

# Over de invloed van breken en brekers op de kwaliteit van het toeslagmateriaal

Hans van der Zanden

## Murphy's Law

Don't force it, take a bigger hammer

*Introduction to Mineral Processing*

*Kelly, Spottiswood*

**2003**

**Geproduceerde mineralen totaal 34,5 mld ton**

**Cement – Toeslagmateriaal – Industriële mineralen - Steenkool**

**44 mld ton gebroken en 12 mld gemaald**

**→ Ongeveer 5% van de wereldelectriciteitsproductie**

# Wereldmarkt van mineralen (incl. China)

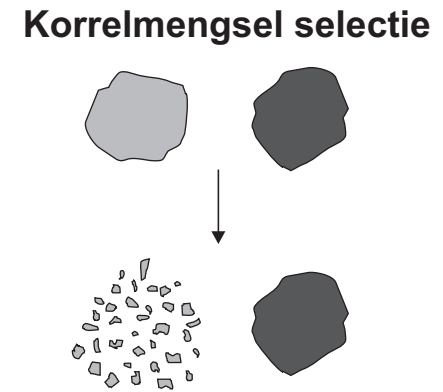
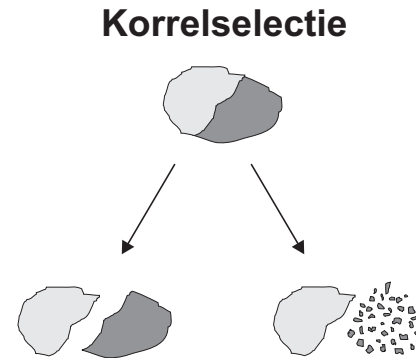
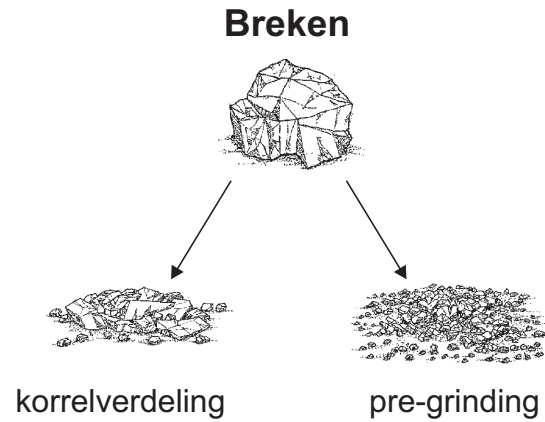
©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005

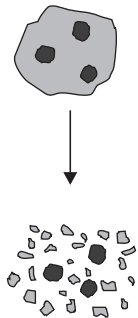
**raw materials**  
**mineral production**  
**(x 1000 ton)**

|                            |                     |                   |                                 |
|----------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>sand</b>                | natural sand        | 7.829.048         | 7.829.048                       |
|                            | manufactured sand   | 1.597.158         | 1.597.158                       |
| <b>aggregate</b>           | natural aggregate   | 10.217.848        | 10.217.848                      |
|                            | crushed aggregate   | 8.349.496         | 8.349.496                       |
| <b>industrial sand</b>     |                     | 118.875           | 95.100                          |
| <b>abbrasives</b>          |                     | 2.040             | 2.040                           |
| <b>diamonds</b>            |                     | 587.000           | 117.400 <i>is carats x 1000</i> |
| <b>metallic minerals</b>   | copper              | 1.472.527         | 13.400                          |
|                            | gold                | 778.788           | 2,57                            |
|                            | iron                | 1.452.500         | 581.000                         |
|                            | lead                | 116.000           | 2.900                           |
|                            | bauxite (aluminium) | 110.435           | 25.400                          |
|                            | mangeness           | 25.333            | 7.600                           |
|                            | nickel              | 52.800            | 1.320                           |
|                            | tin                 | 23.100            | 231                             |
|                            | tungsten            | 18.640            | 47                              |
|                            | chromium/chromite   | 43.333            | 13.000                          |
| <b>Industrial minerals</b> | lime                | 145.000           | 116.000                         |
|                            | gypsum              | 206.000           | 103.000                         |
|                            | phosphate rock      | 1.430.108         | 133.000                         |
|                            | potash              | 158.824           | 27.000                          |
|                            | feldspar            | 14.143            | 9.900                           |
| <b>Cement</b>              | limestone           | 2.232.575         |                                 |
|                            | slag                | 111.629           |                                 |
|                            | puzzolanes          | 55.814            |                                 |
| <b>Coal</b>                | hardcoal            | 4.904.628         | 4.458.753                       |
|                            | softcoal            | 1.019.141         | 926.492                         |
| <b>Grand total</b>         |                     | <b>43.072.783</b> | <b>34.509.735</b>               |

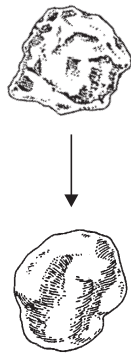
# Verkleinen



**Liberation**

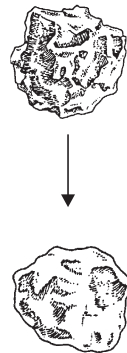


**Attrition**



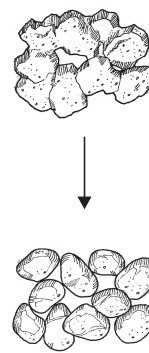
texture

**Abrasion**

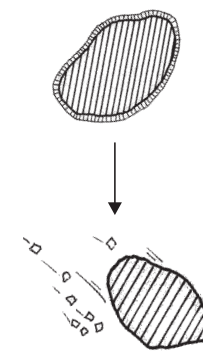


shape

**Disagglomeration**



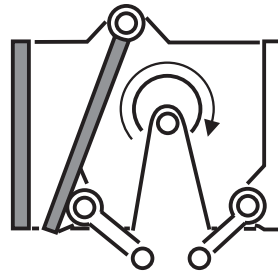
**Scrubbing**



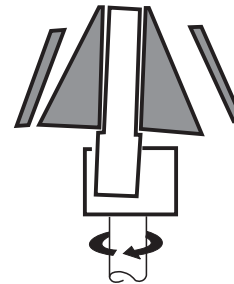
cleaning

## Drukbekers

**Kaakbreker**  
Eli Whitney Blake  
1856

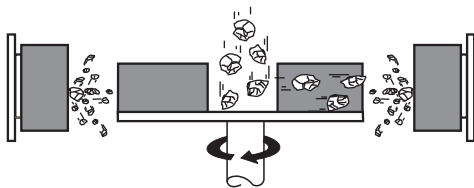


**Kegelbreker**  
Edgar Buck Symons  
1922

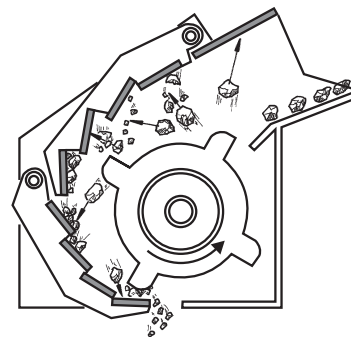


## Slagbrekers

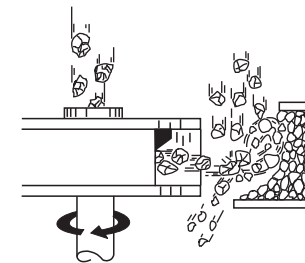
**VSI slagbreker**  
First model, 1850  
Commercialized from 1970



**HSI slagbreker**  
Andreas  
1948



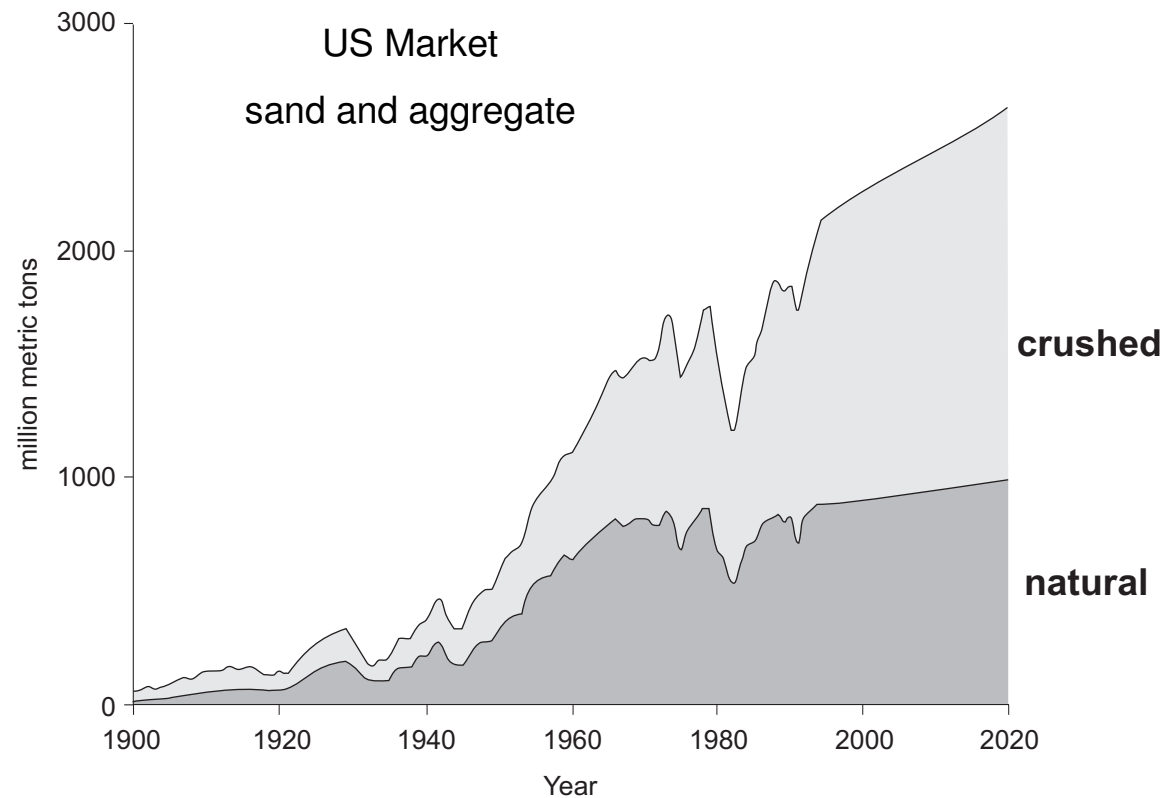
**Autogene VSI**  
Jim McDonald  
Barmac, 1970's



## Wereldwijd 2003

→ Natural sand and aggregate 28 mld ton

→ Crushed sand and aggregate 10 mld ton



## Sterk toenemende vraag

### Breekgoed (grondstof)

- schaarser
- uitgeputte voorraden
- strengere milieu eisen
- verminderde kwaliteit
- rest(afval)stoffen

### Brekers

- conservatief
- vraag naar nieuwe methoden
- concentraties door overnames
- (veel) te weinig R&D
- cubiceren
- mechaniek en besturing
- mobiele brekers
- keramische slijtmaterialen

### Productie

- grotere regio's
- superquarries (> 1 mln ton/yr)
- sea dredged
- recycling
- kostenbesparing (slijtage/energie)

### Breekprodukt (eindproduct)

- (veel) meer gebroken
- nieuwe ontwikkelingen
- asfalt en beton
- strengere normen
- selectie en cubiciteit
- meer fracties

**(te) weinig fundamenteel onderzoek**

(steeds minder concurrentie)

**→ Winst voor kwaliteit**



## Uitwendige korrelstructuur

### Natuurlijke korrelafzettingen

verweerd breukvlak

gerond

glad

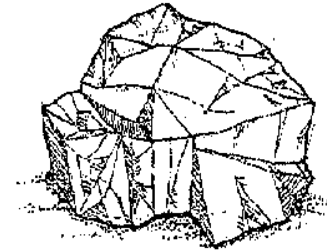


### Uitgebroken rotsmateriaal

vers breukvlak

hoekig

ruw

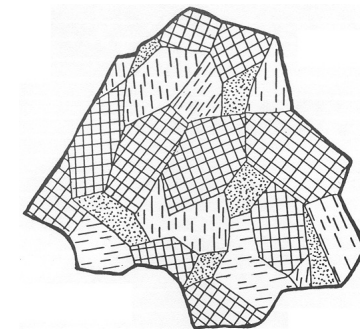


## Inwendige korrelstructuur

Minerale fractie

Poriën en scheuren

Vreemde bestanddelen



# Minerale korrelstructuur

**Grofkorrelig**  
> 5 mm

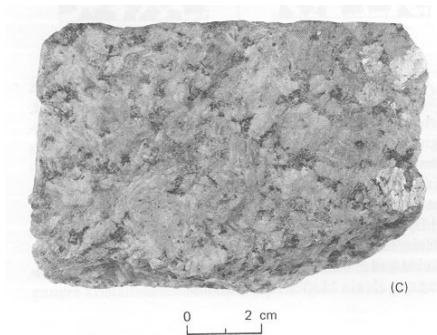
**Middelkorrelig**  
1 – 5 mm

**Fijnkorrelig**  
< 1 mm

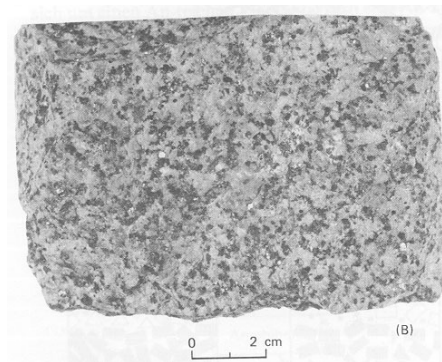
**Amorf**

## Stollingsgesteenten

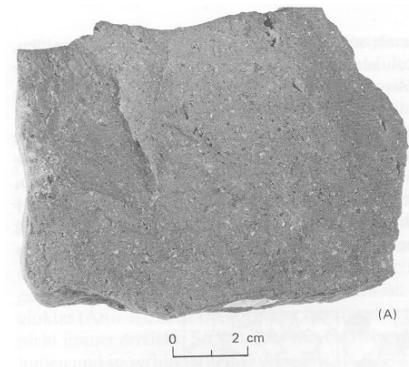
**Graniet**



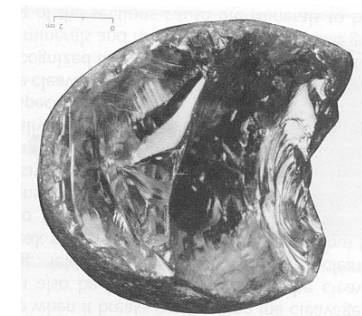
**Graniet**



**Rhyoliet**



**Kwarts**

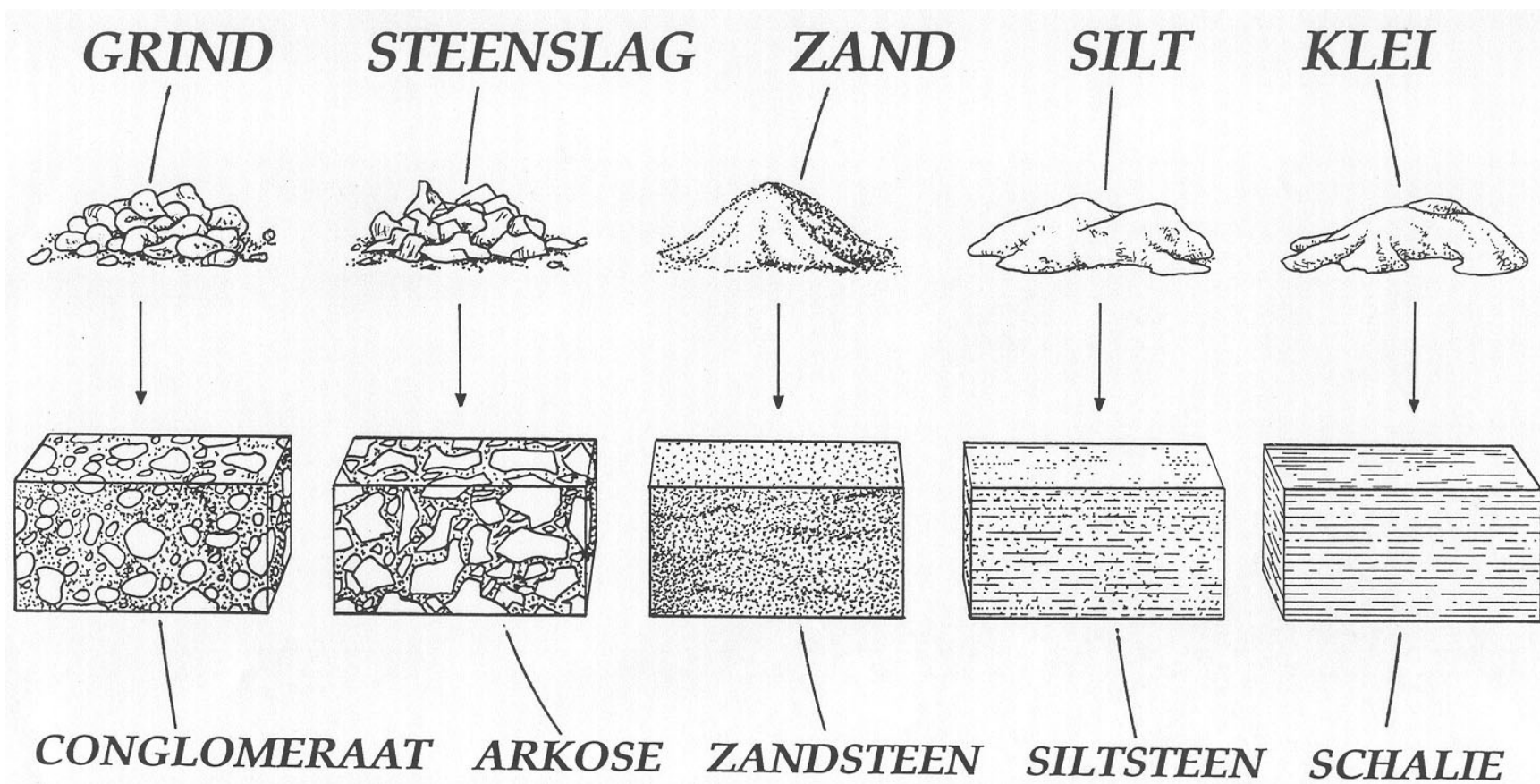


langzaam ← ————— afkoeling ————— → snel

**Andesiet**

**Basalt**

## Verweringsgesteenten



# Minerale fractie

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005

## Silicaten



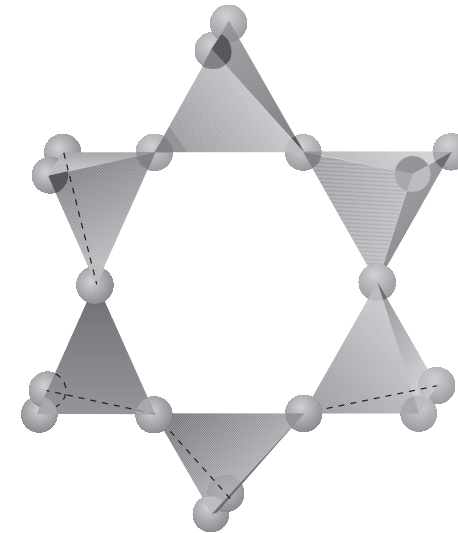
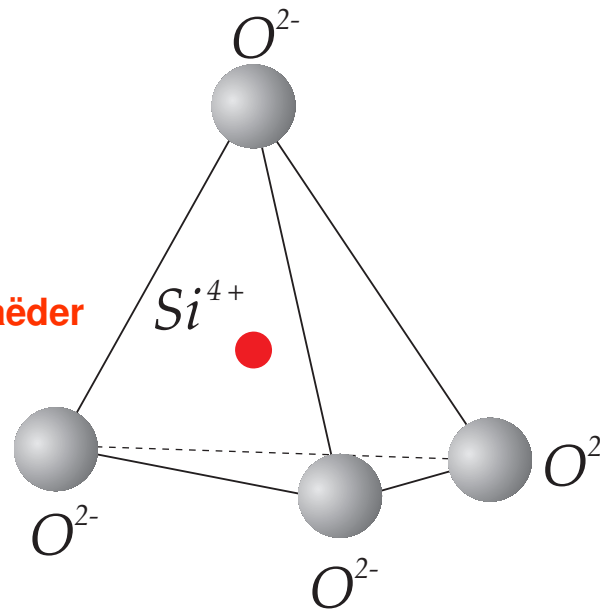
feldspaten, biotiet, hornblende, etc.

