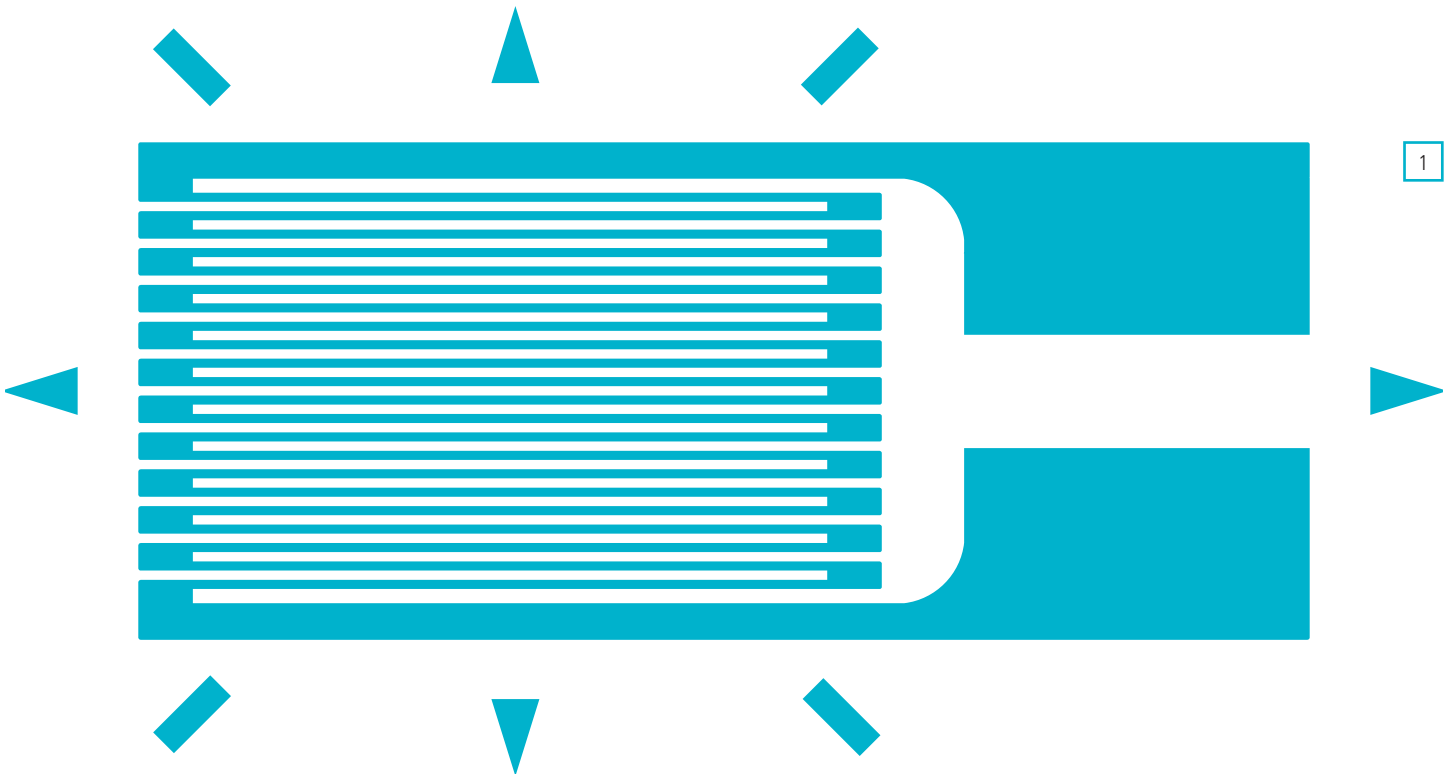




# Het meten van mechanische belasting op afstand



Constructies, zelfs de meest starre structuren en samenstellingen, buigen en bewegen onder mechanische belasting. De uitspraak 'het is buigen of barsten' wordt absoluut waargemaakt; om krachten op te vangen is buiging noodzaak. Overigens is het vaak onvoorstelbaar dat zware betonnen megabouwsels in feite elastisch zijn. Discovery Channel heeft daar interessante programma's over die ik met grote belangstelling volg. Er zitten wel degelijk grenzen aan buiging. Wordt de kracht in een bepaalde richting groter dan barst de boel. Sterker nog, als een constructie met regelmaat wordt belast tegen de grenzen van de toelaatbaarheid, neemt de sterkte af. Bij de eerstvolgende, normaal nog toelaatbare, kracht bezwijkt het vroegtijdig.



