

BEVEILIGING VAN HET MAAVELD VAN VERLATEN MIJNSCHACHTEN IN ZUID-LIMBURG

IR. J.P. SCHILP¹⁾

SUMMARY

SURFACE PROTECTION AROUND ABANDONED
MINE SHAFTS IN SOUTH LIMBURG

In the South Limburg coal mining district, abandoned pit shafts have to be filled up — at least in the overburden section — in view of the loose nature of the overburden, and the presence of dangerous gasses in the underground workings. In other coal basins with comparable conditions, shafts have been filled down to the bottom with clastic material, generally with special provisions near the shaft insets. In several cases this method resulted in severe subsidence of the filling material and release of firedamp at the surface.

In view of this, the following methods have been applied in South Limburg, also taking into account the urbanisation of the area.

Method I: The supported plug

In nine shafts, a concrete closing plug has been placed in the shaft, at the level of the highest loading station. The plug is supported by the floor of the station. The shaft section above the plug is filled up with clastic material. The shaft mouth is capped with concrete. This method was used where the overburden is thick (average: 210 m), the shaft opening large (average: 23 sq.m), and the shaft wall smooth.

Method II: The shear prop

a. In five cases the shaft has been filled up with concrete from the highest loading station to the surface. This method has been followed in the case of a thin overburden (average 43 m), with a short distance from the highest level to the overburden (average: 7 m) and a small shaft opening (average: 11 sq.m).

b. In four shafts a shear plug has been placed above the highest level. The section above the plug is filled with clastic material. The required length of the plug depends on the distance to the surface, the size of the shaft opening and the roughness and nature of the shaft wall. The shaft mouth is capped with concrete. The average length of the filled section is 104 m, the average shaft opening is 10 sq.m and the walls have a rough and irregularly shaped surface.

c. In three shafts, which have been filled over a considerable length owing to the prevalence of special conditions, a filling of concrete and clastic material, used alternately, has been applied. The concrete sections (shear plugs) are either over or opposite the shaft insets. The topmost shear plug completely separates the surface from the highest level. The shaft mouth is capped with concrete.

The fillings with one exception, have shown only slight subsidence. Costs are only 20-50 per cent of the amount for filling up the whole shaft and providing barriers at the level of the shaft insets.

SAMENVATTING

In het kolenbekken van Zuid-Limburg moeten de schachten, gezien het onsamenvangende dekterrein en het vóór-komen van gevaarlijke gassen in de ondergrondse werken, op zijn minst in het dekterreingedeelte worden opgevuld. In andere kolenbekkens zijn onder vergelijkbare omstandigheden de schachten tot op de bodem met klastisch materiaal gevuld, waarbij dan in of nabij de openingen in de schachtwand speciale maatregelen werden genomen. Hierbij zijn naderhand meerdere malen grote zakkingen van de vulmassa en uittreding van gassen aan het maaiveld opgetreden. In Zuid-Limburg zijn daarom, mede in verband met de grote bebouwingsdichtheid, de volgende methoden ter beveiliging van het maaiveld toegepast:

¹⁾ Chef Mijnbouwkundige Staf van Staatsmijn Emma/Hendrik.

Methode I: "de oplegprop"

In 9 schachten is ter hoogte van de bovenste verdieping een afsluitende betonprop aangebracht, die op het vloer-gesteente van de laadplaats steunt. Het schachtgedeelte boven de betonprop wordt met klastisch materiaal gevuld. De schachtmond wordt voorzien van een betonnen deksel. Deze methode is toegepast bij een dik dekterrein (gem. 210 m), een groot schachtoppervlak (gem. 23 m²) en een gladde schachtwand.

Methode II: "de kleefprop"

a. In 5 schachten is de schacht vanaf de bovenste verdieping tot aan het maaiveld geheel gevuld met beton. Deze methode is toegepast bij een dun dekterrein (gem. 43 m) een geringe afstand van de bovenste verdieping tot aan het dekterrein (gem. 7 m) en een klein schachtoppervlak (gem. 11 m²).

b. In 4 schachten is boven de bovenste verdieping een betonprop aangebracht. Het schachtgedeelte boven de betonprop wordt gevuld met klastisch materiaal. De vereiste lengte van de prop is afhankelijk van de lengte van de vullingzuil, het schachtoppervlak en de ruwheid van de schachtwand. De schachtmond wordt voorzien van een betonnen deksel. Bij deze schachten bedraagt de gemiddelde lengte van de vullingzuil 104 m, de gemiddelde schachtoppervlakte 10 m² en is de schachtwand ruw en onregelmatig van vorm.

c. In 3 schachten, waarbij wegens bijzondere omstandigheden een aanmerkelijk deel van de schacht is gevuld, bestaat de vulmassa afwisselend uit beton en klastisch materiaal. De betontrajecten (kleefpropfen) bevinden zich óf boven óf tegenover de openingen in de schachtwand. De bovenste kleefprop sluit het dekterreintraject volledig af van de bovenste verdieping. De schachtmond wordt voorzien van een betonnen deksel.

De geconstateerde zakkingen van de vulmassa zijn, op een enkele uitzondering na, gering. De kosten bedragen 20-50% van de kosten bij het vullen van de gehele schacht en het aanbrengen van barrières in de laadplaatsaansluitingen.

PLAATSELIJKE OMSTANDIGHEDEN

In 1966 waren in Zuid-Limburg 35 schachten in bedrijf, waarvan er sindsdien 21 definitief zijn verlaten. De 14 nog in bedrijf zijnde schachten zullen vóór 1977 eveneens overbodig geworden zijn voor de kolenmijnbouw in Zuid-Limburg.²⁾

Met uitzondering van de mijn Maurits zijn de verschillende concessies ondergronds met elkaar verbonden. Tevens zijn er verbindingen tussen het Limburgse en het Akense kolenbekken. Bij 19 schach-

²⁾ In dit artikel worden de 2 Beatrix-schachten buiten beschouwing gelaten.

ten ligt het maaiveld dieper dan het niveau van de bovenste verdieping op de Domaniale mijn (+ 122 m NAP); de schachtmond van schacht IV Emma te Schinnen ligt het diepst en wel op + 66 m NAP. Dit is van belang omdat na het verlaten van een mijnzetel het mijnwater (ongeschikt als drinkwater) als regel tot boven de hoogste verdieping stijgt en de mijnlucht gevaarlijke gassen bevat (methaan, kooldioxyde, zwavelwaterstof, koolmonoxyde, etc.).

