

ERVARINGEN MET ENKELE BETONBESCHERMINGSMIDDELEN IN SLEUFSILO'S

Ir. P. B. Hangelbroek en ir. C. 't Hart (IMAG)

Als voordeel ten opzichte van materialen als staal en hout wordt wel eens van beton gezegd: „Het roest en rot niet”, wat de indruk zou kunnen wekken: „beton hoeft niet te worden beschermd”. Dit is voor betonwerk van goede kwaliteit in bepaalde milieus, en zeker de eerste tijd, wel juist. Doch op de lange duur niet in een sleufsilos voor de opslag van snijmais.

Verwerking van beton

Gewapend beton is een samenspel tussen staal en beton. Het staal wordt beschermd door een betonschil, de „betonbedekking”. Deze schil moet voldoende dicht zijn – dus geen poreuze beton van inferieure kwaliteit – en voldoende dik. Het roesten van de wapening gaat gepaard met volumevergroting van het staal waardoor de betonschil kapot gedrukt wordt. Maar zelfs een betonoppervlak van goede kwaliteit is echter op de lange duur niet bestand tegen zuren zoals die voorkomen in snijmaiskuil.

Grindbeton is een kunststeen die ontstaat wanneer in een mengsel van cement, zand, grind en water door chemische reactie de cementsteen ontstaat uit cement en water. Deze cementsteen is de lijm die de grind- en zandkorrels omhult en aan elkaar kit. Zand en grind zijn materialen die vrijwel ongevoelig zijn voor aantasting door welke stoffen dan ook. De cementsteen bestaat grotendeels uit calcium-silicaatverbindingen, met ook nog vrije kalk in de vorm van CaO en Ca(OH)_2 . (In beton vervaardigd met portlandcement is wat meer vrije kalk aanwezig dan wanneer hoogovencement is gebruikt. In het laatste geval is het beton chemisch iets bestendiger, hoogovencement is bovendien goedkoper dan portlandcement.) Kalk en kalkverbindingen worden door zuren aangetast.

Zelfs goede beton wordt aan het oppervlak van buitenaf door agressieve stoffen aangetast, waarbij door afbraak de grove bestanddelen (grind), bloot komen en in een later stadium los komen te liggen, met steeds diepere putten en een versneld voortschrijdende aantasting. Deze ongewenste verschijnselen kunnen worden vertraagd of voorkomen door een beschermlaag (coating) of door de buitenste betonlaag te verbeteren door impregnering met bijvoorbeeld een kunststofproduct.

Beschikbare silo's

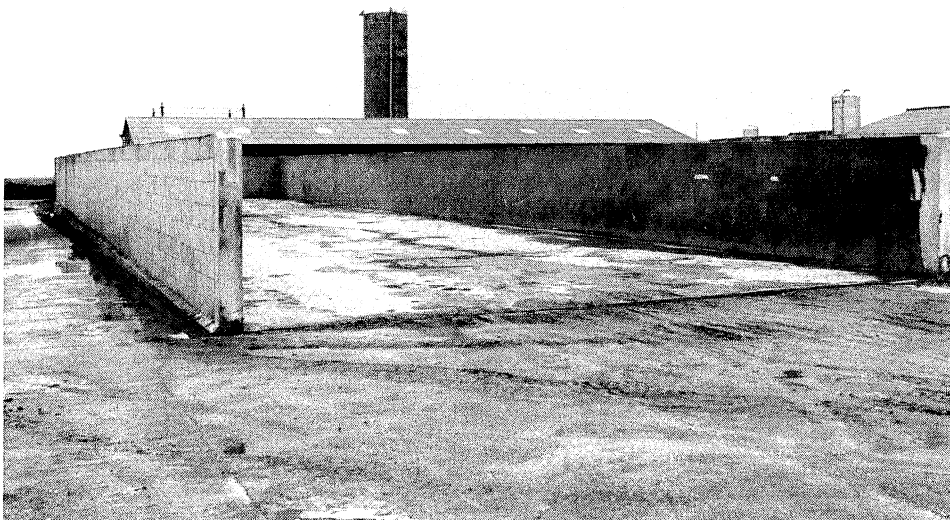
In een paar silo's op de Waiboerhoeve is ervaring opgedaan met een aantal beschermende producten, die bewust gekozen zijn uit goedkopere, makkelijk aan te brengen producten, waarbij we blijven in de categorie „lichte bescherming”. Dit is mede gedaan met het oog op de eveneens voorkomende mechanische beschadiging, waardoor ook bij duurdere behandeling al spoedig onderhoud gewenst is.

