

# Standaardbestek 270

## DEEL II

### *Hoofdstuk 41*

## Mechanica algemeen



## INHOUDSTAFEL

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1</b>   | <b>ALGEMENE ONTWERP- EN BEREKENINGSVOORWAARDEN VAN EEN MECHANISME .....</b>                                   | <b>1</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>Algemene definities .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1.2</b> | <b>Belastingen en belastingscombinaties.....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.2.1      | In acht te nemen individuele belastingen en voor hun berekening te volgen regels .....                        | 1         |
| 1.2.1.1    | Algemeen.....   | 1         |
| 1.2.1.2    | Belastingen ten gevolge van de zwaartekracht .....  | 1         |
| 1.2.1.2.A  | Eigengewicht $S_{ge}$ .....   | 1         |
| 1.2.1.2.B  | Onevenwicht $S_{gl}$ .....  | 2         |
| 1.2.1.2.C  | Overlast $S_{go}$ .....   | 2         |
| 1.2.1.3    | Belastingen ten gevolge van traagheidskrachten die optreden tijdens de werking in normaal bedrijf $S_m$ ..... | 2         |
| 1.2.1.3.A  | Actieve elementen .....   | 2         |
| 1.2.1.3.B  | Passieve elementen .....  | 3         |
| 1.2.1.4    | Belastingen ten gevolge van weersinvloeden .....  | 3         |
| 1.2.1.4.A  | Algemeen.....   | 3         |
| 1.2.1.4.B  | Wind $S_{ww}$ en storm $S_{wt}$ .....   | 3         |
| 1.2.1.4.C  | Sneeuw $S_{ws}$ .....   | 4         |
| 1.2.1.4.D  | IJs $S_{wy}$ .....  | 4         |
| 1.2.1.4.E  | Golven $S_{wz}$ .....   | 4         |
| 1.2.1.4.F  | Temperatuur $S_{wh}$ .....  | 4         |
| 1.2.1.5    | Belastingen ten gevolge van hydraulische effecten $S_h$ .....   | 4         |
| 1.2.1.6    | Verkeersbelasting $S_t$ .....   | 4         |
| 1.2.1.7    | Belasting ten gevolge van vervormen van constructies of van constructie-onderdelen $S_v$ ....                 | 4         |
| 1.2.1.8    | Belasting ten gevolge van bedrijfsinvloeden $S_b$ .....   | 5         |
| 1.2.1.8.A  | Algemeen.....   | 5         |
| 1.2.1.8.B  | Wrijvings- en rolweerstand $S_{bf}$ .....   | 5         |
| 1.2.1.8.C  | Geleidingskrachten $S_{bg}$ .....   | 5         |
| 1.2.1.8.D  | Bufferwerking $S_{bu}$ .....  | 6         |
| 1.2.1.8.E  | Noodstop $S_{bs}$ .....   | 6         |
| 1.2.1.9    | Belasting tijdens transport en montage $S_{mo}$ .....   | 6         |
| 1.2.1.10   | Belasting van cabines en toegangen $S_k$ .....  | 6         |
| 1.2.1.11   | Mechanismen gedeeltelijk buiten dienst $S_x$ .....  | 6         |
| 1.2.1.12   | Catastrofesituaties $S_{ca}$ .....  | 6         |
| 1.2.1.13   | Groepsfactor $\gamma_m$ .....   | 7         |
| 1.2.2      | Belastingscombinaties .....   | 7         |
| 1.2.3      | Belastingsniveaus .....   | 7         |
| <b>1.3</b> | <b>Groepsindeling .....</b>   | <b>9</b>  |
| 1.3.1      | Algemene opvatting.....   | 9         |
| 1.3.2      | Toepassing.....   | 9         |
| 1.3.3      | Groepsindeling van enkele mechanismen.....  | 9         |
| <b>1.4</b> | <b>Berekening .....</b>   | <b>14</b> |
| 1.4.1      | Algemene bepalingen .....   | 14        |
| 1.4.2      | Berekeningsmethodes.....  | 14        |
| 1.4.2.1    | Berekening van metaalconstructies .....   | 14        |
| 1.4.2.2    | Berekening van mechanismen .....  | 14        |
| 1.4.2.2.A  | Algemeen.....   | 14        |
| 1.4.2.2.B  | Berekening van de elementen.....  | 14        |
| 1.4.2.2.C  | Toelaatbare spanningen .....  | 14        |
| 1.4.2.2.D  | Berekening van bijzondere elementen .....   | 14        |
| 1.4.2.2.E  | Controle van de stabiliteit tegen het omkantelen .....  | 15        |
| 1.4.3      | Berekeningen uitgevoerd met behulp van een computer .....   | 15        |
| <b>2</b>   | <b>UITVOERING VAN DE VERBINDINGEN - AFWERKING VAN DE STUKKEN</b>  | <b>16</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Uitvoering van de verbindingen.....</b>  | <b>16</b> |
| 2.1.1      | Blindgatverbindingen .....  | 16        |
| <b>2.2</b> | <b>Afwerking van de stukken .....</b>   | <b>16</b> |
| 2.2.1      | Verbindingen .....  | 16        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 2.2.2      | Oppervlakteruwheid.....   | 16        |
| 2.2.2.1    | Keuze van de te verwezenlijken ruheidsklasse .....  | 16        |
| 2.2.2.2    | Bramen.....   | 17        |
| 2.2.3      | Oppervlaktetoestand van ruwe stukken of delen van ruwe stukken (d.w.z. niet mechanisch bewerkt) ..... | 17        |
| 2.2.3.1    | Gietstalen stukken.....   | 17        |
| 2.2.3.2    | Smeedstalen stukken.....  | 17        |
| 2.2.3.3    | Oppervlakken bekomen door snijden.....  | 17        |
| 2.2.3.4    | Gelaste stukken.....  | 18        |
| 2.2.3.5    | Carters van tandwielkasten .....  | 18        |
| <b>3</b>   | <b>OPHANGINGS-, BEDIENINGS- EN GELEIDINGSORGANEN.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Staalkabels .....</b>  | <b>19</b> |
| 3.1.1      | Indeling van de staalkabels .....   | 19        |
| 3.1.1.1    | Actieve kabels.....   | 19        |
| 3.1.1.2    | Liggende kabels .....   | 19        |
| 3.1.1.3    | Meetkabels.....   | 19        |
| 3.1.2      | Algemeen .....  | 19        |
| 3.1.3      | Type van de kabel .....   | 20        |
| 3.1.4      | Kabeldiameter .....   | 20        |
| 3.1.5      | Voorrekken van de kabels.....   | 20        |
| 3.1.6      | Proeven .....   | 20        |
| 3.1.7      | Grondslagen voor de berekening .....  | 20        |
| <b>3.2</b> | <b>Kabelbevestigingen.....</b>  | <b>22</b> |
| 3.2.1      | Toegelaten uitvoeringen.....  | 22        |
| 3.2.1.1    | Vastgegoten conische huls (sok).....  | 22        |
| 3.2.1.2    | Persklemmen.....  | 22        |
| 3.2.1.3    | Wigklemmen.....   | 22        |
| 3.2.1.4    | Kabelklemmen met U-bouten .....   | 22        |
| 3.2.2      | Proeven .....   | 23        |
| 3.2.3      | Bevestiging aan kabeltrommel.....   | 23        |
| <b>3.3</b> | <b>Kabelogen.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Spanners.....</b>  | <b>23</b> |
| <b>3.5</b> | <b>Evenaars - evenwichtsslingers .....</b>  | <b>23</b> |
| <b>3.6</b> | <b>Kabelschijven.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>3.7</b> | <b>Kabeltrommels.....</b>   | <b>24</b> |
| 3.7.1      | Gekalibreerde kettingen met gelaste schakels.....   | 24        |
| 3.7.2      | Niet-gekalibreerde kettingen met gelaste schakels .....   | 24        |
| 3.7.3      | Harpsluitingen.....   | 25        |
| <b>3.8</b> | <b>Kaapstanders .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>3.9</b> | <b>Opleggingen schootstukken en grendels.....</b>   | <b>25</b> |
| <b>4</b>   | <b>AANDRIJF- EN AFREMELEMENTEN.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Motoren.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Remmen.....</b>  | <b>26</b> |
| 4.2.1      | Algemeen .....  | 26        |
| 4.2.2      | Berekeningsnota.....  | 26        |
| 4.2.3      | Dimensionering.....   | 26        |
| 4.2.4      | Constructieve eisen .....   | 26        |
| <b>4.3</b> | <b>Handbedieningen en noodbedieningen .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>5</b>   | <b>OVERBRENGINGSORGANEN .....</b>   | <b>28</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Algemeen .....</b>   | <b>28</b> |
| 5.1.1      | Uitbalancerings.....  | 28        |
| 5.1.2      | Verdeling van de belasting.....   | 28        |
| 5.1.3      | Equivalente belasting $S_{eq}$ .....  | 28        |
| <b>5.2</b> | <b>Cilindrische tandwieloverbrenging.....</b>   | <b>28</b> |
| 5.2.1      | Terminologie.....   | 28        |
| 5.2.2      | Moduli.....   | 28        |
| 5.2.3      | Vertandingskwaliteit .....  | 29        |
| 5.2.4      | Tandsnijden en afwerking.....   | 29        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 5.2.5      | Materiaalkeuze en kwaliteit van uitvoering.....                                   | 30        |
| 5.2.6      | Tanddiktevermindering.....  | 31        |
| 5.2.7      | Aanduidingen op de plans .....  | 31        |
| <b>5.3</b> | <b>Kegeltandwieloverbrengingen.....</b>   | <b>31</b> |
| 5.3.1      | Terminologie .....  | 31        |
| 5.3.2      | Tandprofiel .....   | 32        |
| 5.3.3      | Benaderende bol-evolvende vertanding volgens Tredgold.....                        | 32        |
| 5.3.4      | Uitvoering.....   | 32        |
| <b>5.4</b> | <b>Controleberekeningen van cilindrische - en kegeltandwieloverbrenging .....</b> | <b>32</b> |
| 5.4.1      | ISO-methode.....  | 32        |
| 5.4.2      | Tandwieloverbrengingen voor algemene werktuigkunde.....                           | 33        |
| 5.4.2.1    | Algemeen.....   | 33        |
| 5.4.2.2    | Algemene invloedsfactoren .....   | 33        |
| 5.4.2.3    | Berekening van de oppervlaktedruk .....   | 33        |
| 5.4.2.4    | Berekening van de maximale tandvoetspanning.....                                  | 34        |
| 5.4.2.5    | Wreten .....  | 34        |
| 5.4.3      | Controleberekeningen en veiligheidscoëfficiënten.....                             | 35        |
| 5.4.3.1    | Controleberekening tegenover vermoeiing.....                                      | 35        |
| 5.4.3.1.A  | Bepalen van het equivalent koppel .....   | 35        |
| 5.4.3.1.B  | Veiligheidscoëfficiënten .....  | 35        |
| 5.4.3.2    | Statische controleberekening tegenover overbelasting .....                        | 35        |
| 5.4.3.2.A  | Bepalen van het overbelastingskoppel.....   | 35        |
| 5.4.3.2.B  | Veiligheidscoëfficiënten .....  | 35        |
| <b>5.5</b> | <b>Keuringen van tandwielkasten.....</b>  | <b>36</b> |
| 5.5.1      | Standaardtandwielkasten .....   | 36        |
| 5.5.2      | Niet-standaardtandwielkasten.....   | 36        |
| 5.5.2.1    | Controle van de tandwielen .....  | 36        |
| 5.5.2.1.A  | Thermische behandeling.....   | 36        |
| 5.5.2.1.B  | Afmetingen en afwerking .....   | 37        |
| 5.5.2.1.C  | Kwaliteit .....   | 37        |
| 5.5.2.2    | Proeven op de tandwielkast .....  | 37        |
| 5.5.2.2.A  | Statische proeven.....  | 37        |
| 5.5.2.2.B  | Dynamische proeven .....  | 37        |
