamenlijk project dat heeft plaatsgevonden in de periode april-juni 2004. De onderzoeksteams waren als volgt samengesteld:

KB: H. Porck (coördinatie, verslaglegging); R. Uljee, M. van Egmond en W. Smit (metingen, data-invoer); P. Koster (logistiek); H. Voorbij (data-analyse, verslaglegging).

NA: G. de Bruin en T. Steemers (coördinatie); B. van Zanen, B. Wassink, B. van Slooten, W. Hoogduin en T. Indewey-Gerlings (metingen, data-invoer).

1.4. Meetprotocol

Het handvouwgetal en de zuurgraad (oppervlakte-pH) zijn bepaald volgens de in 1990 vastgelegde standaardprocedures; in overeenstemming met het schade-inventariserend onderzoek uit 1990, zijn de metingen van het KB-materiaal in de KB en de metingen van het NA-materiaal in het NA uitgevoerd. Alle metingen hebben plaatsgevonden bij ca. 20 °C en 50 % RV. Details van het meetprotocol zijn hieronder weergegeven:

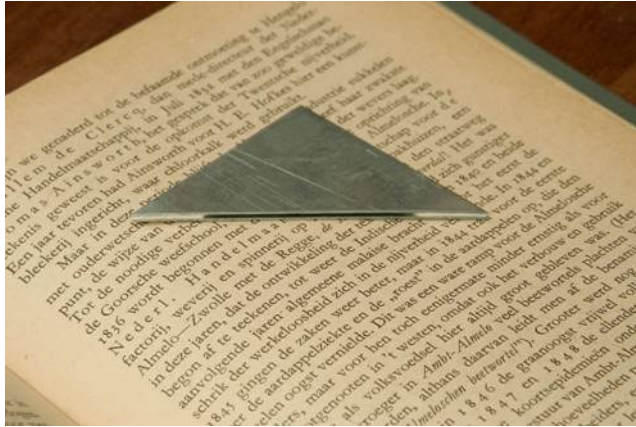
Bepaling handvouwgetal (figuur 1.1. a-d):

- het boek/archiefstuk wordt in het midden opengeslagen, in hetzelfde katern/zo dicht mogelijk bij het blad dat bij de meting in 1990 is getest;
- het papier van het gekozen testblad wordt door middel van een mal aan de rechterbovenzijde in de hoek omgevouwen (fig. 1.1. a,b), zodat een vouw van 3 cm ontstaat, die vervolgens tussen duim en wijsvinger (niet met de nagels) wordt aangezet (fig. 1.1. c): vouw nr. één;
- het hoekje wordt naar de andere zijde van het blad omgevouwen en weer op dezelfde wijze aangezet: vouw nr. twee;
- er wordt doorgedaan met omvouwen en aanzetten en er wordt regelmatig getest, door zachtjes (!) trekken, of het hoekje afbreekt (fig. 1.1. d): het aantal vouwen dat is gemaakt wordt dan genoteerd (kleiner dan 6 vouwen: *bros* papier; 6 tot en met 19 vouwen: *zwak* papier);
- indien het papier na 20 keer vouwen nog niet is afgebroken, wordt gestopt en in de lijst genoteerd: 20 (*goed* papier).

Bepaling zuurgraad: meting oppervlakte-pH (figuur 1.2. a-d)

- de pH meter wordt geijkt in het begin van ieder dagdeel dat gemeten wordt;
- als spoel- en meetvloeistof wordt gedemineraliseerd water (demiwater) van de KB-restauratieafdeling gebruikt (vers aangemaakt op elke dag dat gemeten wordt);
- middenop op rechtermarge (buiten de tekstspiegel), ca. 1 cm van de rand van het papier, wordt met behulp van een micropipet een druppel van 200 microliter (0,2 ml) demiwater op het papier gebracht (fig. 1.2. a,b);
- de pH elektrode wordt afgespoeld (fig. 1.2. c), afgedept, en in de druppel op het papier geplaatst, de pH elektrode rust hierbij met zijn eigen gewicht op het papier (fig. 1.2. d);

- op het moment dat de elektrode op het papier rust wordt de stopwatch ingedrukt en na 2 minuten wordt de pH waarde afgelezen en genoteerd;
- de elektrode wordt afgespoeld en geplaatst in een bekeerglas met demiwater tot de volgende meting.



Figuur 1.1 Bepaling handvouwgetal



Fig. 1.2 Meting oppervlakte-pH

1.5. Statistische analyse

Bij de bespreking van de onderzoeksresultaten worden de nieuwe meetgegevens (2004) vergeleken met die uit eerdere studies door middel van de *Wilcoxon signed rank toets*. Met deze statistische test kan bepaald worden of er tussen twee groepen paarsgewijs gekoppelde gegevens, in dit geval de series meetresultaten van dezelfde items op twee verschillende tijdstippen, een significant (écht) verschil bestaat.⁴ Het significantieniveau van het verschil wordt hierbij aangegeven met het getal p: indien de waarde van p kleiner is dan 0,05, wat betekent dat de kans dat dit verschil door *toeval* is ontstaan kleiner is dan 1 op 20, kan dit verschil beschouwd worden als significant.

De ruwe meetgegevens zijn aangeleverd in Excel en ten behoeve van statistische verwerking omgezet naar SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). De analyse was gericht op de volgende aspecten:

1. Verloop van het handvouwgetal over de periode 1990-2004
Geeft inzicht in de snelheid waarmee het verlies aan papiersterkte onder de huidige bewaaromstandigheden voortschrijdt.
2. Verloop van de oppervlakte-pH over de periode 1990-2004
Kan een bevestiging geven van de theorie dat het papier in de loop van de tijd steeds zuurder wordt.
3. Relatie tussen handvouwgetal en ligninegehalte
Levert mogelijk bewijzen op dat verbruinde (lignine-houdende) papieren ernstiger verval vertonen dan niet-verbruind (lignine-vrij) papier.
4. Relatie tussen handvouwgetal en zuurgraad
Biedt de mogelijkheid om het verband tussen een hoge zuurgraad (lage pH waarde) en een slechte conditie van het papier te verifiëren.

De vergelijkingen van de meetresultaten uit 1990 met die uit het 2004-herhalingsonderzoek bij de KB en het NA worden hieronder apart besproken, respectievelijk in hoofdstuk 2 en 3. In een afzonderlijke paragraaf (2.5) wordt aandacht besteed aan de vergelijking van de KB meetgegevens uit 1990 en 2004, met die uit de tussentijdse test in 1996.

Het onderzoeksverslag wordt afgesloten met een samenvatting en eindconclusies.

⁴ De Wilcoxon signed rank toets is van toepassing bij gekoppelde paren, waarvan gegevens op ordinaal niveau gemeten zijn (de waarde 20 voor het handvouwgetal staat niet voor een absoluut getal, maar voor een waarde van minimaal 20); bij variabelen op ratio / intervalniveau kan de paired t-toets gebruikt worden.

2. Resultaten van het KB-onderzoek

2.1. Veranderingen in het handvouwgetal 1990-2004

Om veranderingen in het handvouwgetal te bepalen, zijn verschillende analyses verricht. In de eerste plaats zijn de onderzochte boeken ingedeeld in drie categorieën: ‘bros’ (handvouwgetal papier kleiner dan 6), ‘zwak’ (handvouwgetal 6 tot en met 19) en ‘goed’ (handvouwgetal 20 of hoger). Er is nagegaan hoeveel items zich op de tijdstippen van meting in elk van de drie categorieën bevinden. In de tweede plaats zijn paarsgewijze vergelijkingen gemaakt, dat wil zeggen dat de meetgegevens - de categorie waarin het boek op basis van het handvouwgetal is ingedeeld - op de verschillende tijden van hetzelfde boek met elkaar zijn vergeleken. Bovendien is met behulp van de Wilcoxon signed rank toets vastgesteld in hoeverre de geconstateerde verschillen significant zijn. In de derde plaats is onderzocht welke veranderingen zich hebben voorgedaan in het absolute handvouwgetal. Ook hierbij is het significantieniveau van de verschillen bepaald.

2.1.1. Veranderingen in categorie-indeling

Op basis van de metingen van het handvouwgetal is bepaald hoeveel van de boeken als ‘bros’, ‘zwak’ en ‘goed’ kunnen worden aangeduid (tabel 2.1)⁵. Over de periode 1990 - 2004 is er sprake van een toename van het aantal brosse items: bij de beginmeting in 1990 was dat 3,2%, in 2004 was dit het geval voor 4,9%. Daarnaast is er een afname van het aantal goede items: van 85,5% in 1990 naar 83,9% in 2004. Het verloop per categorie is nog nader in detail uitgewerkt (tabel 2.2).