## Silicamineneralen

$(\text{SiO}_2)$  polymorf

kwarts(glas)

$[\text{SiO}_4]^{4-}$  tetraëder



ringsilicaat

## Carbonaten



calciet, aragoniet, dolomiet

## Mineralen zijn chemisch (electrisch) gebonden (groepen) atomen/ionen

### Sterke binding

→ ionisch

Covalent/metaal

### “zwakke” binding

Van der Waals

(intermoleculair)

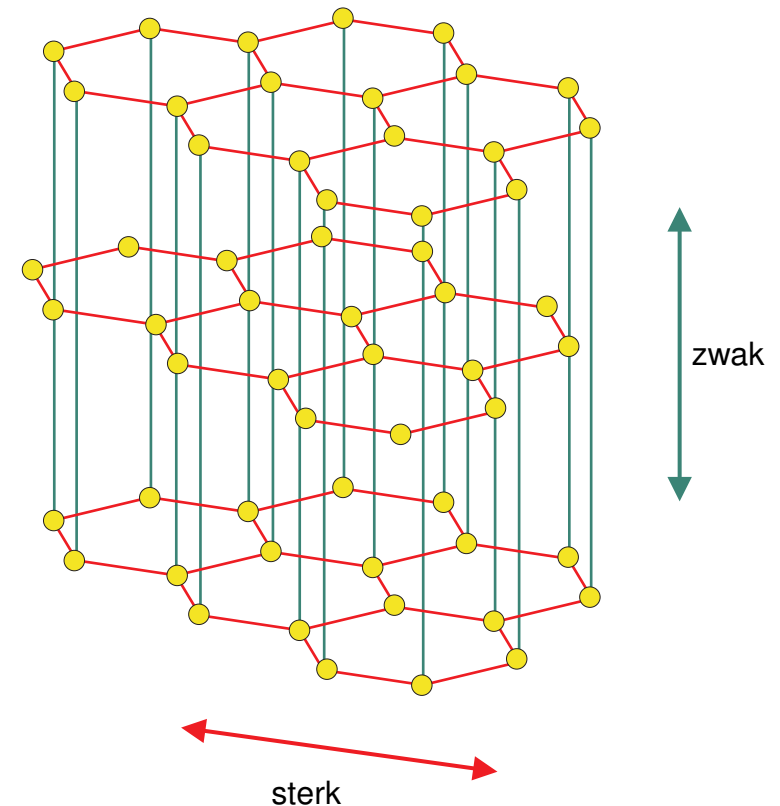
→ **Verkleinen = verbreken bindingen**

Bindingssterkte wordt bepaald door afstand ionen en elektrische lading en kan sterk variëren voor verschillende mineralen

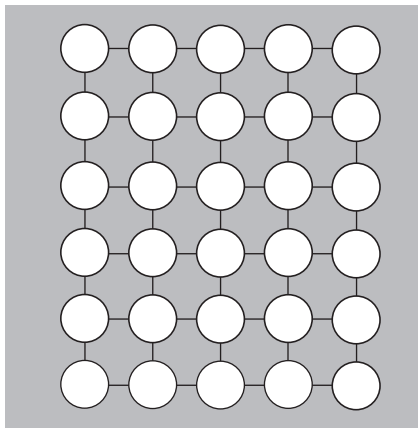
Hoe sterker de binding hoe groter de hardheid en hoe moeilijker splijtbaar

Bindingssterkte kan in verschillende richtingen (x,y,z) sterk uiteenlopen

### combinatie Grafiet (C)



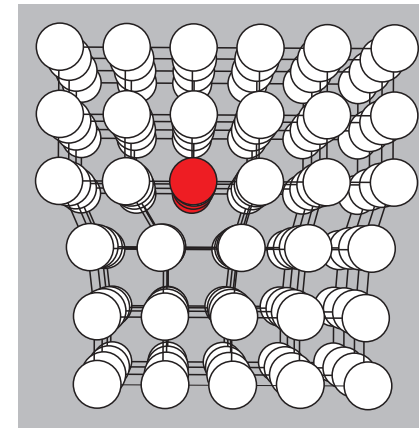
## Ideale structuur perfect kristalrooster



Ideaal kristal  
is 100-1000 x sterker dan  
reaal kristal

“oneindig” sterk  
komen in de natuur niet voor  
(- 273C)  
→ “**onbreekbaar**”

## Reale structuur defect kristalrooster



dislocatie

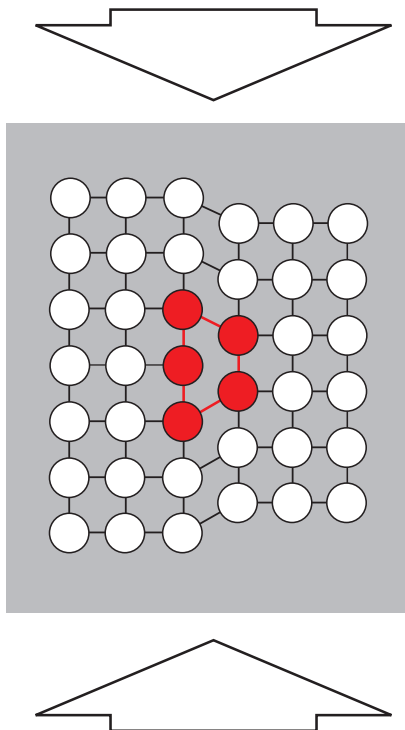
Veel minder sterk  
Defecten vormen zwakke schakels  
→ **breekbaar**

# Nanoscheuren

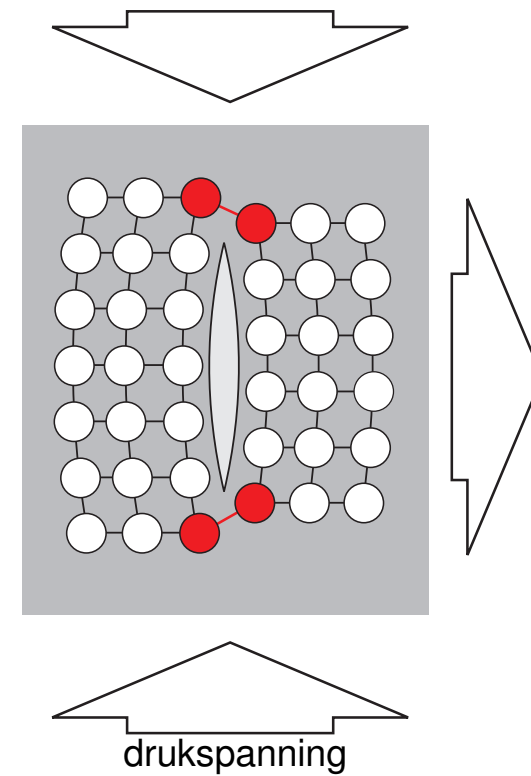
**Drukkracht**  
↓  
trekspanningen  
**(90% energieverlies)**  
↓  
concentratie rond defecten  
**(zwakke schakels)**

→ **vervorming**

→ **nano( $10^{-12}$ )scheuren**  
verbreken chemische bindingen

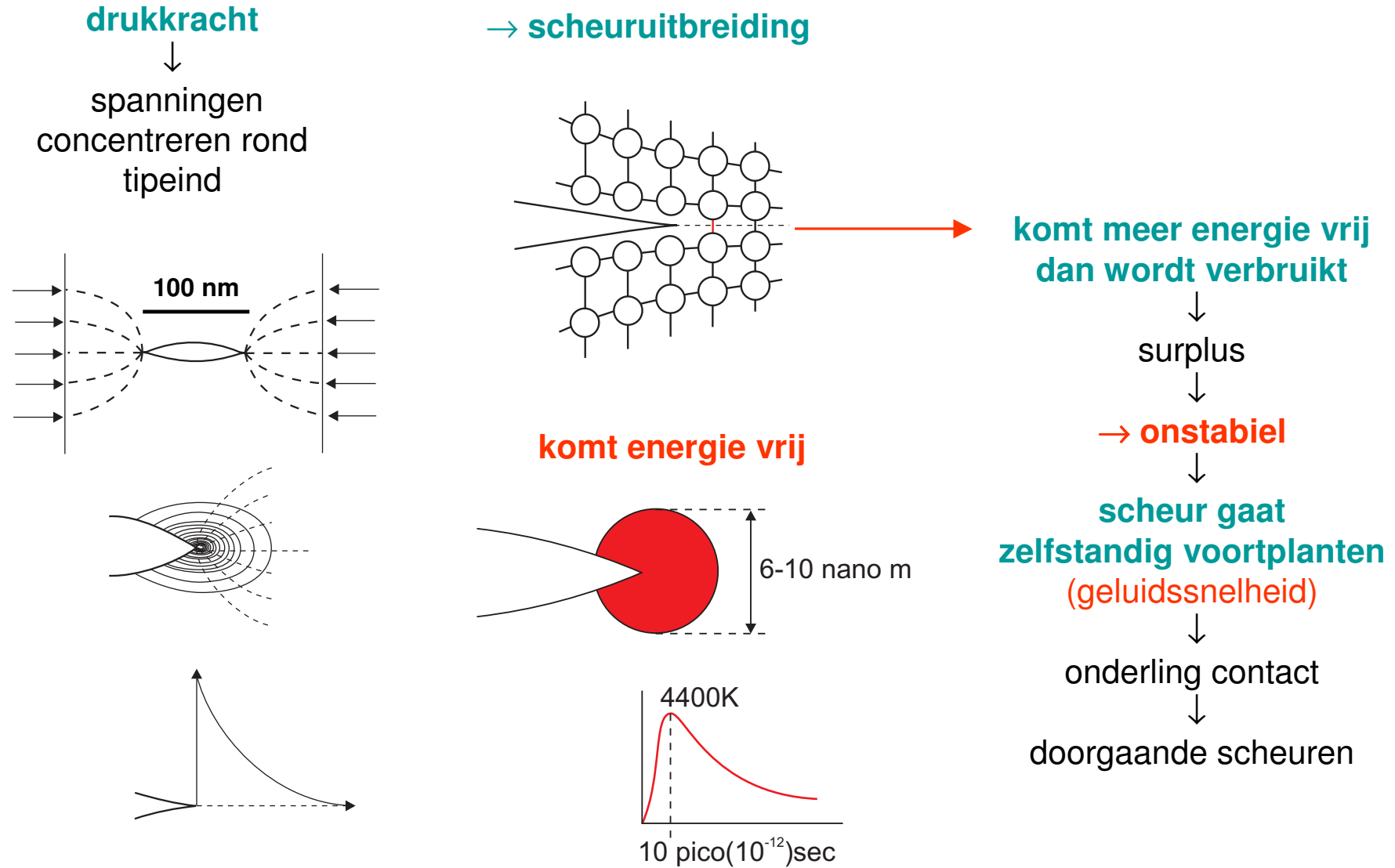


trekspanning





# Scheurvorming (Griffith)

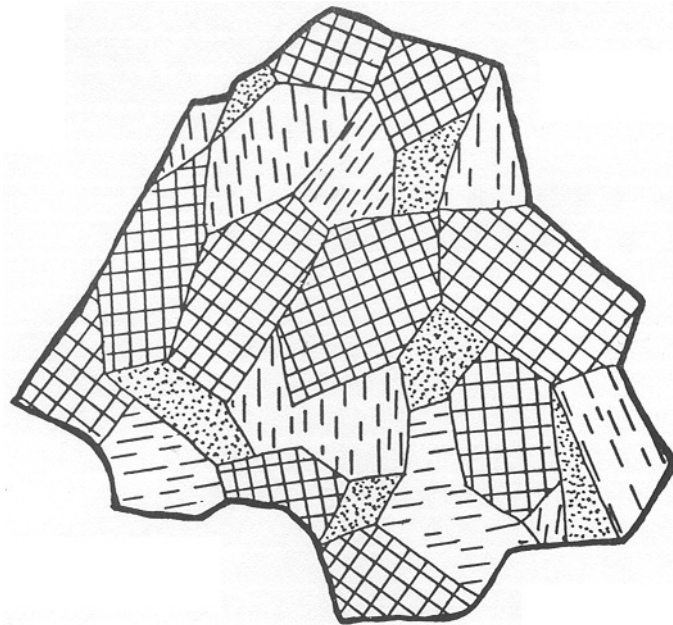




# Binding tussen mineralen

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005



Meer defecten tussen (grensvlakken)  
mineralen door verschillen in:

bindingssterkte

uitzettingscoëfficiënt

elastisch gedrag

bestendigheid

→ **Binding in mineralen is normaal sterker dan tussen mineralen**

# Breuksplijting (cleavage)

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland  
Voordacht RWS, March 2005

## Splijtrichting

1

anisotroop

2

Semi-  
anisotroop

3

isotroop

0

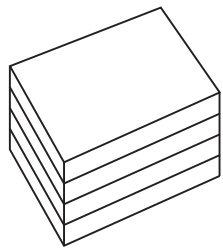
Semi-isotroop

**Kristallen**  
Structuur

**Glas**

“geen structuur”

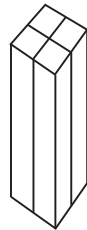
blad



Mica

Chloriet

prisma



Feldspaten

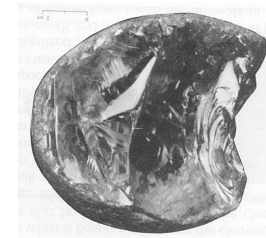
cubisch



Calciet

Dolomiet

schelpvormig breukvlak



Chert / Flint

Kwarts

# Zwakke schakels in korrelstructuur

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland  
Voordacht RWS, March 2005

## Onstaan

### Vormingsproces

temperatuur  
afkoelsnelheid  
druk

### Rotsformatie

temperatuur  
druk  
difussie  
vervormingen  
aardbevingen  
verwering

### Winning

uitbreken  
springen

## Zwakke schakels

nano

→ defecten in kristaalrooster/glas  
nanoscheuren ( $10^{-12}$ )

→ onregelmatigheden in korrelstructuur  
grensvlakken tussen kristallen  
microscheuren ( $10^{-9}$ )

poriën

haarscheuren ( $10^{-6}$ )

holten

macroscheuren ( $10^{-3}$ )

andersoortige insluitingen

verweerde gedeelten

aangehecht materiaal

macro

doorgaande scheuren

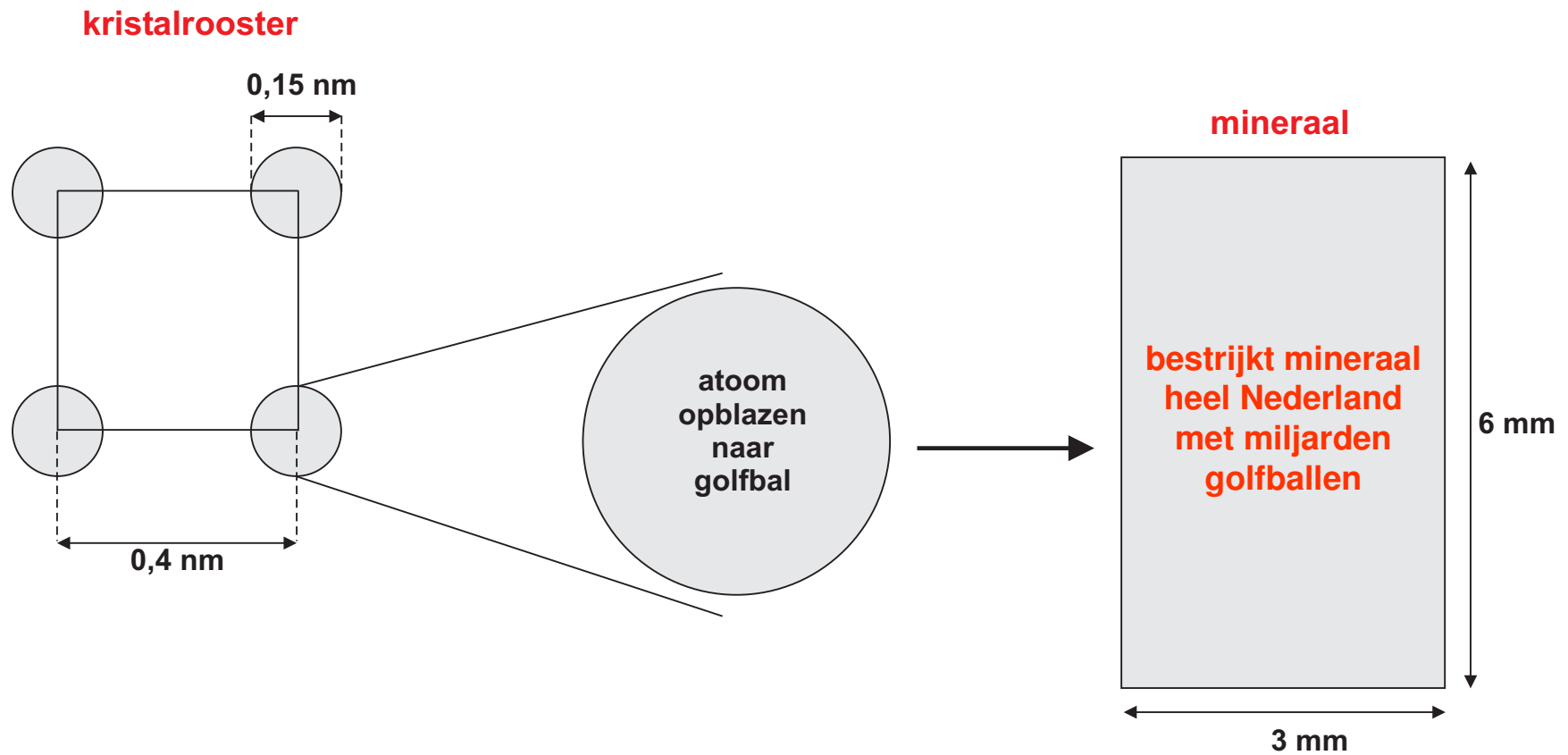
→ Tijdens breken worden zwakke schakels selectief vernietigd