| 5.5.2.3    | Goedkeuring .....   | 38        |
| <b>5.6</b> | <b>Worm-wormwieloverbrenging.....</b>   | <b>38</b> |
| 5.6.1      | Algemeen.....   | 38        |
| 5.6.2      | Constructieve bepalingen.....   | 38        |
| 5.6.2.1    | Wielen.....   | 38        |
| 5.6.2.2    | Lagerhuizen .....   | 38        |
| 5.6.2.3    | Materialen.....   | 38        |
| 5.6.3      | Berekening.....   | 38        |
| 5.6.4      | Controleberekening tegenover vermoeiing.....                                      | 39        |
| 5.6.5      | Statische controleberekening tegenover overbelasting .....                        | 40        |
| 5.6.6      | Proeven op de wormwielkasten .....  | 40        |
| <b>5.7</b> | <b>Tandwielkasten.....</b>  | <b>40</b> |
| 5.7.1      | Carters.....  | 40        |
| 5.7.1.1    | Materialen.....   | 40        |
| 5.7.1.2    | Uitvoering.....   | 40        |
| 5.7.2      | Smering.....  | 41        |
| 5.7.3      | Afdichting.....   | 41        |
| 5.7.4      | Kenmerkplaatje.....   | 41        |
| 5.7.4.1    | Algemeen.....   | 41        |
| 5.7.4.2    | Standaardmotorreductoren.....   | 42        |
| <b>5.8</b> | <b>Vrije heugelstangen.....</b>   | <b>42</b> |
| 5.8.1      | Voorwerp van de paragraaf .....   | 42        |
| 5.8.2      | Berekening.....   | 43        |
| 5.8.3      | Constructie.....  | 43        |
| 5.8.4      | Materialen.....   | 43        |
| <b>5.9</b> | <b>Assen.....</b>   | <b>43</b> |
| 5.9.1      | Materialen.....   | 43        |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| 5.9.2       | Berekening .....   | 43        |
| 5.9.3       | Hoekverdraaiing en doorbuiging .....                             | 44        |
| <b>5.10</b> | <b>Lagerblokken - Oogblokken .....</b>                           | <b>44</b> |
| 5.10.1      | Algemeen .....   | 44        |
| 5.10.2      | Materialen .....   | 44        |
| 5.10.3      | . Constructie .....  | 44        |
| 5.10.4      | Bevestiging van assen of lagerblokken in staalconstructies ..... | 44        |
| <b>5.11</b> | <b>Wentellagers, glijlagers, gewrichtslagers .....</b>           | <b>45</b> |
| 5.11.1      | Algemeen .....   | 45        |
| 5.11.1.1    | Keuze van het lagertype en van de lageruitvoering .....          | 45        |
| 5.11.1.2    | Terminologie .....   | 45        |
| 5.11.1.3    | Keuringskosten .....   | 46        |
| 5.11.1.4    | Vooropgestelde levensduur van het lager .....                    | 46        |
| 5.11.2      | Wentellagers .....   | 46        |
| 5.11.2.1    | Algemeen .....   | 46        |
| 5.11.2.2    | Controleberekeningen .....                                       | 47        |
| 5.11.2.2.A  | Stijfheidsberekening .....                                       | 47        |
| 5.11.2.2.B  | Statische belastbaarheidscontrole .....                          | 47        |
| 5.11.2.2.C  | Levensduurberekening .....                                       | 47        |
| 5.11.3      | Glijlagers .....   | 48        |
| 5.11.3.1    | Algemeen .....   | 48        |
| 5.11.3.2    | Zelfsmerende glijlagers .....                                    | 48        |
| 5.11.3.2.A  | Algemeen .....   | 48        |
| 5.11.3.2.B  | Gegoten brons met vaste smeerstof .....                          | 50        |
| 5.11.3.2.C  | Gesinterd grafietbrons .....                                     | 51        |
| 5.11.3.2.D  | Polymeren .....  | 52        |
| 5.11.3.2.E  | Meerlaagslager op metalen drager .....                           | 54        |
| 5.11.3.3    | Grensgesmeerde glijlagers .....                                  | 55        |
| 5.11.3.3.A  | Algemeen .....   | 55        |
| 5.11.4      | Gewrichtslagers .....  | 55        |
| 5.11.4.1    | Algemeen .....   | 55        |
| 5.11.4.2    | Controleberekeningen .....                                       | 56        |
| 5.11.4.2.A  | Statische belastbaarheid .....                                   | 56        |
| 5.11.4.2.B  | Dynamische belastbaarheid .....                                  | 56        |
| 5.11.4.2.C  | Dynamische vlaktedruk .....                                      | 56        |
| 5.11.4.3    | Grensgesmeerde gewrichtslagers .....                             | 57        |
| 5.11.4.4    | Zelfsmerende gewrichtslagers .....                               | 58        |
| 5.11.4.4.A  | Algemeen .....   | 58        |
| 5.11.4.4.B  | Zelfsmerend glijlagermateriaal conform paragraaf 5.11.3.3. ....  | 58        |
| 5.11.4.4.C  | PTFE-glijlagermateriaal .....                                    | 59        |
| <b>5.12</b> | <b>Koppelingen .....</b>   | <b>60</b> |
| 5.12.1      | Algemeen .....   | 60        |
| 5.12.2      | Starre koppelingen .....   | 60        |
| 5.12.3      | Elastische koppelingen .....                                     | 60        |
| 5.12.4      | Flexibele koppelingen .....                                      | 60        |
| 5.12.4.1    | Flexibele tandkoppelingen .....                                  | 60        |
| 5.12.4.2    | Cardankoppelingen .....  | 60        |
| <b>5.13</b> | <b>Inschakelbare koppelingen .....</b>                           | <b>60</b> |
| <b>5.14</b> | <b>Conische klemkoppelingen .....</b>                            | <b>61</b> |
| <b>5.15</b> | <b>Spieën .....</b>  | <b>61</b> |
| 5.15.1      | Materialen .....   | 61        |
| 5.15.2      | Berekening .....   | 61        |
| <b>5.16</b> | <b>Onderlegplaten en regelplaten .....</b>                       | <b>62</b> |
| <b>5.17</b> | <b>Veren .....</b>   | <b>62</b> |
| 5.17.1      | Metalen veren .....  | 62        |
| 5.17.1.1    | Algemeen .....   | 62        |
| 5.17.1.2    | Schroefveren .....   | 62        |
| 5.17.1.2.A  | Berekening .....   | 62        |
| 5.17.1.2.B  | Constructieve bepalingen .....                                   | 63        |
| 5.17.1.3    | Schotelveren .....   | 64        |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| 5.17.2      | Veren in rubber .....   | 64        |
| <b>5.18</b> | <b>Riemen en riemschijven.....</b>                                      | <b>65</b> |
| <b>5.19</b> | <b>Bus- en rolkettingen voor vermogenoverbrenging.....</b>              | <b>65</b> |
| <b>6</b>    | <b>KEUZE EN BEPROEVEN VAN DE MATERIALEN .....</b>                       | <b>66</b> |
| <b>7</b>    | <b>UITVOERING VAN DE WERKEN .....</b>                                   | <b>67</b> |
| <b>7.1</b>  | <b>Algemeen.....</b>  | <b>67</b> |
| <b>7.2</b>  | <b>Laswerken.....</b>   | <b>67</b> |
| 7.2.1       | Algemene voorschriften.....   | 67        |
| 7.2.2       | Controle van het laswerk .....  | 67        |
| <b>7.3</b>  | <b>Spanningsarm gloeien .....</b>                                       | <b>67</b> |
| <b>7.4</b>  | <b>Voorlopige montage in het werkhuis .....</b>                         | <b>67</b> |
| <b>7.5</b>  | <b>Opslagplaats .....</b>   | <b>68</b> |
| <b>8</b>    | <b>BEVESTIGINGS- EN BESCHERMINGSELEMENTEN .....</b>                     | <b>69</b> |
| <b>9</b>    | <b>SMERING.....</b>   | <b>70</b> |
| <b>9.1</b>  | <b>Toepassingsgebied.....</b>   | <b>70</b> |
| <b>9.2</b>  | <b>Smeerinrichtingen.....</b>   | <b>70</b> |
| 9.2.1       | Spatsmering of smering door indompeling.....                            | 70        |
| 9.2.2       | Kringloopsmering met progressieve verdelers .....                       | 70        |
| 9.2.2.1     | Principe.....   | 70        |
| 9.2.2.2     | Algemene voorschriften.....   | 70        |
| 9.2.2.3     | Installaties met oliereservoir .....                                    | 70        |
| 9.2.3       | Handbediende smerinrichting punt per punt .....                         | 71        |
| 9.2.4       | Smerinrichting met handbediende pomp en progressieve verdelers .....    | 72        |
| 9.2.5       | Automatische centrale smerinrichting.....                               | 72        |
| 9.2.5.1     | Centrale smerinrichting door pompen met meerdere vertrekleidingen ..... | 72        |
| 9.2.5.2     | Centrale smerinrichting met progressieve verdelers .....                | 73        |
| 9.2.5.3     | Centrale smerinrichting met enkelvoudige of dubbele lijn .....          | 73        |
| 9.2.5.3.A   | Centrale smerinrichting met enkelvoudige lijn .....                     | 73        |
| 9.2.5.3.B   | Centrale smerinrichting met dubbele lijn.....                           | 73        |
| 9.2.6       | Smering door verstuiwing van vet.....                                   | 74        |
| 9.2.7       | Smeren met de borstel .....   | 74        |
| 9.2.8       | Leidingen.....  | 75        |
| 9.2.9       | Progressieve verdelers .....  | 75        |
| 9.2.10      | Diverse voorschriften.....  | 75        |
| <b>9.3</b>  | <b>Smering door de aannemer .....</b>                                   | <b>76</b> |
| 9.3.1       | Smering van de mechanismen .....  | 76        |
| 9.3.2       | Smering van kabels.....   | 77        |
| 9.3.3       | Vetbijvuleenheid.....   | 78        |
| <b>9.4</b>  | <b>Te overhandigen documenten .....</b>                                 | <b>78</b> |
| <b>10</b>   | <b>ELEKTRISCHE SLAGBOMEN.....</b>                                       | <b>79</b> |
| <b>10.1</b> | <b>Algemene bepalingen .....</b>  | <b>79</b> |
| <b>10.2</b> | <b>Bedieningsmechanisme .....</b>                                       | <b>79</b> |
| 10.2.1      | Beschrijving.....   | 79        |
| 10.2.2      | Materialen .....  | 80        |
| <b>10.3</b> | <b>Slagboomkolom .....</b>  | <b>80</b> |
| 10.3.1      | Beschrijving.....   | 80        |
| 10.3.2      | Materialen .....  | 81        |
| <b>10.4</b> | <b>Slagboomarm.....</b>   | <b>81</b> |
| 10.4.1      | Beschrijving.....   | 81        |
| 10.4.2      | Materialen .....  | 82        |
| <b>10.5</b> | <b>Slagboomverlichting .....</b>  | <b>82</b> |
| 10.5.1      | Beschrijving.....   | 82        |
| <b>10.6</b> | <b>Elektrische uitrusting.....</b>                                      | <b>83</b> |
| 10.6.1      | Beschrijving.....   | 83        |
| <b>10.7</b> | <b>Reservemateriaal.....</b>  | <b>83</b> |