2.1.2. Paarsgewijze vergelijkingen

Voor de paarsgewijze vergelijking is bij elk items onderzocht of dit bij het herhalingsonderzoek in dezelfde of een andere (‘zakkere’ of ‘sterkere’) categorie van handvouwgetallen valt dan bij de eerdere meting. De resultaten wijzen op een vermindering van het handvouwgetal in de periode 1990 - 2004: de meeste veranderingen in de categorie-indeling (31 van de 48; op een totaal van 410 boeken) betreffen een verzwakking van het papier (tabel 2.3). Volgens de Wilcoxon signed rank toets is deze verzwakking echter (net) niet significant ($p = 0,057$).

2.1.3. Veranderingen in absolute waarden

Een indeling in categorieën kan verschillen *binnen* een categorie verhullen. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat een boek met een handvouwgetal van 16 bij een latere meting een handvouwgetal van 10 bereikt. In beide gevallen wordt het echter als ‘zwak’ ingedeeld. De beschikbare gegevens stonden vergelijking van de absolute waarden van het handvouwgetal echter maar in beperkte mate toe. Items die twintig handvouwden doorstonden (categorie ‘goed’) zijn niet verder onderzocht; om praktische redenen is bij deze items als handvouwgetal de waarde 20 aangehouden, hoewel dit in werkelijkheid net zo goed een veel grotere waarde zou kunnen zijn. Er kan daarom geen inzicht verkregen worden in de veranderingen die zich in de loop van de tijd bij deze categorie hebben voorgedaan. Wegens het ontbreken van geschikte gegevens zijn statistische analyses weinig zinvol. Om die reden wordt hier volstaan met een overzicht van de veranderingen die zich hebben voorgedaan bij de zeventig items die in 1990 een handvouwgetal van maximaal 19 hadden en in 2004 opnieuw gemeten zijn (tabel 2.4). Hoewel er in 2004 van die zeventig boeken bijna de helft (30) een lager handvouwgetal had dan in 1990 (bij 40 items is het vouwgetal gelijk gebleven, dan wel hoger uitgevallen), is de verzwakking van het papier in

⁵ De tabellen waarnaar wordt verwezen, zijn in volgorde van hun nummer in de appendix van dit rapport opgenomen; in de tabellen met de gegevens van de KB zijn ook de meetresultaten van de 1996-test opgenomen.

de periode 1990-2004 voor deze groep volgens de Wilcoxon signed rank toets niet voldoende significant ($p = 0,742$).

2.1.4. Conclusie

Het meest opvallende resultaat betreft de toename in de periode 1990-2004 van het aantal boeken dat in de categorie 'bros' valt: van 3,2 % naar 4,9 %. Het beeld van een geleidelijke verzwakking van het papier lijkt bevestigd te worden door de meetresultaten voor de categorie 'goed': een afname van 85,5 % naar 83,9 %. De achteruitgang in papierkwaliteit van het KB-testmateriaal als geheel blijkt echter volgens de statistische analyse niet voldoende significant te zijn. De mogelijkheid dat het effect van de natuurlijke verouderingsprocessen zich duidelijker, c.q. significanter voordoet in specifieke deelgebieden binnen het testmateriaal wordt verderop in dit hoofdstuk (paragrafen 2.3 en 2.4) onderzocht.

2.2. Veranderingen in de oppervlakte-pH 1990-2004

Het verloop van de oppervlakte-pH waarden is op dezelfde wijze onderzocht als het verloop van het handvouwgetal. Ook nu weer zijn de onderzochte boeken ingedeeld in verschillende categorieën, afhankelijk van de pH waarde. In totaal zijn zeven categorieën onderscheiden, van 'pH <4,1' tot 'pH >7,0'. Per tijdstip van meting is nagegaan hoeveel boeken zich in elk van de zeven categorieën bevinden. In de tweede plaats zijn paarsgewijze vergelijkingen gemaakt, waarbij per item verschuivingen in de categorie-indeling zijn bepaald. Aan de hand van de Wilcoxon signed rank toets is weer vastgesteld in hoeverre de geconstateerde verschillen significant zijn. In de derde plaats zijn de veranderingen die zich hebben voorgedaan in de absolute pH waarde onderzocht; hierbij kon de paired t-toets worden gebruikt om het significantieniveau van de verschillen vast te stellen.

2.2.1. Veranderingen in categorie-indeling

Op basis van de pH-metgegevens is bepaald hoeveel van de boeken in de diverse pH-categorieën kunnen worden ingedeeld (tabel 2.5). Over de periode 1990 – 2004 lijkt er een verzuring (afname pH waarde) van het papier op te treden: in 2004 is het percentage van de geteste boeken met een pH waarde lager dan 4,6 (39,8 %) duidelijk groter dan in 1990 (30,5 %); bij de categorie meest zure items (pH kleiner dan 4,1) is er zelfs sprake van een ruime verdubbeling in de periode 1990-2004 (van 4 % naar 8,8 %). Over het verloop per categorie zijn nadere details vastgesteld (tabel 2.6).

2.2.2. Paarsgewijze vergelijkingen

Voor de paarsgewijze vergelijking is bij elk item onderzocht of dit bij het herhalingsonderzoek nog in dezelfde of in een andere categorie ('zuurder' of 'minder zuur') valt dan bij de eerdere meting. De resultaten wijzen op een afname van de pH waarde van het papier in de periode 1990 - 2004: de meeste veranderingen in de categorie-indeling (139 van de 217; op een totaal van 403 boeken) betreffen een verzuring van het papier (tabel 2.7). Volgens de Wilcoxon signed rank toets is deze verzuring significant ($p = 0,000$).

2.2.3. Veranderingen in absolute waarden

Ook nu weer geldt dat een indeling in categorieën veranderingen *binnen* een categorie kan verhullen. Omdat anders dan bij het handvouwgetal (gemeten tot 20 maximaal) van alle onderzochte items wél de absolute waarden gemeten zijn, konden nu de gemiddelde pH waarden en de standaarddeviaties bepaald worden (tabel 2.8). De gemiddelde pH waarde daalt in de periode 1990-2004 van 4,78 naar 4,73; deze pH-daling (verzuring) is significant ($p = 0,031$) volgens de paired t-toets (tabel 2.9).

2.2.4. Conclusie

Zowel de paarsgewijze vergelijking van de indeling in pH-categorieën, als de paarsgewijze vergelijking van de absolute waarden in de KB, bevestigen de theorie dat het papier - als gevolg van natuurlijke veroudering (autonoom verval) en/of bepaalde luchtverontreinigende stoffen - langzaam steeds zuurder wordt. Over de periode 1990 – 2004 is er sprake van een kleine, maar significante verzuring (afname van de pH waarde).

2.3. Relatie handvouwgetal - verbruining

Bij de metingen in 1990 is vastgesteld of het papier van de testboeken verbruind is of niet. Dit maakte het mogelijk om na te gaan in hoeverre er een verband is tussen deze verbruining en de sterkte van het papier, gemeten als handvouwgetal. Uit de meetgegevens blijkt dat de verbruinde items oververtegenwoordigd zijn in de categorieën 'bros' en 'zwak' en ondervertegenwoordigd in de categorie 'goed' (tabel 2.10). Papierverbruining lijkt gepaard te gaan met een zwakker papier (lager handvouwgetal).

Om inzicht te krijgen in de relatie tussen de verbruining en de papiersterkte op de langere termijn, is voor de in 1990 verbruinde en niet-verbruinde boeken afzonderlijk nagegaan in hoeverre de papiersterkte veranderd is, afgaande op de indeling van het handvouwgetal in de categorieën 'bros', 'zwak' en 'goed' (tabel 2.11). Alleen bij de verbruinde boeken is duidelijk te zien dat er in de periode 1990-2004 een sterke toename is van het aantal brosse items (van 4,9 % tot 8,3 %; van een totaal van 205 items); het percentage boeken in de categorie 'goed' neemt voor de verbruinde boeken af van 79,5 % naar 76,6 %. Bij de 165 items met niet-verbruind papier blijft het percentage 'goed' gelijk (92,7 %) en lijkt het percentage 'bros' in 2004 (0,6 %) zelfs kleiner te zijn dan in 1990 (1,2 %).