→ Geselecteerd materiaal is daarom sterker dan niet-geselecteerd materiaal

# Vergelijking

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005



## Verkleiningsintensiteit breekgedrag

### Korrelstructuur

selectievermogen

vorm

microtextuur

vers breukvlak

### Korrelverdeling

verkleiningsgraad

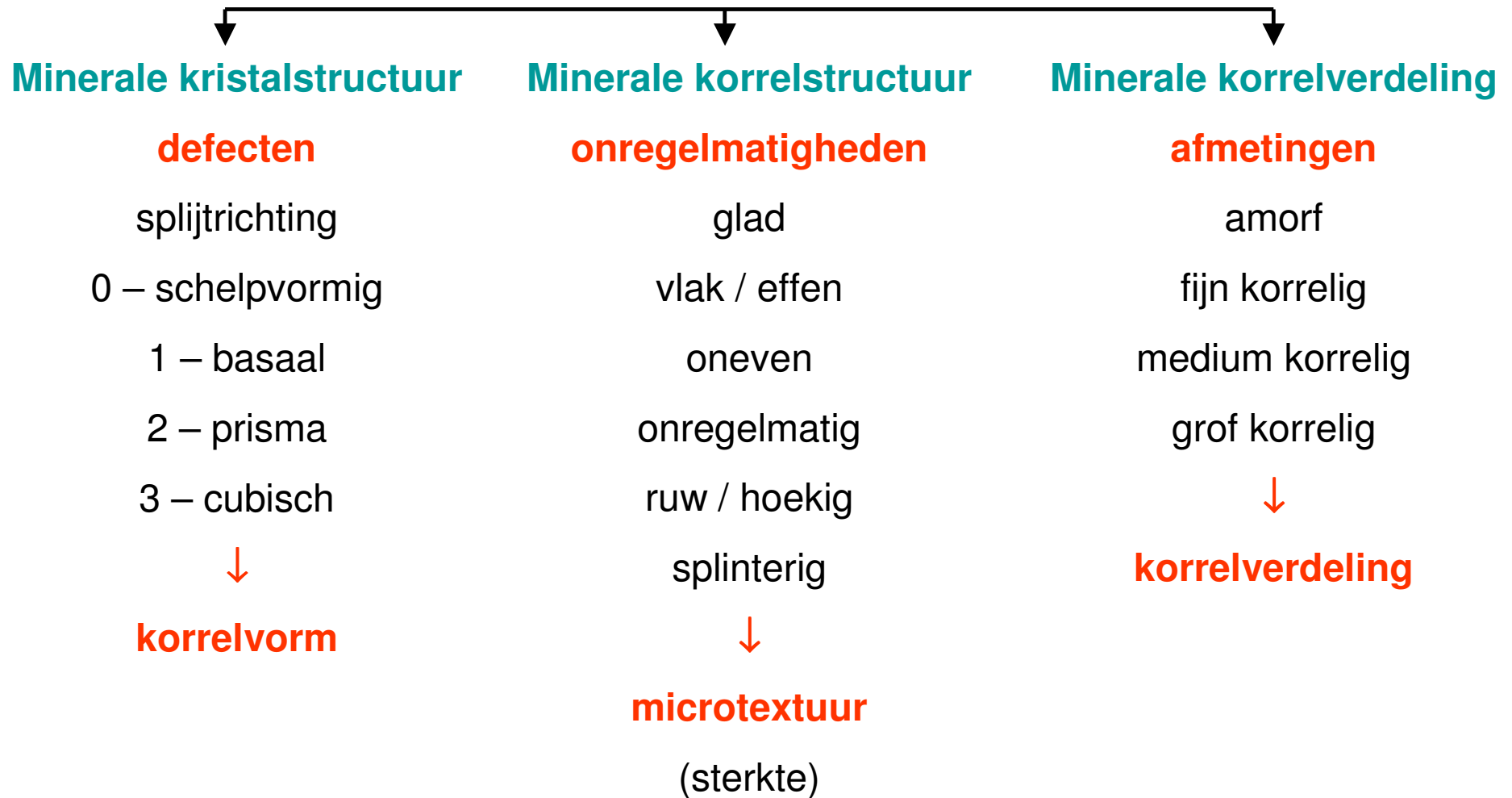
netto product

recirculatie

ondermaat

fijn ( $< 63 \mu\text{m}$ )

## Sterkte van de bindingen



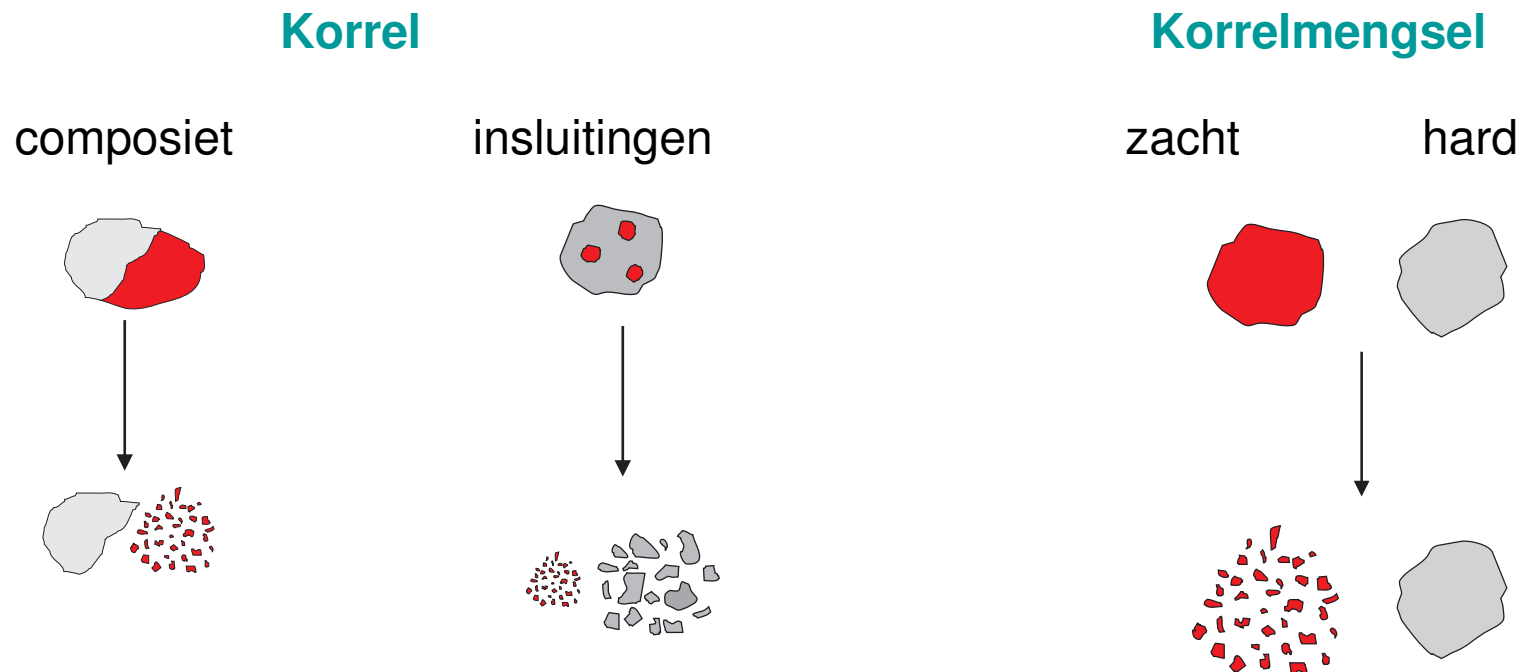
# Selectievermogen

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005

→ Vernietigen zwakke schakels

→ Afscheiden van inferieure (minder harde/sterke) bestanddelen



→ Selectie garandeert

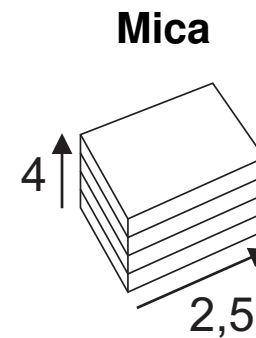
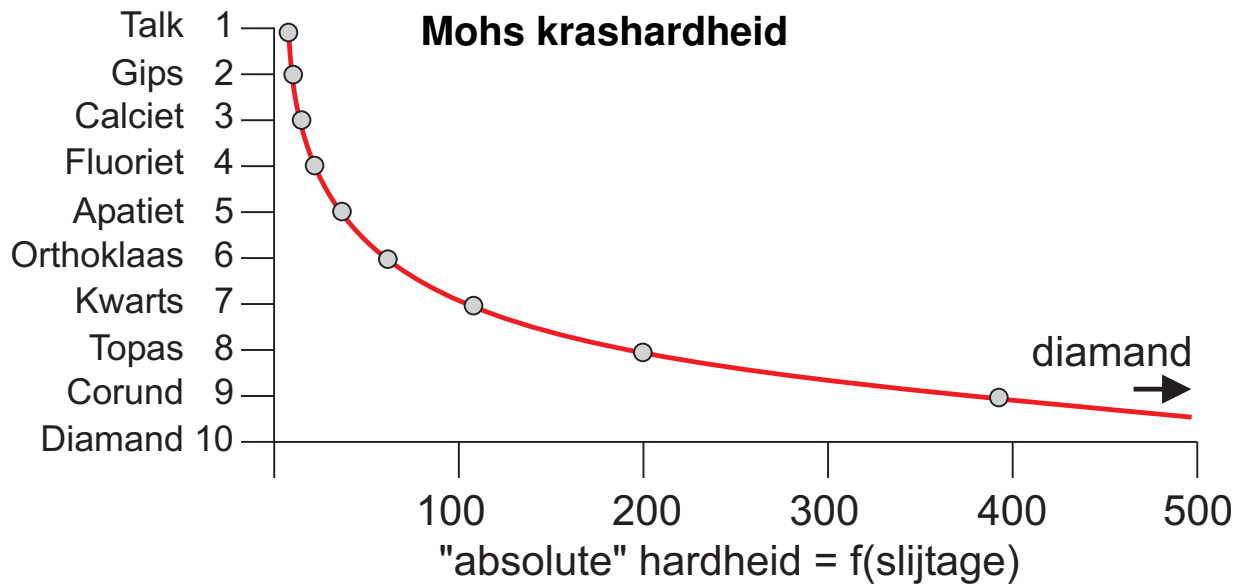
meer uniformiteit en minimum grenswaarden hardheid / sterkte

# Hardheid

Sterkte = f("alle" bindingen)

Hardheid wordt (sterk) beïnvloed door zwakste binding

in een bepaalde richting



## Stollingsgesteente

- Kwarts (7)
- Feldspaten (6)
- Hornblende (5-6)
- Biotiet (2,5 – 3)
- Muscoviet (2 – 2,5)
- Kaoline (2)



glad – vlak / effen – oneven – onregelmatig – ruw/hoekig - splinterig

## Geometrische textuur

Verdeling mineralen  
korrelafmetingen

Verweerd/vers breukvlak

Splijtvlakken  
oriëntatie  
verdeling

Porositeit  
poriënstructuur

Afzettingen vreemde  
bestandelen

## Mechanische eigenschappen

→ Sterkte van de textuur

### Aanhechtingsterkte

initiële textuur  
geometrische textuur  
reactiviteit

### Abrasieve weerstand

(mineralogische) textuur  
hardheid  
binding tussen mineralen

### Polijstweerstand

geometrische textuur  
vers breukvlak  
korrelverdeling  
minerale textuur  
binding tussen mineralen  
sterkte van de textuur

behoud van textuur

## Mineralogische textuur

Verdeling mineralen  
soorten

Binding tussen mineralen  
onregelmatigheden

Fysische eigenschappen  
sterkte / hardheid  
uitzettingscoëfficiënt

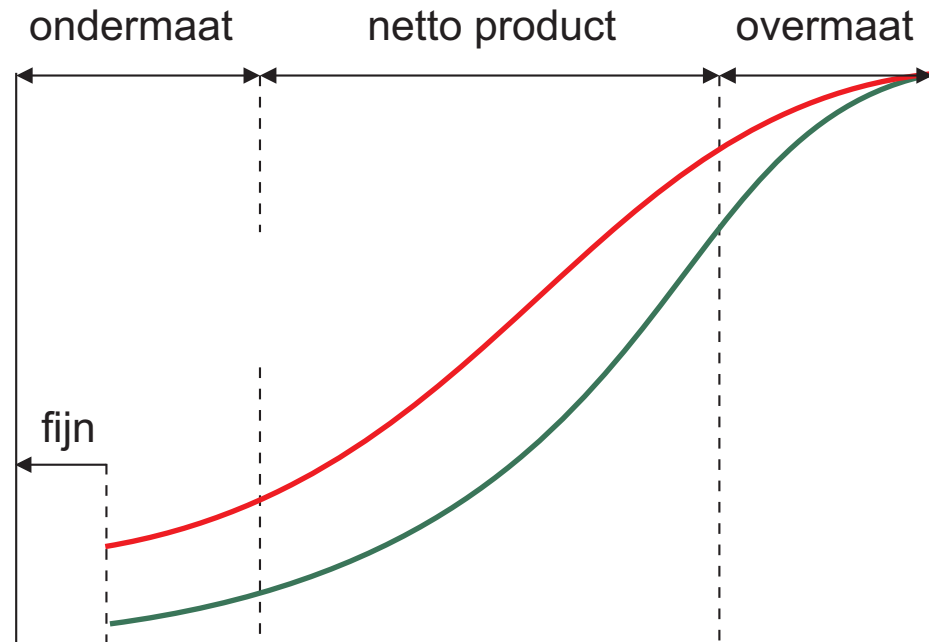
Duurzaamheid  
verwering  
verweringsgevoeligheid  
chemische bestendigheid

Reactiviteit

# Verkleiningsgraad

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005



— breken in 1 stap

— breken in meer stappen

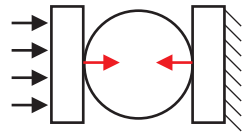
# Belasting korrels

## Druk

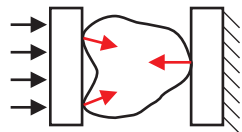
tweezijdige belasting

steen op staal

tweepuntsbelasting



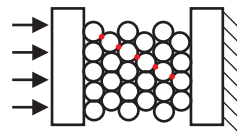
meerpuntsbelasting



## Autogeen

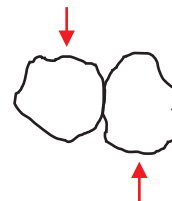
steen op steen

druk



Korrelbedbelasting

wrijving



attritie

slag



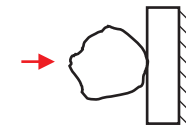
abrassief

## Slag

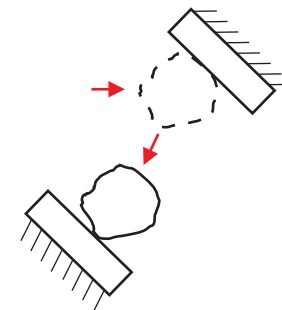
eenzijdige belasting

steen op staal

enkelvoudige inslag



meervoudige inslag

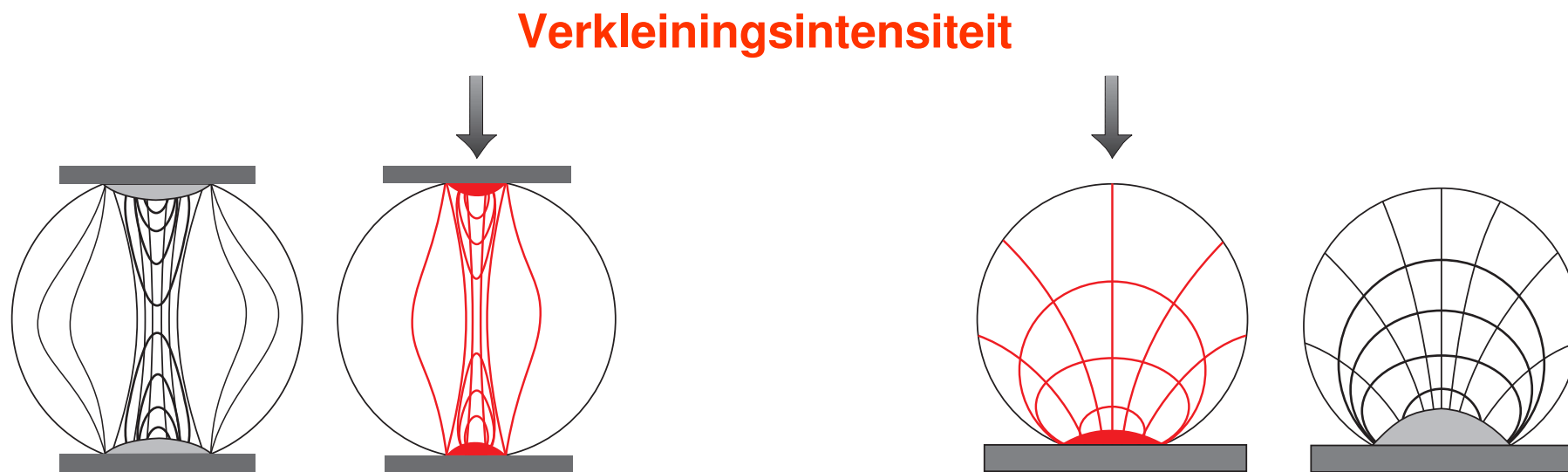


## belastingsbeweging

enkelvoudig  
repetierend

chaotisch  
deterministisch

# Breukgedrag



**Verkleiningsintensiteit**

**Druk**

**Autogeen**

**Slag**  
(impuls)

**Splijtkracht**  
sterk richting bepaald

druk - wrijving - slag

**Schokgolf**  
meer richting onbepaald

niet selectief  
niet cubisch  
(langwerpig en plat)  
zwakkere textuur  
veel oorspronkelijk oppervlak

toenemende selectiegraad  
beter tot goed cubisch  
  
sterkere textuur  
meer vers breukvlak

selectief  
cubisch  
  
sterke textuur  
vers breukvlak

# Breekfunctie

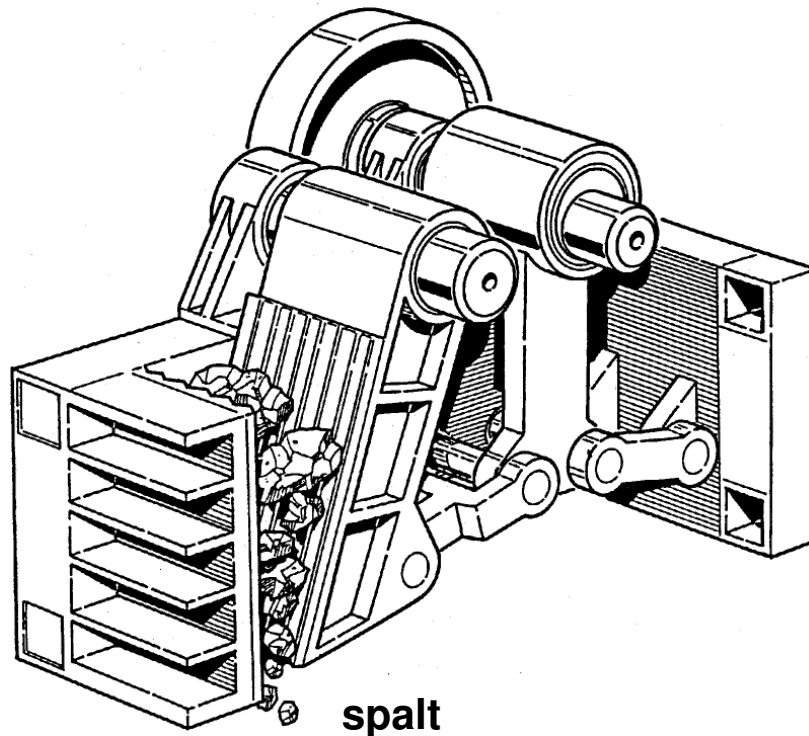
©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland  
Voordacht RWS, March 2005