Het dekterrein van de Limburgse schachten is gemiddeld 140 m dik (met als uitersten 21 m en 303 m) en bestaat voor het grootste gedeelte uit waterhoudende klastische en plastische gesteenten. De schachtwanden in het dekterrein (26 x tübing, 6 x metselwerk en 3 x beton) zullen uiteindelijk als gevolg van corrosie mede onder invloed van de door het onsamenhangende dekterrein op deze wanden uitgeoefende druk bezwijken.

NOODZAKELIJKE BEVEILIGINGEN

Bij het zonder meer verlaten van overbodige schachten bestaan dus de volgende gevaren aan het maaiveld:

- de "open" schacht;
- uittreding van mijnwater bij die schachten, waarvan de schachtmond beneden + 122 m NAP is gelegen;
- ontsnapping van gevaarlijke gassen;
- na verloop van tijd bodemzakkingen door het binnendringen van het waterhoudende, onsamenhangende dekterrein in de schachten en de daarmee verbonden overige ondergrondse werken.

Een goede oplossing voor de beveiliging van het maaiveld zou te bereiken zijn door het aanbrengen van:

- een permanente vulling in het schachtgedeelte door het losse dekterrein eventueel gecompleteerd door een afsluiting van de schachtmond;
- een impermeabele laag in de schacht tussen het losse dekterrein en de vaste carboonrots.

BUITENLANDSE ERVARINGEN

In andere kolenbekkens zijn onder vergelijkbare omstandigheden veelal de schachten vanaf de bodem met klastisch materiaal opgevuld, terwijl de schacht-

mond is afgesloten met een deksel. Bij deze werkwijze zijn echter zowel zakkingen van de vulling (maxima tot 350 m) als gasafgiften aan de oppervlakte geconstateerd. Het is gebleken dat grote hoeveelheden vulmassa van een reeds gevulde schacht naderhand kunnen uitlopen in de laadplaatsen; de vulling kan namelijk bij verzadiging met water (vermindering van de inwendige wrijving) onder invloed van zijn eigen gewicht in beweging komen. Leisteen kan zich zelfs onder invloed van water als een soort zware vloeistof gaan gedragen. Bovendien kunnen door silowerking en/of brugvorming, zich zowel tijdens het vullen als naderhand, ongewenste holruimtes in de schacht vormen, zonder dat men hierop gelijktijdig door een zakking aan de bovenzijde van de vulling attent wordt gemaakt.

In het buitenland zijn hiertegen met wisselend succes één of meer van de volgende maatregelen toegepast: het aanbrengen van barrières in de schachtaansluitingen, het verwijderen van de schachtuitrustingen, beperking van de korrelgrootte van het vulmateriaal, het intact laten van de drooghouding (pompmijnen) en navullen.

Speciaal het plaatsen van dammen in schachtaansluitingen zou in Zuid-Limburg niet alleen duur zijn, doch veelal ook grote problemen t.a.v. drooghouding, klimaatbeheersing en mijngasbestrijding met zich meebrengen. Bovendien vereist de grote bebouwingsdichtheid een afdoende beveiliging van het maaiveld: een reeds lang "vergeten" schacht mag nooit de oorzaak worden van onverwachte beschadigingen aan de omgeving.

TOEGEPASTE METHODEN IN LIMBURG

In Limburg hebben bovengenoemde overwegingen geleid tot de volgende methoden ter beveiliging van het maaiveld van te verlaten schachten:

Methode I: de "oplegprop" (fig. 1)

In de schacht wordt ter hoogte van de bovenste verdieping een afsluitende betonprop aangebracht, die op het vloergesteente van de laadplaats steunt. Het schachtgedeelte boven de betonprop wordt met klastisch materiaal gevuld. Tenslotte wordt de schachtmond voorzien van een betonnen deksel.

Methode II: de "kleefprop", te verdelen in:

Methode IIa: (fig. 2)

De schacht wordt vanaf de bovenste verdieping tot aan het maaiveld gevuld met beton.

Methode IIb: (fig. 3)

In de schacht wordt boven de bovenste verdieping een betonprop aangebracht. Het schachtgedeelte boven de betonprop wordt met klastisch materiaal gevuld. Tenslotte wordt de schachtmond voorzien van een betonnen deksel.

Methode IIc: (fig. 4 en 5)

Een aanmerkelijk deel van de schacht wordt gevuld. De vulmassa bestaat afwisselend uit trajecten beton en klastisch materiaal. De betontrajecten, als "kleefprop" uitgevoerd, bevinden zich of boven of tegenover de openingen in de schachtwand. De bovenste kleefprop sluit het dekterreingedeelte volledig af van de bovenste verdieping. De schachtmond wordt voorzien van een betonnen deksel.

STERKTEBEREKENING

Bij de dimensionering van de betonproppen spelen naast de benodigde sterkte de volgende aspecten een rol:

- het afsluitend karakter. De afmetingen van de contactvlakken en/of de kwaliteit van het contact tussen het proplichaam en het omringende gesteente dienen zo groot te zijn, dat geen "lekken" optreden;
- de vorm. De oplegprop steekt aan beide zijden buiten de schachtdoorsnede uit in de laadplaats, de kleefprop blijft in principe binnen de schachtdoorsnede.

Bij de sterkteberekening spelen de grootte van de belasting en het specifieke verschil in de wijze, waarop beide types proppen de belasting opnemen een belangrijke rol.