Ten slotte zijn er paarsgewijze vergelijkingen gemaakt voor verbruinde en niet-verbruinde items afzonderlijk, waarbij weer gebruik is gemaakt van een statistische analyse met behulp van de Wilcoxon signed rank toets (tabel 2.12). De resultaten tonen aan dat er in de periode 1990-2004 voor het verbruinde materiaal sprake is van een significante achteruitgang van het handvouwgetal ($p = 0,023$): 26 van de 37 veranderingen (op een totaal van 230 boeken) in de handvouwgetal-categorie indeling betreffen een verzwakking van het papier. Bij het niet-verbruinde materiaal blijken er in de loop van de testperiode geen significante veranderingen op te treden.

Uit deze resultaten kan geconcludeerd worden dat het verlies aan papiersterkte in de periode 1990-2004 zich bij de KB-testboeken concentreert in het verbruinde papier: dit papier vertoont namelijk, in tegenstelling tot het niet-verbruinde papier, een significante afname van het handvouwgetal. Aangezien veel verbruinde papieren lignine bevatten, bevestigen de resultaten van dit onderzoek het algemeen geaccepteerde beeld dat de aanwezigheid van lignine, afkomstig uit het hout dat als grondstof voor de papierfabricage is gebruikt, de conditie van het papier nadelig beïnvloedt.⁶ De precieze relatie tussen het lignine-gehalte van het papier en de mate van verbruining is binnen het kader van dit onderzoek niet verder uitgezocht.

⁶ Verbruining en een verminderde duurzaamheid van papier treedt vaak op in combinatie met de aanwezigheid van lignine, afkomstig uit houtresten, zoals houtslip.

2.4. Relatie handvouwgetal - zuurgraad

De relatie tussen handvouwgetal en zuurgraad is op vergelijkbare wijze onderzocht als de relatie tussen handvouwgetal en verbruining. Het blijkt dat de zure papieren (pH kleiner of gelijk aan 4,5) oververtegenwoordigd zijn in de categorieën 'bros' en 'zwak' en ondervertegenwoordigd in de categorie 'goed' (tabel 2.13). Een hogere zuurgraad (lagere pH waarde) lijkt gepaard te gaan met met een zwakker papier (lager handvouwgetal).

Om inzicht te krijgen in de relatie tussen de zuurgraad van het papier en de papiersterkte op de langere termijn, is voor de verschillende in 1990 vastgestelde pH-categorieën nagegaan in hoeverre de papiersterkte veranderd is, afgaande op de indeling van het handvouwgetal in de categorieën 'bros', 'zwak' en 'goed' (tabel 2.14). Daaruit blijkt dat de grootste veranderingen zich hebben voorgedaan in de categorie met de hoogste zuurgraad (pH < 4,1): bij deze zure boeken lijkt er in de periode 1990-2004 duidelijk sprake te zijn van een verzwakking van het papier. In 1990 waren er in deze groep op grond van het gemeten handvouwgetal nog 9 van de 15 items (60%) 'goed', in 2004 gold dit nog maar voor 5 van de 15 (33,3%); ook verdubbelt het percentage boeken in de categorie 'bros' (van 20 % in 1990 naar 40 % in 2004).

Voor elke pH-categorie afzonderlijk zijn paarsgewijze vergelijkingen gemaakt met behulp van de Wilcoxon signed rank toets (tabel 2.15). De resultaten bevestigen de indruk die al was gewekt. Binnen de categorie met de laagste pH waarde is er in de periode 1990-2004 een significante achteruitgang van het handvouwgetal ($p = 0,005$): 11 van de 12 veranderingen (op een totaal van 22 boeken) in de handvouwgetal-categorie indeling betreffen een verzwakking van het papier. Bij het minder zure materiaal (pH groter of gelijk aan 4,1) blijken er in de loop van de testperiode geen significante veranderingen op te treden.

Er kan geconcludeerd worden dat de achteruitgang in papiersterkte in de periode 1990 -2004 zich specifiek voordoet in het meest verzuurde KB-materiaal. De resultaten van dit onderzoek bewijzen dus het bestaan van een eenduidige correlatie tussen de zuurgraad van het papier en de snelheid van het papierversval, wat in overeenstemming is met de theoretische verwachtingen.⁷ Dus naast de eerder aangetoonde relatie tussen papiersterkte en verbruining, blijkt het verval van het papier zich ook te concentreren op het verzuurde papier. De vraag of we hier te maken hebben met twee onderscheiden deelgebieden binnen het testmateriaal, of dat er sprake is van 'overlap' viel niet binnen de opzet van het onderzoek. Echter, aanwijzingen dat verzuring en verbruining van papier inderdaad vaak *gecombineerd* voorkomen, zijn in eerder onderzoek al wel gevonden.⁸

2.5. Vergelijking 2004-herhalingsonderzoek met 1996-test

Hoewel in dit onderzoek de vergelijking van de meetgegevens uit 1990 met die uit het herhalingsonderzoek in 2004 centraal staat, zijn de bevindingen uit de test in de KB in 1996 ook weergegeven. De resultaten uit de 1996-test wijken op enkele punten af van het verloop van het papierversval vanaf 1990 zoals dat op basis van het 2004-herhalingsonderzoek is afgeleid. Zo lijkt er een significant verlies in papiersterkte in 1996 te bestaan ten opzichte van de situatie in

⁷ Een hoge zuurgraad van het papier katalyseert (versnelt) een hydrolytische reactie die breuken veroorzaakt in de cellulose moleculen waaruit het papier is opgebouwd, wat leidt tot een verlies aan papiersterkte.

⁸ In de rapportages over het schade-inventariserend onderzoek uit 1990 en de 1996-test (zie noten 1 en 3) wordt gewezen op een significant verband tussen de verbruining/lignine en de zuurgraad van het papier; zie ook: Pauk, S., *Een aanzet tot selectie van archief- en bibliotheekmateriaal voor conserveringsbehandeling*, CNC-Publikaties, 6, 1994.

1990, terwijl deze verzwakking in de daarop volgende periode (1996-2004) weer lijkt te verdwijnen (tabellen 2.1-2.3). Hoewel een daadwerkelijke verbetering van de papierkwaliteit tussen 1996 en 2004 natuurlijk uitgesloten kan worden, is er nog geen sluitende verklaring voor dit verloop te geven. Voor de mogelijkheid dat de metingen van het handvouwgetal in 1996 onvoldoende betrouwbaar zouden zijn geweest is geen bewijs.⁹

Een tweede afwijking van de uitkomsten van de 1996-test betreft de verandering in de zuurgraad van het papier (tabellen 2.5, 2.7-2.9). De metingen in 1996 wijzen tegen de verwachting in op een significante toename van de pH waarde van het papier ten opzichte van 1990. In de periode 1996-2004 blijkt deze stijging weer volledig te verdwijnen door een significante verzuring (afname van de pH waarde) van het papier. Er is nog geen bevredigende verklaring voor dit verloop in de pH te geven, behalve dat er in het verslag van de 1996-test gesuggereerd wordt dat er tussen de metingen in 1990 en 1996 mogelijk kleine verschillen zijn geweest in de gevolgde meetprocedure en de kwaliteit van de gebruikte pH elektrodes.¹⁰

De geconstateerde afwijkingen geven een aanwijzing dat ondanks de getroffen voorzorgen, de mogelijkheid van systematische fouten als gevolg van verschillen in procedures en omstandigheden niet volledig uit te sluiten is. Dat betekent dat de uitkomsten van dit onderzoek met de nodige voorzichtigheid moeten worden beschouwd en dat toekomstige herhalingsonderzoeken noodzakelijk zijn om de conclusies die nu uit de gegevens getrokken worden, te kunnen bevestigen.

Overigens stemmen de resultaten van de metingen in 1996 verder goed overeen met die uit 1990 en 2004. De meetgegevens uit 1996 tonen eveneens aan dat het percentage 'bros' en 'zwak' bij het verbruinde papier veel groter is dan bij het niet-verbruinde papier (tabel 2.11) en dat de snelheid waarmee het verval in papiersterkte vanaf 1990 voortschrijdt bij het verbruinde papier significant groter is dan bij het niet-verbruinde materiaal (tabel 2.12). Ook wat betreft de relatie tussen de papiersterkte en de zuurgraad krijgen we op grond van de 1996-test hetzelfde beeld te zien als bij de andere metingen: de meest verzuurde items hebben het hoogste percentage 'bros' en 'zwak' papier (tabel 2.14). Dus ook de metingen in 1996 leveren een duidelijke aanwijzing dat de snelheid van het papierverval toeneemt als het papier zuurder is.

⁹ Zowel in 1990 als in 1996 is het vouwgetal behalve met de hand ook machinaal gemeten: er blijkt in beide jaren, op basis van de berekening van de Pearson correlatiecoëfficiënt, een hoge, significante correlatie te bestaan tussen de resultaten van de handmatige en de machinale meetmethode.