---

| <b>Breekfunctie</b>     | <b>Primair</b> | <b>Secundair</b> | <b>Tertair</b> | <b>Quartair</b> |
|-------------------------|----------------|------------------|----------------|-----------------|
| <b>Afmeting (mm)</b>    | > 1000 – 250   | 250 - 125        | 125 - 50       | 50 - 5          |
| <b>Energie (kWh/hr)</b> | 0,5 – 0,75     | 0,6 – 1          | 0,75 – 1,25    | 0,9 – 1,5       |

## Primaire / secondaire breker

### Dubbele knie



→ volume breekruimte kleiner richting spalt

### Kenmerken

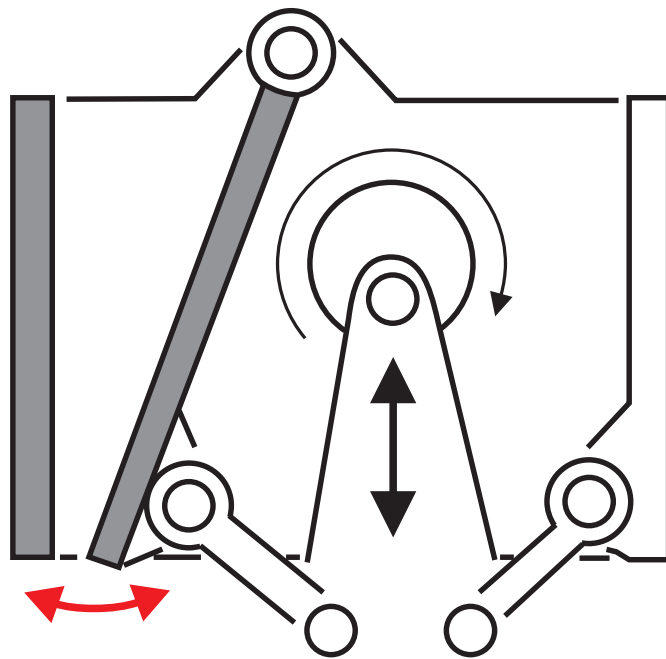
- repeterende drukbelasting
- grote capaciteit
- verkleiningsgraad 3-5
- spaltbreker (instelbaar)
- beveiliging harde bestanddelen

### Productie

- laag energieverbruik
- weinig slijtage
- heel lange standtijd
- zwaar (heel periodiek) onderhoud

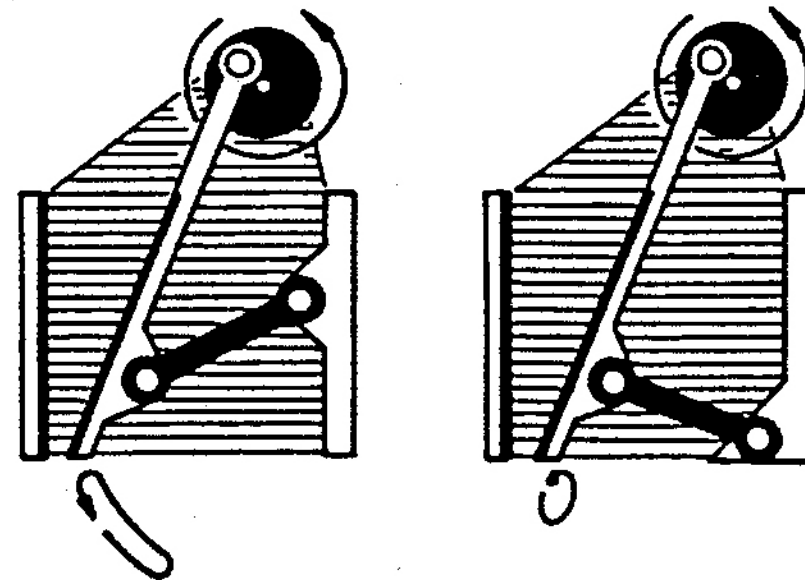
## Primaire / secundaire breker

### Dubbele knie



→ Doorstroom met zwaartekracht

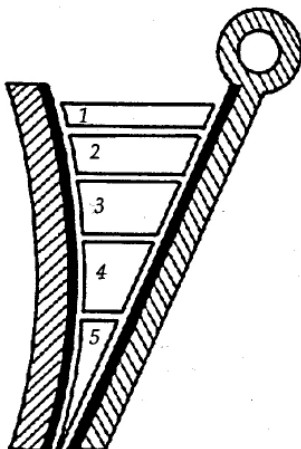
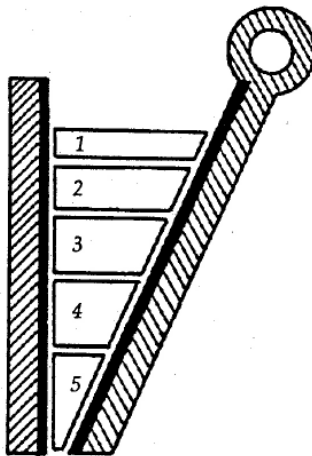
### Enkele knie



→ Doorstroom met zwaartekracht en  
naar binnen trekkende beweging

(meer slijtage)

## Doorstroom



## Karakteristieken

### Korrelverdeling

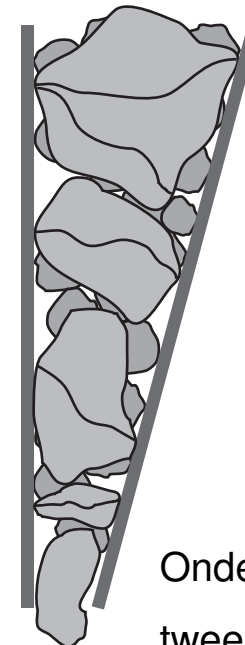
bepaalde overmaat  
"slecht" breekzand  
bepaald fijne delen

### Korrelstructuur

niet selectief  
sterke neiging  
langwerpig/plat  
zwakke textuur  
veel oorspronkelijk breukvlak

## Principe

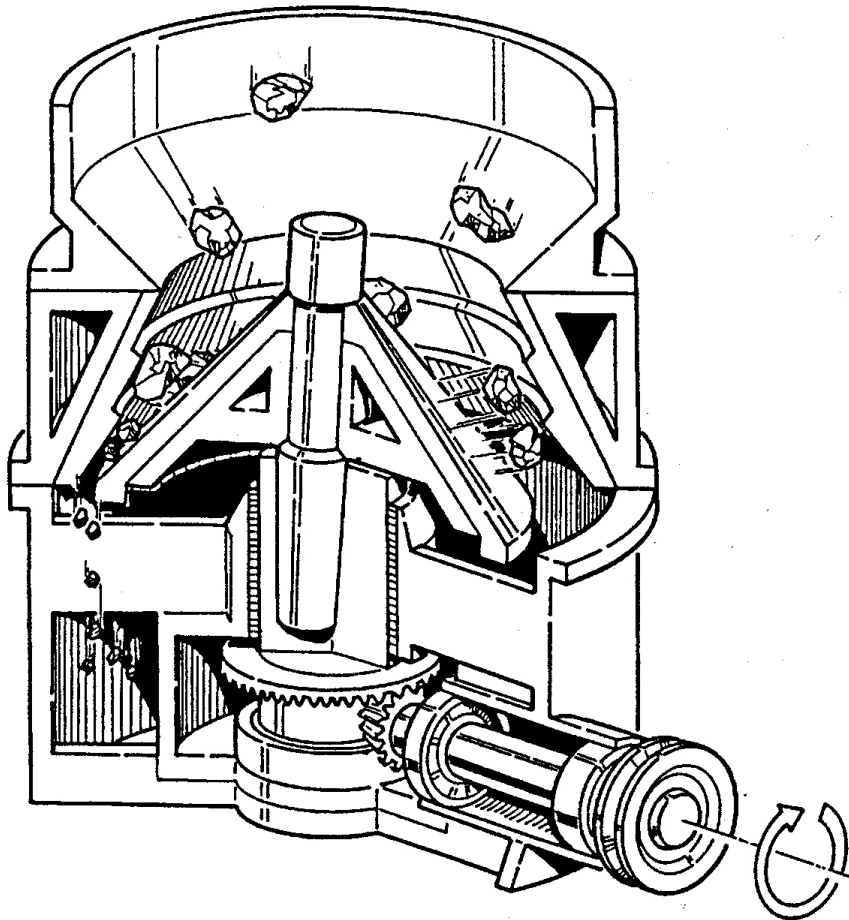
Boven  
korrelbedbelasting



spalt  
Onder  
tweezijdige  
belasting



## Secundaire / tertiaire breker



→ volume breekruimte groter richting spalt

## Kenmerken

- repeterende drukbelasting
- verkleiningsgraad 4-6
- heel bedrijfszeker
- complexe (dure) constructie
- spaltbreker (automatisch)  
instelbaar
- beveiliging harde bestanddelen

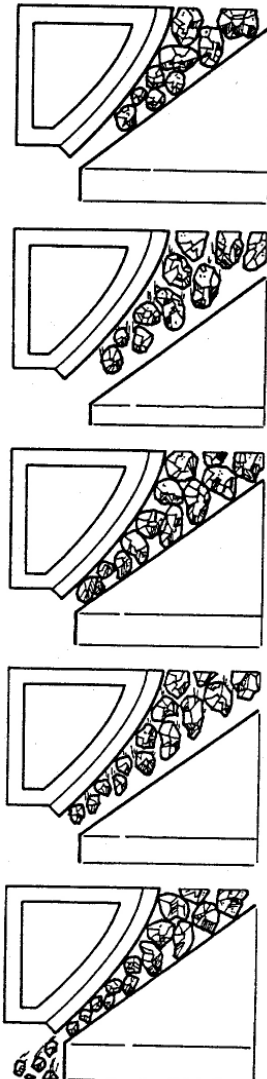
## Productie

- bepert energieverbruik
- matige slijtage (dure kegels)
- lange standtijd
- zwaar (periodiek) onderhoud

# Kegelbreker

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005



## Principe

**choke-fed**



→ altijd maximum  
capaciteit

## **Karakteristieken**

### Korrelverdeling

weinig overmaat

matig ondermaat

(minder goed breekzand)

beperkt fijne delen

### Korrelstructuur

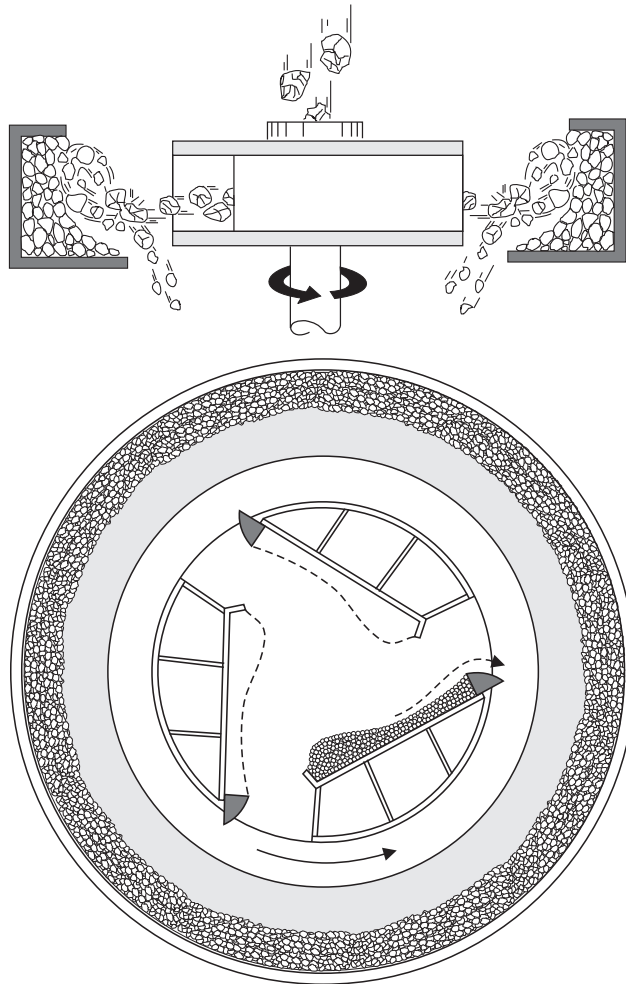
beperkte selectiegraad

neiging langwerpig/plat

beperkt vers breukvlak

redelijke textuur

## Kwartaire breker - steen op steen



→ extra stap in procesgang

### Kenmerken

cubiceren door intense autogene belasting in rotor en rockbox

Dmax 40-50 mm

lage verkleiningsgraad (1:1-2)

(geen spalt)

gevoelig harde bestanddelen

### Productie

stevig energieverbruik

heel geringe slijtage (dure tips)

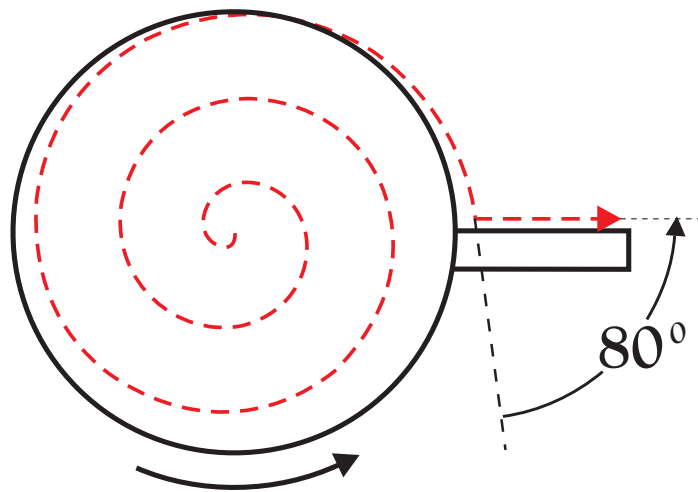
licht (periodiek) onderhoud

lange standtijd

# Metalen rotor

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

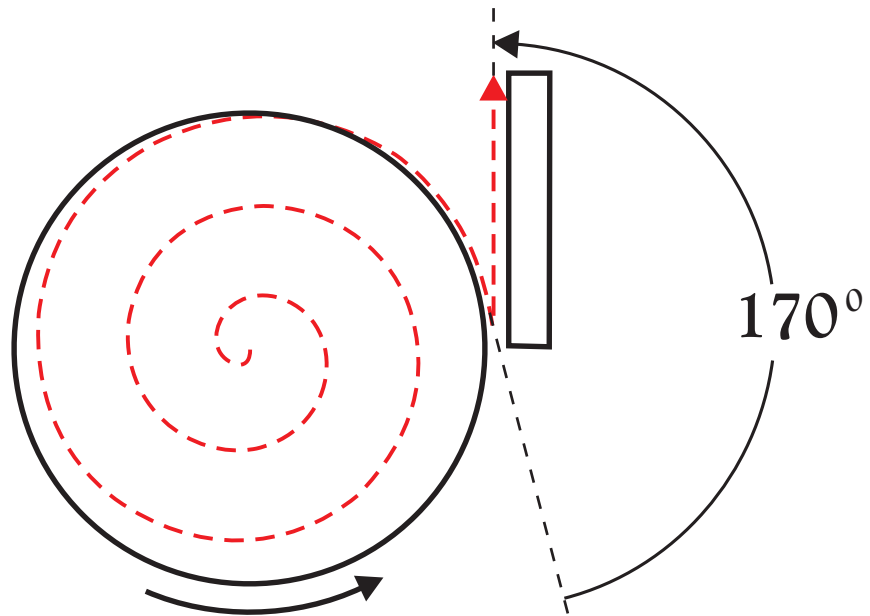
Voordacht RWS, March 2005



# Autogene rotor

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005



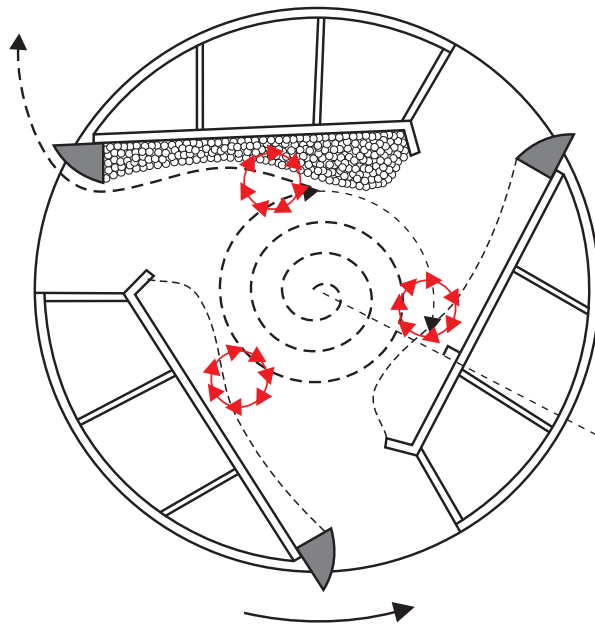
# Autogene Slagbreker - werking

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005

## Werking rotor

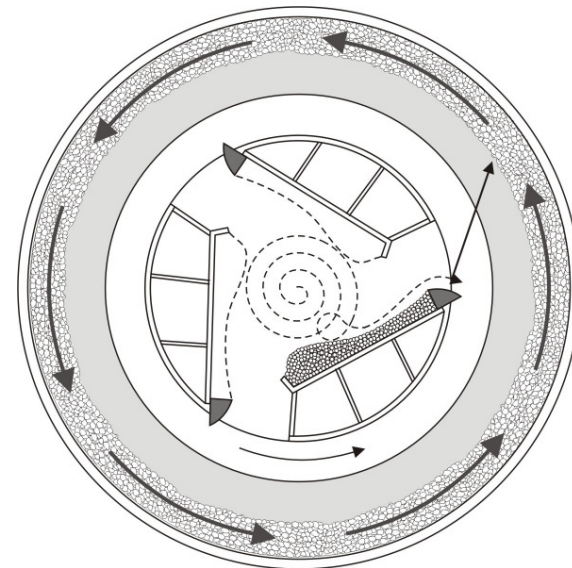
→ omkeer korrelstroom  
onder centrifugale druk



→ intensieve abrasieve wrijving  
(shaping)

## Werking rockbox

→ Autogene inslag en wrijving

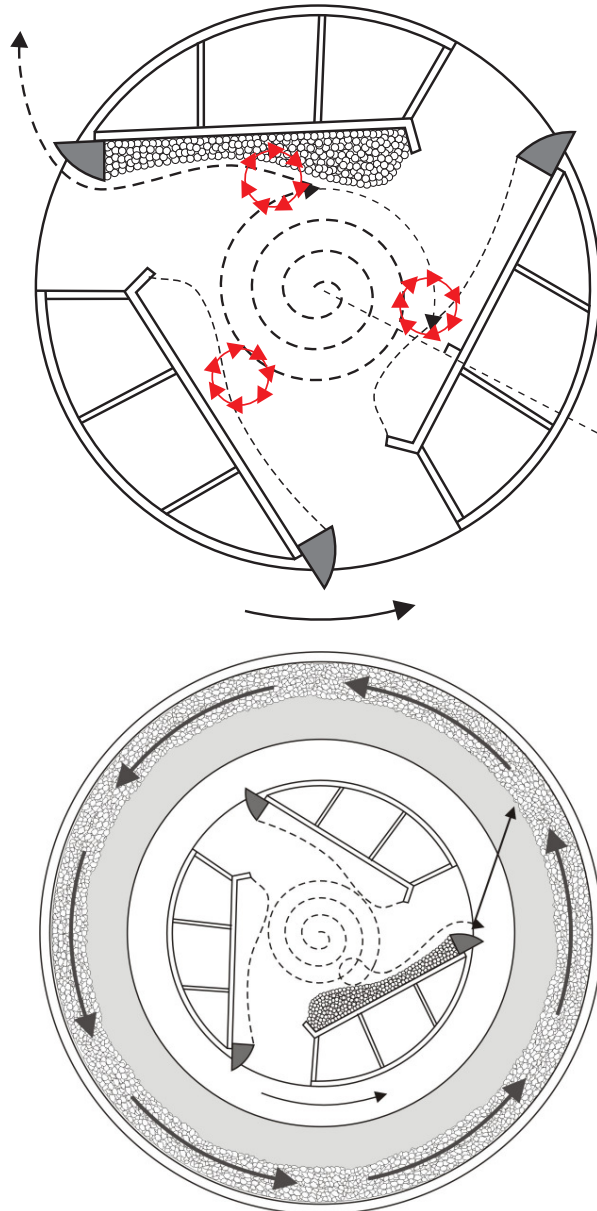


→ beperkte corrosive activiteit  
(texturing)