Afbeeldingen:

1. Metaalfolie rekstrookje
2. Laden en lossen op een RoRo steiger

[www.flowmeters.nl](http://www.flowmeters.nl)

WITH SENSE OF FLOW

Bij materialen is een goede reproduceerbare rek mogelijk binnen de elasticiteitsgrenzen. Zodra de beweging of buiging daarbuiten komt gaat het materiaal vloeien en ondergaat een permanente deformatie. Taaie materialen staan een elastische vervorming toe terwijl brosse materialen vrijwel direct breken bij het overschrijden van de elasticiteitsgrens. Deze fenomenen maken deel uit van de fysische eigenschappen voor materialen. Het combineren van materialen met verschillende eigenschappen wordt in de praktijk veel gebruikt om tot betere kenmerken te komen. Denk bijvoorbeeld aan de wapening van beton. Het taaie staal versterkt het brosse beton. Het is mogelijk om de levensduur van constructies te verlengen door ze te behoeven voor vroegtijdige veroudering. Dat geldt natuurlijk met name bij veel mechanische stress. In dit artikel besteden we aandacht aan het bepalen van de mechanische belasting. Automatie bezocht Peekel Instruments te Rotterdam en sprak met John Deumers, Leo Heester en Arnout Cosman over het bedrijf en specifieke applicaties.

### Meetsystemen

Al meer dan vijftig jaar levert Peekel Instruments oplossingen voor meet- en data-acquisitie-applicaties. In een eigen R&D afdeling ontwikkelt Peekel apparatuur voor het verzamelen, verwerken, analyseren en presenteren van diverse fysische meetgegevens. In de afdeling industriële automatisering ligt de focus op het meten van fysische grootheden, op het verwerken van meetgegevens en op het efficiënt presenteren van informatie. Daarnaast heeft het bedrijf grote specifieke kennis van

rekstrookjes en de toepassing ervan. Vooral op het gebied van het meten van kracht, torsie, verplaatsing en mechanische belasting hebben zij hun specialisatie. Niet alleen vereist dat kennis van de meetmethode maar ook kennis van het mechanische bewegingsgedrag van constructies. Het is noodzakelijk om een goed inzicht te hebben op welke plaats in de constructie de rek het grootst is zodat goed gemeten kan worden. Daar moeten de rekstrookjes geplaatst worden en wel zodanig dat de strookjes dezelfde rek ondergaan als het object. Dat stelt eisen aan de montage- en plakmethode, de juiste keuze van lijmstoffen en uithardingprocessen.

Rekstrookjes zijn sensoren die door uitrekken van weerstand veranderen. In het algemeen wordt van twee soorten gebruik gemaakt; strookjes van metaalfolie en van halfgeleidermateriaal. Deze laatste zijn veel gevoeliger dan de eerste en kunnen daarom ook zeer klein worden uitgevoerd. De eerste soort is van een dunne folie gemaakt in de vorm van figuur 1 en is minder gevoelig voor temperatuurvariatie. Ze zijn zodanig opgebouwd dat ze in één rekriching gevoelig zijn zodat een eenduidige beweging kan worden vastgesteld. In veel gevallen worden drie rekstrookjes bij elkaar in hoeken van 120 graden ten opzichte van elkaar geplaatst. Dit wordt wel een rekstrookkroket genoemd. Daarmee is een volledig patroon van de krachten in het object te bepalen. Voor nauwkeurige meting van de weerstandsverandering wordt meestal gebruik gemaakt van een Brug van Wheatstone.