¹⁰ Pauk, S., *Bedreigd papierbezit nogmaals in beeld*, KB, Den Haag, 1997.

3. Resultaten van het NA-onderzoek

De gegevens van het NA-materiaal zijn op dezelfde wijze geanalyseerd als die van het KB-materiaal.

3.1. Veranderingen in het handvouwgetal 1990-2004

Om veranderingen in het handvouwgetal te bepalen, zijn ook nu weer drie analyses verricht. In de eerste plaats zijn de onderzochte items ingedeeld in de drie categorieën: ‘bros’ (handvouwgetal papier kleiner dan 6), ‘zwak’ (handvouwgetal 6 tot en met 19) en ‘goed’ (handvouwgetal 20 of hoger). Er is nagegaan hoeveel items zich in 1990 en 2004 in elk van de drie categorieën bevinden. In de tweede plaats zijn paarsgewijze vergelijkingen gemaakt waarbij de meetgegevens uit 1990 en 2004 van hetzelfde archiefstuk met elkaar zijn vergeleken en met behulp van de Wilcoxon signed rank toets is vastgesteld in hoeverre de geconstateerde verschillen significant zijn. Ten slotte is onderzocht of er significante veranderingen zijn opgetreden in het absolute handvouwgetal.

3.1.1. Veranderingen in categorie-indeling

Op basis van de metingen van het handvouwgetal in 1990 en 2004 is bepaald hoeveel van de archiefstukken als ‘bros’, ‘zwak’ en ‘goed’ kunnen worden aangeduid (tabel 3.1). Over de periode 1990 - 2004 is er sprake van toename van het aantal items in de categorie ‘zwak’ (van 1,2 % naar 4,4 %) en een daling van het aantal in de categorie ‘goed’ (van 97,4% naar 94,6%). Per categorie is het verloop nog nader in detail uitgewerkt (tabel 3.2).

3.1.2. Paarsgewijze vergelijkingen

Voor de paarsgewijze vergelijking is bij elk items onderzocht of dit bij het herhalingsonderzoek in 2004 in dezelfde of een andere (‘zwakkere’ of ‘sterkere’) categorie van handvouwgetallen valt dan bij de meting in 1990 (tabel 3.3). Hoewel de meeste veranderingen in de categorie-indeling (18 van de 23; op een totaal van 406 archiefstukken) een verzwakking van het papier betreffen, is er volgens de Wilcoxon signed rank toets geen sprake van een significante verzwakking ($p = 0,150$).

3.1.3. Veranderingen in absolute waarden

Omdat een indeling in handvouwgetal-categorieën verschillen *binnen* een categorie kan verhullen, zijn ook de absolute waarden geanalyseerd. Net als bij het KB-materiaal stonden de beschikbare NA-gegevens een vergelijking van de absolute waarden van het handvouwgetal echter maar in beperkte mate toe: er kan bij de categorie ‘goed’ (maximale waarde van 20 voor het handvouwgetal aangehouden) geen goed inzicht verkregen worden in de veranderingen die zich in de loop van de tijd bij deze categorie hebben voorgedaan. Daarom wordt hier volstaan met een overzicht van de veranderingen bij de vijftien items die in 1990 een handvouwgetal van maximaal 19 hadden en in 2004 opnieuw gemeten zijn (tabel 3.4). Hoewel er veranderingen aantoonbaar zijn, is er volgens de Wilcoxon signed rank toets geen sprake van een significant verloop in de papiersterkte.

3.1.4. Conclusie

Het meest opvallende resultaat betreft de afname in de periode 1990-2004 van het aantal items dat in de categorie ‘goed’ valt: van 97,4% naar 94,6%. Het beeld van een geleidelijke verzwakking van het papier lijkt bevestigd te worden door de meetresultaten voor de categorie ‘zwak’: een toename van 1,2 % naar 4,4 %. De achteruitgang in papierkwaliteit van het NA-testmateriaal als geheel blijkt echter volgens de statistische analyse niet voldoende significant te

zijn. Net als bij het KB-onderzoek is nagegaan of het effect van de natuurlijke verouderingsprocessen zich misschien wel duidelijk (significant) voordoet in archiefstukken met verbruind en/of verzuurd papier (zie paragrafen 3.3 en 3.4).

3.2. Veranderingen in de oppervlakte-pH 1990-2004

Ook nu weer zijn de onderzochte archiefstukken ingedeeld in verschillende pH-categorieën, van 'pH <4,1' tot 'pH >7,0', en is nagegaan hoeveel items zich in 1990 en 2004 in elk van die categorieën bevonden. Daarnaast zijn paarsgewijze vergelijkingen gemaakt, waarbij per item verschuivingen in de categorie-indeling zijn bepaald. Met de Wilcoxon signed rank toets is bepaald of de geconstateerde verschillen significant zijn. Tevens zijn de veranderingen in de absolute pH waarde onderzocht, waarbij de paired t-toets gebruikt kon worden om het significantieniveau van de verschillen vast te stellen.

3.2.1. Veranderingen in categorie-indeling

Op basis van de pH-metgegevens is vastgesteld hoeveel van de archiefstukken in de diverse pH-categorieën kunnen worden ingedeeld (tabel 3.5). Over de periode 1990 – 2004 lijkt er geen duidelijk opvallende verandering in de zuurgraad van het papier op te treden. Per categorie is het verloop in nader detail vastgelegd (tabel 3.6).

3.2.2. Paarsgewijze vergelijkingen

Voor de paarsgewijze vergelijking is bij elk item onderzocht of dit bij het herhalingsonderzoek nog in dezelfde of in een andere categorie ('zuurder' of 'minder zuur') valt dan bij de eerdere meting. De Wilcoxon signed rank toets wijst uit dat er geen significant verschil is tussen de pH waarden van 1990 en die van 2004. Er zijn bijna net zoveel items die bij de meting in 2004 minder verzuurd zijn als items die zuurder zijn in vergelijking met 1990 (tabel 3.7).

3.2.3. Veranderingen in absolute waarden

Omdat van alle onderzochte items de absolute waarden bekend zijn, konden ook de gemiddelde pH waarden en de standaarddeviaties gemeten worden (tabel 3.8). Daaruit komt weer naar voren dat er nauwelijks sprake is van een verschil: de gemiddelde pH waarden in 1990 en 2004 bedragen respectievelijk 4,63 en 4,64. Ook de paired t-toets wijst uit dat er tussen de meetresultaten van 2004 en die van 1990 geen significant verschil aanwezig is ($p = 0,769$).

3.2.4. Conclusie

Er treden in de periode 1990-2004 nauwelijks veranderingen op in de zuurgraad van het papier van de NA-items. Zowel de paarsgewijze vergelijking van de indeling in pH-categorieën, als de paarsgewijze vergelijking van de absolute waarden leveren geen significante verschillen op. Hiermee wijken de resultaten van het NA-onderzoek af van die van het KB-onderzoek. Bij de geteste boeken in de KB was er wel sprake van een significante toename van de zuurgraad in 2004 ten opzichte van 1990.

Een mogelijke verklaring voor dit verschil is het feit dat de NA-depots waarin de onderzochte archiefstukken zijn bewaard, vanaf 1992 zijn voorzien van een luchtzuiveringssysteem waarmee bepaalde gasvormige verontreinigingen zoals zwaveldioxide en stikstofdioxide, die in principe kunnen leiden tot een verzuring van het papier, uit de lucht worden verwijderd. De KB-magazijnen waar de onderzochte boeken zijn bewaard, hebben geen luchtzuivering.

3.3. Relatie handvouwgetal - verbruining

Bij de metingen in 1990 is vastgesteld of het papier van de archiefstukken wel of niet verbruind is. Dit maakte het mogelijk om na te gaan in hoeverre er een verband is tussen de verbruining en de papiersterkte, gemeten als handvouwgetal. Uit de meetgegevens blijkt dat de items die als 'bros' of 'zwak' zijn gekenmerkt alle verbruind zijn (tabel 3.9). Papierverbruining lijkt gecorreleerd te zijn met een lager handvouwgetal.

Om een indruk te krijgen van de relatie tussen de verbruining en papiersterkte op de langere termijn is de in 1990 vastgestelde verbruining tevens afgezet tegen de in 2004 gemeten handvouwgetallen. Afzonderlijk voor verbruinde en niet verbruinde items is onderzocht in hoeverre de papiersterkte in de periode 1990-2004 veranderd is, afgaande op de indeling van het handvouwgetal in de categorieën 'bros', 'zwak' en 'goed' (tabel 3.10). Er lijkt nauwelijks sprake te zijn van een verschil: het aantal goede items in de categorie verbruind materiaal is licht afgenomen (van 96,3 % naar 93,3 %; van een totaal van 299 archiefstukken), maar hetzelfde geldt voor het aantal goede items in de categorie niet-verbruind materiaal (van 100 % naar 97,7 %; van een totaal van 130 archiefstukken).