De belasting bestaat uit de door de vulmassa op de prop uitgeoefende kracht en het eigen gewicht van de betonprop. Het met klastisch en/of plastisch materiaal opgevlude schachtgedeelte, dat omgeven is door een permeabele wand in waterhoudend dekterrein, is te beschouwen als een bunker (silo) waarvan de vulmassa is verzadigd met water. De door de vulling op de prop uitgeoefende kracht is de som van de

hydrostatische druk en de korreldruk vermenigvuldigd met de oppervlakte van de propdoorsnede. De korreldruk is equivalent met een vulhoogte van maximaal $3 \times$ de schachtdiameter (silo-werking). Bij schachten met een dik dekterrein vormt de hydrostatische druk de belangrijkste factor in de totale belasting.

Bij de opname van de belasting zijn de toelaatbare oplegdruk (normaalspanning) en de toelaatbare afschuifspanning bepalend respectievelijk voor de oplegprop en de kleefprop. Bij een oplegdruk kleiner dan ca. 15% van de kubussterkte (druksterkte) treedt geen kruip op in het gesteente. Hieruit resulteert een toelaatbare oplegdruk van $30\text{--}75 \text{ kg/cm}^2$ bij een matige tot goede gesteentekwaliteit van het oplegvlak (de laadplaats). De toelaatbare afschuifspanning is afhankelijk van de ruwheid en onregelmatige vorm van de schachtwand en varieert tussen de $2\text{--}6 \text{ kg/cm}^2$. Bij een bepaalde belasting is dus het benodigde afschuifoppervlak (kleefprop) gemiddeld $15 \times$ zo groot (met als uitersten $6 \times$ en $37,5 \times$) als het benodigde oplegoppervlak (oplegprop). De combinatie dik dekterrein, een grote schachtdoorsnede en een gladde schachtwand is nadelig voor de kleefprop. Bij de sterkteberekening van de oplegprop is tevens de ponsspanning van belang: de prop mag niet afschuiven ("doorponsen") langs zijn oplegvlakken. De toelaatbare ponsspanning bij ongewapend beton bedraagt 15 kg/cm^2 .

AFSLUITING BOVENGRONDS

Bij de methode I, IIb en IIc wordt de met klastisch materiaal gevulde schacht aan de oppervlakte afgesloten met een betonnen plaat, berekend voor een toelaatbare belasting van 10 ton/m^2 (eisen voor zwaar vrachtvervoer). De plaat is voorzien van een afsluitbare navulopening. De openingen in de schachtwand boven de betonprop zoals ventilator-, leiding- en kabelkanaal zijn gedicht. Bij methode IIa, waar de schacht tot aan het maaiveld is gevuld met beton, zijn geen extra maatregelen ter afsluiting nodig.

NAZAKKEN VAN DE VULLING

De geconstateerde zakkingen van de vulmassa zijn, op een enkele uitzondering na, kleiner dan 50 cm. Bij de 4 Hendrik-schachten bedraagt de zakking van de

gemiddeld 265 m lange vulkolommen na observatie-tijden variërende tussen de $1\frac{1}{2}$ en 3 jaar in totaal 15-20 cm. De vulmassa bezit een poriënvolume van 10-20% en bestaat uit losse mijnsteen (klastisch karakter). De vulkolom bij de 3 Maurits-schachten is 380 m lang. Het vulmateriaal bestaat in hoofdzaak uit kleiachtige mijnsteen (pseudo-plastisch karakter) die in droge toestand een sterke cohesie vertoont. Schacht I en II zijn met droog materiaal gevuld; bij schacht III is tijdens het vullen 5% water gesuppleerd. Bij schacht II is binnen een week, nadat de schacht gevuld was, een plotselinge zakking van ruim 32 m opgetreden. Dit is te verklaren door het bezwijken van de gazen scheidingswand tussen de ladderafdeling en de rest van de schacht ($32 \text{ m} \equiv 8,5\%$ van de vulkolom; de ladderafdeling $\equiv 9,7\%$ van de schachtopening). De zakking in schacht II (exclusief de eerste zakking van 32 m) en schacht I bedraagt na ruim $1\frac{1}{2}$ jaar resp. 12 m en 17 m; in schacht III na $1\frac{1}{2}$ jaar bijna 3 m. De zakkingen nemen meer dan lineair af met de tijd.

Het poriënvolume bedraagt respectievelijk van:

- het "losse" vulmateriaal 36% (s.g. korrels $2,5 \text{ ton/m}^3$);
- schacht I, direct na het vullen: 22% en na 17 m zakking: 17,5%;
- schacht II, direct na het vullen 29%, na de eerste zakking van 32 m: 20,5% en na de tweede zakking van 12 m: 17,4%;
- schacht III, direct na het vullen: 15% en na 3 m zakking: 14,2%.

PRAKTIJKVOORBEELDEN

De oplegprop (fig. 1)

Met de buiten de schachtdoorsnede gelegen schuin oplopende steunvlakken wordt bereikt, dat de schachtwand nauwelijks wordt belast. Indien het maken van de schuine oplegvlakken bezwaarlijk is dan kan de schachtwand, die bij een horizontale oplegging zwaarder belast wordt, worden versterkt door de schacht over voldoende afstand onder het oplegvlak te vullen met beton. De boven de laadplaats in de schacht en buiten de schacht in de laadplaats uitstekende delen van de prop dienen o.a. om het "lekken" van vulmateriaal te voorkomen. De krimpbe wapening bevordert de kwaliteit van deze aansluiting. Het