# Autogene Slagbreker - karakteristieken

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005



## Karakteristieken

### Korrelverdeling

(geen overmaat)  
veel ondermaat  
vaak minder goed zand  
veel fijne delen

### Korrelstructuur

intensieve oppervlakte behandeling  
heel goede cubiciteit  
bepaalde selectie (langs oppervlak)  
hardere textuur

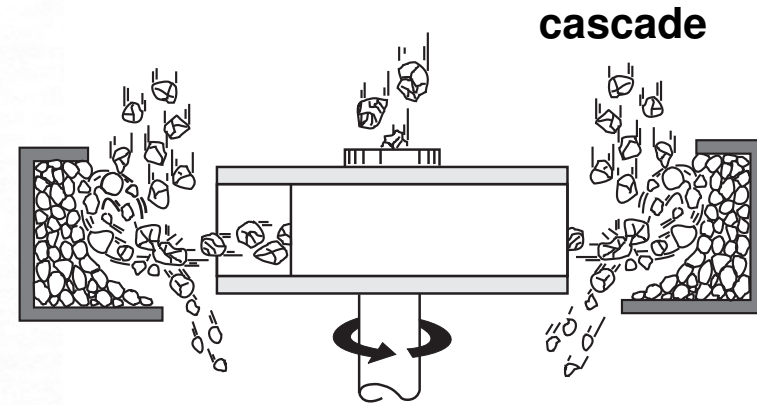
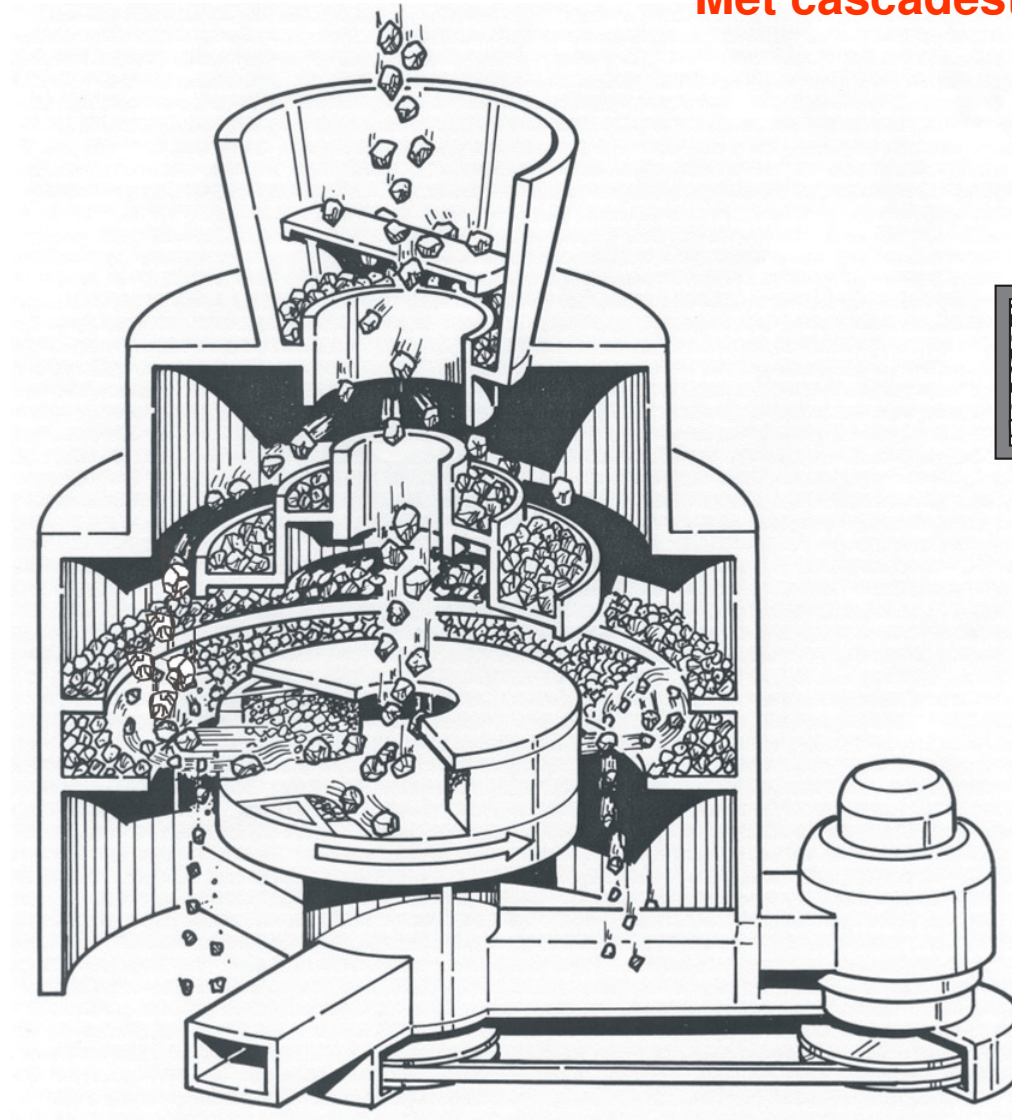


# Autogene Slagbreker

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005

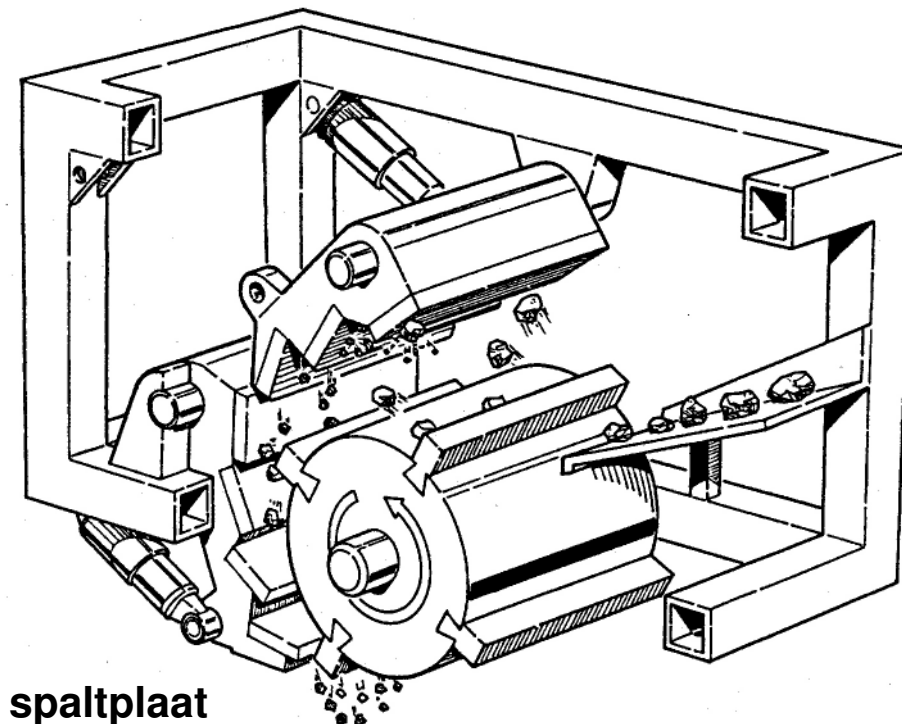
## Met cascadestroom



→ uiterst gevoelig voor  
wisselingen in  
cascadestroom



## Primaire / Secundaire (tertiare) breker



spaltplaat

→ slijtagegevoelig

## Kenmerken

repeterende slagbelasting

grote capaciteit

grote verkleiningsgraad 1:5/10

normaal met spaltlijst (instelbaar)

niet gevoelig vreemde bestanddelen

## Productie

hoog energieverbruik

heel veel slijtage

slaglijsten

slagplaten

spaltplaat

bekleding

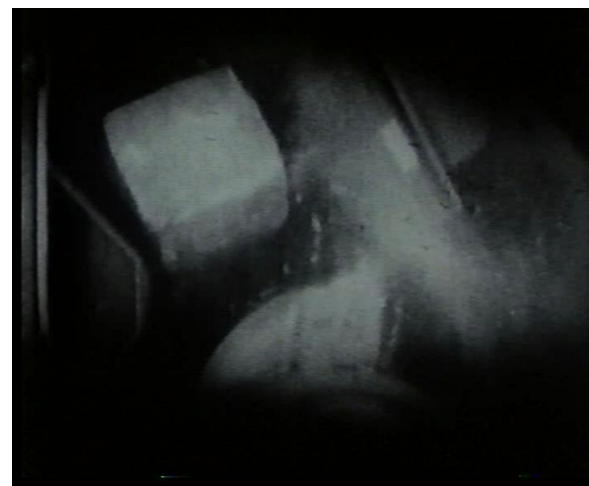
redelijk lange standtijd

zwaar (periodiek) onderhoud

# HSI Slagbreker - video

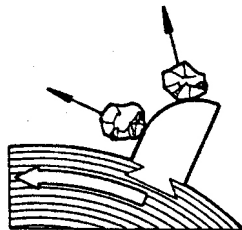
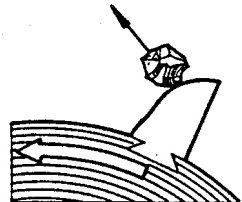
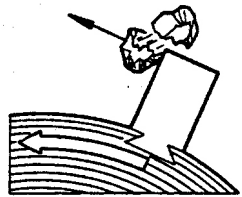
©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland  
Voordacht RWS, March 2005

---

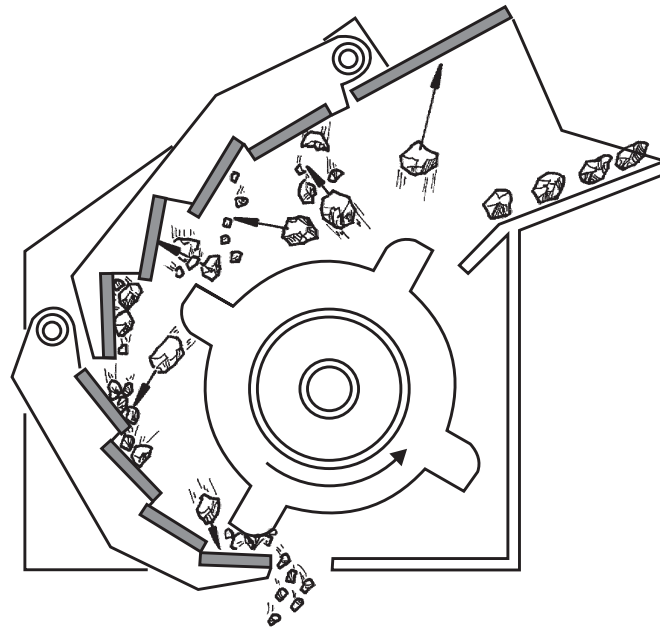


## Werking

slijtagegevoelig



sterk chaotisch



## Karakteristieken

### Korrelverdeling

weinig overmaat met spaltplaat

veel ondermaat

goed breekzand

veel fijne delen

### Korrelstructuur

hoge selectiegraad

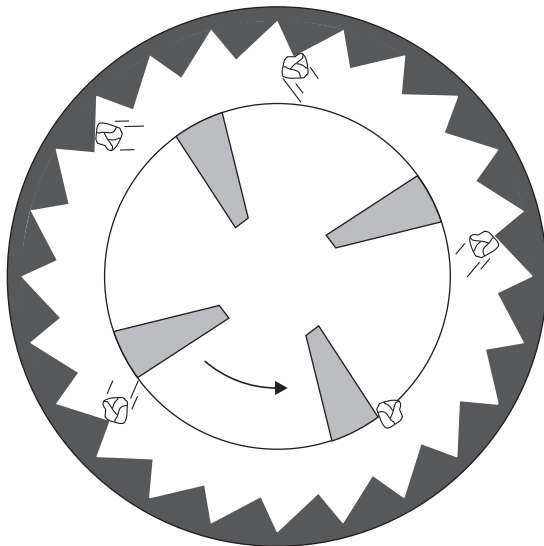
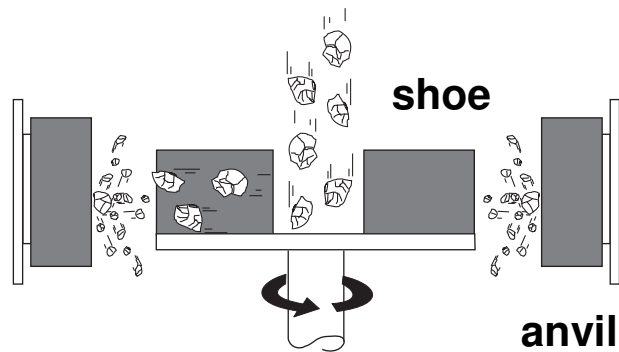
perfecte cubiteit

maximum vers breukvlak

sterke textuur

→ Verkleiningsintensiteit verminderd met slijtage

## Secundaire breker



→ heel slijtagegevoelig

## Kenmerken

enkelvoudige inslagbelasting

Steen op staal

Dmax 80/100 mm

verkleiningsgraad 1:5/10

medium capaciteit

gevoelig voor vreemde bestandelen

## Productie

matig energieverbruik

extreem veel slijtage

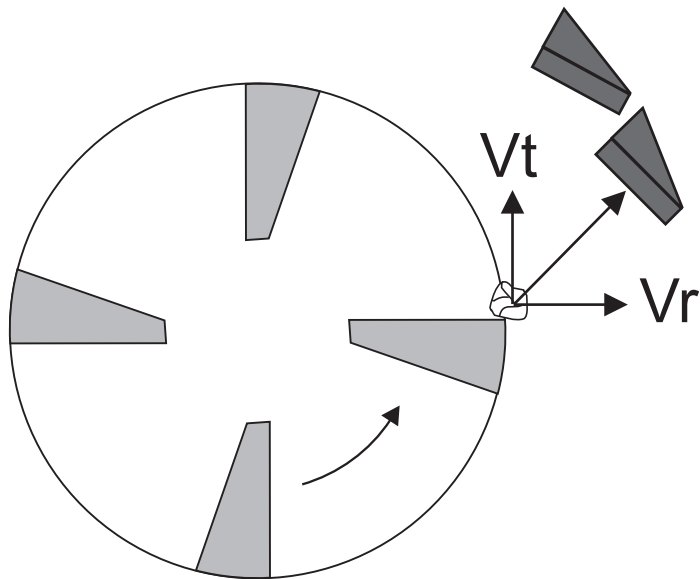
(→ 35% gebruik slijtdelen)

licht onderhoud

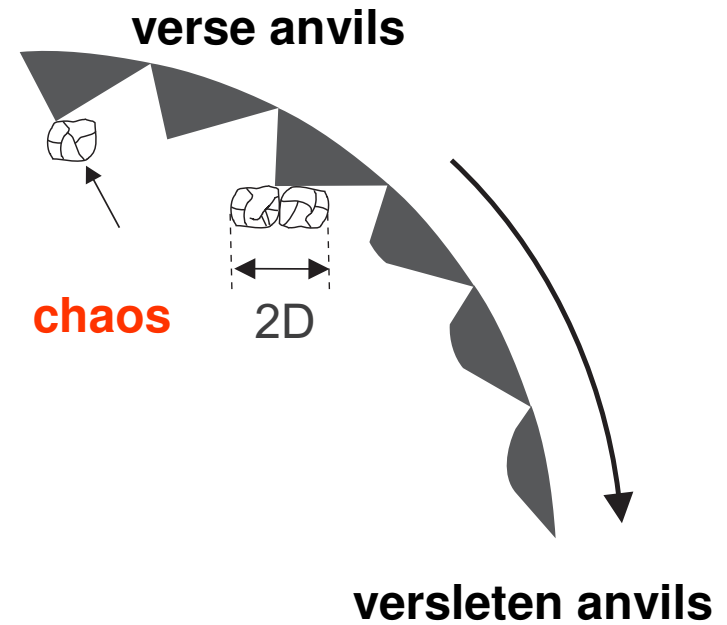
shoes frequent

anvils per diodiek

## Werking



## Chaotische inslag



→ Sterke terugloop verkleiningsintensiteit wanneer anvils afslijten

# VSI Slagbreker – invloed slijtage

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005

**verse anvils**

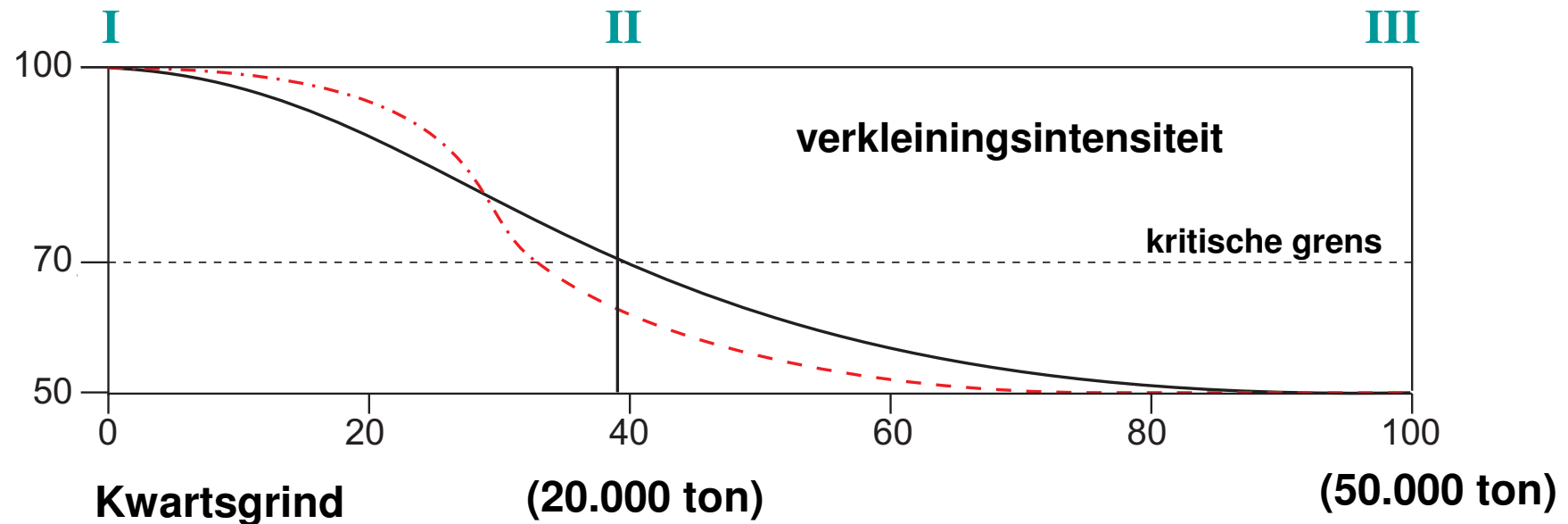
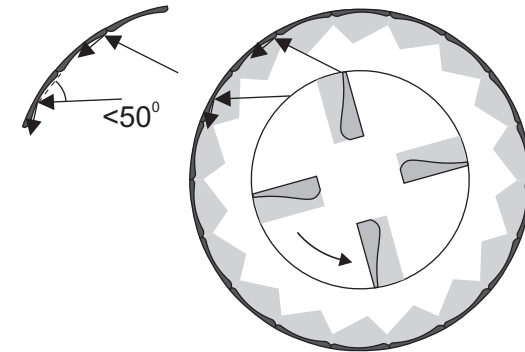
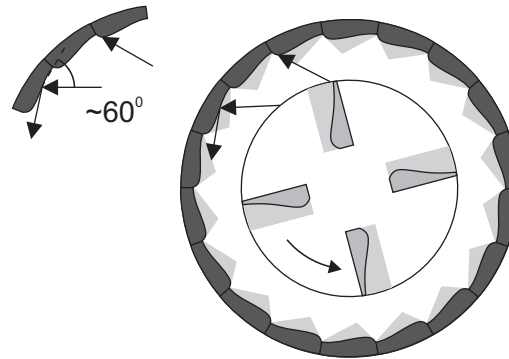
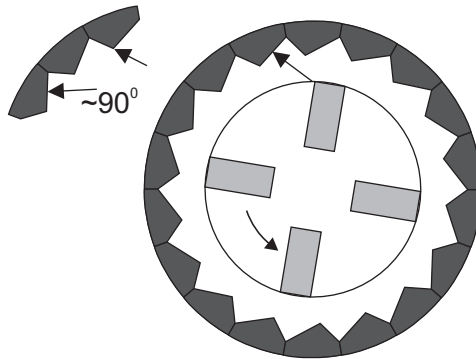
**versleten anvils**