## LIJST NORMEN EN DIENSTORDERS

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| dienstorder LIN 2003/16 ..... | 40, 68 |
| DIN 19704-2:1998* .....       | 59     |
| DIN 2093:2006* .....          | 65     |
| DIN 2097:1973* .....          | 65     |
| DIN 3960:1987* .....          | 37     |
| DIN 3961:1978* .....          | 29, 37 |
| DIN 3967:1978* .....          | 31     |
| DIN 3990-11:1989* .....       | 34, 35 |
| DIN 3990-41:1990* .....       | 33     |
| DIN 51808:1978* .....         | 78     |
| DIN 51818:1981* .....         | 78     |
| DIN 51825:2004* .....         | 58     |
| DIN 52612-1:1979* .....       | 53     |
| DIN 5412:2005* .....          | 47     |
| DIN 55350 -18:1987* .....     | 36     |
| DIN 55350-18:1987* .....      | 36     |
| DIN 6163-5: 2002* .....       | 83     |
| DIN 617:2008* .....           | 47     |
| DIN 625:1990 ...2010* .....   | 46     |
| DIN 628-1:2008* .....         | 46     |
| DIN 628-3:2008* .....         | 47     |
| DIN 630:2009* .....           | 47     |
| DIN 635-1:2010* .....         | 47     |
| DIN 711:2010* .....           | 47     |
| DIN 715:2009* .....           | 47     |
| DIN 720:2009* .....           | 47     |
| DIN 728:1991* .....           | 47     |
| DIN 8187-1:1996* .....        | 66     |
| DIN 82101:2005-09* .....      | 25     |
| DIN 84154:1994* .....         | 25     |
| E 23-301:1974* .....          | 38     |
| E 23-302:1974* .....          | 38     |
| EN ISO 9001* .....            | 31     |
| ISO 104:2002* .....           | 47     |
| ISO 1081:1995* .....          | 66     |
| ISO 10823:2004* .....         | 66     |

|                            |                    |
|----------------------------|--------------------|
| ISO 1132-1:2000*           | 47                 |
| ISO 1132-2:2001*           | 47                 |
| ISO 12240-1:1998*          | 47, 56             |
| ISO 15:1998*               | 47                 |
| ISO 1813:1998*             | 66                 |
| ISO 1834:1999*             | 24, 25             |
| ISO 1835:1980*             | 25                 |
| ISO 1940 1:2003*           | 28                 |
| ISO 199:2005*              | 47                 |
| ISO 254:1998*              | 66                 |
| ISO 281:2007*              | 46, 48             |
| ISO 3030:1996*             | 47                 |
| ISO 3031:2000*             | 47                 |
| ISO 3075:1980*             | 25                 |
| ISO 3076:1984*             | 25                 |
| ISO 3077:2001*             | 24                 |
| ISO 3096:1996*             | 47                 |
| ISO 355:2007*              | 47                 |
| ISO 4183:1995*             | 66                 |
| ISO 4346:1977*             | 79                 |
| ISO 4382:1991*             | 58                 |
| ISO 492:2002*              | 47                 |
| ISO 582:1995*              | 47                 |
| ISO 6336 1, 2, 3 van 2006* | 33                 |
| ISO 6336:2006*             | 34                 |
| ISO 7148-1:1999*           | 50, 58             |
| ISO 76:2006*               | 46, 48             |
| ISO 9982:1998*             | 66                 |
| ISO/TR 10495:1997*         | 35                 |
| NBN 446:1970*              | 29                 |
| NBN 696:1968*              | 28, 32, 38         |
| NBN 756:1968*              | 37                 |
| NBN 808:1970*              | 32                 |
| NBN A 21-201:1976*         | 22, 23, 44, 61, 62 |
| NBN B 03 101:1993*         | 4                  |
| NBN B 03-002:1988*         | 3                  |
| NBN B 52 001:1995*         | 68                 |



|                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| NBN E 52 002:1980*            | 4, 5, 6, 7, 9, 14      |
| NBN E 52 003:1981*            | 14                     |
| NBN E 52 004:1980*            | 14, 15, 26             |
| NBN E 52-001 tot 009*         | 3                      |
| NBN E 52-002:1980*            | 3, 21                  |
| NBN E 52-004:1980*            | 20, 23, 24, 44, 60, 63 |
| NBN EN 10025-2:2005*          | 25, 40                 |
| NBN EN 10083 1:2007*          | 30                     |
| NBN EN 10083 2:2007*          | 30                     |
| NBN EN 10083:2007*            | 59, 60                 |
| NBN EN 10084:2008*            | 30                     |
| NBN EN 10088 1:1995*          | 81, 82                 |
| NBN EN 10088-1 t.e.m. 3:2005* | 55                     |
| NBN EN 10088-1:2005*          | 23, 50, 52, 54, 55, 60 |
| NBN EN 10088-3:2005*          | 19                     |
| NBN EN 10089:2003*            | 64                     |
| NBN EN 10132-4:2000*          | 64                     |
| NBN EN 10204:2005*            | 20, 22, 36             |
| NBN EN 10244-2:2001*          | 20                     |
| NBN EN 10250-1:1999*          | 25                     |
| NBN EN 10264:2002*            | 19                     |
| NBN EN 10264-2:2002*          | 20                     |
| NBN EN 10264-4:2002*          | 20                     |
| NBN EN 10270-2:2001*          | 64                     |
| NBN EN 10293:2005*            | 25, 40, 44, 61         |
| NBN EN 12385 3:2008*          | 78                     |
| NBN EN 12385:2008*            | 19                     |
| NBN EN 12385-3+A1:2008*       | 20                     |
| NBN EN 12385-5:2002*          | 20                     |
| NBN EN 1337-4:2004*           | 25                     |
| NBN EN 134111-6:2004*         | 22                     |
| NBN EN 13411-3:2004*          | 22                     |
| NBN EN 13411-4:2002*          | 22                     |
| NBN EN 13411-5:2003*          | 23                     |
| NBN EN 13414:2009*            | 19                     |
| NBN EN 1464:2010*             | 59                     |
| NBN EN 1561:1997*             | 40, 44                 |