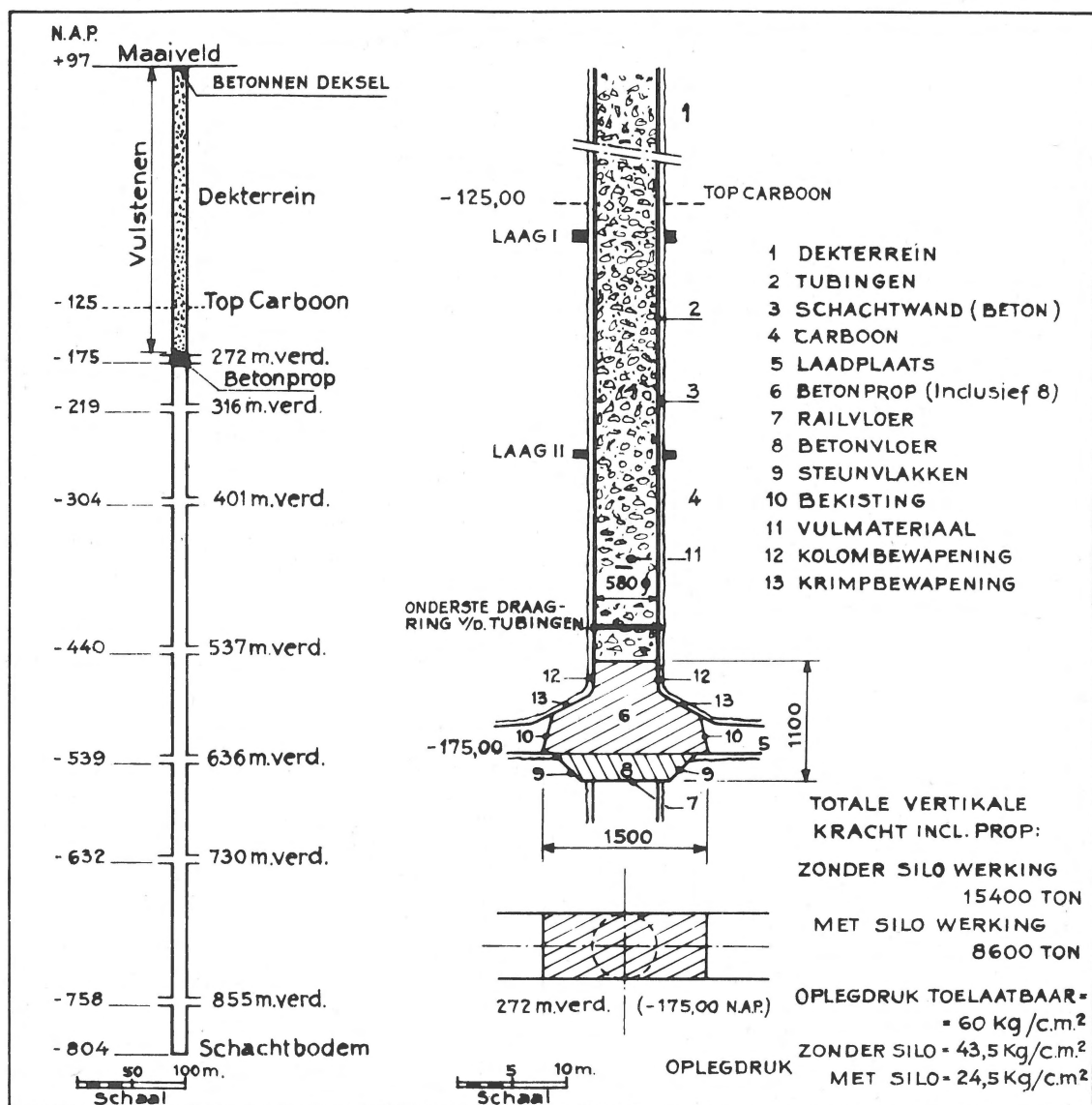


Fig. 1

Schacht Hendrik I DSM

Schachtoppervlak in dekerrein 26 m² (ϕ 5,8 m). De schachtwand in het dekerrein bestaat uit tûbingen. Kosten f 150.000,— waarvan f 30.000,— beton en f 15.000,— vulstenen. 265 m schachtkolom vulstenen $\equiv$ 6890 m³. 11 m schachtkolom beton $\equiv$ 540 m³. Betontransport via betonpersketel. Vulstenen via vrije val. Dichtheid vulstenen 1,84 ton/m³ (poriënvolume 20%). Totaal 26 openingen in de schachtwand. Vanaf 272 mv 2 openingen in de schachtwand.

Shaft Hendrik I (DSM)

Shaft opening at surface 26 m² (286 ft²). Shaft wall above Carboniferous consists of steel rings. Costs Hfl 150,000, of which Hfl 30,000 for concrete and Hfl 15,000 for fill material. 265 metres of shaft column fill material = 6890 m³. 11 metres of shaft column of concrete = 540 m³. Concrete transported by concrete pressure vessel. Rubble fill by free fall. Density fill material 1.84 ton/m³ (pore volume 20%). Total of 26 openings in shaft wall, of which 2 below 272 m (below 910 feet).

cilindrisch gedeelte van de prop boven de laadplaats verleent de prop bovendien een zekere stabiliteit bij eventuele kleine zakkingen. De kolombewapening (0,3% van het schachtoppervlak) zorgt voor de nodige versterking. Door het onderste gedeelte van de prop te wapenen en vooraf te storten kan dit gedeelte, na verharding, dienst doen als vloer waarop de rest van de prop zonder onderbreking gestort kan worden. De railvloer kan dan beduidend zwakker geconstrueerd worden. De ponsspanning bedraagt bij het voorbeeld schacht I Hendrik, 6 kg/cm² zodat afschuiving van het middendeel van de prop langs de opleggingen is uitgesloten (toelaatbare ponsspanning 15 kg/cm²).

De oplegprop is toegepast bij 9 schachten met een dik dekterrein (gemiddeld 210 m met als uitersten 100 en 300 m), een groot schachtoppervlak (gemiddeld 23 m² met als uitersten 13 m² en 35 m²) en veelal een gladde schachtwand. De gemiddelde lengte van de vulkolom bedraagt 263 m met als uitersten 140 m en 380 m.

De kleefprop (fig. 2 t/m 5)

Methode IIa (fig. 2)

Bij de Domaniale mijn zijn de 5 verlaten schachten vanaf de bovenste verdieping tot aan het maaiveld gevuld met beton. Deze methode blijkt onder de bij deze schachten voorkomende omstandigheden de gunstigste oplossing te bieden:

1. de afstand tussen de vloer van de bovenste verdieping en top carboon bedraagt gemiddeld 7 m met als uitersten 3 m en 22 m. In 4 van de 5 gevallen is het nauwelijks mogelijk een voldoende sterke en afsluitende prop in bovengenoemd traject aan te brengen;
2. de schachtinhoud boven de vloer van de bovenste verdieping bedraagt gemiddeld slechts 550 m² met als uitersten 135 m² en 1150 m². Bij een complete betonvulling komen de kosten voor een betonnen plaat met navulopening te vervallen.