### Toepassingen

Voor de efficiënte verlading van goederen zijn in de haven van Rotterdam vele steigers gebouwd. Schepen leggen aan, vrachtwagens rijden af en aan, enorme beweegbare en vaste kranen verplaatsen de goederen en in open en gesloten depots wordt de lading tijdelijk opgeslagen. Deze bouwkundige en infrastructurele constructies worden zwaar belast en zijn berekend op de juiste sterkte met uiteraard een zekere overbelastbaarheid. Juist hier worden de grenzen door de transporteurs nogal eens opgezocht om kosten te besparen. Schade aan het materiaal is dan ook te verwachten. Om een juist inzicht te krijgen in de belasting van de steigers op de Maasvlakte heeft het Havenbedrijf Rotterdam, Peekel gevraagd metingen uit te voeren. In opdracht van de Dienst Gemeentewerken Rotterdam heeft Peekel een ontwerp gemaakt van de meetplaatsen en een systeem ontwikkeld om dit te kunnen uitvoeren. Er zijn grenzen gesteld aan het vrachttransport over de steigers voor wat betreft de wielbelasting. En dit laatste varieert niet alleen vanwege de hoeveelheid lading maar ook door de keuze van het soort banden. Zo geven massief rubberen banden veel grotere krachten op de steiger, met name bij oneffenheden, dan luchtbanden. Ook het aantal banden per as en per oplegger geven interessante verschillen. Het feit blijft: grenswaarden niet overschrijden om schade te voorkomen.

De steiger staat op zes palen van beton die alle voorzien zijn van vier sensoren om een volledig beeld te krijgen van het krachtenpatroon. Deze sensoren zijn aangesloten op de ingangsmo-

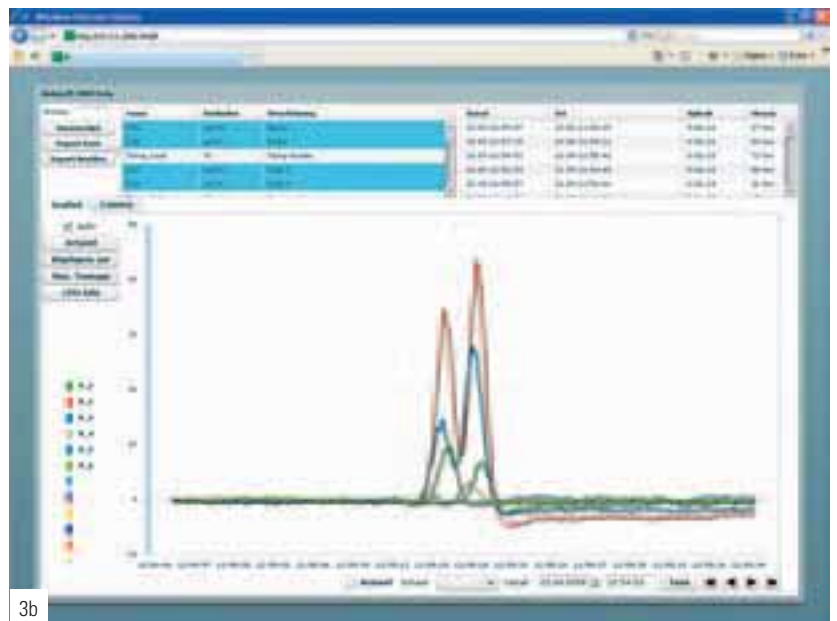
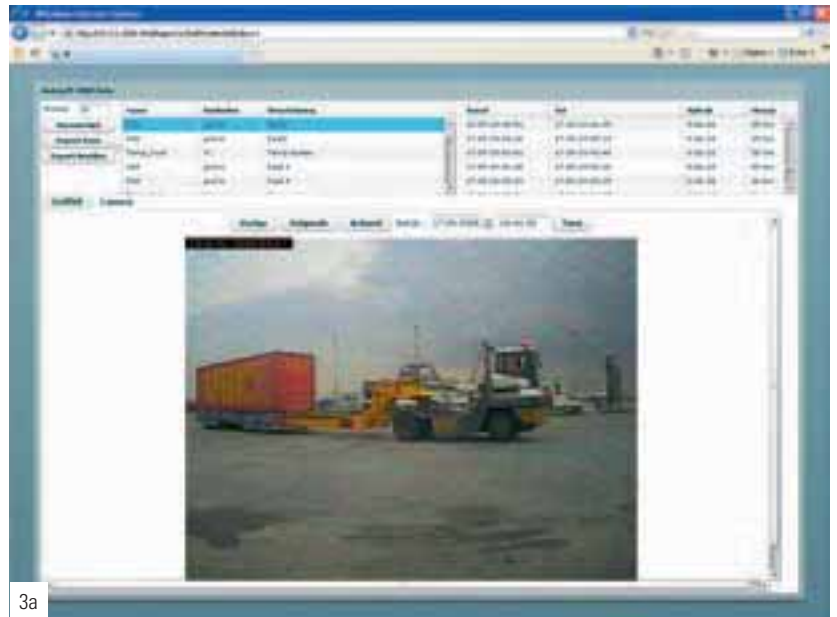