In de twee volgende silo's zijn diverse behandelingen toegepast: De eerste silo (figuur 1), gebouwd 1973. Dit betreft een silo van ter plaatse gestort gewapend beton, waarvan de bodem 0,75 m beneden maaiveld is aangelegd. De wanden worden gevormd door een met gewapend beton beklede grondwal, die onder een hoek van 45° staat en 0,75 m bo-



Figuur 1 Gewapend betonnen sleufsilo's voor de opslag van snijmais met schuine wanden, gestort tegen een grondwal.

Figure 1 Reinforced concrete walled ciampsio with sloping waiis, poured against earthwall, for s torage of maizesilage.



Figuur 2 Sleufsilo met 2 m hoge wanden van betonnen droogstapelblokken, voorzien van wapening en betonvulling.

Figure 2 Two me ter deep walled ciampsilo with a hoiow block with a reinforced concrete unfiii.

ven het maaiveld uitsteekt. Voor de ingang van de silo is een goot aangebracht waarmee voorkomen wordt dat regenwater vanaf de aangrenzende verharding de silo binnenloopt. Aan de voet van de 5 m lange silo-inrit (helling ca. 1:6,5) bevinden zich twee afvoerputjes voor perssap en het in de silo vallende regenwater.

De tweede silo (figuur 2) is gebouwd in 1974. De 2 m hoge wanden van deze silo zijn gebouwd met behulp van betonnen droogstapelblokken. Vertikaal uit de vloerrand stekende wapeningsstekeinden vallen in de holten van deze blokken, die zonder tussenvoeging van specie „droog” op elkaar gestapeld worden. In de holten wordt horizontaal en vertikaal aanvullende wapening aangebracht.

Van bovenaf zijn de holten daarna met beton gevuld, en de wand is daarna aan de binnenzijde van de silo voorzien van cementpleisterlaag.

Onderzochte betonbeschermingsmiddelen en hun verwerkingsvoorschrift

In de eerste silo bevinden zich, van voor naar achter gezien, de volgende proefvakken:

- onbehandeld
- silolak op basis van asfaltbitumen
- epoxyimpregneer
- polyurethaanimpregneer

Vloer en wanden van de tweede silo zijn behandeld met polyurethaanimpregneer.

Voor alle behandelingen geldt dat de ondergrond schoon en winddroog moet zijn (betonkleur lichtgrijs, niet donker gekleurd door vocht) en vrij van cementhuid. Dit laatste was bij alle vlakken van beide silo's het geval. (Cementhuid komt namelijk voor bij vlakken die in een bekisting zijn gestort, zoals verticale betonwanden. Dergelijke vlakken kan men, om dure verwijdering van de cementhuid te vermijden, pas na één of twee jaar behandelen.)

Voor de behandeling met silolak is, omdat in de silo voedermiddelen zijn opgeslagen, een produkt genomen dat ook wordt gebruikt voor bescherming van beton dat in contact komt met drinkwater, n.l. een reuk- en smaakvrije lak op basis van speciale asfaltbitumen, dus niet op basis van steenkoolteer. Epoxyimpregneer en polyurethaanimpregneer zijn impregneermiddelen op basis van kunstharsen. Deze middelen dringen in de beton of in de cementpleisterlaag en verhinderen zo dat het beton vocht opneemt. Epoxyimpregneer is een twee-komponentenprodukt op basis van epoxyhars, dat door de fabrikant geleverd kan worden met afgewogen hoeveelheid in de juiste mengverhouding.

Polyurethaanimpregneer is een uit één component bestaand vochtverhardend middel. Het verhardt onder invloed van vocht uit de lucht. Het kan echter niet indringen in een vochtige ondergrond, en vormt hierop een enigszins losliggende laag, die door teveel vocht uit de ondergrond bij het aanbrengen zelfs kan gaan schuimen. Alle produkten laten zich met een blokkwast, rolborstel of luiwagen opbrengen.

In tabel 1 zijn enkele verdere bijzonderheden van de middelen vermeld.

Wat de relatieve luchtvochtigheid betreft kan worden opgemerkt dat in ons klimaat in de buitenlucht de condities voor de impregneermiddelen altijd goed zijn.

De 85%-grens genoemd bij de silolak houdt praktisch in dat men ervoor moet zorgen dat het te behandelen oppervlak een temperatuur heeft die tenminste 3 °C ligt boven het dauwpunt van de omringende lucht.