Bij 3 schachten is als extra veiligheidsmaatregel de bovenste laadplaats met wasserijstenen opgevuld omdat de eerstvolgende verdieping slechts 10 meter dieper is gelegen.

Het onderste gedeelte van de betonvulling, dat de laadplaats afsluit, wordt apart gestort. Deze "prop"

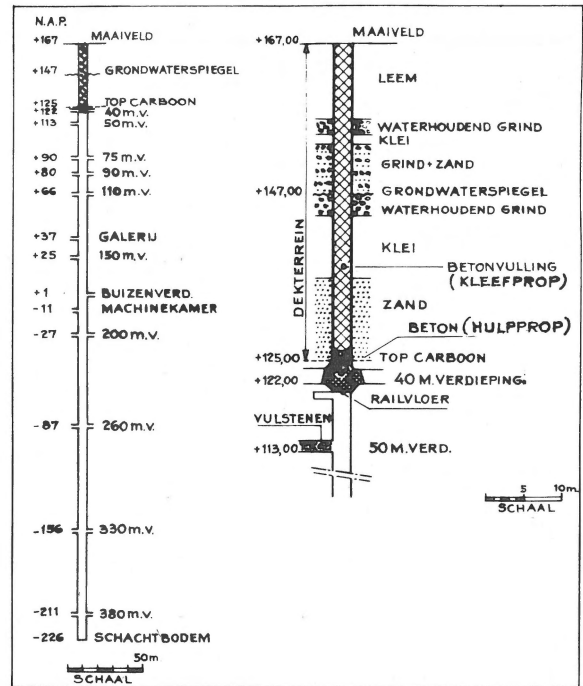


Fig. 2

Schacht Willem I van de NV Domaniale Mijnmaatschappij
Schachtoppervlak in dekterrein: 12 m². Gemetselde schachtwand boven +113 m NAP. Kosten f 50.000,— waarvan f 25.000,— beton en f 5.000,— vulstenen. 41 m schachtkolom betonvulling: 474 m³ (200 kg/cement/m³). 5 m schachtkolom betonprop: 113 m³ (325 kg cement/m³). 21 openingen in de schachtwand.

Shaft Willem I of the Dominial Mining Company, Kerkrade
Shaftopening at surface = 12 m² (132 ft²). Shaft wall brick first 52 m (below top Carboniferous). Costs Hfl 50,000, of which Hfl 25,000 concrete and Hfl 5,000 fill materials. 41 meters shaft column concrete filled = 474 m³ (200 kg cement/m³). 5 meters shaft column concrete plug = 113 m³ (325 kg cement/m³). 21 openings in shaft wall.

(325 kg cement per m³ beton) dient om de rest van de beton, die slechts 200 kg cement per m³ beton bevat, tijdens het verhardingsproces te dragen. Hierdoor kan de bekistingsvloer (railvloer) eenvoudig uitgevoerd worden.

Methode IIb (fig. 3)

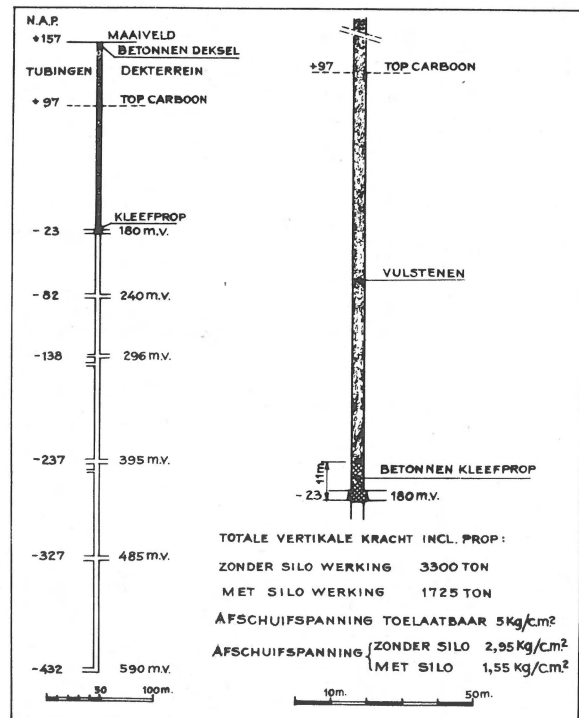


Fig. 3

Schacht Willem I van de NV Willem Sophia

Schachtoppervlak in het dekkerrein 8 m^2 ($\phi 3,25 \text{ m}$). De schachtwand in het dekkerrein bestaat uit tûbingen. Kosten f 35.000,— waarvan f 5.500,— beton en f 2.500,— vulstenen. 170 m schachtkolom vulstenen $\equiv 1360 \text{ m}^3$. 11 m schachtkolom beton $\equiv 100 \text{ m}^3$. Betontransport via $\phi 200 \text{ mm}$ leiding. Vulstenen via vrije val. Totaal 13 openingen in de schachtwand. Vanaf de 180 meter verdieping 2 openingen in de schachtwand.

Shaft Willem I of Willem Sophia Mine

Shaftopening at surface = 8 m^2 (88 ft²). Shaft wall above Carboniferous consists of stell rings. Costs Hfl 35,000, of which Hfl 5,500 for concrete and Hfl 2,500 for fill materials. 170 meters shaft column fill = 1360 m^3 . 11 meters shaft column concrete = 100 m^3 . Concrete transported through 8" line. Fill by free fall. Total 13 openings in shaft wall, of which 2 below 180 m (below 600 feet).

Bij de mijn Willem Sophia geldt voor 4 van de 5 gesloten schachten het volgende:

- de dikte van het dekkerrein is gemiddeld 52 m;

- de diepte van de bovenste verdieping bedraagt gemiddeld 115 m;
- de schachthoud boven de bovenste verdieping bedraagt gemiddeld 1150 m^3 ;
- de schachtwanden zijn ruw en onregelmatig van vorm.