|                                       |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| NBN EN 1563:1997*                     | 40, 44, 61             |
| NBN EN 20286:1993*                    | 16                     |
| NBN EN 22768:1993*                    | 16                     |
| NBN EN 287 1:2004*                    | 68                     |
| NBN EN 50102:1995*                    | 83, 84                 |
| NBN EN 60598 1:1993*                  | 83, 84                 |
| NBN EN 755 2:1997*                    | 83                     |
| NBN EN ISO 1183-1:2004*               | 53                     |
| NBN EN ISO 12205:1996*                | 78                     |
| NBN EN ISO 12944 2:1998*              | 82                     |
| NBN EN ISO 1302:2002*                 | 16                     |
| NBN EN ISO 15607:2004*                | 68                     |
| NBN EN ISO 15609-1:2004*              | 68                     |
| NBN EN ISO 15614-1:2004*              | 68                     |
| NBN EN ISO 228 1:2003*                | 73                     |
| NBN EN ISO 3146:2000*                 | 53                     |
| NBN EN ISO 4287:1998*                 | 16, 29, 50, 52, 54, 55 |
| NBN EN ISO 4287:2005*                 | 58, 60                 |
| NBN EN ISO 683-17:2000*               | 59                     |
| NBN EN ISO 898-1:1999*                | 16                     |
| NBN EN ISO 9001:2008*                 | 53                     |
| NBN EN ISO/IEC 17020:2004*            | 58                     |
| NBN EN ISO/IEC 17020:2004*            | 51, 52, 54, 55, 59     |
| NBN EN ISO/IEC 17025:2005*            | 50, 58                 |
| NBN ENV 1993-1-1:2002*                | 4, 15                  |
| NBN I 04-001:1988 + addendum A1:1990* | 20                     |
| NBN I 04-001:1988*                    | 20, 78                 |
| NBN ISO 11007:2002*                   | 78                     |
| NBN ISO 1604:1989*                    | 66                     |
| NBN ISO 188:2007*                     | 65                     |
| NBN ISO 2176:2002*                    | 78                     |
| NBN ISO 255:1991*                     | 66                     |
| NBN ISO 3016:2000*                    | 78                     |
| NBN ISO 34-1/2004*                    | 65                     |
| NBN ISO 34-2:2007*                    | 65                     |
| NBN ISO 3448:2002*                    | 42, 78                 |
| NBN ISO 48:2007*                      | 65                     |

|                        |    |
|------------------------|----|
| NBN ISO 6247:2002*     | 78 |
| NBN ISO 7120:2002*     | 78 |
| NBN ISO 813:2003*      | 65 |
| NBN ISO 815:2008*      | 65 |
| NBN ISO 91 1:1993*     | 78 |
| NBN ISO ISO 2719:2003* | 78 |

# 1 ALGEMENE ONTWERP- EN BEREKENINGSVOORWAARDEN VAN EEN MECHANISME

## 1.1 Algemene definities

Een mechanisme wordt gedefinieerd als een samenstelling van mechanische elementen die als functie hebben een massa in beweging te brengen, af te remmen, te ondersteunen of te geleiden tijdens de beweging.

Deze mechanische elementen kunnen worden ingedeeld in twee categorieën:

- 1. de actieve elementen die opgenomen zijn in een kinematische keten waarin motoren en/of remmen zijn opgesteld en die rechtstreeks de invloed ondervinden van de krachten en koppels uitgeoefend door deze motoren en/of remmen;
- 2. de passieve elementen die niet rechtstreeks de invloed ondervinden van motoren en/of remmen zoals bijvoorbeeld: een loopwiel van een wielschuif, een ophangelement van een tegengewicht van een beweegbare brug.

De opdrachtdocumenten geven voor elk mechanisme aan:

- de waarden van de krachten (koppels) die door de mechanismen moeten kunnen uitgeoefend worden;
- de waarden van de belastingen die op het mechanisme inwerken;
- de gebruiksklasse en het belastingsspectrum;
- het aantal aanlopen van het mechanisme.

In het geval dat de opdrachtdocumenten de hiervoor vermelde inlichtingen niet zou verstrekken, dan is het de taak van de aannemer deze zelf te bepalen. Hierbij houdt hij rekening met de voorschriften van paragrafen SB 270-41-1.2 en 1.3.

Controleberekeningen moeten uitgevoerd worden om na te gaan of het mechanisme een voldoende veiligheid bezit tegenover falen ten gevolge van vloeien, vermoeiingsbreuk, vervorming van de structuur en omkantelen. De berekeningsmethodes worden beschreven in paragraaf SB 270-41-1.4.

## 1.2 Belastingen en belastingscombinaties

### 1.2.1 In acht te nemen individuele belastingen en voor hun berekening te volgen regels

#### 1.2.1.1 Algemeen

De spanningen in de materialen en de krachten (koppels) die moeten kunnen worden uitgeoefend door de mechanismen, worden afgeleid van de hierna vermelde belastingen. De opsomming van deze belastingen is niet beperkend; in het geval van bijzondere toepassingen moeten de belastingen eigen aan deze toepassingen eveneens in rekening worden gebracht.

#### 1.2.1.2 Belastingen ten gevolge van de zwaartekracht

##### 1.2.1.2.A EIGENGEWICHT $S_{GE}$

Belasting te wijten aan het eigengewicht van de mechanismen en aan de structuur waarop ze opgesteld staan.

#### 1.2.1.2.B ONEVENWICHT $S_{GL}$

Belasting resulterend uit de verticale verplaatsing van het zwaartepunt van het geheel van de beweegbare delen. Het onevenwicht is afhankelijk van de aard en de opvatting van het kunstwerk; het behelst niet de toevallige overlast.

#### 1.2.1.2.C OVERLAST $S_{GO}$

De toevallige overlast kan bestaan uit de aanwezigheid van zand, slijk, vocht.

Voor deze toevallige overlast wordt een waarde van 150 N/m<sup>2</sup> aangenomen.

#### 1.2.1.3 Belastingen ten gevolge van traagheidskrachten die optreden tijdens de werking in normaal bedrijf $S_m$

Bij het berekenen van de elementen van een mechanisme wordt, bij het beschouwen van de traagheidsinvloeden, onderscheid gemaakt tussen de actieve en passieve elementen.

##### 1.2.1.3.A ACTIEVE ELEMENTEN

De berekening van de belastingen gebeurt als volgt:

- enerzijds worden de krachten en momenten bepaald, die moeten kunnen worden uitgeoefend door de motoren en de remmen om de structuur, of een gedeelte van de structuur, te versnellen of te vertragen volgens een in de opdrachtdocumenten opgelegde bewegingswet, of volgens de wet die voortvloeit uit de karakteristieken van de motoren of de remmen. Voor de bepaling van deze krachten wordt verondersteld dat de te versnellen of te vertragen objecten starre lichamen zijn. De dimensionering van de motoren en de remmen gebeurt volgens de aanwijzingen van deelhoofdstuk “4. Aandrijf- en afrelementen”;
- anderzijds wordt voor de berekening van de belasting op de elementen van het mechanisme rekening gehouden met de waarden van de krachten (koppels) die werkelijk worden ontwikkeld door de gekozen motoren en remmen.

Afhankelijk van het type van aandrijfsysteem - afremsysteem - dienen hierbij de volgende waarden in rekening te worden gebracht:

- indien het aandrijfelement - het afrelement - voorzien is van een systeem dat het snelheidsverloop regelt volgens een vooraf bepaalde snelheidswet, dan worden de krachten (momenten) bepaald die optreden, in de veronderstelling dat de te versnellen - vertragen - objecten starre lichamen zijn; om rekening te houden met elasto-dynamische krachten worden de aldus berekende waarden vermenigvuldigd met een dynamische factor  $\Psi_a = \Psi_r = 1,25$ . In ieder geval dient een controleberekening uitgevoerd te worden, waarbij het aandrijfelement - afrelement - zijn maximumkracht (koppel) uitoefent; de aldus bepaalde belasting wordt beschouwd als behorende tot belastingsniveau 2;
- indien de aandrijfmotor niet voorzien is van een regelsysteem van het snelheidsverloop, dan wordt verondersteld dat tijdens de versnellingsfase krachten (momenten) optreden overeenstemmend met de maximumkracht (koppel) van de motor vermenigvuldigd met een dynamische factor  $\Psi_a = 1,25$ ;
- indien het afrelement niet voorzien is van een regelsysteem van het snelheidsverloop, dan wordt verondersteld dat tijdens de vertragsingsfase krachten (momenten) optreden, overeenstemmend met de maximumkracht (koppel) van de rem vermenigvuldigd met een dynamische factor  $\Psi_r$  die een waarde heeft afhankelijk van het afremsysteem. De waarde van  $\Psi_r$  is gegeven in onderstaande tabel.

| <b>Remsysteem</b>  | <b><math>\Psi_r</math></b> |
|--|----------------------------|
| Mechanische afremming met elektrohydraulische of elektromechanische lichter                              | 1,25                       |
| Mechanische voetrem  | 1,25                       |
| Mechanische rem geopend door een mechanisme werkend op middelpuntvliedende kracht                        | 1,25                       |
| Elektrische afremming met tegenstroom  | 1,50                       |
| Mechanische rem bekrachtigd door elektromagneet of pneumatische of hydraulische druk uit een accumulator | 1,50                       |

**Tabel 41-1-1**

In het geval de opdrachtdocumenten voorschrijven of toelaten voor de beperking van de kracht (koppel) in een mechanisme, dan mag met de beperkte waarde van kracht (koppel) gerekend worden in plaats van met de maximumkracht (koppel).

#### 1.2.1.3.B PASSIEVE ELEMENTEN

De berekening van de passieve elementen gebeurt in de veronderstelling dat de bewegende massa's starre lichamen zijn. Er wordt geen dynamische invloedsfactor in rekening gebracht.