Tabel 1 Enkele gegevens van de gebruikte middelen

	Silolak op basis van asfaltbitumen	Epoxyimpregneer	Polyurethaan- impregneer
Kleur/ <i>colour</i>	zwart/ <i>black</i>	transparant blank/ <i>transparent clear</i>	transparant blank, verkleurt bruin onder invloed van zonlicht/ <i>transparent clear, turns into brown under influence of sunlight</i>
Aantal lagen/ <i>number of coats</i>	2	2	2
Temperatuur (boven 0 °C) <i>temperature °C</i>	0	12	12
Minimale ouderdom beton (dgn)/ <i>minimum age of concrete (days)</i>	14	28	28
Relatieve luchtvochtig- heid (%) / <i>relative hu- midity (%)</i>	beneden 85 <i>below 85</i>	boven 60 <i>above 60</i>	boven 60 <i>above 60</i>
Globaal materiaalverbruik (kg/m ²) per laag/ <i>approx- imate consumption (kg/m²) per coat</i>	0,15	0,20	0,15
Droogtijd/ <i>dryingtime</i>			
– 1 e laag (dgn) <i>1st coat (days)</i>	1	1	1
– 2e laag (weken) <i>2e coat (weeks)</i>	1		1
	<i>Silo varnish on base of asphalt- bitumen</i>	<i>Epoxy impregnation</i>	<i>Polyurethane impregnation</i>

Table 1 Some data of material used.

Materiaalprijzen

Tabel 2 Globale materiaalprijzen (najaar 1980) in guldens exclusief BTW

Materiaal/ <i>material</i>	per kg	per m ²
Silolak/ <i>silo varnish</i>	4	1,20
Epoxyimpregneer	14,50	5,80
Polyurethaanimpregneer		
voor 1 e laag/ <i>1st coat</i>	9	2,95
voor 2e laag/ <i>2nd coat</i>	10,50	2,95

Table 2 Approximate prices (autumn 1980) in guilders excl. VAT.

Resultaten

De silo's zijn geïnspecteerd na 2 en 7 jaar gebruik. Na het aanbrengen zijn de bescherm-lagen niet onderhouden.

Na 2 jaar was bij de eerste silo (afbeelding 1) op enkele plaatsen in de geïmpregneerde oppervlakken de ondergrond blootgekomen. De silolak op de bodem was vrijwel geheel verdwenen, maar op de schuine wanden (afgezien van mechanisch beschadigde plekken) nog vrij gaaf aanwezig. Na 7 jaar gebruik konden er op de vloer vrijwel geen sporen van welke behandeling dan ook meer worden aangetroffen, op de schuine wanden waren nog wel restanten silolak aanwezig.

Het verschil na 7 jaar tussen onbehandelde en behandelde beton is zichtbaar op foto 3 waar twee verschillende oppervlakken direct naast elkaar zijn afgebeeld. Het rechter-deel geeft de toestand weer waarin alle behandelde vloergedeelten en de met impreg-neermiddel behandelde schuine wandgedeelten zich bevonden: tot op het grove grind was materiaal door het perssap weggevreten; de oppervlakte was nog vrij vlak. Het lin-kerdeel geeft de toestand weer van het onbehandelde vloergedeelte; hier was de aan-tasting verder gevorderd: het grovere grind lag vast, doch er tussenin bevonden zich die-per aangetaste delen waar de cementzandmortel was weggevreten.

In de tweede silo was de vloer ongeveer in dezelfde staat als van de behandelde gedeel-ten van de eerste silo. Een verschijnsel wat zich bij dit type silo voordoet mag niet onver-meld blijven. De specielaag onder op de wand bij de vloer kon met een zakmes gemakke-lijk worden weggekrabd, hier en daar tot ca. 0,10 m diepte. Deze aantasting is te wijten aan perssap op de bodem, bij het inkuisen van te natte snijmais. Dit betekent dat de wa-pening in de wand ook door perssap bereikt en aangetast kan worden.