Het beeld wordt bevestigd door de resultaten van de paarsgewijze vergelijkingen met behulp van de Wilcoxon signed rank toets (tabel 3.11). Hoewel er in de periode 1990-2004 voor het verbruinde materiaal (299 archiefstukken) in eerste instantie een verlies aan papiersterkte lijkt op te treden - 15 van de 20 veranderingen in de handvouwgetal-categorie indeling betreffen een verzwakking van het papier - blijken de verschillen tussen 1990 en 2004 toch niet significant te zijn. Ook voor het niet-verbruinde materiaal is er geen significante achteruitgang van het handvouwgetal.

Concluderend kan gesteld worden dat er in de periode 1990-2004 noch voor de verbruinde, noch voor de niet-verbruinde archiefstukken in het NA een significant verlies in papiersterkte is opgetreden. Ook nu weer wijken de resultaten af van die van het KB-onderzoek, waarbij in de periode 1990-2004 wel een significante achteruitgang van het handvouwgetal van verbruind materiaal werd geconstateerd. De resultaten van beide onderzoeken stemmen wel overeen in de constatering dat het verbruinde materiaal een hoger percentage verzwakt papier (categorie 'bros' en/of 'zwak') bevat dan het niet-verbruinde materiaal.

3.4. Relatie handvouwgetal - zuurgraad

De relatie tussen handvouwgetal en zuurgraad is op vergelijkbare manier onderzocht als de relatie tussen handvouwgetal en verbruining. Het blijkt dat de items die als 'bros' of 'zwak' zijn gekenmerkt alle een pH waarde kleiner dan 5,1 hebben (tabel 3.12). Een lagere pH waarde lijkt gepaard te gaan met een lager handvouwgetal.

Om inzicht te krijgen in de relatie tussen pH waarde en papiersterkte op de langere termijn zijn de in 1990 vastgestelde pH waarden tevens afgezet tegen de in 2004 gemeten handvouwgetallen om na te gaan in hoeverre er per pH-categorie veranderingen zijn opgetreden in de verdeling over de handvouwgetal-categorieën (tabel 3.13). Bij de zure archiefstukken lijkt er in de periode 1990-2004 sprake te zijn van een verzwakking van het papier: in vier van de vijf categorieën met een pH kleiner dan 6,0 is het aantal goede items licht gedaald; in de categorie met een pH waarde tussen 4,6 en 5,0 is er echter juist een lichte toename van het aantal goede items.

Paarsgewijze vergelijkingen volgens de Wilcoxon signed rank toets tonen aan dat er alleen bij de categorie met een pH waarde tussen 4,1 en 4,5 sprake is van een significante achteruitgang van het handvouwgetal in de periode 1990-2004 ($p = 0,020$): 11 van de 12 veranderingen (op een totaal van 157 archiefstukken) in de handvouwgetal-categorie indeling betreffen een verzwakking van het papier (tabel 3.14). Voor de zuurdere pH-categorie (kleiner dan 4,1) en de overige categorieën blijken er geen significante verschillen in papiersterkte te zijn tussen 1990 en 2004.

Uit de resultaten van het NA-onderzoek kan dus, net als bij het onderzoek in de KB, geconcludeerd worden dat de achteruitgang in papiersterkte in de periode 1990 -2004 zich specifiek in verzuurd materiaal voordoet. Er is echter wel een verschil: bij de geteste archiefstukken is er voor de meest zure categorie (pH kleiner dan 4,1) geen significante afname van het handvouwgetal vastgesteld, terwijl er bij de testboeken in de KB wel sprake was van een significant verschil: de items uit de betreffende pH-categorie hadden in 2004 een significant lager handvouwgetal dan in 1990. Het onderzoek in het NA en de KB stemmen echter duidelijk overeen in de constatering dat een lagere pH waarde gepaard gaat met een lager handvouwgetal.

Zoals een significant verschil in snelheid van verval tussen de verbruinde en niet-verbruinde archiefstukken, wat bij de boeken was aangetoond, bij de archiefstukken niet aanwezig blijkt te zijn (zie 3.3), is het verband tussen de vervalsnelheid en de zuurgraad van het archiefmateriaal dus ook veel minder duidelijk dan bij de onderzochte testboeken. Hoewel er nog geen volledige verklaring voor dit verschil kan worden gegeven, spelen hierbij mogelijk twee factoren een rol. Ten eerste kan van invloed zijn dat er voor archiefstukken vaak andere, met name qua samenstelling en afwerkingstechniek, papiersoorten zijn gebruikt dan voor het drukken van boeken. Op de tweede plaats hebben we bij boeken te maken met papier dat als boekblok een compact, voor de omgeving tamelijk afgesloten eenheid vormt, terwijl de bladen papier in archiefstukken over het algemeen een veel lossere samenhang hebben. Het is niet onwaarschijnlijk dat dit verschil in fysieke structuur van invloed is op de snelheid van de verouderingsprocessen die in het papier plaatsvinden.¹¹

¹¹ Door middel van kunstmatige veroudering is vastgesteld dat papier middenin een stapel sneller vervalt dan in de vorm van losse bladen, het z.g. 'stack versus single sheet' fenomeen.

Samenvatting en eindconclusies

In 1990 is een uitgebreid schade-inventariserend onderzoek uitgevoerd in de collecties van de Koninklijke Bibliotheek en het Nationaal Archief. De uitkomsten van dit onderzoek waren voor de rijksoverheid voldoende zwaarwegend om te besluiten tot financiering van een landelijke aanpak van de conserveringsproblematiek, wat heeft geleid tot de opzet van het nationale conserveringsprogramma Metamorfoze. De verzamelde meetgegevens en de hiermee uitgevoerde studies legden het fundament voor de procedures die binnen dit nationale programma worden gehanteerd voor de selectie en de behandeling van het materiaal.

Een belangrijke vraag die tot nog toe onbeantwoord is gebleven, betreft de voortschrijding van het verval van het papier en de relatie die er bestaat tussen de vervalsnelheid en bepaalde papiereigenschappen. Aangezien het hiervoor nodig is om een kwantitatieve indruk te verkrijgen van de achteruitgang in papierkwaliteit die in de loop van de achterliggende jaren, onder de huidige bewaarcondities, optreedt (de z.g. natuurlijke veroudering), is besloten om de metingen van de papiereigenschappen die in 1990 zijn verricht, te herhalen en de nieuwe en eerdere bevindingen met elkaar te vergelijken. Na een eerste experiment in de Koninklijke Bibliotheek in 1996, startte in 2004 een breder onderzoeksproject in samenwerking met het Nationaal Archief. Binnen dit project zijn ca. 400 boeken en archiefstukken uit de collecties van beide instellingen, deel uitmakend van het testmateriaal in 1990, opnieuw onderzocht, met dezelfde testmethoden die in 1990 zijn gebruikt.

De vergelijking van de metingen in 1990 en 2004, de statistische analyse en de discussie van de uitkomsten, die in dit verslag zijn weergegeven, hebben veel zinvolle gegevens opgeleverd en ons inzicht in het natuurlijke verouderingsproces verbeterd. De belangrijkste eindconclusies zijn:

- In de documenten met het meest zure papier treedt als gevolg van 14 jaar natuurlijke veroudering een significante achteruitgang op in de papiersterkte; de relatie tussen deze verslechtering in kwaliteit en een hoge zuurgraad van het papier is bij de boeken duidelijker aanwezig dan in het archiefmateriaal.
- Er vindt in de loop van de jaren een significante toename plaats in de zuurgraad van het papier in de onderzochte boeken. Bij de geteste archiefstukken is deze verzuring niet significant. Als mogelijke verklaring voor dit verschil is gewezen op de toepassing van luchtzuivering in de depots waar de archiefstukken zijn bewaard.
- Een hogere zuurgraad (lagere pH waarde) van het papier, zowel bij de boeken als bij de archiefstukken, gaat gepaard met een kleinere papiersterkte in vergelijking met papier met een lagere zuurgraad (hogere pH waarde).
- De resultaten van het onderzoek bevestigen de ook op theoretische gronden te verwachten correlatie tussen de zuurgraad en de snelheid waarmee het verval van papier voortschrijdt.
- De aangetoonde instabiliteit van verzuurd papier, de voortschrijdende verzuring en dus de toename van dit probleem in de toekomst, onderstrepen de noodzaak om de ontzuringbehandeling van papier te blijven beschouwen als een essentieel en onmisbaar onderdeel van een adequate strategie voor de conservering van bibliotheek- en archiefmateriaal.
- De snelheid waarmee het verlies in papiersterkte bij de boeken verloopt, is voor het verbruinde papier significant groter dan voor het niet-verbruinde materiaal; bij de onderzochte archiefstukken is er in de loop van de jaren, zowel voor het verbruinde als

het niet-verbruinde papier, geen significante verandering in de papiersterkte aantoonbaar.