Afbeeldingen:

- 3a. Momentopname van de steiger met camerabeeld  
3b. Momentopname van de steiger met grafische weergave van de mechanische belasting in tonnen.  
De pieken van de dubbelasser zijn duidelijk waarneembaar.

len van een data-acquisitiesysteem, Autolog 3000. De universele ingangsmodule heeft zes kanalen en verzorgt de voeding en de signaalconditionering voor de rekstrookjes. Signalen van temperatuursensoren (Pt100, Pt1000 en thermokoppels) en van potentiometers kunnen ook worden verwerkt. Ieder kanaal heeft een analoge versterker en een 24 bits A/D omzetter die met een snelheid van 1 kHz en een resolutie  $0,2\mu\text{m/m}$  de signalen doorlaat. Daarnaast heeft de module een krachtige microprocessor met een databuffer voor 50.000 meetwaarden en een CAN-databus voor dataoverdracht. De rekstrookjes kunnen in een volledige, een halve of een kwart brug worden gebruikt en aangesloten, afhankelijk van de gewenste configuratie. De communicatie tussen de modules onderling en de PC maakt gebruik van het CAN-protocol (Controller Area Network). Voor eenvoudige verbinding met de PC kan een externe CAN/USB omzetter gebruikt worden. Om efficiënt met de meetgegevens om te kunnen gaan kan datareductie toegepast worden door alleen de gemiddelde, de maximale of minimale waarde over te sturen, of door alleen meetwaarden over te dragen als een vooraf ingestelde grenswaarde wordt over- of onderschreden. Bij toepassing van het systeem voor vermoeidheidstesten kan handig gebruik worden gemaakt van het ringgeheugen. Tijdens de test wordt bijvoorbeeld met een snelheid van 10 Hz data verzameld in het FIFO-geheugen. Zodra het component onder test faalt, stopt de scanning automatisch en kunnen de laatste 50.000 geregistreerde waarden worden uitgelezen en geanalyseerd.

Voor de meting aan de steiger is het systeem uitgebreid met een UMTS modem. Hiermee wordt de data, die in Autolog 3000 is opgeslagen, draadloos over grote afstand overgedragen naar de centrale PC. Hierop kan de presentatie plaatsvinden via een 'normale webbrowser' aangezien in het Autologsysteem een webserverapplicatie is ondergebracht. Analyse en pre-



sentatie van de meetgegevens kan worden verzorgd door het softwareprogramma Autosoft 3000. Deze applicatie maakt direct gebruik van de beschikbare data, die zowel via draadgebonden koppeling met Autolog 3000 of middels het draadloze UMTS kan worden verkregen. Meetgegevens en camerabeelden kunnen tegelijk worden weergegeven. De grafieken tonen direct het aantal tonnen belasting per paal op de steiger, met daaraan een beeld van de overbelasting veroorzakende vrachtwagen gekoppeld. Het is een duidelijk en compleet controlemiddel voor het havenbedrijf.

Op deze wijze kunnen, eventueel op afstand, vele verschillende constructies mechanisch

gecontroleerd worden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan windmolens, bruggen, sluisen, opslagtanks, reactorvaten, silo's, bouwwerken en vele andere. Overmatige deformatie en vermoeiing wordt geregistreerd en bij overschrijding van ingestelde grenswaarden kan worden gealarmeerd. Een dergelijke installatie verhoogt de veiligheid en verlaagt de kosten door tijdig de juiste onderhoudswerkzaamheden uit te voeren.

**Meer informatie:**  
John.Deumers@peekel.nl en [www.peekel.nl](http://www.peekel.nl)