Onder deze omstandigheden verdient een kleefprop uit kostprijsoverwegingen de voorkeur boven een oplegprop. Methode IIa wordt niet toegepast, omdat er voldoende plaats is voor een kleefprop tussen de bovenste verdieping en top carboon en omdat de schachthoud vanaf de bovenste verdieping tot aan het maaiveld te groot is (1000 m^3 vulstenen en een betonnen deksel kosten hoogstens f 12.000,— terwijl 1000 m^3 beton minstens f 45.000,— kosten).

Bij schacht Willem I is het sterkte-technisch mogelijk de kleefprop vlak onder top carboon aan te brengen i.p.v. op de bovenste verdieping: de mogelijke besparingen (800 m^3 schachtvulstenen $\equiv$ f 1.500,— en 50 m^3 beton $\equiv$ f 3.000,—) wegen evenwel niet op tegen de extra kosten van het aanzetten van de prop midden in de schacht.

Methode IIc (fig. 4 en 5)

De Laura en Vereniging is van plan circa 500.000 ton kolen te winnen uit de lagen XI, XIa en XII in de schachtveiligheidspijler van de overbodige schachten Laura I en II. De afzonderlijke betontrajecten (kleefproppen) zijn zo gedimensioneerd dat ze bij een afschuifspanning van 3 kg/cm^2 , de er zich boven bevindende vulkolom (tot aan het maaiveld) kunnen dragen. De schachtwand ondervindt dus over de gehele lengte boven laag XII aan de binnenzijde tegendruk en kan daardoor niet afkalven, ondanks afbouw-invloeden. De bovenste kleefprop sluit het dekkerrein volledig af van het overige ondergrondse mijngebouw.

Schacht Hendrik III was vrijwel ontoegankelijk: de ondergrondse verbindingen waren geroofd, de schachtinstallaties waren uitgebouwd en de uittrekkende stroom bevatte 1-4% mijn gas en 0,5-2% kool-dioxyde. In de schacht zijn 2 zones versterkt met beton. De beton en het vulmateriaal zijn vanaf het maaiveld in de schacht gestort. Vanwege het ontbreken van barrières in de laadplaatsen zijn de betontrajecten in schijven opgebouwd door het inlassen van rustdagen teneinde de beton te laten aanharden. De voortgangscontrole heeft plaatsgevonden door lodingen van de niveaus. De afsluitende eigenschappen

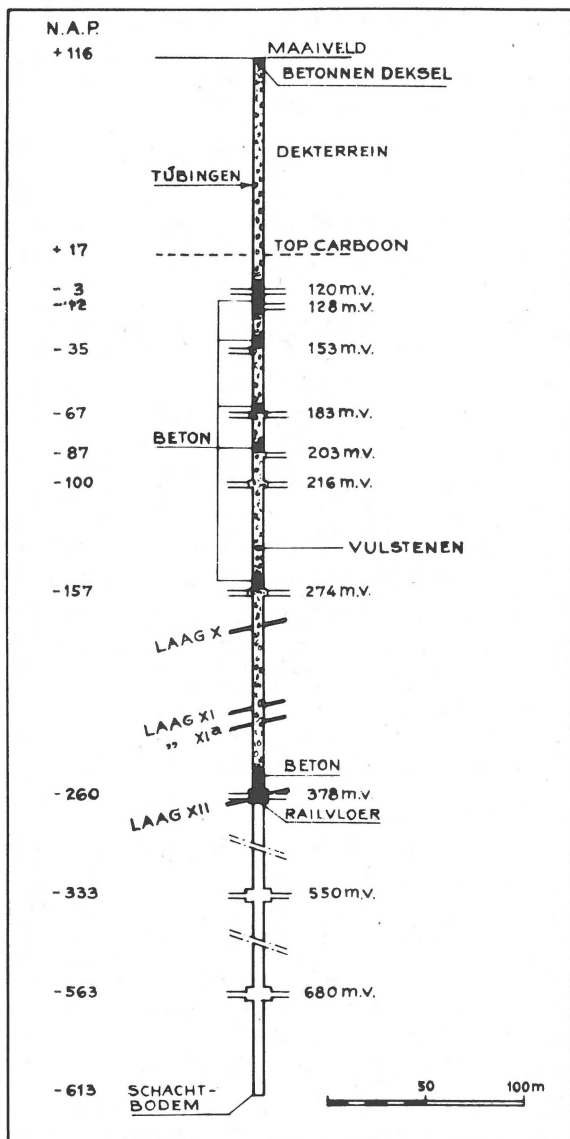


Fig. 4

Schacht Laura I van de NV Laura en Vereniging

Schachtoppervlak in dekkerrein 16 m² (φ 4,5 m). De schachtwand in het dekkerrein bestaat uit túbíngen. Kosten f 175.000,- waarvan f 60.000,- beton en f 15.000,- vulstenen. Ca. 300 m schachtkolom vulstenen ≡ 4800 m³. 82 m schachtkolom bestaande uit beton ≡ 1400 m³. Beton- en vulstenentransport via φ 250 mm valleiding. Dichtheid vulstenen 1,60 ton/m³ (poriënvolume 30%). Totaal 19 openingen in de schachtwand. Vanaf 378 m.v. 15 openingen in de schachtwand.

Shaft Laura I of Laura Mining Company

Shaft opening at surface = 16 m² (176 ft²). Shaft wall above Carboniferous consists of steel rings. Costs Hfl 175,000, of

which Hfl 60,000 for concrete and Hfl 15,000 for fill materials. 300 meters shaft column fill = 4800 m³ fill (rock & rubble). 82 meters shaft column concrete = 1400 m³. Concrete and fill materials placed through a 10" diameter free fall tubing. Density fillings 1.60 ton/m³ (pore volume 30%). Total of 19 openings in shaft wall, of which 15 below 378 m (below 1260 feet).