- De aanwezigheid van verbruining gaat, zowel bij de boeken als bij de archiefstukken, gepaard met een kleinere papiersterkte in vergelijking met materiaal dat geen verbruining vertoont.
- De resultaten van het onderzoek aan de boeken bevestigen de ook in andere studies gevonden correlatie tussen de verbruining van papier en de snelheid waarmee het papierverval voortschrijdt: verbruind papier heeft een slechtere prognose, degradeert sneller, in vergelijking met niet-verbruind papier.
- Hoewel de relatie van de papiersterkte met de zuurgraad en de verbruining bij het geteste archiefmateriaal minder duidelijk aantoonbaar blijkt te zijn dan bij de onderzochte boeken, is in hoofdlijnen toch sprake van dezelfde trend. Steeds meer papier wordt zuur en zuur papier vervalst versneld. Als mogelijke verklaring voor het verschil tussen het archiefmateriaal en de boeken is geweest op het feit dat er voor archiefstukken vaak andere papersoorten zijn toegepast dan voor boeken, en dat de fysieke structuur ('compactheid') van archivalia en boeken in de regel verschilt.
- In het licht van de 'eeuwigheid' is 14 jaar natuurlijke veroudering erg kort om alle, vaak langzaam in de tijd optredende veranderingen aan het licht te kunnen brengen. Het verder volgen van de effecten van natuurlijke veroudering zal daarom in de toekomst, over een nog langere periode, moeten worden voortgezet. Hierbij dienen voldoende voorzorgen genomen te worden dat er bij dit herhalingsonderzoek gebruik gemaakt wordt van dezelfde meetprocedures en -omstandigheden als bij de eerdere metingen.

APPENDIX

Tabellen

Tabel 2.1. Indeling in handvouwgetal-categorieën van 372 KB-items, gemeten in de jaren 1990, 1996 en 2004.

Categorie	1990	1996	2004
Bros	12 (3,2%)	27 (7,3%)	18 (4,9%)
Zwak	42 (11,3%)	37 (9,9%)	42 (11,3%)
Goed	318 (85,5%)	308 (82,8%)	312 (83,9%)
Totaal	372 (100%)	372 (100%)	372 (100%)

Tabel 2.2. Veranderingen in handvouwgetal in de KB, per categorie, in de periodes 1990-1996, 1996-2004 en 1990-2004.

1990	Aantal		1996	Aantal	%
Bros	12	Daarvan	Bros	10	83,3%
			Zwak	1	8,3%
			Goed	1	8,3%
Zwak	49		Bros	12	24,5%
			Zwak	27	55,1%
			Goed	10	20,4%
Goed	342		Bros	5	1,5%
			Zwak	17	5,0%
			Goed	320	93,6%

1996	Aantal		2004	Aantal	%
Bros	27	Daarvan	Bros	17	63,0%
			Zwak	8	29,6%
			Goed	2	7,4%
Zwak	37		Bros	1	2,7%
			Zwak	22	59,5%
			Goed	14	37,8%
Goed	308		Bros	0	0,0%
			Zwak	12	3,9%
			Goed	296	96,1%

1990	Aantal		2004	Aantal	%
Bros	14	Daarvan	Bros	10	71,4%
			Zwak	3	21,4%
			Goed	1	7,1%
Zwak	56		Bros	11	19,6%
			Zwak	32	57,1%
			Goed	13	23,2%
Goed	340		Bros	1	0,3%
			Zwak	19	5,6%
			Goed	320	94,1%

Tabel 2.3. Veranderingen in handvouwgetal- categorieën in de KB, afgaande op paarsgewijze vergelijking; het significantieniveau is berekend met de Wilcoxon signed rank toets.

Periode	Aantal	Verloop	Significantieniveau
1990 – 1996	403	34 items lager (verzwakking) 12 items hoger (versterking) 357 items gelijk	Significante verzwakking (p=0,001)
1996 – 2004	372	13 items lager (verzwakking) 24 items hoger (versterking) 355 items gelijk	Significante versterking (p=0,047)
1990 – 2004	410	31 items lager (verzwakking) 17 items hoger (versterking) 362 items gelijk	Geen significante verzwakking (p=0,057)

Tabel 2.4. Handvouwgetal in 2004 van KB-items die in 1990 een handvouwgetal van maximaal 19 hadden.

Handvouwgetal 1990 frequentie	Handvouwgetal 2004 frequentie		Handvouwgetal 1990 frequentie	Handvouwgetal 2004 frequentie
1 (n=2)	2 (n=1) 3 (n=1)		10 (n=4)	10 (n=1) 16 (n=1) 18 (n=1) 20 (n=1)
2 (n=4)	1 (n=1) 2 (n=2) 4 (n=1)		11 (n=2)	6 (n=1) 7 (n=1)
3 (n=1)	6 (n=1)		12 (n=4)	8 (n=1) 9 (n=2) 14 (n=1)
4 (n=5)	2 (n=1) 4 (n=1) 5 (n=1) 16 (n=1) 20 (n=1)		14 (n=3)	3 (n=1) 10 (n=1) 20 (n=1)
5 (n=2)	2 (n=1) 6 (n=1)		15 (n=3)	14 (n=1) 15 (n=1) 17 (n=1)
6 (n=11)	2 (n=3) 3 (n=1) 4 (n=1) 5 (n=1) 6 (n=1) 7 (n=1) 8 (n=1) 20 (n=2)		16 (n=2)	6 (n=1) 20 (n=1)
7 (n=2)	17 (n=1) 19 (n=1)		17 (n=7)	2 (n=1) 8 (n=1) 12 (n=2) 15 (n=1) 18 (n=1) 20 (n=1)
8 (n=3)	4 (n=2) 20 (n=1)		18 (n=4)	7 (n=1) 18 (n=1) 20 (n=2)
9 (n=1)	2 (n=1)		19 (n=10)	10 (n=1) 18 (n=1) 19 (n=4) 20 (n=4)

Tabel 2.5. Indeling in pH-categorieën van 374 KB-items, gemeten in de jaren 1990, 1996 en 2004.

pH-categorie	1990	1996	2004
<4,1	15 (4,0%)	1 (0,3%)	33 (8,8%)
4,1 - 4,5	99 (26,5%)	28 (7,5%)	116 (31,0%)
4,6 - 5,0	181 (48,4%)	197 (52,7%)	153 (40,9%)
5,1 - 5,5	53 (14,2%)	110 (29,4%)	43 (11,5%)
5,6 - 6,0	14 (3,7%)	20 (5,3%)	15 (4,0%)
6,1 - 7,0	12 (3,2%)	17 (4,5%)	12 (3,2%)
>7,0		1 (0,3%)	2 (0,5%)

Tabel 2.6. Veranderingen in pH waarden in de KB, per categorie, in de periode 1990-2004.

1990	Aantal		2004	Aantal
< 4,1	22	Daarvan	< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	16 (72,7%) 5 (22,7%) 1 (4,5%)
4,1 - 4,5	107		< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	18 (16,8%) 57 (53,3%) 25 (23,4%) 6 (5,6%) 1 (0,9%)
4,6 - 5,0	191		< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	8 (4,2%) 57 (29,8%) 93 (48,7%) 21 (11,0%) 9 (4,7%) 3 (1,8%)
5,1 - 5,5	56		< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	1 (1,8%) 2 (3,6%) 39 (69,6%) 10 (17,9%) 3 (5,4%) 1 (1,8%)
5,6 - 6,0	14		< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	 5 (35,7%) 5 (35,7%) 3 (21,4%) 1 (7,1%)
6,1 - 7,0	13		< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	 1 (7,7%) 3 (23,1%) 7 (53,8%) 2 (15,4%)

Tabel 2.7. Veranderingen in pH- categorieën in de KB, afgaande op paarsgewijze vergelijking; het significantieniveau is berekend met de Wilcoxon signed rank toets.