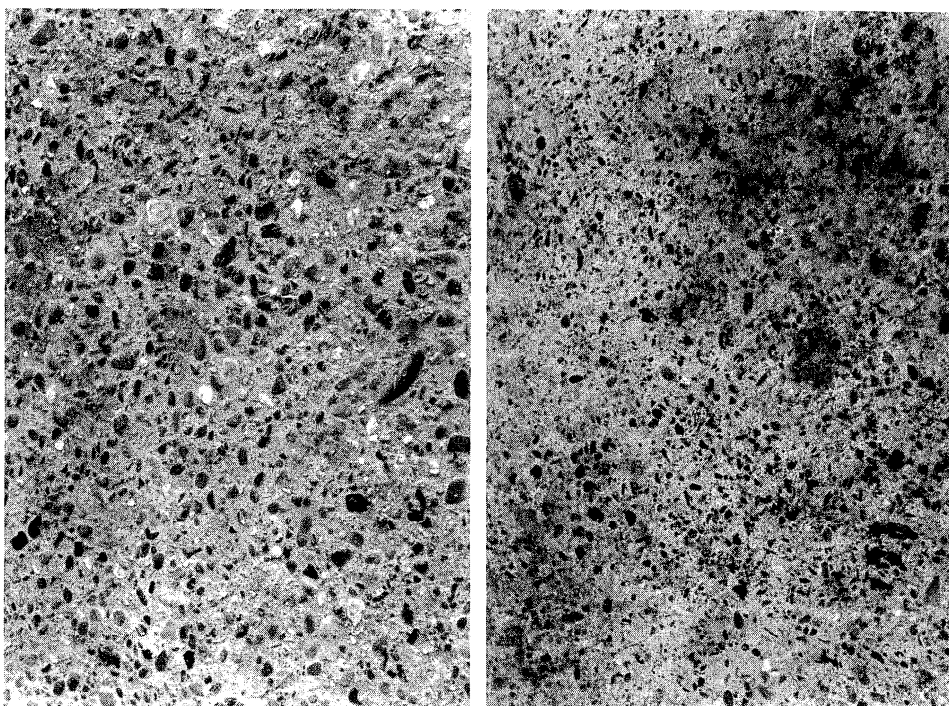
Conclusies en aanbevelingen

Bij de beschreven proeven zijn betonbeschermingsmiddelen toegepast die vallen in de categorie van de goedkopere en lichtere behandelingen, nl. een silolak op basis van as-faltbitumen (niet giftig) en impregneringen met producten op basis van de kunstharsen epoxyimpregneer en polyurethaanimpregneer. Uiteraard moet altijd worden gezorgd voor kwalitatief goed betonwerk. De dichtheid van het beton is hier belangrijker dan de sterkte.

Een éénmalige behandeling van betonoppervlakken in een snijmaissilo met silolak (laagste kosten) geeft een met epoxyimpregneer of polyurethaanimpregneer gelijk-waardig resultaat. Het is nodig na 2 of 3 jaar, afhankelijk van het droge-stofgehalte van de ingekuilde snijmais en de oppervlakteschade, bij alle beschouwde materialen over te gaan tot een herbehandeling (preventief onderhoud).

Silolak op basis van asfaltbitumen is, in vergelijking met de twee onderzochte impreg-neermiddelen, het goedkoopste en het makkelijkst aan te brengen materiaal. De onder-zochte middelen kunnen ook op verticale wandvlakken die in een bekisting zijn gestort, worden toegepast. Voor een goede hechting of impregnering is het dan beter de behan-deling pas na één of twee jaar uit te voeren, bijv. tegelijk met de herbehandeling van de vloer.

In een silo voor *voordroogkuil*, waarbij geen perssap vrijkomt, zal in het algemeen geen aantasting optreden en is een behandeling meestal overbodig. Wel is een behandeling



Figuur 3 Vergelijking van de toestand van het vloeroppervlak in de silo van figuur 1 na 7 jaar, links onbehandeld vloergedeelte, waarbij tussen de grindkorrels dieper weggevreten delen. Rechts de toestand van de éénmalig behandelde vloergedeelten, waar het grind is blootgekomen, doch het oppervlak nog vrij vlak is.

Figure 3 Comparison of floorspace condition in silo (figure 1) after seven years: at te left an untreated part of the floor, concrete between gravel-stones has been pit-corroded. At the right part of floor treated once, bare gravel but no pit-corrosion.

noodzakelijk voor opslag van produkten als natte pulp, bierbostel, aardappelvezel, patatmix, silage van bietenkoppen en -blad, stoppelknollen, natte graskuil e.d. Bij al deze produkten komt perssap vrij, dat het beton wel aantast.

Een wandconstructie met droogstapelblokken, met in de holten wapening en betonvulling, moet voor de opslag van snijmais worden afgeraden, tenzij bijzondere maatregelen worden getroffen.

Samenvatting

Drie verschillende goedkopere en gemakkelijk aan te brengen betonbeschermingsmiddelen voor gebruik in sleufsilo's voor opslag van snijmais zijn beoordeeld op duurzaamheid. Twee sleufsilo's werden behandeld met silolak op basis van asfaltbitumen, epoxyimpregneer en polyurethaan. Na twee en zeven jaar zijn de beide silo's geïnspecteerd.

De behandeling met silolak is het gemakkelijkst en het goedkoopst. Het resultaat van behandeling met dit middel is ongeveer gelijkwaardig met dat van epoxyimpregneer en polyurethaan. Met elk middel is het nodig om de behandeling na twee of drie jaar te herhalen.

Summary

Three different cheap and easily to apply concrete protectives for use in walled clampsilo's for storage of maizesilage were judged on price and durability. Two walled clampsilo's were treated with silovarnish on base of asphaltbitumen, epoxyimpregnation and polyurethane. After two and seven years both silo's were inspected.

Treatment with silovarnish is easiest and cheapest, while the result is about equal to that of epoxyimpregnation or polyurethane impregnation. For each protective retreatment after two or three years is necessary.