#### 1.2.1.4 Belastingen ten gevolge van weersinvloeden

##### 1.2.1.4.A ALGEMEEN

De volgende weersinvloeden zijn te onderscheiden:

- 1. wind:  $S_{ww}$ ;  
storm:  $S_{wt}$ ;
- 2. sneeuw:  $S_{ws}$ ;
- 3. ijs:  $S_{wy}$ ;
- 4. golven:  $S_{wz}$ ;
- 5. temperatuur:  $S_{wh}$ .

##### 1.2.1.4.B WIND $S_{WW}$ EN STORM $S_{WT}$

De voorschriften vermeld in NBN E 52-002:1980\* en NBN B 03-002:1988\* zijn van toepassing.

Indien bijzondere voorzieningen blijvend aanwezig zijn om de constructie of een deel van de constructie vast te zetten tijdens storm, dan mag er op gerekend worden dat deze voorzieningen daadwerkelijk hun rol zullen vervullen.

In afwijking met de berekeningswaarden gesteld in hoger genoemde normen worden de mechanismen (behalve deze vermeld in NBN E 52-001 tot 009\*) berekend om een normale bediening te kunnen uitvoeren bij een windstuwdruk met als waarde  $q_k$  hieronder vermeld.

- kunstwerken voor zeescheepvaart of gelegen in het kustgebied:  $q_k = 750 \text{ N/m}^2$ ;
- voor kunstwerken die ook bediend worden bij storm en zware storm (9 en 10 Beaufort) dient de stuwdruk in detail te worden berekend;
- kunstwerken gelegen in het binnenland:  $q_k = 400 \text{ N/m}^2$ ;
- de vastzettingsmechanismen, ophangings- en geleidingsmechanismen van beweegbare bruggen in open stand worden berekend voor een uitzonderlijke windbelasting:  $q_k = 2.000 \text{ N/m}^2$ .

Voor de bepaling van het belastingsspectrum wordt aangenomen dat deze waarden van de windbelasting optreden gedurende 20 % van het aantal bedieningen; voor de overige bedieningen wordt zonder wind gerekend.

#### 1.2.1.4.C SNEEUW $S_{ws}$

Als sneeuwbelasting wordt 300 N/m<sup>2</sup> aangenomen.

#### 1.2.1.4.D IJS $S_{wy}$

Bij het ontwerp van mechanismen voor stuwen worden de druk van het ijs en het effect van de stoot van ijsschollen in rekening gebracht.

Voor de berekening van de belastingen te wijten aan de druk van het ijs, wordt het effect van de statische waterdrukdriehoek tot een diepte van 1 m vervangen door een gelijkmatig verdeelde vlaktedruk van 20 kN/m<sup>2</sup>.

Bij constructies waar ijsschollen langs de onderzijde van het afsluitelement kunnen voorbij stromen, wordt een belasting van de onderrand van 30 kN/m in rekening gebracht.

#### 1.2.1.4.E GOLVEN $S_{wz}$

Het aandrijfmechanisme dient berekend te worden om een normale bediening te kunnen uitvoeren bij optreden van golven met een statisch peilverschil van 0,15 m. Indien de aanbestedende documenten bepaalt dat de deuren dienen berekend te worden voor scheepvaart, bepalen de aanbestedende documenten het peilverschil.

#### 1.2.1.4.F TEMPERATUUR $S_{wh}$

De bepaling van artikel 4.6.3. van NBN E 52 002:1980\* is van toepassing. Hierbij wordt in de berekeningen aangenomen dat in overeenstemming met NBN ENV 1993-1-1:2002\* de gemiddelde temperatuur bij montage gelijk is aan 10 °C.

Bij de dimensionering van mechanisme-elementen wordt rekening gehouden met de thermische uitzetting ten gevolge van wrijving in de mechanismen.

#### 1.2.1.5 Belastingen ten gevolge van hydraulische effecten $S_h$

Wanneer een fluïdum inwerkt op de structuur of op de mechanische elementen, dienen zowel de hydrostatische -  $S_{hs}$  - als de hydro-dynamische -  $S_{hd}$  - effecten te worden in rekening gebracht.

#### 1.2.1.6 Verkeersbelasting $S_t$

Mobiele lasten ten gevolge van een verkeerskonvooi en remkrachten van voertuigen worden in rekening gebracht in overeenstemming met de bepalingen van NBN B 03 101:1993\*.

#### 1.2.1.7 Belasting ten gevolge van vervormen van constructies of van constructie-onderdelen $S_v$

In dit verband moeten in rekening gebracht worden: de spanningen voortvloeiend uit het voorspannen van bouten en trekstangen, het opkrimpen van elementen, het vervormen van metalen constructies met als doel het opspannen of positioneren ervan, ofwel het vervormen door differentiële zetting van de dragende constructie.

### 1.2.1.8 Belasting ten gevolge van bedrijfsinvloeden $S_b$

#### 1.2.1.8.A ALGEMEEN

De volgende bedrijfsinvloeden zijn te onderscheiden:

- 1. wrijvings- en rolweerstand:  $S_{bf}$ ;
- 2. geleidingskrachten:  $S_{bg}$ ;
- 3. bufferwerking:  $S_{bu}$ ;
- 4. noodstop:  $S_{bs}$ .

#### 1.2.1.8.B WRIJVINGS- EN ROLWEERSTAND $S_{BF}$

Als wrijvingskrachten dienen te worden beschouwd:

- wrijving tussen contactoppervlakken, al dan niet gesmeerd;
- rollende wrijving;
- visceuze wrijving;
- ploegen doorheen zand of slib.

De minimale waarde en de maximale waarde van de wrijvingscoëfficiënt  $\mu$  worden bepaald volgens artikel 4.5.2.1. van NBN E 52 002:1980\*.

Voormelde tabel 4.5.2.1. wordt aangevuld met de waarden vermeld in **Tabel 41- 1-2**.

| Materialen in contact                        | Wrijvingscoëfficiënt $\mu$ |                 |
|--|----------------------------|-----------------|
|  | maximale waarde            | minimale waarde |
| Hout op staal:                               |                            |                 |
| - volgens de langsrichting van de houtvezels | 0,45                       | 0,25            |
| - loodrecht op de richting van de houtvezels | 0,55                       | 0,25            |
| Rubber op staal:                             |                            |                 |
| - hardheid Shore A 85                        | 0,70                       | 0,30            |
| - hardheid Shore A 70                        | 0,80                       | 0,30            |
| - hardheid Shore A 55                        | 0,90                       | 0,30            |
| Staal op zelfsmierend grafietbrons           | 0,30                       | 0,18            |

**Tabel 41-1-2**

De berekening van de rolweerstand van een stalen loopwiel op een stalen rail geschiedt volgens artikel 4.5.2.2. van NBN E 52 002:1980\*.

Wrijvingsverliezen, ventilatieverliezen en andere verliezen mogen in rekening worden gebracht door het invoeren van een rendement, zoals is voorgesteld in artikel 4.5.2.4. van NBN E 52 002:1980\*.

#### 1.2.1.8.C GELEIDINGSKRACHTEN $S_{BG}$

De geleidingskrachten op loopwielen en geleidingswielen die ontstaan tijdens het rijden van een constructie, worden berekend zoals aangegeven in artikel 4.5.3. van NBN E 52 002:1980\*.



#### 1.2.1.8.D BUFFERWERKING $S_{BU}$

Bufferwerking treedt op wanneer de aangedreven constructie haar oplegtoestellen, aanslagen of buffers bereikt met een zekere snelheid  $v_b$ .

De snelheid  $v_b$  die moet in rekening worden gebracht bij het berekenen van de optredende krachten, is de volgende:

- in het geval er een elektrisch (hydraulisch) systeem voorzien is dat een controle uitvoert van de vertraging van regimesnelheid naar naderingssnelheid, en dit systeem de noodstopprocedure inzet indien de vertraging niet werd verwezenlijkt:  $v_b = 0,1 v_{regime}$
- in het geval er geen controlesysteem voorzien is:  $v_b = v_{regime}$

Indien energie-absorberende inrichtingen worden voorzien om de bufferstoot op te vangen, dan wordt de berekening van de optredende krachten uitgevoerd volgens artikel 4.5.4. van NBN E 52 002:1980\*.

#### 1.2.1.8.E NOODSTOP $S_{BS}$

De optredende traagheidskrachten worden in het geval van noodstop berekend uitgaande van de noodstopprocedure in plaats van de normale vertragingsprocedure.

Bij een noodstop moet de maximale tijd (d.i. bij de meest ongunstige omstandigheden), waarbinnen de brug tot een volledige stilstand is gebracht, zijn:

- 3 seconden voor bruggen met een oppervlakte kleiner dan 125 m<sup>2</sup>;
- 6 seconden voor bruggen met een oppervlakte gelijk of groter dan 125 m<sup>2</sup>.

#### 1.2.1.9 Belasting tijdens transport en montage $S_{mo}$

Tijdens het transport en de montage van mechanismen of van onderdelen van een mechanisme kunnen belastingstoestanden optreden, die voor de dimensionering bepalend zijn.

#### 1.2.1.10 Belasting van cabines en toegangen $S_k$

De in aanmerking te nemen belastingen zijn deze vermeld in artikel 4.7. van NBN E 52 002:1980\*.

#### 1.2.1.11 Mechanismen gedeeltelijk buiten dienst $S_x$

Het buiten dienst zetten van een gedeelte van de mechanismen kan een verhoogde belasting betekenen in het geval van een beweging met de overblijvende mechanismen.

Dit type van belasting is te beschouwen:

- om een aan gang zijnde beweging te beëindigen;
- in het geval van een lokale bediening voor controle- of herstellingsdoeleinden;
- voor het uitvoeren van een beweging, in acht genomen dat sommige uitwendige belastingen beperkt zijn (windbelasting, waterniveaunderschil, snelheid, ...).