**totaal versleten anvils**

**I**

**II**

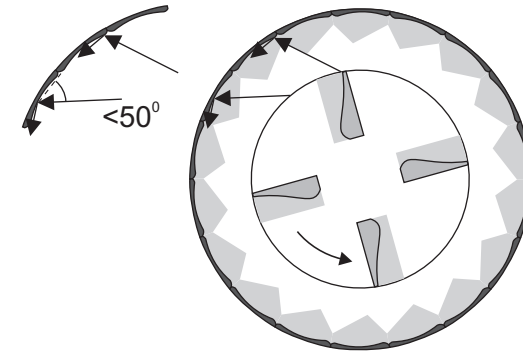
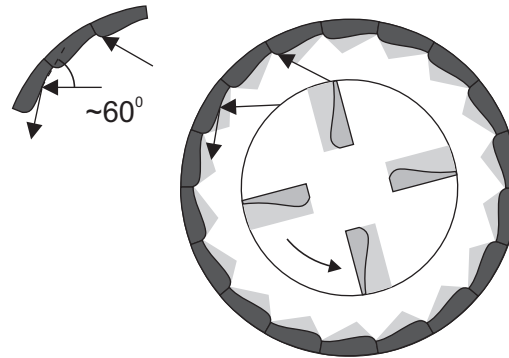
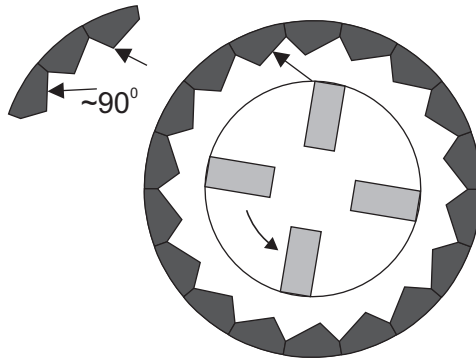
**III**



# VSI Slagbreker – invloed slijtage

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005



## Korrelstructuur

goede cubiceit

goede selectie

sterke textuur

veel vers breukvlak

minder cubisch

minder selectief

minder sterke textuur

minder vers breukvlak

meer onregelmatig

niet selectief

zwakkere textuur

meer oorspronkelijk breukvlak

## Korrelverdeling

vrij veel overmaat

vrij veel ondermaat

vrij veel fijn

**goed zand**



**redelijk zand**

**Progressief toenemend**

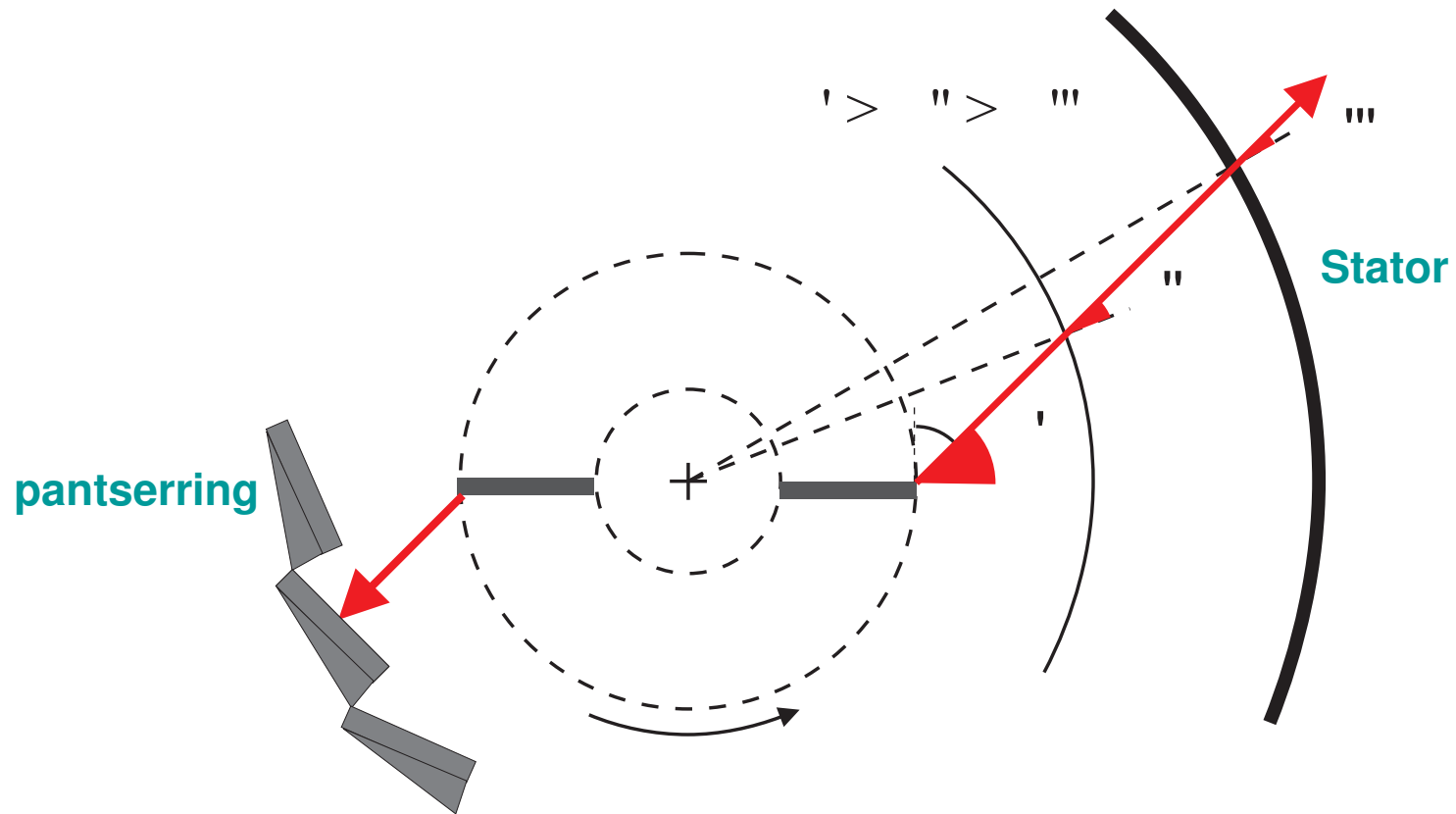
**slecht zand**

# Stator principe

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

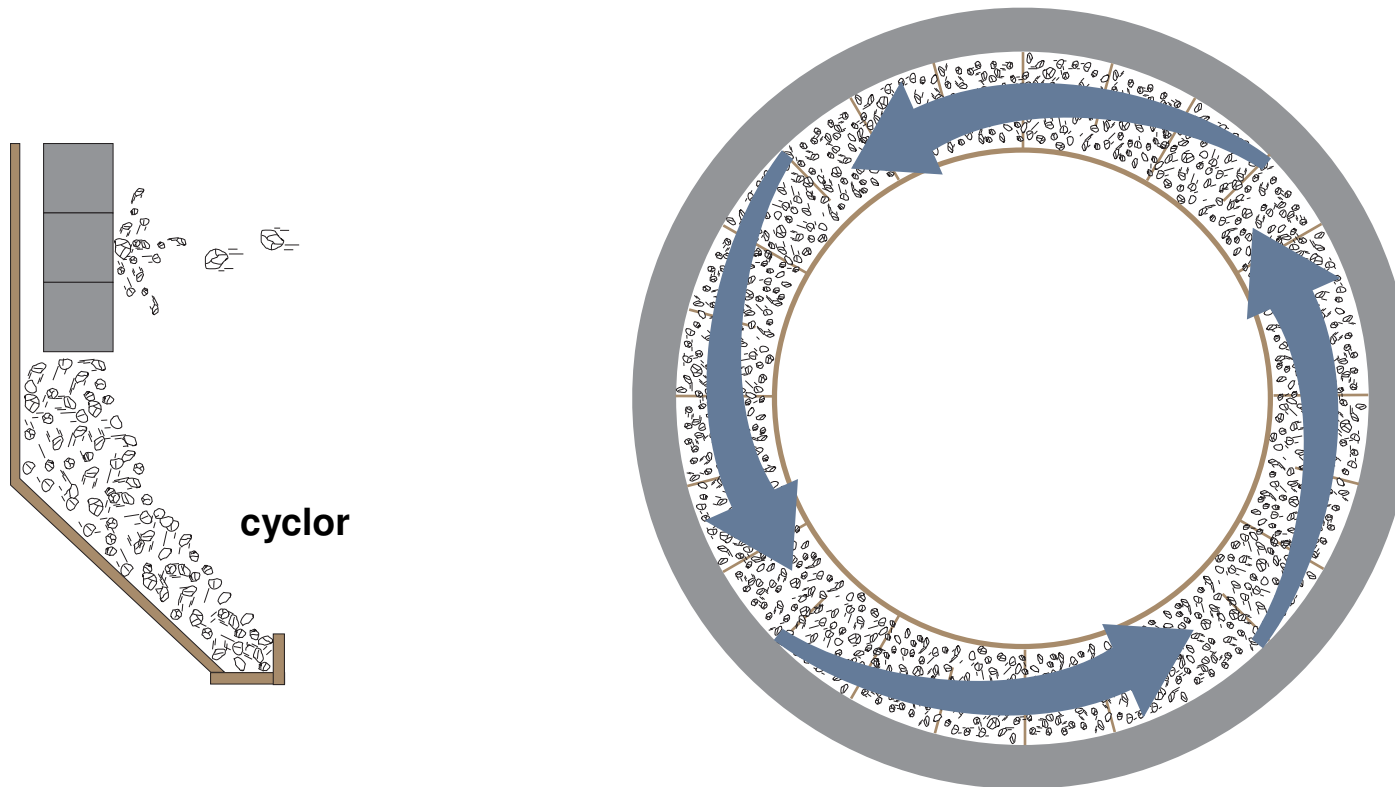
Voordacht RWS, March 2005

## Translation



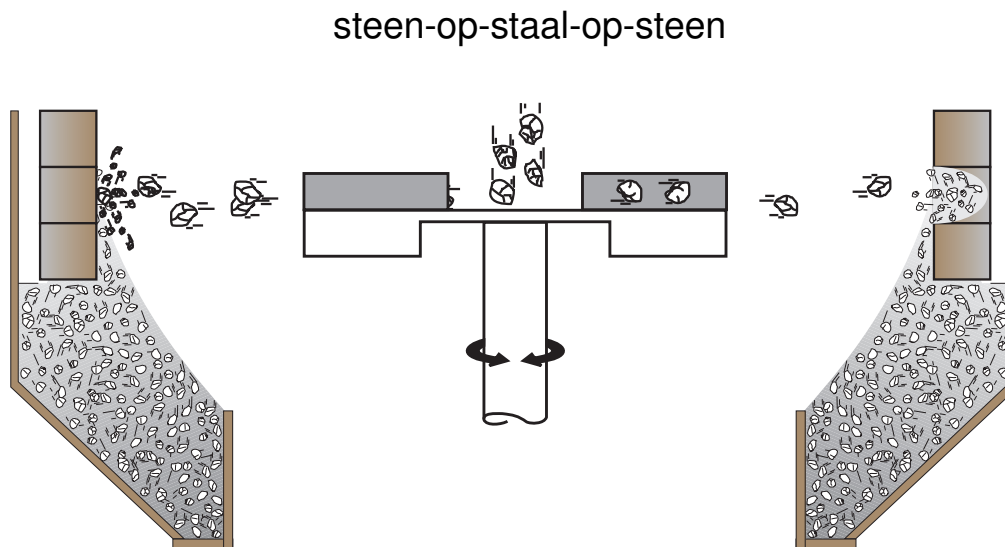


## Aerodynamische breekruimte



→ **Gratis intensieve corrosive nabehandeling in Cyclor**

## Tertiare breker



→ Niet slijtgevoelig

→ Operationeel in 2 richtingen

deterministische inslag

constante verkleiningsintensiteit

autogene nabehandeling (gratis)

constante kwaliteit

cubisch

selectief

sterkte textuur

vers breukvlak

langere standtijd

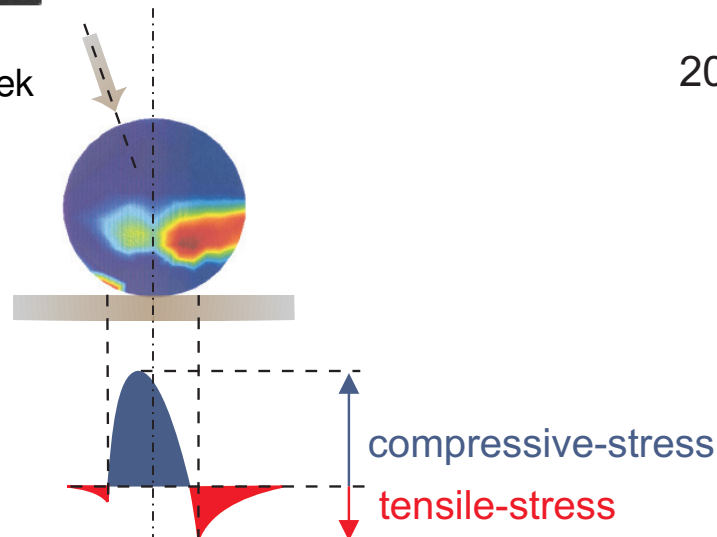
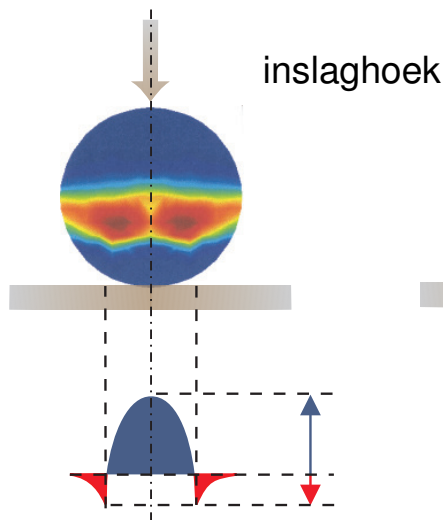
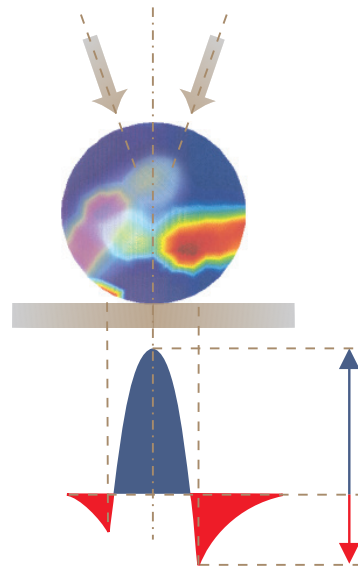
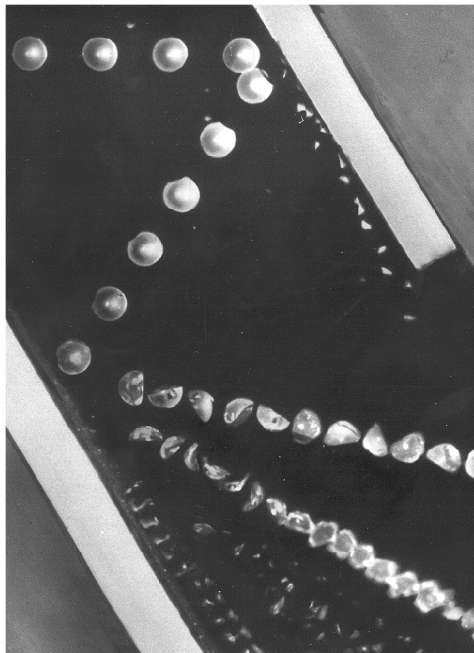
veel minder slijtage

( > 60% gebruik slijtdelen)

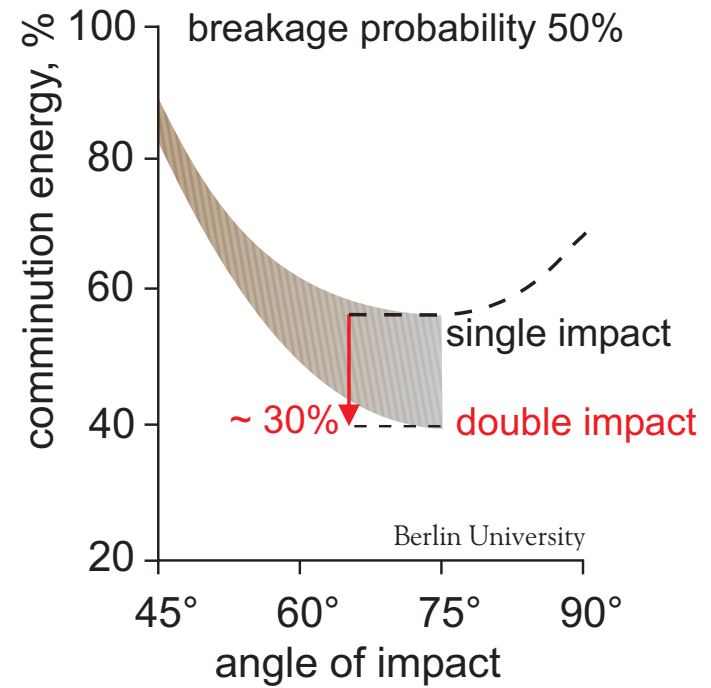
# Brauer principe - **deterministisch meervoudige inslag**