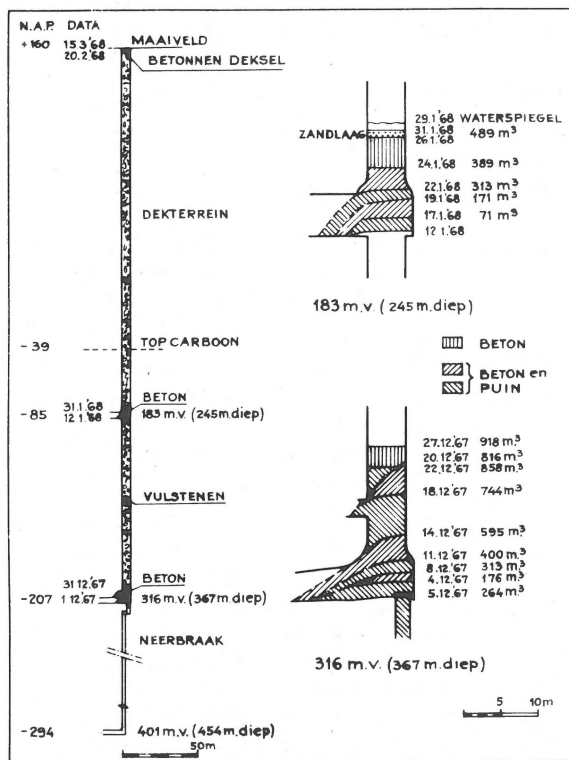


Fig. 5

Schacht Hendrik III van DSM

Schachtoppervlak in dekkerrein 22 m² (φ 5,2 m). De schachtwand in het dekkerrein bestaat uit túbíngen. Kosten f 100.000,- waarvan f 45.000,- beton en f 25.000,- vulstenen. 330 m schachtkolom vulstenen ≡ 7330 m³. 35 m schachtkolom bestaande uit 50% beton en 50% puin ≡ 1420 m³. Beton, puin en vulstenentransport via vrije val. Dichtheid vulstenen 2,36 ton/m³ (poriënvolume 9%). 4 openingen in de schachtwand.

Shaft Hendrik III (DSM)

Shaft opening at surface = 22 m² (242 ft²).

Shaft wall above Carboniferous consists of steel rings. Costs Hfl 100,000, of which Hfl 45,000 for cement and Hfl 25,000 for fill material. 330 meters shaft column fill material = 7330 m³. 35 meters shaft column 50% concrete en 50% fill material = 1420 m³. Concrete and other fill materials places by free fall. Density fill material 2.36 ton/m³ (pore volume 9%). 4 openings in shaft wall.

van de bezonzones zijn getest door het aanbrengen van waterkolommen.

KEUZE VAN DE METHODE

Beide methoden zijn, indien juist gedimensioneerd en uitgevoerd, in feite gelijkwaardig. De kosten zijn daarom bepalend voor de keuze van de methode. Deze kosten zijn niet zonder meer afhankelijk van het type prop doch van de invloed van de plaatselijke omstandigheden op de dimensionering en de uitvoering van ieder type prop.

Invloed van de omstandigheden op de voorkeur voor één der methodes

Omstandigheden schacht	Methode		
	Oplegprop		Kleefprop
	I	IIa	IIb
Dik dekterrein	+	—	—
Dun dekterrein	0	+	+
Grote afstand bovenste verdieping tot top carboon	—	+	—
Grote schachtdiameter	+	—	0
Kleine schachtdiameter	0	+	+
Gladde schachtwand	0	0	—
Ruwe schachtwand	0	0	+
Slechte aansluiting van de schachtwand aan het omringende gesteente	0	—	—
Grote openingen in de schachtwand	+	0	—
Kleine openingen in de schachtwand	—	0	+
A-symmetrische laadplaatsaansluitingen	—	0	0
Eénzijdige laadplaatsaansluitingen	—	0	+

+ = voordeel van de desbetreffende methode t.o.v. de andere methodes

— = nadeel van de desbetreffende methode t.o.v. de andere methodes

0 = geen invloed van de desbetreffende methode t.o.v. de andere methodes

Indien een schacht geheel of over een groot gedeelte moet worden gevuld wegens bijzondere omstandigheden verdient het versterken van de vulling in de schacht ter hoogte van de openingen in de schachtwand veelal de voorkeur boven het plaatsen van afsluitdammen in de schachtaansluitingen.

KOSTENVERGELIJKING

Aan de hand van 2 voorbeelden wordt het verschil in kosten voor het beveiligen van het maaiveld tussen de in Limburg toegepaste methodes en de methode van geheel vullen van de schacht in combinatie met het aanbrengen van barrières in de laadplaatsaansluitingen toegelicht:

Hendrik I (fig. 1)

Kosten toegepaste methode (*methode I*) f 150.000,—

Alternatief

— afsluiting bovengronds	f 10.000,—
— vulstenen	f 50.000,—
— 26 dammen, minstens	f 260.000,—
Totaal kosten bij geheel vullen met barrières:	f 320.000,—

Willem I Domaniale mijn (fig. 2)

Kosten toegepaste methode (*methode II*) f 50.000,—

Alternatief

— afsluiting bovengronds	f 20.000,—
— vulstenen	f 30.000,—
— 21 dammen, minstens	f 210.000,—
Totaal kosten bij geheel vullen met barrières:	f 250.000,—

Bij bovengenoemde kostenramingen is verondersteld:

- dammen kunnen slechts 1 à 2 kg/cm² tegendruk leveren;
- geen extra bemalingskosten;
- geen kosten voor ventilatie;
- geen uitbouwkosten voor schachtuitrusting.

Overzichtstabel van de 21 schachten, die de periode 1967 t/m 1970 zijn gesloten.