#### 1.2.1.12 Catastrofesituaties $S_{ca}$

De opdrachtdocumenten bepalen of andere belastingen dan deze opgenomen in de artikels 1.2.1.2. tot en met 1.2.1.10. moeten beschouwd worden, zoals:

- aardshok;
- vliegtuigimpact;
- ontploffing.

### 1.2.1.13 Groepsfactor $\gamma_m$

Bepaalde belastingen dienen te worden vermenigvuldigd met de groepsfactor  $\gamma_m$  volgens artikel 4.10. van NBN E 52 002:1980\*.

**Tabel 41-1-3** geeft aan in welke gevallen  $\gamma_m$  moet worden toegepast.

### 1.2.2 Belastingscombinaties

Bij de berekening moeten de volgende belastingscombinaties beschouwd worden:

- 1. mechanisme in normaal bedrijf met wind zoals beschreven in artikel 1.2.1.;
- 2.a. mechanisme in normaal bedrijf maar met uitzonderlijke belasting hoger dan de normale bedrijfsbelasting;
- 2.b. mechanisme buiten bedrijf bij storm;
- 2.c. bufferwerking;
- 2.d. noodstop;
- 2.e. mechanisme tijdens transport en montage;
- 3. mechanisme onder uitzonderlijke omstandigheden.

### 1.2.3 Belastingsniveaus

Er worden in de berekeningen drie belastingsniveaus onderscheiden. Elk niveau wordt gekenmerkt door een verschillende graad van veiligheid ten opzichte van falen van het element.

De verschillende belastingscombinaties van artikel 1.2.2. worden in de hieronder vermelde belastingsniveaus ingedeeld:

- belastingsniveau 1: volgend uit de belastingscombinatie 1;
- belastingsniveau 2: volgend uit de ongunstigste van de belastingscombinaties 2a, 2b, 2c, 2d, 2e;
- belastingsniveau 3: volgend uit de belastingscombinatie 3.

De veiligheidsfactoren die in ieder van de belastingsniveaus moeten worden in acht genomen, zijn deels vermeld in paragraaf **SB 270-41-1.4** en worden verder aangegeven in de paragrafen die handelen over de specifieke elementen.

In **Tabel 41-1-3** worden de verschillende combinaties en niveaus opgesomd.

Indien de beschouwde belasting moet vermenigvuldigd worden met de groepsfactor  $\gamma_m$  is  $\gamma_m$  ingevuld in plaats van 1.

| Belastingsniveaus       |  | 1               | 2                                  |                          |               |          |                      | 3                             |
|-------------------------|--|-----------------|------------------------------------|--------------------------|---------------|----------|----------------------|-------------------------------|
| Belastingscombinaties   |  | 1               | 2a                                 | 2b                       | 2c            | 2d       | 2e                   | 3                             |
| Individuele belastingen |  | normaal bedrijf | normaal bedrijf + hogere belasting | buiten bedrijf bij storm | bufferwerking | noodstop | Transport en montage | uitzonderlijke omstandigheden |
| $S_{ge}$                | eigengewicht mechanisme  | $\gamma_m$      | $\gamma_m$                         | 1                        | 1             | 1        | 1                    | 1                             |
| $S_{gl}$                | onevenwicht  | $\gamma_m$      | $\gamma_m$                         | 1                        | 1             | 1        |                      | 1                             |
| $S_{go}$                | toevallige belasting   | 1               | 1                                  | 1                        | 1             | 1        |                      | 1                             |
| $S_m$                   | traagheid normaal bedrijf  | $\gamma_m$      | $\gamma_m$                         |                          |               |          |                      | 1                             |
| $S_{ww}$                | wind in bedrijf  | 1               | 1                                  |                          | 1             | 1        | 1                    | 1                             |
| $S_{wt}$                | storm  |                 |                                    | 1                        |               |          |                      |                               |
| $S_{ws}$                | sneeuw   |                 | 1                                  |                          |               |          |                      |                               |
| $S_{wy}$                | ijs  |                 | 1                                  |                          |               |          |                      |                               |
| $S_{wz}$                | golven   |                 | 1                                  | 1                        | 1             | 1        |                      |                               |
| $S_{wt}$                | temperatuur  | 1               | 1                                  | 1                        | 1             | 1        | 1                    | 1                             |
| $S_h$                   | hydraulische effecten  | $\gamma_m$      | $\gamma_m$                         | 1                        | 1             | 1        |                      | 1                             |
| $S_t$                   | verkeersbelasting  | 1               | 1                                  | 1                        |               |          |                      |                               |
| $S_v$                   | vervorming   | 1               | 1                                  | 1                        | 1             | 1        |                      | 1                             |
| $S_{bf}$                | wrijving   | 1               | 1                                  |                          | 1             | 1        |                      | 1                             |
| $S_{bg}$                | geleiding  | 1               | 1                                  |                          |               |          |                      |                               |
| $S_{bu}$                | bufferwerking  |                 |                                    |                          | 1             |          |                      |                               |
| $S_{bs}$                | noodstop   |                 |                                    |                          |               | 1        |                      |                               |
| $S_{mo}$                | transport en montage   |                 |                                    |                          |               |          | 1                    |                               |
| $S_k$                   | cabines en toegangen   | 1               | 1                                  | 1                        | 1             | 1        | 1                    | 1                             |
| $S_x$                   | bijzondere scenario's  |                 |                                    |                          |               |          |                      | 1                             |
| $S_{ca}$                | catastrofesituaties  |                 |                                    |                          |               |          |                      | of 1                          |
| $\gamma_m$              | wanneer bepaalde belastingen moeten vermenigvuldigd worden met de groepsfactor $\gamma_m$ , dan is $\gamma_m$ ingevuld in plaats van 1 |                 |                                    |                          |               |          |                      |                               |

Tabel 41-1-3

## 1.3 Groepsindeling

---

### 1.3.1 Algemene opvatting

Bij de berekening van een mechanisme en zijn onderdelen moet rekening worden gehouden met de taak die zij in bedrijf krijgen te vervullen, d.w.z. met het bedrijfskarakter.

Daartoe vindt een indeling in groepen plaats van:

- de afzonderlijke mechanismen in hun geheel;
- de elementen van de mechanische uitrusting.

Deze indeling vindt plaats op grond van de volgende twee criteria:

- de totale effectieve gebruiksduur van het beschouwde project;
- het belastings- of spanningsspectrum waaraan het beschouwde object onderworpen is.

### 1.3.2 Toepassing

De bepaling van de gebruiksklasse, de spectrumklasse en de groep van een mechanisme of van een element van een mechanisme gebeurt in overeenstemming met de werkwijze uiteengezet in hoofdstuk 3 van NBN E 52 002:1980\*.

### 1.3.3 Groepsindeling van enkele mechanismen

In het geval dat het de opdrachtdocumenten geen bepalingen opgeven betreffende gebruiksduur (of gebruiksklasse), belastings- of spanningsspectrum (of spectrumklasse) en groepsindeling, dan zijn de bepalingen vermeld in **Tabel 41-1-4** van kracht.

Voor mechanismen die niet in de tabel voorkomen, legt de aannemer een voorstel ter goedkeuring voor aan de leidende ambtenaar.

De gegevens in de tabel betreffende het belastingsspectrum dienen te worden verstaan als volgt: in de linkerkolom (aangeduid met “Tijd %”) wordt aangegeven het gedeelte van de gebruiksduur, uitgedrukt in %, gedurende welke het mechanisme belast wordt met die fractie van de maximum belasting, eveneens uitgedrukt in %, die aangegeven is in de rechterkolom (aangeduid met “Belasting %”). De maximumbelasting is deze van belastingsniveau 1.

| MECHANISME   | Effectieve<br>gebruiks-<br>duur | Gebruiks-<br>klasse | Belastings-<br>spectrum |                     | Spectrum-<br>klasse | Mechanisme<br>groep |
|--|---------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|  | (h)                             |                     | Tijd<br>%               | Belas-<br>ting<br>% | (c = 3)             |                     |
| <b>1. SLUISDEUREN</b>  |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| <b>1.1. Puntdeur</b>   |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| - hydraulische aan-<br>drijfvijzel en zijn<br>ophanging en<br>bevestiging aan deur<br>en sluismassief<br>- aandrijving met<br>tandheugel en<br>motorreductor | 10.000                          | T6                  | 10<br>20<br>70          | 100<br>80<br>50     | L3                  | M7                  |
| <b>1.2. Hefdeur</b>  |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| lierwerk (behalve de<br>kabels)  | 20.000                          | T7                  | 50<br>50                | 100<br>75           | L4                  | M8                  |
| ophanging tegen-<br>gewichten - deur<br>(behalve de kabels)  | 20.000                          | T7                  | 100                     | 100                 | L4                  | M8                  |
| geleiding (behalve de<br>wielen)   | 20.000                          | T7                  | 20<br>80                | 100<br>20           | L2                  | M7                  |
| vastzetting in geheven<br>stand  | 1.000                           | T3                  | 100                     | 100                 | L4                  | M5                  |
| <b>1.3. Roldeur met bovenbaanophanging</b>   |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| lierwerk elektro-<br>mechanisch<br>(behalve de kabels)   | 20.000                          | T7                  | 10<br>20<br>70          | 100<br>80<br>50     | L3                  | M8                  |
| ophangingsstelsel<br>(behalve de kabels<br>en de loopwielen)   | 20.000                          | T7                  | 100                     | 100                 | L4                  | M8                  |
| geleiding (behalve de<br>kabels)   | 20.000                          | T7                  | 20<br>80                | 100<br>20           | L2                  | M7                  |
| <b>1.4. Roldeur met kruiwagenophanging</b>   |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme<br>(behalve de kabels)  | 20.000                          | T7                  | 10<br>20<br>70          | 100<br>80<br>50     | L3                  | M8                  |
| rolmechanisme  | 20.000                          | T7                  | 100                     | 100                 | L4                  | M8                  |
| <b>1.5. Klapdeur</b>   |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme   | 20.000                          | T7                  | 10<br>40<br>50          | 100<br>80<br>50     | L3                  | M8                  |
| rotatiepunten van de<br>deur   | 20.000                          | T7                  | 10<br>40<br>50          | 100<br>80<br>50     | L3                  | M8                  |
| <b>2. BRUGGEN</b>  |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |