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005



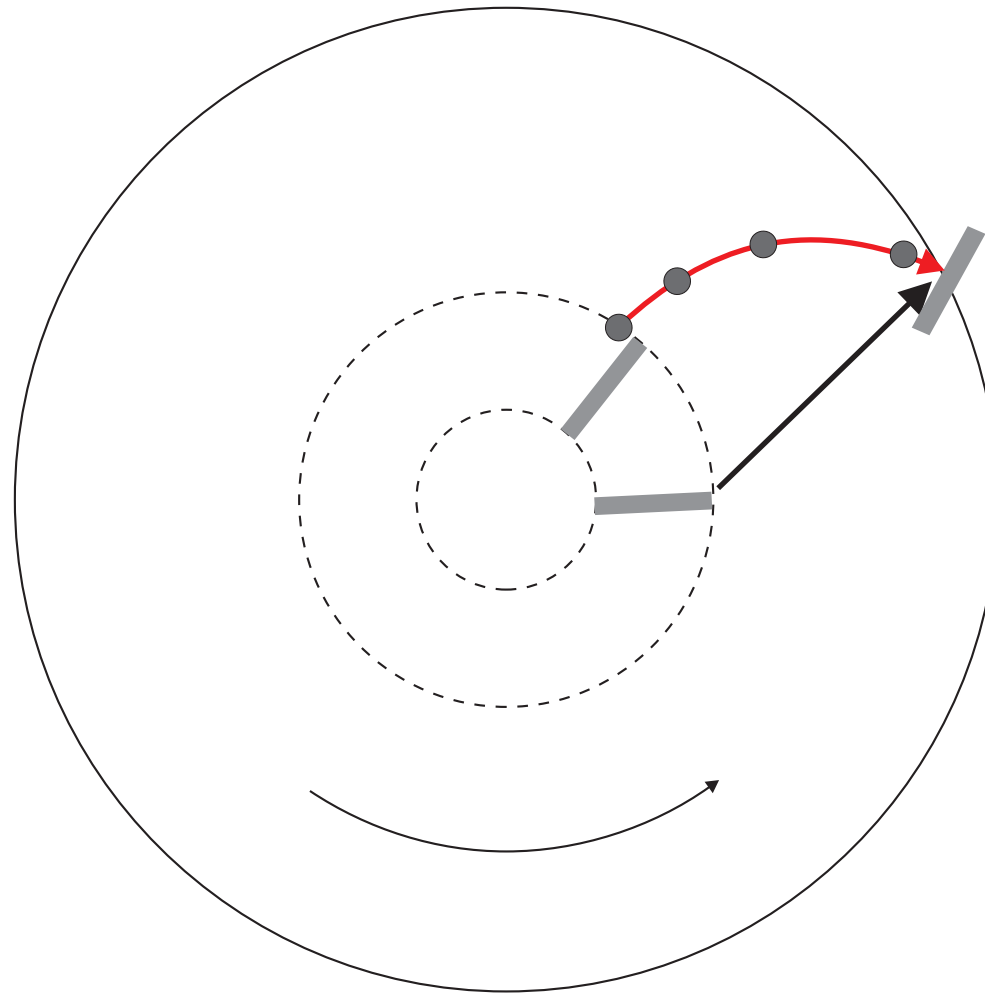
## **comminution intensity**



# Idee meeroterende inslag

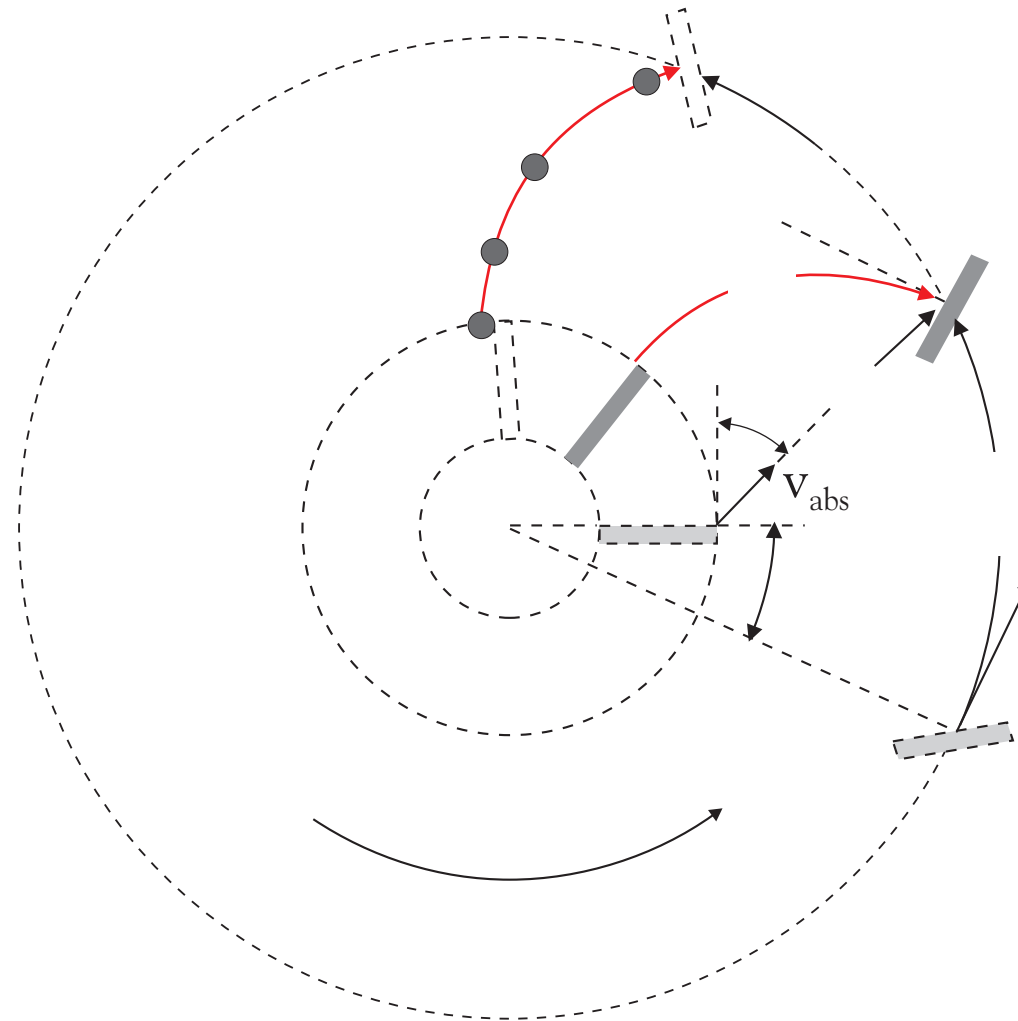
©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005