Type afsluiting	Mijn	Schacht	Sluitings- jaar	Dikte dekkerrein in m	Afstand bovenste verdieping tot top car- boon in m	Diepte bovenste verdieping	Opper- vlakte schacht in dekkerrein in m ²
Oplegprop	Willem Sophia	Sophia	1970	126	2	148	15
Oplegprop	SM Wilhelmina	I	1970	97	66	163	16
Oplegprop	SM wilhelmina	II	1970	97	66	163	16
Oplegprop	SM Hendrik	I	1967	222	50	272	26
Oplegprop	SM Hendrik	II	1968	223	49	272	13
Oplegprop	SM Hendrik	IV	1969	221	51	272	35
Oplegprop	SM Maurits	I	1968	303	86	389	26
Oplegprop	SM Maurits	II	1969	302	89	391	26
Oplegprop	SM Maurits	III	1969	300	90	390	35
Oplegprop	gemiddelde van 9 schachten			210	63	273	23
Kleefprop a	Domaniale	Willem I	1969	42	3	45	12
Kleefprop a	Domaniale	Willem II	1970	43	3	46	24
Kleefprop a	Domaniale	Beerenbosch I	1969	48	5	53	4
Kleefprop a	Domaniale	Nulland	1970	41	22	63	10
Kleefprop a	Domaniale	Buizenschacht	1969	42	4	46	3
Kleefprop a	gemiddelde van 5 schachten			43	7	50	11
Kleefprop b	Willem Sophia	Willem I	1970	61	120	181	8
Kleefprop b	Willem Sophia	Willem II	1970	61	45	106	8
Kleefprop b	Willem Sophia	Ham	1970	21	53	74	18
Kleefprop b	Willem Sophia	Melanie	1970	66	34	100	7
Kleefprop b	gemiddelde van 4 schachten			52	63	115	10
Kleefprop c	Laura	I	1969	99	20	119	16
Kleefprop c	Laura	II	1970	100	22	122	16
Kleefprop c	SM Hendrik	III	1968	199	46	245	22
Kleefprop c	gemiddelde van 3 schachten			133	29	162	18
Gemiddelde van 21 gesloten schachten				130	45	175	17

* 720 m³ beton en 700 m³ puin

Schachtwand in dekterrein	Lengte schacht in m	Aantal aange- sloten verdie- pingen	Beton in m ³	Vulstenen kolom in m	m ³ schacht met vul- stenen	Kosten afsluiting excl. toe- zicht in f	NAP	
							maaiveld	bovenste verdieping
metselwerk	330	5	350	140	2100	50.000,—	+ 176	+ 28
tübing	821	7	380	155	2480	105.000,—	+ 157	— 6
tübing	537	7	760	140	2240	140.000,—	+ 157	— 6
tübing	901	7	540	265	6890	150.000,—	+ 97	— 175
tübing	855	7	280	265	3445	100.000,—	+ 97	— 175
tübing	1058	8	774	265	9275	230.000,—	+ 96	— 175
tübing	856	5	622	380	9880	165.000,—	+ 70	— 319
tübing	810	5	691	380	9880	165.000,—	+ 72	— 319
tübing	850	5	939	380	13300	215.000,—	+ 71	— 319
	780	6	593	263	6610	147.000,—		
metselwerk	393	10	580	—	—	50.000,—	+ 167	+ 122
metselwerk	804	10	1150	—	—	70.000,—	+ 168	+ 122
tübing	482	7	260	—	—	25.000,—	+ 147	+ 94
metselwerk	347	6	630	—	—	30.000,—	+ 156	+ 93
metselwerk	504	8	135	—	—	10.000,—	+ 167	+ 121
	506	8	550	—	—	37.000,—		
tübing	600	6	100	170	1360	35.000,—	+ 158	— 23
tübing	600	8	80	100	800	30.000,—	+ 158	+ 52
metselwerk	74	1	575	beton		30.000,—	+ 129	+ 55
beton	210	2	330	niet aangebr.		40.000,—	+ 153	+ 53
	371	4	153	104	985	34.000,—		
tübing	730	9	1400	295	4270	175.000,—	+ 116	— 3
tübing	401	5	1200	330	5280	135.000,—	+ 116	— 6
tübing	454	3	1420*	333	7330	100.000,—	+ 160	— 85
	528	6	1340	319	5780	137.000,—		
14X tübing 6X metselwerk 1X beton	600	6	600	180	3950	97.000,—		

Overzichtstabel van de 14 nog te sluiten schachten in de periode 1971 t/m 1977 (exclusief de 2 schachten Beatrix in aanleg van DSM)

Mijn	Schacht	Verwacht sluitingsjaar	Dikte dekkerrein in m	Afstand bovenste verdieping tot top car- boon in m	Diepte bovenste verdieping	Opper- vakte schacht in dekkerrein in m ²	Schachtwand in dekkerrein	Lengte schacht in m	Aantal verdie- pingen	NAP	
										maaiveld	bovenste verdieping
Domaniale	Beerenbosch II	pompschacht	47	6	53	20	beton	502	7	+ 147	+ 94
Julia	I	na 1975	216	88	304	23	tübing	550	4	+ 103	- 201
Julia	II	na 1975	213	91	304	23	tübing	560	4	+ 103	- 201
Oranje Nassau I	I	na 1975	96	25	121	7	tübing	254	5	+ 109	- 12
Oranje Nassau I	II	na 1975	96	25	122	7	tübing	470	7	+ 109	- 12
Oranje Nassau I	III	na 1975	96	39	135	12	tübing	441	5	+ 108	- 27
Oranje Nassau II	I	na 1971	132	30	162	9	tübing	475	9	+ 152	- 10
Oranje Nassau II	II	na 1971	131	31	162	9	tübing	390	7	+ 152	- 10
Oranje Nassau III	I	na 1975	149	79	228	27	tübing	830	6	+ 94	- 134
Oranje Nassau IV	I	na 1975	189		240	16	tübing	592	4	+ 109	- 131
SM Emma	I	1974/1975	198	61	259	25	tübing	882	6	+ 106	- 153
SM Emma	II	1974	200	58	258	16	tübing	570	4	+ 105	- 153
SM Emma	III	1974/1975	203	55	258	27	tübing	926	6	+ 105	- 153
SM Emma	IV	1971/1972	215	51	266	16	staalplaat	653	3	+ 66	- 200
Gemiddelde van 14 nog te sluiten schachten			156	49	205	17	12X tübing 2X beton	580	5.5		