Periode	Aantal	Verloop	Significantieniveau
1990 – 1996	412	42 items lager (zuurder) 196 items hogere (minder zuur) 174 items gelijk	Significant minder zuur (p=0,000)
1996 – 2004	375	219 items lager (zuurder) 41 items hoger (minder zuur) 115 items gelijk	Significante verzuring (p=0,000)
1990 – 2004	403	139 items lagere (zuurder) 78 items hoger (minder zuur) 186 items gelijk	Significante verzuring (p=0,002)

Tabel 2.8. Gemiddelde en standaarddeviatie van de pH waarden in de KB in 1990, 1996 en 2004 (n=374).

Jaar van meting	Gemiddelde	Standaarddeviatie
1990	4,78	0,55
1996	5,05	0,47
2004	4,73	0,64

Tabel 2.9. Veranderingen in pH waarden in de KB, afgaande op paarsgewijze vergelijking (n=374); het significantieniveau is berekend met de paired t-test.

Periode	Significantieniveau
1990 – 1996	Significant minder zuur (p=0,000)
1996 – 2004	Significante verzuring (p=0,000)
1990 – 2004	Significante verzuring (p=0,031)

Tabel 2.10. Relatie verbruining en handvouwgetal in 1990 in de KB.

Verbruining	Bros	Zwak	Goed	Totaal
Verbruind	12 (4,5%)	53 (20,0%)	200 (75,5%)	265
Niet-verbruind	2 (1,0%)	13 (6,2%)	194 (92,8%)	209
Totaal	14	66	394	474

Tabel 2.11. Indeling in handvouwgetal- categorieën van 205 KB- items met verbruind papier en 165 KB-items met niet-verbruind papier, gemeten in de jaren 1990, 1996 en 2004.

Verbruining	Handv. -categorie	Jaar en resultaat van handvouwen		
		1990	1996	2004
Verbruind	Bros	10 (4,9%)	22 (10,7%)	17 (8,3%)
	Zwak	32 (15,6%)	29 (14,1%)	31 (15,1%)
	Goed	163 (79,5%)	154 (75,1%)	157 (76,6%)
	Totaal	205 (100%)	205 (100%)	205 (100%)
Niet-verbruind	Bros	2 (1,2%)	5 (3,0%)	1 (0,6%)
	Zwak	10 (6,1%)	8 (4,8%)	11 (6,7%)
	Goed	153 (92,7%)	152 (92,1%)	153 (92,7%)
	Totaal	165 (100%)	165 (100%)	165 (100%)

Tabel 2.12. Veranderingen in handvouwgetal- categorieën van verbruind en niet-verbruind papier in de KB, afgaande op paarsgewijze vergelijking; het significantieniveau is berekend met de Wilcoxon signed rank toets.

Verbruining	Periode	Aantal	Verloop handvouwgetal	Significantieniveau
Verbruind	1990 – 1996	221	29 items lager (verzwakking) 9 items hoger (versterking) 183 items gelijk	Significante verzwakking (p=0,002)
Verbruind	1996 – 2004	205	11 items lager (verzwakking) 17 items hoger (versterking) 177 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,168)
Verbruind	1990 – 2004	230	26 items lager (verzwakking) 11 items hoger (versterking) 193 items gelijk	Significante verzwakking (p=0,023)
Niet-verbruind	1990 – 1996	179	5 items lager (verzwakking) 3 items hoger (versterking) 171 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,271)
Niet-verbruind	1996 – 2004	165	2 items lager (verzwakking) 7 items hoger (versterking) 156 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,096)
Niet-verbruind	1990 – 2004	178	5 items lager (verzwakking) 6 items hoger (versterking) 167 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,763)

Tabel 2.13. Relatie pH waarde en handvouwgetal in 1990 in de KB.

pH-categorie	Bros	Zwak	Goed	Totaal
< 4,1	3 (10,7%)	10 (35,7%)	15 (53,6%)	28
4,1 – 4,5	5 (4,1%)	28 (23,1%)	88 (72,7%)	121
4,6 – 5,0	6 (2,6%)	25 (11,0%)	197 (86,4%)	228
5,1 – 5,5	0 (0,0%)	2 (3,2%)	60 (96,8%)	62
5,6 – 6,0	0 (0,0%)	0 (0,0%)	18 (100%)	18
6,1 – 7,0	0 (0,0%)	0 (0,0%)	18 (100%)	18
Totaal	14	65	396	475

Tabel 2.14. Indeling in handvouwgetal- categorieën van 371 KB- items, per pH-categorie (1990), gemeten in de jaren 1990, 1996 en 2004.

pH-categorie 1990	Jaar en resultaat van handvouwen			
	Handv. - categorie	1990	1996	2004
< 4,1	Bros	3 (20,0%)	5 (33,3%)	6 (40,0%)
	Zwak	3 (20,0%)	5 (33,3%)	4 (26,7%)
	Goed	9 (60,0%)	5 (33,3%)	5 (33,3%)
	Totaal	15 (100%)	15 (100%)	15 (100%)
4,1 - 4,5	Bros	5 (5,1%)	11 (11,2%)	6 (6,1%)
	Zwak	19 (19,4%)	16 (16,3%)	20 (20,4%)
	Goed	74 (75,5%)	71 (72,4%)	72 (73,5%)
	Totaal	98 (100%)	98 (100%)	98 (100%)
4,6 - 5,0	Bros	4 (2,2%)	11 (6,1%)	6 (3,3%)
	Zwak	17 (9,4%)	14 (7,7%)	16 (8,8%)
	Goed	160 (88,4%)	156 (86,2%)	159 (87,8%)
	Totaal	181 (100%)	181(100%)	181 (100%)
5,1 - 5,5	Bros			
	Zwak	2 (3,8%)	2 (3,8%)	2 (3,8%)
	Goed	50 (96,2%)	50 (96,2%)	50 (96,2%)
	Totaal	52 (100%)	52 (100%)	56 (100%)
5,6 - 6,0	Bros			
	Zwak			
	Goed	13 (100%)	13 (100%)	13 (100%)
	Totaal	13 (100%)	13 (100%)	13 (100%)
6,1 - 7,0	Bros			
	Zwak			
	Goed	12 (100%)	12 (100%)	12 (100%)
	Totaal	12 (100%)	12 (100%)	12 (100%)

Tabel 2.15. Veranderingen in handvouwgetal-categorie per zuurgraad-categorie in de KB (1990-2004), afgaande op paarsgewijze vergelijking; het significantieniveau is berekend met de Wilcoxon signed rank toets.

pH-categorie 1990	Periode	Aantal	Verloop handvouwgetal	Significantieniveau
< 4,1	1990 – 2004	22	11 items lager (verzwakking) 1 item hoger (versterking) 10 items gelijk	Significante verzwakking (p=0,005)
4,1 – 4,5	1990 – 2004	107	8 items lager (verzwakking) 6 items hoger (versterking) 93 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,808)
4,6 – 5,0	1990 – 2004	196	10 items lager (verzwakking) 8 items hoger (versterking) 178 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,637)
5,1 – 5,5	1990 – 2004	56	1 item lager (verzwakking) 1 item hoger (versterking) 54 items gelijk	Geen significant verschil (p=1,000)
5,6 – 6,0	1990 – 2004	15	1 item lager (verzwakking) 0 items hoger (versterking) 14 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,317)
6,1 – 7,0	1990 – 2004	13	0 items lager (verzwakking) 0 items hoger (versterking) 13 items gelijk	Geen significant verschil (p=1,000)

Tabel 3.1. Indeling in handvouwgetal-categorieën van 429 NA-items, gemeten in de jaren 1990 en 2004.

Categorie	1990	2004
Bros	6 (1,4%)	4 (0,9%)
Zwak	5 (1,2%)	19 (4,4%)
Goed	418 (97,4%)	406 (94,6%)
Totaal	429 (100%)	429 (100%)

Tabel 3.2. Veranderingen in handvouwgetal in het NA, per categorie, in de periode 1990-2004.

1990	Aantal		2004	Aantal	%
Bros	6	Daarvan	Bros	2	33,3%
			Zwak		
			Goed	4	66,7%
Zwak	5		Bros	1	20,0%
			Zwak	3	60,0%
			Goed	1	20,0%
Goed	418		Bros	1	0,2%
			Zwak	16	3,8%
			Goed	401	95,9%

Tabel 3.3. Veranderingen in handvouwgetal- categorieën in het NA, afgaande op paarsgewijze vergelijking; het significantieniveau is berekend met de Wilcoxon signed rank toets.

Periode	Aantal	Verloop	Significantieniveau
1990 – 2004	429	18 items lager (verzwakking) 5 items hoger (versterking) 406 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,150)

Tabel 3.4. Handvouwgetal in 2004 van NA-items die in 1990 een handvouwgetal van maximaal 19 hadden.