## Invariance spiral position



→ Position spiral is not influenced by rotational velocity

# SynchroTestFacility - IHC

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005

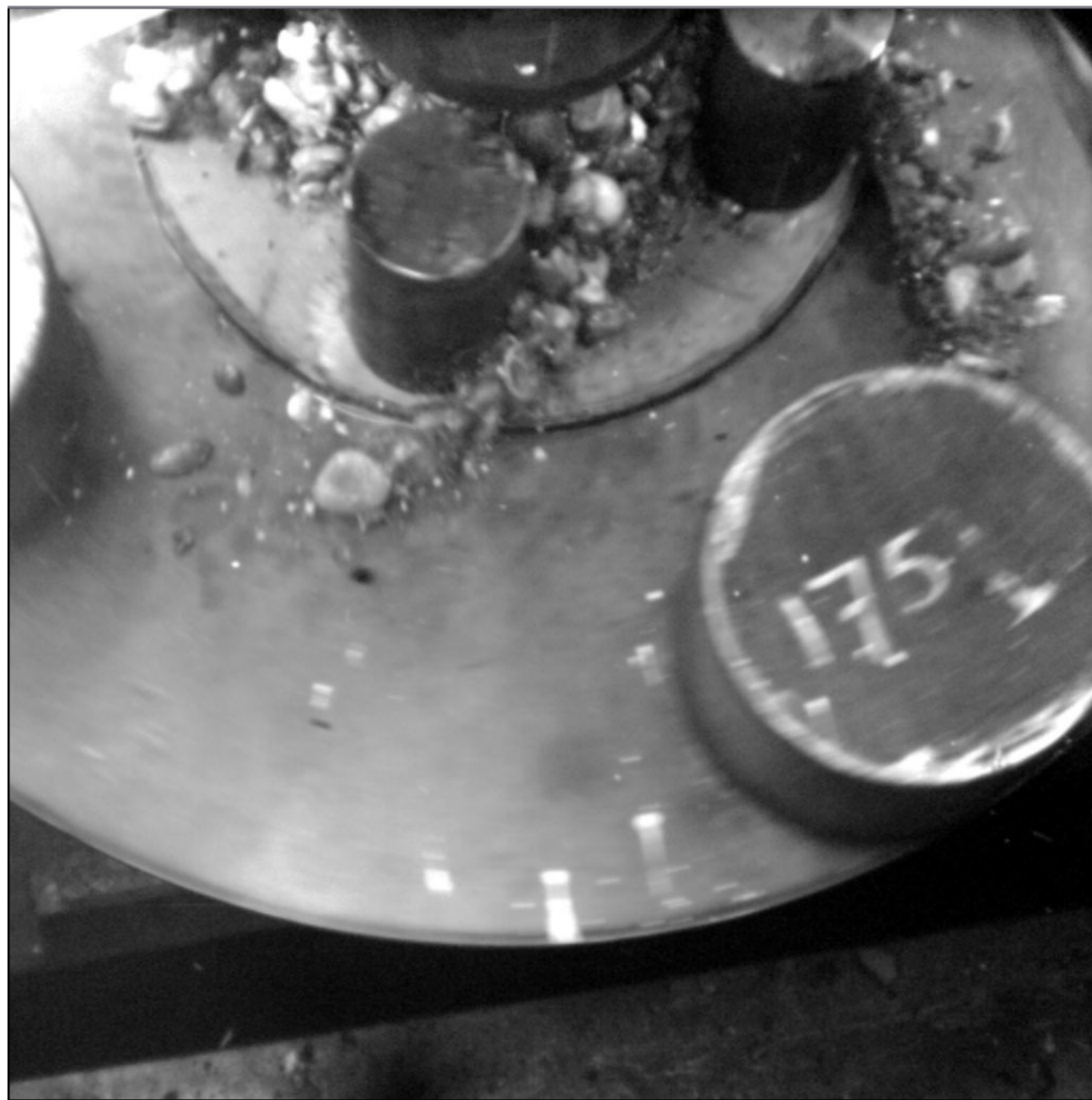




# SynchroPrincipe – Video 1

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005



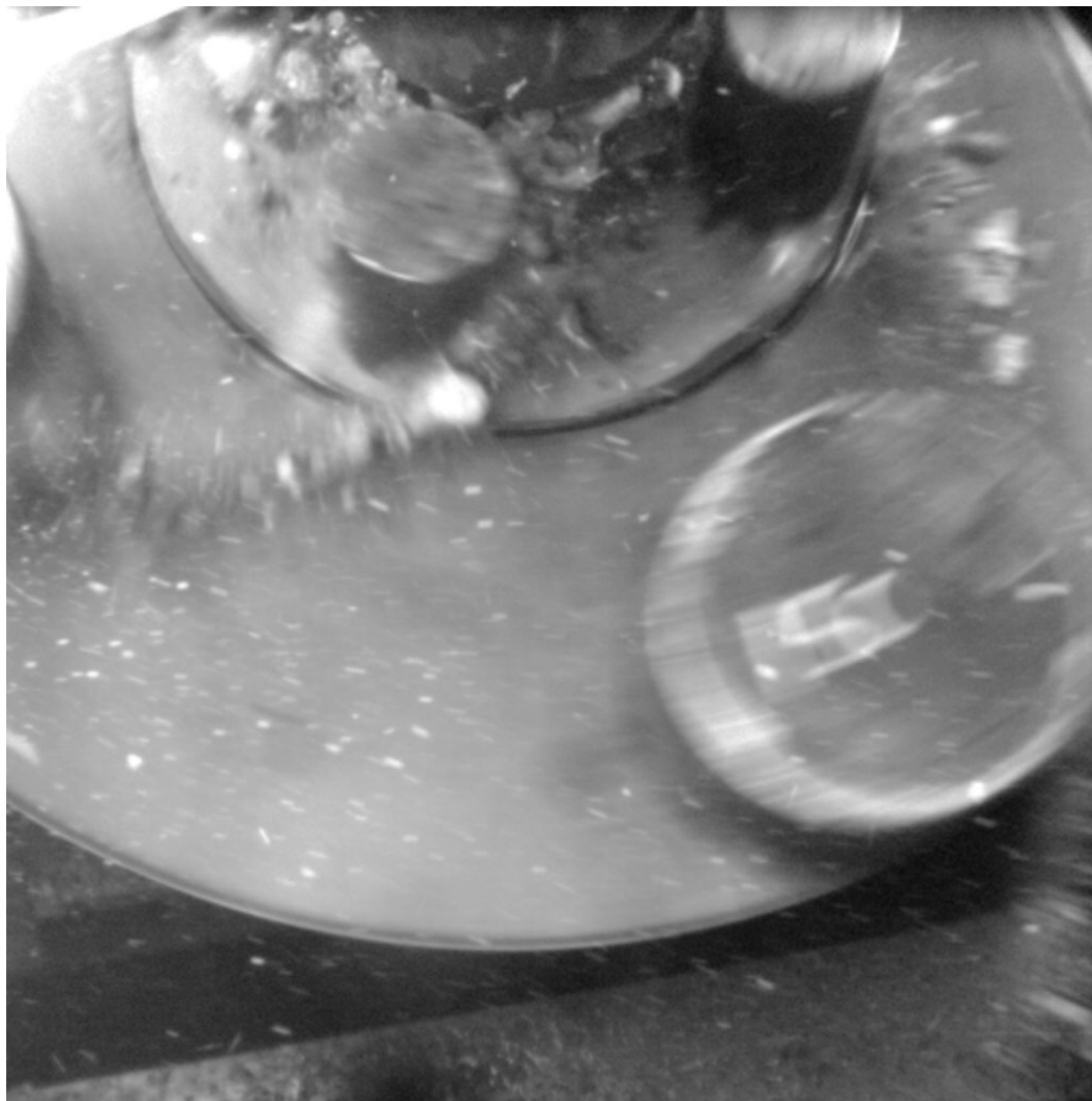


# SynchroPrincipe – Video 2

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005

---

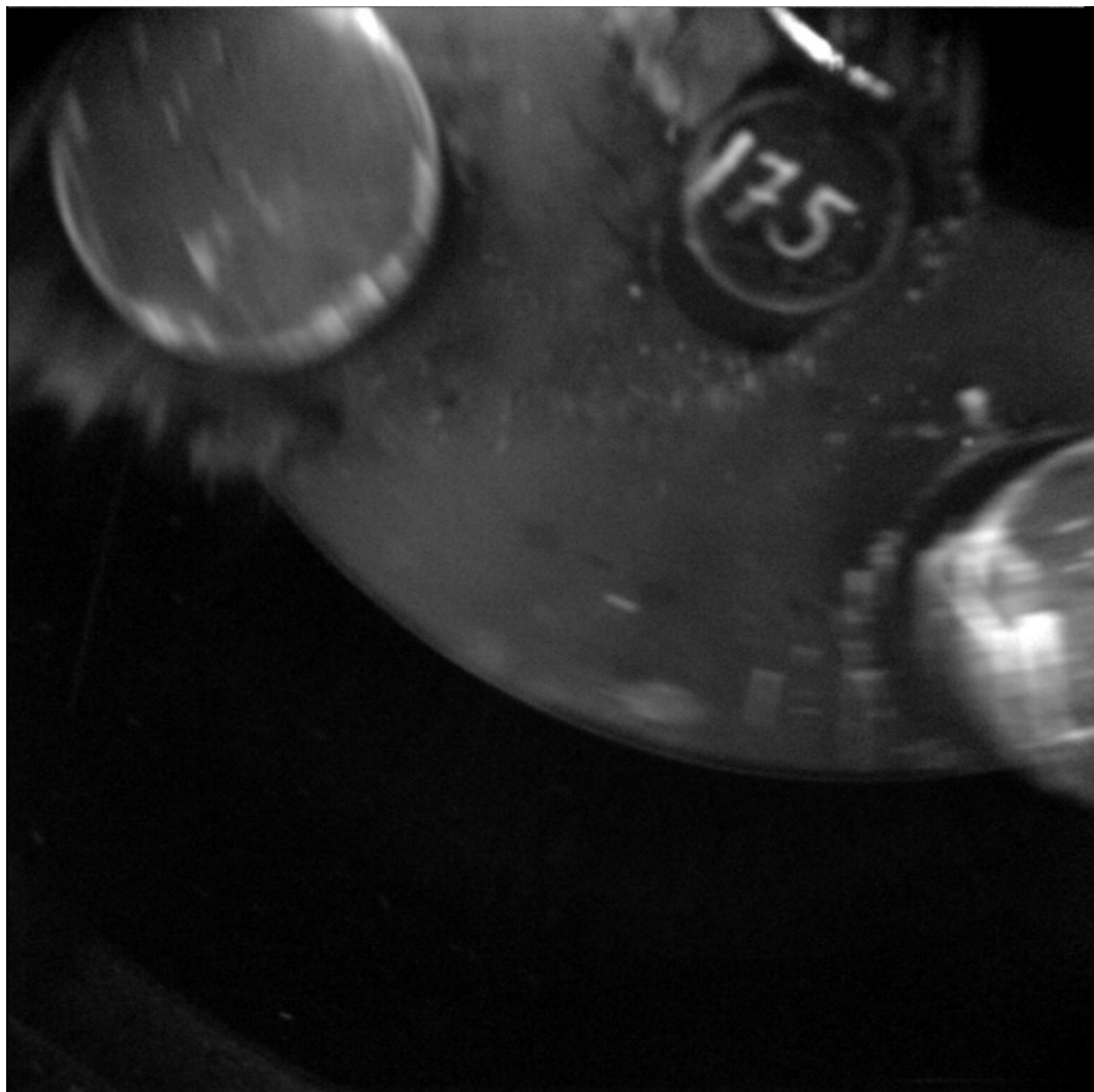


# SynchroPrincipe – Video 3

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005

---



# Driver – deterministische inslag

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005

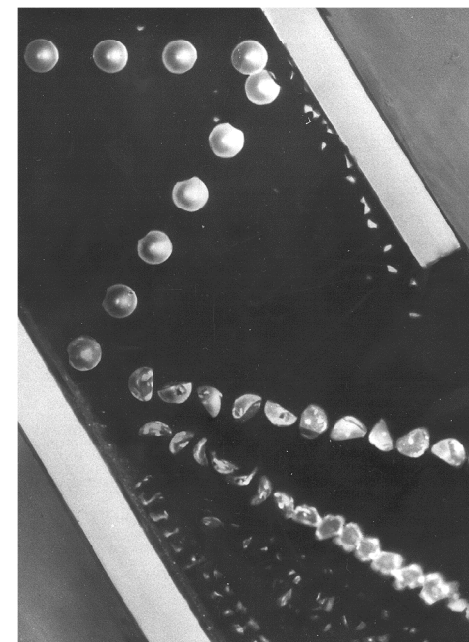
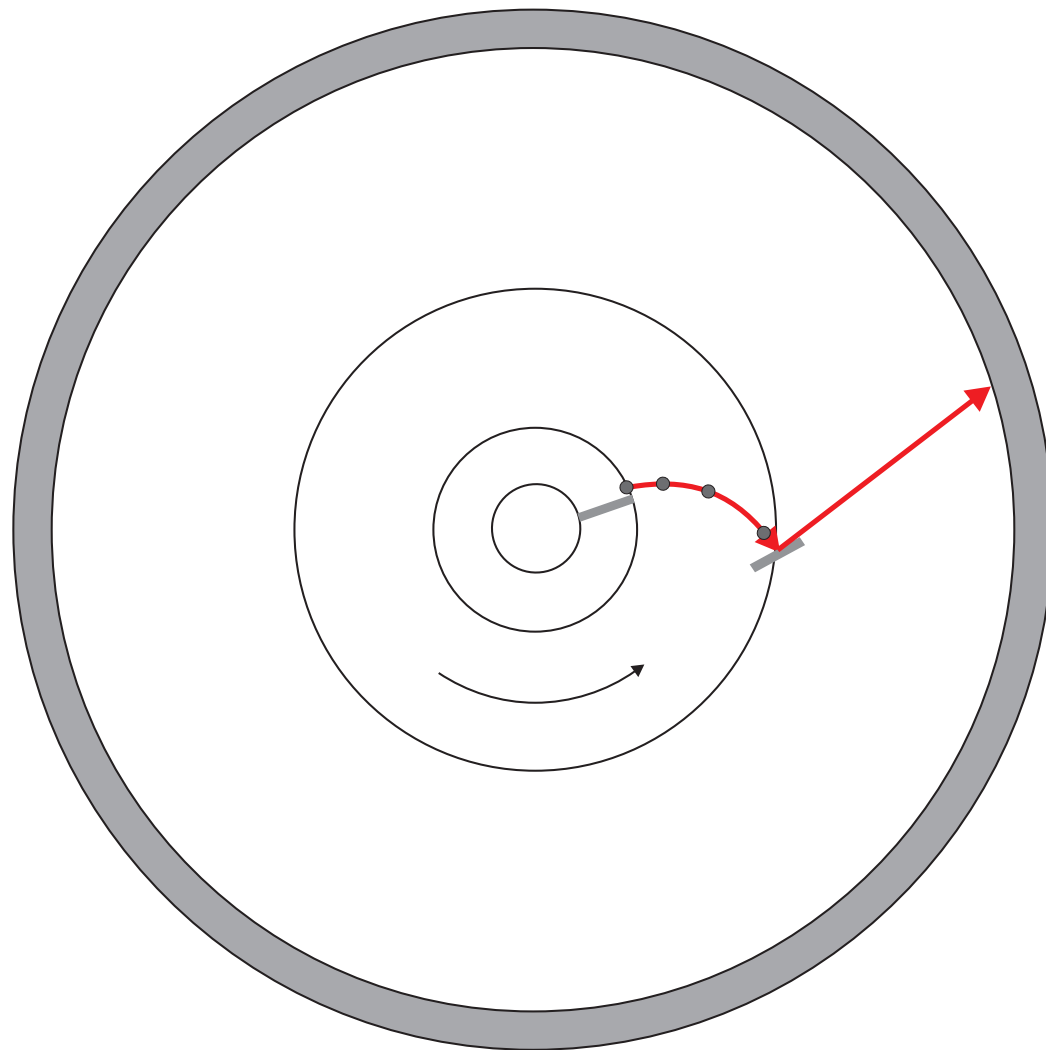
---



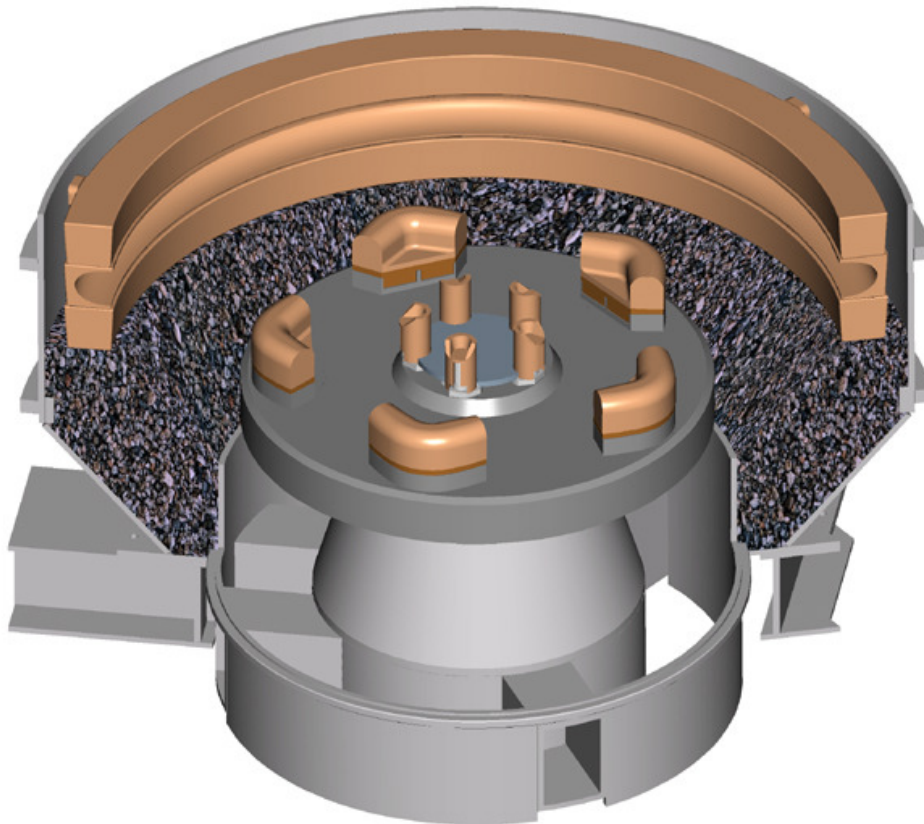
# SynchroRotor met Stator

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005



## Tertiaire / kwartaire breker



Driver – Stator – Cyclor  
Steen-op-staal-op-staal-op-steen

**Deterministisch**

**Triple impact**

**Slijtage-ongevoelig**

**→ 60% verbruik slijtdelen**

**Maximale verkleiningsintensiteit**

**perfecte cubiceit**

**selectief**

**sterke textuur**

**vers breukvlak**

**Minder overmaat en ondermaat**

**Heel goed breekzand**

**Minder fijn**



# SynchroCrusher – Bauma 2001

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005



# SynchroCrusher

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland

Voordacht RWS, March 2005



**Moraine grind**

**(90% SiO<sub>2</sub>)**

**80 mm → < 14mm**

**(30% recirculatie)**

**SDH België**

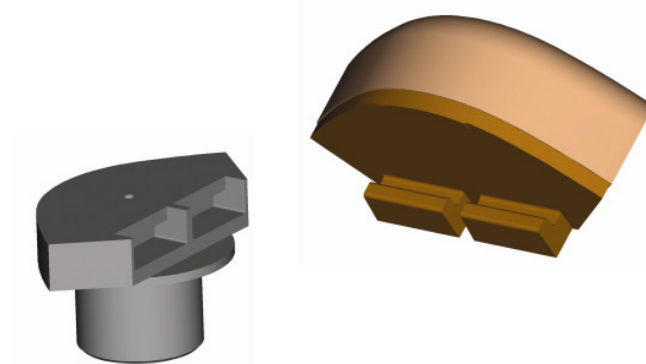
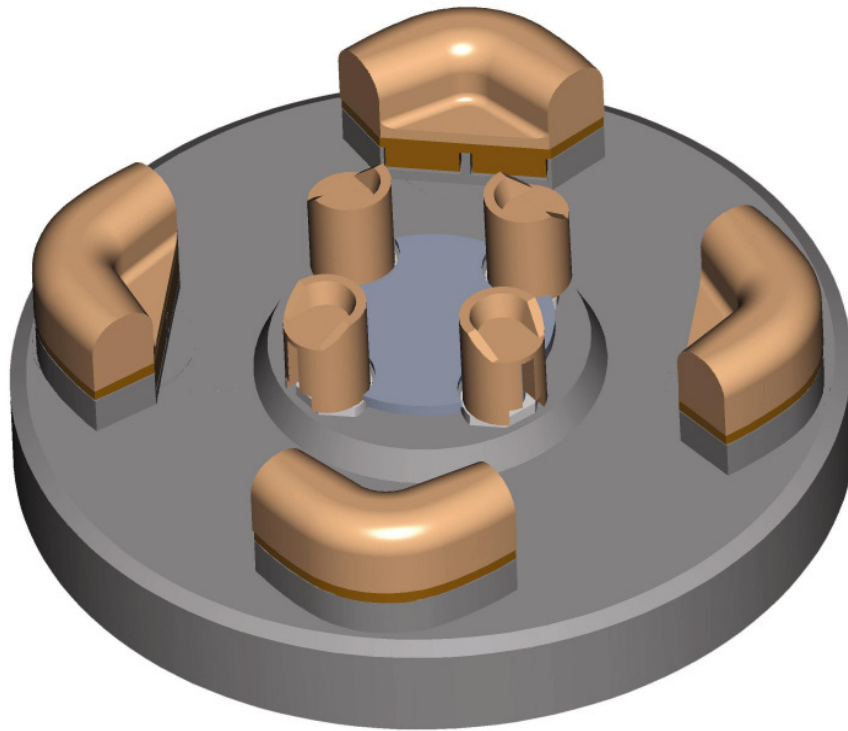
# SynchroCrusher - Driverconstructie

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland  
Voordacht RWS, March 2005

**Driverbelasting**

**Centrifugaalkracht tot 150 kN**

**Inslagbelasting**



**composiet**





# Vergelijk brekers - korrelverdeling

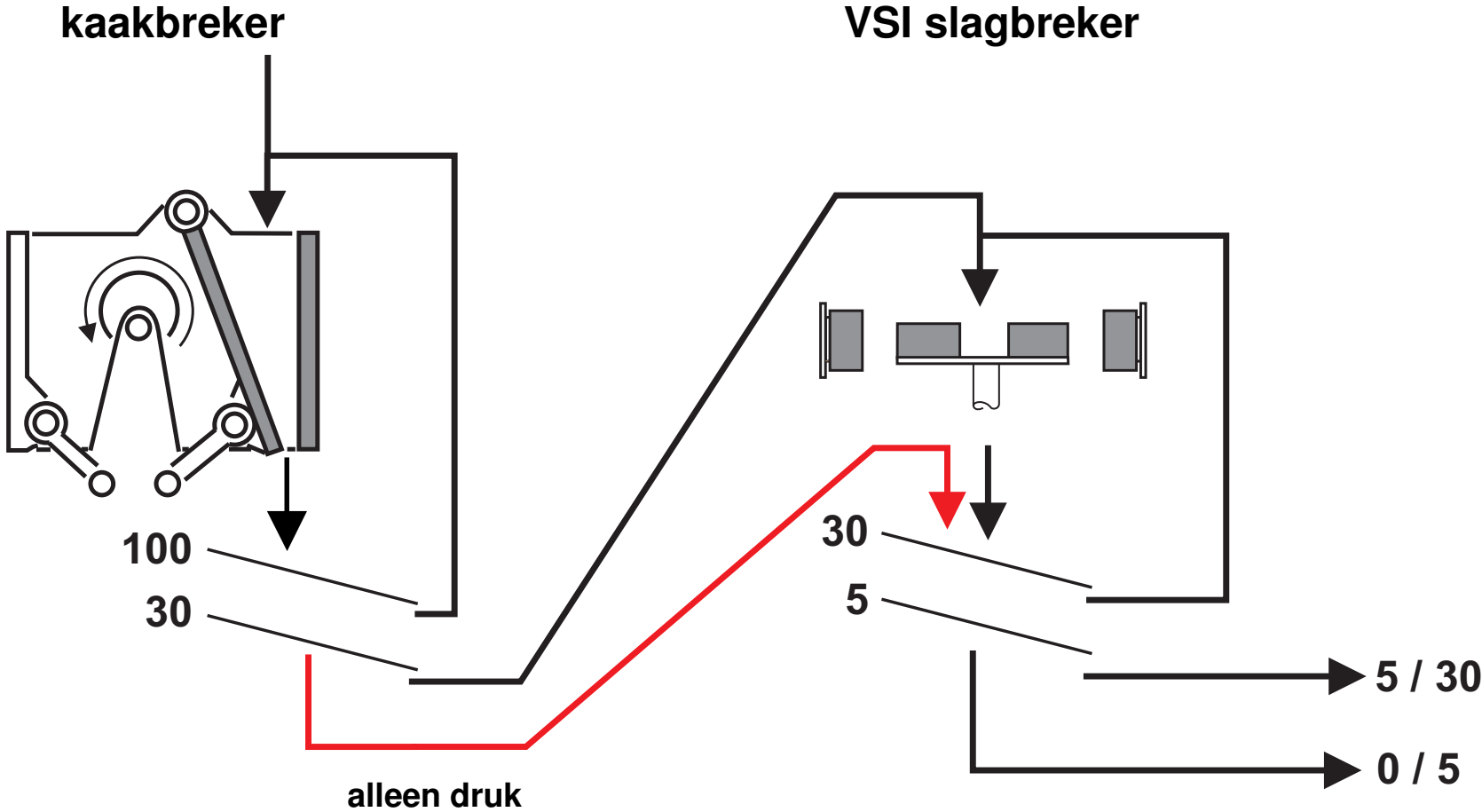
©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland  
Voordacht RWS, March 2005

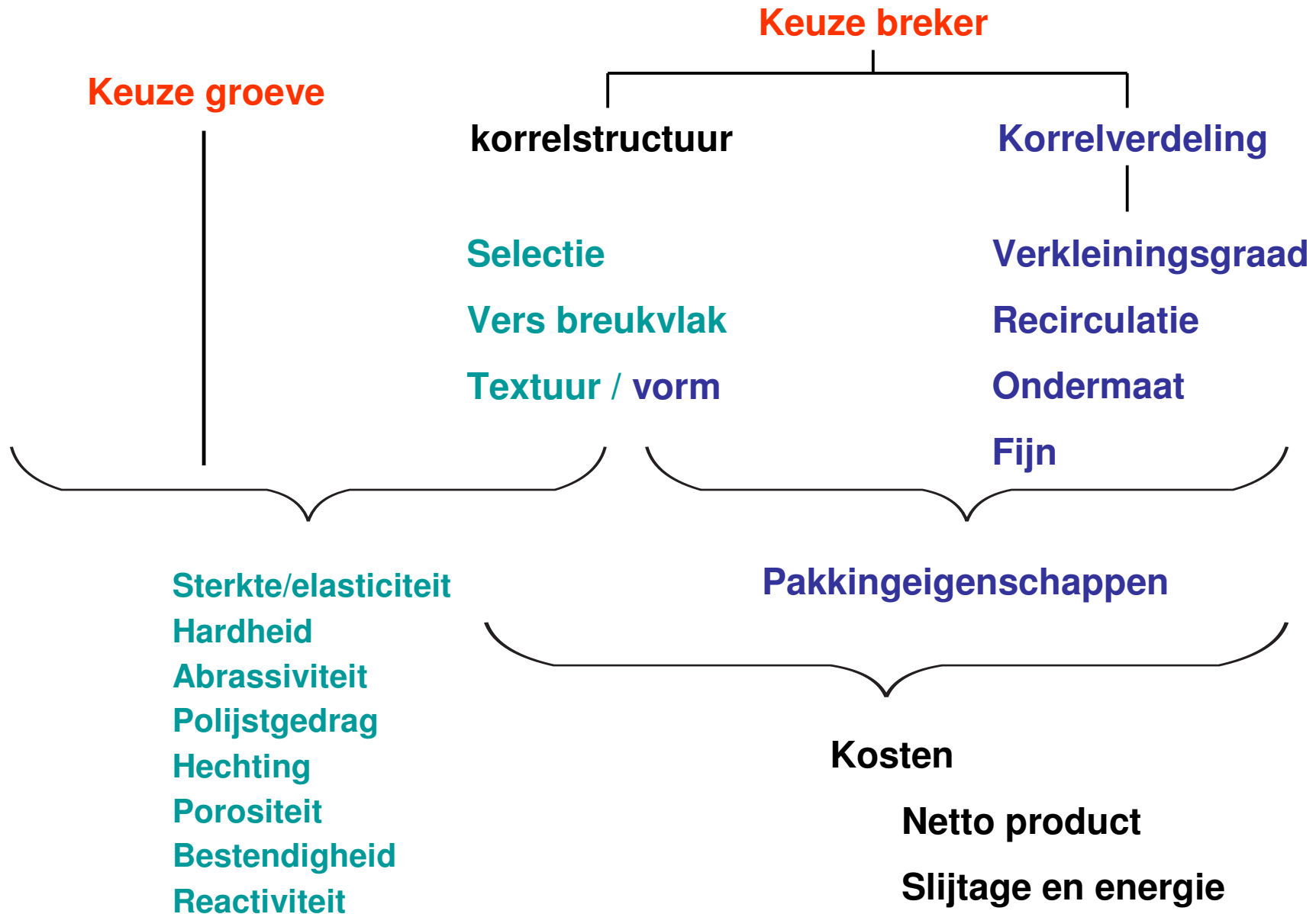
|                             | <u>Overmaat</u> | <u>Ondermaat</u> | <u>Zand</u>   | <u>Fijne delen</u> |
|-----------------------------|-----------------|------------------|---------------|--------------------|
| <b>Primair / secundair</b>  |                 |                  |               |                    |
| kaakbreker                  | spalt           | beperkt          | slecht        | beperkt            |
| <b>Primair / secundair</b>  |                 |                  |               |                    |
| HSI slagbreker              | spalt           | veel             | heel goed     | veel               |
| <b>Secundair / Tertiair</b> |                 |                  |               |                    |
| kegelbreker                 | spalt           | matig            | minder goed   | beperkt            |
| <b>Tertiair</b>             |                 |                  |               |                    |
| VSI                         | 30 → 40%        | 20 → 25%         | goed → minder | 3 → 5%             |
| VSSI                        | 30%             | 20%              | goed          | 3%                 |
| <b>Tertiair / kwartair</b>  |                 |                  |               |                    |
| SynchroCrusher              | 30%             | 20%              | heel goed     | 3%                 |
| <b>Kwartair</b>             |                 |                  |               |                    |
| Autogene VSI                | nihil           | veel             | redelijk      | veel               |

# Vergelijk brekers - korrelstructuur

©Hans van der Zanden, Dunkilla, Ireland  
Voordacht RWS, March 2005

|                             | <u>Selectie</u> | <u>Cubiciteit</u> | <u>Textuur</u> | <u>Vers breukvlak</u> |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------------------|
| <b>Primair / secundair</b>  |                 |                   |                |                       |
| kaakbreker                  | 3               | 2                 | 4              | 3                     |
| <b>Primair / secundair</b>  |                 |                   |                |                       |
| HSI slagbreker              | 10              | 10                | 10             | 10                    |
| <b>Secundair / Tertiair</b> |                 |                   |                |                       |
| kegelbreker                 | 5               | 6                 | 6              | 5                     |
| <b>Tertiair</b>             |                 |                   |                |                       |
| VSI                         | 8 → 6/4         | 8 → 6/4           | 7 → 5/3        | 7 → 5/3               |
| VSSI                        | 8               | 8                 | 8              | 8                     |
| <b>Tertiair / kwartair</b>  |                 |                   |                |                       |
| SynchroCrusher              | 9               | 10                | 9              | 9                     |
| <b>Kwartair</b>             |                 |                   |                |                       |
| Autogene VSI                | 7               | 10                | 8              | 9                     |





## **Afhankelijk van de keuze van het breekproces kan:**

→ een goed breekgoed resulteren in een slecht breekproduct

→ een slecht breekgoed een goed breekproduct opleveren

**Don't force it, take a bigger hammer**