| MECHANISME  | Effectieve<br>gebruiks-<br>duur | Gebruiks-<br>klasse | Belastings-<br>spectrum |                     | Spectrum-<br>klasse | Mechanisme<br>groep |
|---|---------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|   | (h)                             |                     | Tijd<br>%               | Belas-<br>ting<br>% | (c = 3)             |                     |
| 2.1. Basculebrug met tegengewicht   |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| hydraulische<br>aandrijfvijzel en zijn<br>ophanging en<br>bevestiging aan de<br>brug en het<br>betonmassief | 20.000                          | T7                  | 10<br>20<br>70          | 100<br>60<br>40     | L2                  | M7                  |
| rotatie-assen, lagers,<br>lagerblokken,<br>oogblikken   | 20.000                          | T7                  | 100                     | 100                 | L4                  | M8                  |
| vastzetting in open<br>stand of in gesloten<br>stand;<br>aandrijfmechanisme                                 | 2.000                           | T4                  | 20<br>80                | 100<br>80           | L4                  | M6                  |
| 2.2. Klapbrug (basculebrug zonder tegengewicht)   |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| hydraulische<br>aandrijfvijzel en zijn<br>ophanging en<br>bevestiging aan de<br>brug en het<br>betonmassief | 20.000                          | T7                  | 30<br>25<br>45          | 100<br>85<br>40     | L4                  | M8                  |
| rotatie-assen, lagers,<br>lagerblokken,<br>oogblokken   | 20.000                          | T7                  | 100                     | 100                 | L4                  | M8                  |
| vastzetting in open<br>stand;<br>aandrijfmechanisme   | 2.000                           | T4                  | 20<br>80                | 100<br>80           | L4                  | M6                  |
| 2.3. Straussbrug  |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme  | 20.000                          | T7                  | 10<br>20<br>70          | 100<br>60<br>40     | L2                  | M7                  |
| rotatie-assen, lagers,<br>lagerblokken,<br>oogblokken   | 20.000                          | T7                  | 100                     | 100                 | L4                  | M8                  |
| 2.4. Ophaalbrug (Levisbrug)   |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme  | 20.000                          | T7                  | 10<br>20<br>70          | 100<br>60<br>40     | L2                  | M7                  |
| rotatie-assen, lagers,<br>lagerblokken,<br>oogblokken,<br>trekkers  | 20.000                          | T7                  | 100                     | 100                 | L4                  | M8                  |
| vastzetting in gesloten   | 2.000                           | T4                  | 20                      | 100                 | L4                  | M6                  |

| MECHANISME  | Effectieve<br>gebruiks-<br>duur | Gebruiks-<br>klasse | Belastings-<br>spectrum |                     | Spectrum-<br>klasse | Mechanisme<br>groep |
|---|---------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|   | (h)                             |                     | Tijd<br>%               | Belas-<br>ting<br>% | (c = 3)             |                     |
| stand of in open<br>stand;<br>aandrijfmechanisme  |                                 |                     | 80                      | 80                  |                     |                     |
| 2.5. Hefbrug  |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme<br>(behalve de kabels)   | 20.000                          | T7                  | 50<br>50                | 100<br>75           | L4                  | M8                  |
| ophanging tegen-<br>gewichten - brug<br>(behalve de kabels)                             | 20.000                          | T7                  | 100                     | 100                 | L4                  | M8                  |
| geleidings-<br>mechanisme   | 20.000                          | T7                  | 20<br>80                | 100<br>20           | L2                  | M7                  |
| vastzetting van de brug<br>in open stand of in<br>gesloten stand;<br>aandrijfmechanisme | 2.000                           | T4                  | 20<br>80                | 100<br>80           | L4                  | M6                  |
| 2.6. Draaibrug  |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme  | 20.000                          | T7                  | 40<br>60                | 100<br>50           | L4                  | M8                  |
| draaispil (enkel de<br>geleiding van de<br>draaibeweging)                               | 20.000                          | T7                  | 40<br>60                | 100<br>50           | L4                  | M8                  |
| vastzetting van de brug<br>in gesloten stand;<br>aandrijf-<br>mechanisme                | 2.000                           | T4                  | 20<br>80                | 100<br>80           | L4                  | M6                  |
| 3. AFSLUITERS   |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| 3.1. Wielschuiven in omloopriolen   |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme  | 20.000                          | T7                  | 20<br>20<br>60          | 100<br>80<br>50     | L3                  | M8                  |
| afsteunstelsel (behalve<br>de wielen)   | 20.000                          | T7                  | 20<br>20<br>60          | 100<br>80<br>20     | L3                  | M8                  |
| 3.2. Wielschuiven in afvoerriolen   |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme  | 2.500                           | T4                  | 50<br>50                | 100<br>50           | L4                  | M6                  |
| afsteunstelsel (behalve<br>de wielen)   | 2.500                           | T4                  | 50<br>50                | 100<br>50           | L4                  | M6                  |
| 3.3. Vlinderkleppen in omloopriolen of ingebouwd in sluisdeuren                         |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme  | 2.500                           | T4                  | 50<br>50                | 100<br>50           | L4                  | M6                  |
| 3.4. Vlinderkleppen in afvoerriolen   |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |

| MECHANISME   | Effectieve<br>gebruiks-<br>duur | Gebruiks-<br>klasse | Belastings-<br>spectrum |                     | Spectrum-<br>klasse | Mechanisme<br>groep |
|--|---------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|  | (h)                             |                     | Tijd<br>%               | Belas-<br>ting<br>% | (c = 3)             |                     |
| aandrijfmechanisme                                   | 2.500                           | T4                  | 50<br>50                | 100<br>50           | L4                  | M6                  |
| 3.5. Vlinderkleppen in persleidingen in pompstations |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme                                   | 2.500                           | T4                  | 50<br>50                | 100<br>50           | L4                  | M6                  |
| 3.6. Schuifafsluiters in sluisdeuren                 |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme                                   | 2.500                           | T4                  | 50<br>50                | 100<br>50           | L4                  | M6                  |
| 4. STUWEN  |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| 4.1. Wielschuif                                      |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme<br>(behalve de kabels)            | 1.000                           | T3                  | 50<br>50                | 100<br>75           | L4                  | M5                  |
| afsteunstelsel (behalve<br>de loopwielen)            | 1.000                           | T3                  | 100                     | 100                 | L4                  | M5                  |
| zijdelingse geleiding<br>(behalve de<br>loopwielen)  | 1.000                           | T3                  | 20<br>80                | 100<br>20           | L2                  | M3                  |
| 4.2. Overstortklep                                   |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme<br>(behalve de kabels)            | 10.000                          | T6                  | 50<br>50                | 100<br>75           | L4                  | M8                  |
| rotatiepunten  | 15.000                          | T7                  | 100                     | 100                 | L4                  | M8                  |
| 4.3. Segmentklep                                     |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| aandrijfmechanisme<br>(behalve de kabels)            | 1.000                           | T6                  | 50<br>50                | 100<br>75           | L4                  | M8                  |
| rotatiepunten  | 1.500                           | T7                  | 100                     | 100                 | L4                  | M8                  |
| 5. POMPIINSTALLATIES                                 |                                 |                     |                         |                     |                     |                     |
| 5.1. Pompen voor op<br>peil houden<br>kanaalvand     | 50.000                          | T8                  | 100                     | 100                 | L4                  | M8                  |
| 5.2. Pompen voor<br>afwatering van<br>tunnels        | 15.000                          | T7                  | 50<br>50                | 100<br>50           | L4                  | M8                  |
| 5.3. Pompen voor<br>uitwatering van<br>polders       | 50.000                          | T8                  | 100                     | 100                 | L4                  | M8                  |

Tabel 41-1-4



## **1.4 Berekening**

---

### **1.4.1 Algemene bepalingen**

De aannemer is vrij om een meer nauwkeurige berekeningsmethode te gebruiken die rekening houdt met het werkelijke elasto-dynamisch gedrag van de elementen.

Eveneens is de aannemer vrij om belastingshypothese(n) aan te nemen die eenvoudiger zijn dan deze die in onderhavig standaardbestek of in de opdrachtdocumenten zijn opgenomen, op voorwaarde dat het duidelijk is dat zijn belastingshypothese(n) een zwaardere belasting betekenen voor het mechanisme.

### **1.4.2 Berekeningsmethodes**

#### **1.4.2.1 Berekening van metaalconstructies**

De berekeningen van metaalconstructies, die deel uitmaken van (een) mechanisme(n), geschiedt in overeenstemming met de richtlijnen vermeld in NBN E 52 002:1980\* en NBN E 52 003:1981\*.

#### **1.4.2.2 Berekening van mechanismen**

##### **1.4.2.2.A ALGEMEEN**

Voor elk mechanisch element van een beweegbaar kunstwerk, wordt de meest nadelige samenstelling van de krachten en koppels inwerkend op dit element gezocht. Hiertoe worden de inwerkende krachten en koppels berekend en samengesteld voor diverse openingsstanden van het kunstwerk. De berekeningen worden uitgevoerd in stappen van 10 % van de volledige openingskoers.

De sterkteberekening van het element wordt uitgevoerd bij de ongunstigste samenstellingen van krachten en koppels, zowel voor belastingsniveau 1 als voor niveau 2.