Handvouwgetal 1990 frequentie	Handvouwgetal 2004 frequentie
2 (n=1)	2 (n=1)
3 (n=2)	2 (n=1) 20 (n=1)
4 (n=2)	20 (n=2)
5 (n=1)	20 (n=1)
7 (n=1)	20 (n=1)
9 (n=1)	3 (n=1)
14 (n=1)	16 (n=1)
18 (n=2)	19 (n=2)
19 (n=4)	19 (n=1) 20 (n=3)

Tabel 3.5. Indeling in pH-categorieën van 426 NA-items, gemeten in de jaren 1990 en 2004.

pH-categorie	1990	2004
<4,1	42 (9,9%)	55 (12,9%)
4,1 - 4,5	157 (36,9%)	154 (36,2%)
4,6 - 5,0	142 (33,3%)	125 (29,3%)
5,1 - 5,5	54 (12,7%)	50 (11,7%)
5,6 - 6,0	13 (3,1%)	29 (6,8%)
6,1 - 7,0	16 (3,8%)	11 (2,6%)
>7,0	2 (0,5%)	2 (0,5%)

Tabel 3.6. Veranderingen in pH waarden in het NA, per categorie, in de periode 1990-2004.

1990	Aantal		2004	Aantal
< 4,1	42	Daarvan	< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	18 (42,9%) 14 (33,3%) 9 (21,4%) 1 (2,4%)
4,1 - 4,5	157		< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	25 (15,9%) 86 (54,8%) 33 (21,0%) 7 (4,5%) 3 (1,9%) 3 (1,9%)
4,6 - 5,0	142		< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	9 (6,3%) 40 (28,2%) 65 (45,8%) 16 (11,3%) 11 (7,7%) 1 (0,7%)
5,1 - 5,5	54		< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	2 (3,7%) 10 (18,5%) 13 (24,1%) 22 (40,7%) 5 (9,3%) 1 (1,9%) 1 (1,9%)
5,6 - 6,0	13		< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	2 (15,4%) 2 (15,4%) 3 (23,1%) 4 (30,8%) 1 (7,7%) 1 (7,7%)
6,1 - 7,0	16		< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	1 (6,3%) 1 (6,3%) 2 (12,5%) 1 (6,3%) 6 (37,5%) 5 (31,3%)
> 7,0	2		< 4,1 4,1 - 4,5 4,6 - 5,0 5,1 - 5,5 5,6 - 6,0 6,1 - 7,0 > 7,0	1 (50,0%) 1 (50,0%)

Tabel 3.7. Veranderingen in pH- categorieën in het NA, afgaande op paarsgewijze vergelijking; het significantieniveau is berekend met de Wilcoxon signed rank toets.

Periode	Aantal	Verloop	Significantieniveau
1990 – 2004	426	119 items lager (zuurder) 107 items hoger (minder zuur) 200 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,845)

Tabel 3.8. Gemiddelde en standaarddeviatie van de pH waarden in het NA, in 1990 en 2004 (n=426).

Jaar van meting	Gemiddelde	Standaarddeviatie
1990	4,63	0,62
2004	4,64	0,64

Tabel 3.9. Relatie verbruining en handvouwgetal in 1990 in het NA.

Verbruining	Bros	Zwak	Goed	Totaal
Verbruind	6 (2,0%)	5 (1,7%)	288 (96,3%)	299
Niet-verbruind	0 (0,0%)	0 (0,0%)	130 (100%)	130
Totaal	6	5	418	429

Tabel 3.10. Indeling in handvouwgetal- categorieën van 299 NA- items met verbruind papier en 130 NA-items met niet-verbruind papier, gemeten in de jaren 1990 en 2004.

Verbruining 1990	Jaar en resultaat van handvouwen		
	Handv. -categorie	1990	2004
Verbruind	Bros	6 (2,0%)	4 (1,3%)
	Zwak	5 (1,7%)	16 (5,4%)
	Goed	288 (96,3%)	279 (93,3%)
	Totaal	299 (100%)	299 (100%)
Niet-verbruind	Bros		
	Zwak		3 (2,3%)
	Goed	130 (100%)	127 (97,7%)
	Totaal	130 (100%)	130 (100%)

Tabel 3.11. Veranderingen in handvouwgetal- categorieën van verbruind en niet-verbruind papier in het NA, afgaande op paarsgewijze vergelijking; het significantieniveau is berekend met de Wilcoxon signed rank toets.

Verbruining 1990	Periode	Aantal	Verloop handvouwgetal	Significantieniveau
Verbruind	1990 – 2004	299	15 items lager (verzwakking) 5 items hoger (versterking) 279 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,325)
Niet-verbruind	1990 – 2004	130	3 items lager (verzwakking) 0 items hoger (versterking) 127 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,083)

Tabel 3.12. Relatie pH waarde en handvouwgetal in 1990 in het NA.

pH-categorie	Bros	Zwak	Goed	Totaal
< 4,1	1 (2,3%)	0 (0,0%)	42 (97,7%)	43
4,1 – 4,5	3 (1,9%)	2 (1,3%)	152 (96,8%)	157
4,6 – 5,0	2 (1,4%)	3 (2,1%)	137 (96,5%)	142
5,1 – 5,5	0 (0,0%)	0 (0,0%)	54 (100%)	54
5,6 – 6,0	0 (0,0%)	0 (0,0%)	14 (100%)	14
6,1 – 7,0	0 (0,0%)	0 (0,0%)	16 (100%)	16
> 7,0	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (100%)	2
Totaal	6	5	417	428

Tabel 3.13. Indeling in handvouwgetal- categorieën van 426 NA- items, per pH-categorie (1990), gemeten in de jaren 1990 en 2004.

pH-categorie 1990	Jaar en resultaat van handvouwen		
	Handv. -categorie	1990	2004
< 4,1	Bros	1 (2,3%)	0 (0,0%)
	Zwak	0 (0,0%)	3 (7,0%)
	Goed	42 (97,7%)	40 (93,0%)
	Totaal	43 (100%)	43 (100%)
4,1 - 4,5	Bros	3 (1,9%)	3 (1,9%)
	Zwak	2 (1,3%)	11 (7,0%)
	Goed	152 (96,8%)	143 (91,1%)
	Totaal	157 (100%)	157 (100%)
4,6 - 5,0	Bros	2 (1,4%)	0 (0,0%)
	Zwak	3 (2,1%)	2 (1,4%)
	Goed	135 (96,4%)	138 (98,6%)
	Totaal	140 (100%)	140 (100%)
5,1 - 5,5	Bros	0 (0,0%)	1 (1,9%)
	Zwak	0 (0,0%)	1 (1,9%)
	Goed	54 (100%)	52 (96,3%)
	Totaal	54 (100%)	54 (100%)
5,6 - 6,0	Bros	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Zwak	0 (0,0%)	1 (7,1%)
	Goed	14 (100%)	13 (92,9%)
	Totaal	14 (100%)	14 (100%)
6,1 - 7,0	Bros	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Zwak	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Goed	16 (100%)	16 (100%)
	Totaal	16 (100%)	16 (100%)
> 7,0	Bros	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Zwak	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	Goed	2 (100%)	2 (100%)
	Totaal	2 (100%)	2 (100%)

Tabel 3.14. Veranderingen in handvouwgetal-categorie per zuurgraad-categorie in het NA (1990-2004), afgaande op paarsgewijze vergelijking; het significantieniveau is berekend met de Wilcoxon signed rank toets.

pH-categorie 1990	Periode	Aantal	Verloop handvouwgetal	Significantieniveau
< 4,1	1990 – 2004	43	3 items lager (verzwakking) 1 item hoger (versterking) 39 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,705)
4,1 – 4,5	1990 – 2004	157	11 items lager (verzwakking) 1 item hoger (versterking) 145 items gelijk	Significante verzwakking (p=0,020)
4,6 – 5,0	1990 – 2004	140	0 items lager (verzwakking) 3 items hoger (versterking) 137 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,102)
5,1 – 5,5	1990 – 2004	54	2 items lager (verzwakking) 0 items hoger (versterking) 52 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,180)
5,6 – 6,0	1990 – 2004	14	1 item lager (verzwakking) 0 items hoger (versterking) 13 items gelijk	Geen significant verschil (p=0,317)
6,1 – 7,0	1990 – 2004	16	0 items lager (verzwakking) 0 items hoger (versterking) 16 items gelijk	Geen significant verschil (p=1,000)
> 7,0	1990 – 2004	2	0 items lager (verzwakking) 0 items hoger (versterking) 2 items gelijk	Geen significant verschil (p=1,000)