##### **1.4.2.2.B BEREKENING VAN DE ELEMENTEN**

De artikelen 5.1. tot en met 5.5. van NBN E 52 004:1980\* zijn van toepassing.

##### **1.4.2.2.C TOELAATBARE SPANNINGEN**

Artikel 5.6. van NBN E 52 004:1980\* is van toepassing, aangevuld met volgende bepaling: voor de belastingscombinatie 3 wordt een veiligheidsfactor  $v_{s3}$  voor de verificatie van een element tegenover het niet overschrijden van de vloeigrens ingevoerd met als waarde:  $v_{s3} = 1,1$ .

##### **1.4.2.2.D BEREKENING VAN BIJZONDERE ELEMENTEN**

Artikel 5.7. van NBN E 52 004:1980\* is van toepassing, tenzij er in de desbetreffende paragrafen van onderhavig standaardbestek andere voorschriften of berekeningsmethodes van toepassing worden gesteld.

##### **1.4.2.2.D.1 SPIEVERBINDINGEN**

De berekening van spieverbindingen omvatten:

- een berekening op afschuiving;
- een berekening van de specifieke druk op de as en de naaf.

##### **1.4.2.2.D.2 SCHROEFDRAADVERBINDINGEN**

De berekening van schroefdraadverbindingen omvatten:

- een berekening van de kern op trek;

- een berekening van de draad op buiging, op afschuiving en op specifieke druk.

Voor de specifieke druk (in N/mm<sup>2</sup>) wordt een veiligheidscoëfficiënt 10 aangenomen ten opzichte van de Brinellhardheid.

#### 1.4.2.2.E CONTROLE VAN DE STABILITEIT TEGEN HET OMKANTELLEN

De constructies waarvan de stabiliteit tegen het omkantelen enkel door de zwaartekracht verzekerd wordt, dienen een veiligheid tegen omkantelen te bezitten die hieronder worden opgegeven.

De veiligheidsfactor tegen omkantelen wordt gedefinieerd als de verhouding van het moment van de krachten ten gevolge van de zwaartekracht ten opzichte van de kantellijn van de constructie, op het moment van de krachten die de structuur uit evenwicht willen brengen ten opzichte van diezelfde kantellijn.

| Belastingsniveau | Veiligheidsfactor t.o.v.kantelen |
|------------------|----------------------------------|
| 1                | 1,5                              |
| 2                | 1,33                             |
| 3                | 1,1                              |

**Tabel 41-1-5**

Als er zich personen op of in de constructie kunnen bevinden, dienen deze veiligheidsfactoren met een factor 1,2 vermenigvuldigd te worden.

De opdrachtdocumenten bepalen of eventuele veiligheidshaken of klemmen mogen in rekening gebracht worden.

### 1.4.3 Berekeningen uitgevoerd met behulp van een computer

Dit artikel is een aanvulling van artikel 5.1. van NBN E 52 004:1980\* en van de bepalingen vermeld in NBN ENV 1993-1-1:2002\*.

Indien mechanismen of onderdelen van mechanismen worden berekend met behulp van een computer, moeten aan de leidende ambtenaar voldoende gegevens worden overgemaakt die hem in staat stellen een oordeel te vormen over de logica, de inhoud en de nauwkeurigheid van de berekeningen.

De berekeningsnota geeft op een duidelijke manier volgende punten weer:

- de basisgegevens: afmetingen, materiaalkarakteristieken, belastingen, vrijheidsgraden, ...;
- de toegepaste theorieën, berekeningsmethodes, basishypothesen met verantwoording van de eventuele vereenvoudigingen;
- de resultaten: vervormingen, snelheden, versnellingen, spanningen, reactiekrachten, trillingen, ...;
- besluiten waarin wordt aangegeven of de bekomen resultaten aanvaardbaar zijn, waarbij ze worden vergeleken met de vooropgestelde toelaatbare waarden.

Indien voor een bepaald geheel of element de vervormingen belangrijk zijn, wordt de tekening van het niet-vervormde geheel of element vergeleken met deze van het vervormde geheel of element.

Indien een berekening wordt uitgevoerd met de methode van de eindige elementen, wordt een tekening bijgevoegd waarop de ontbinding van de structuur in elementen is aangeduid. Deze tekening wordt door de computer opgemaakt en biedt de mogelijkheid om te controleren of de structuur correct werd ingevoerd. De knopen en de elementen waar randvoorwaarden gedefinieerd zijn (zoals opgelegde kracht, ingrijpende belasting, verbinding met ander onderdeel) of waarvan resultaten (spanningen, vervormingen, reactiekrachten, ...) worden opgevraagd, worden op deze tekening aangeduid. De keuze van het gebruikte elementtype en de analyse van de structuur moeten worden gerechtvaardigd.

## 2 UITVOERING VAN DE VERBINDINGEN - AFWERKING VAN DE STUKKEN

### 2.1 Uitvoering van de verbindingen

#### 2.1.1 Blindgatverbindingen

Wordt de verbinding gerealiseerd door het inschroeven van een genormaliseerde bout met metrische ISO-schroefdraad met grove spoed (volgens NBN EN ISO 898-1:1999\*) in een blind gat, dan wordt de minimale nuttige inschroeflengte  $l^e$  weergegeven in **Tabel 41-2-1** en dit als functie van de nominale schroefdraaddiameter en de kwaliteitsklasse van de bouten.

Voor bouten met fijne spoed dienen de vermelde waarden met een factor 1,25 te worden vermenigvuldigd.

Nuttige inschroeflengte  $l^e$  bij schroefdraad in blinde gaten

| Materiaal van de constructiedelen                       |                      | Inschroeflengte $l^e$ van bouten met grove spoed en kwaliteitsklasse |       |       |
|---|----------------------|--|-------|-------|
|   |                      | 4.6 of geen  | 8.8   | 10.9  |
| Staal met treksterkte<br>( $f_u$ in N/mm <sup>2</sup> ) | $f_u \leq 400$       | 0,8 d  | -     | -     |
|   | $400 < f_u \leq 600$ | 0,8 d  | 1,2 d | -     |
|   | $600 < f_u < 800$    | 0,8 d  | 1,2 d | 1,2 d |
|   | $800 \leq f_u$       | 0,8 d  | 1,0 d | 1,0 d |
| Koperlegering   |                      | 1,3 d  | -     | -     |
| Aluminium en<br>aluminiumlegering                       | statische belasting  | 2,0 d  | -     | -     |
|   | dynamische belasting | 2,4 d  | -     | -     |

**Tabel 41-2-1**

### 2.2 Afwerking van de stukken

#### 2.2.1 Verbindingen

De toleranties en de passingen voor gladde stukken beantwoorden aan NBN EN 20286:1993\* en NBN EN 22768:1993\*.

De controle van de toleranties wordt uitgevoerd met kalibers die de aannemer ter beschikking stelt aan de aanbestedende overheid.

De kwaliteit van de afwerking van boringen en assen is nooit minder goed dan de kwaliteit horende bij de tolerantiegraad (tolerance grade) 9.

#### 2.2.2 Oppervlakteruwheid

De oppervlakteruwheid van de afgewerkte stukken beantwoordt aan NBN EN ISO 4287:1998\*.

De aanduidingen op de plans van de oppervlaktetoestand geschiedt volgens NBN EN ISO 1302:2002\*.

##### 2.2.2.1 Keuze van de te verwezenlijken ruwheidsklasse

De aannemer dient de volgende ruwheidsklassen te respecteren:

- geslepen tandwielen: N6 -  $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$ ;
- draagvlakken voor dichtingsringen op assen: N6 -  $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$ ;
- draagvlakken voor wentellagers op assen: N7 -  $R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$ ;

|   |     |         |        |                      |
|---|-----|---------|--------|----------------------|
| - draagvlakken van draaiende assen in zelfsmurende bussen:                    | N7  | - $R_a$ | $\leq$ | 1,6 $\mu\text{m}$ ;  |
| - flanken van worm en wormwiel:   | N7  | - $R_a$ | $\leq$ | 1,6 $\mu\text{m}$ ;  |
| - steunoppervlakken van wentellagers:   | N7  | - $R_a$ | $\leq$ | 1,6 $\mu\text{m}$ ;  |
| - vastklemmingsvlakken van geperste verbindingen:                             | N7  | - $R_a$ | $\leq$ | 1,6 $\mu\text{m}$ ;  |
| - steunoppervlakken van wentellagers van tandwielkasten:                      | N8  | - $R_a$ | $\leq$ | 3,2 $\mu\text{m}$ ;  |
| - alle hierboven niet vermelde verbindingen met tolerantie:                   | N8  | - $R_a$ | $\leq$ | 3,2 $\mu\text{m}$ ;  |
| - spieën en spiegleuven:  | N8  | - $R_a$ | $\leq$ | 3,2 $\mu\text{m}$ ;  |
| - voegoppervlakken van carters en kussenblokken:                              | N8  | - $R_a$ | $\leq$ | 3,2 $\mu\text{m}$ ;  |
| - gefreesde of gestoken tandwielen:   | N8  | - $R_a$ | $\leq$ | 3,2 $\mu\text{m}$ ;  |
| - vertanding van tandheugels met een modulus kleiner dan of gelijk aan 20 mm: | N8  | - $R_a$ | $\leq$ | 3,2 $\mu\text{m}$ ;  |
| - vertande assen:   | N8  | - $R_a$ | $\leq$ | 3,2 $\mu\text{m}$ ;  |
| - gegroefde assen en naven:   | N8  | - $R_a$ | $\leq$ | 3,2 $\mu\text{m}$ ;  |
| - referentiemeetoppervlakken voor de montage:                                 | N8  | - $R_a$ | $\leq$ | 3,2 $\mu\text{m}$ ;  |
| - groeven van kabelschijven en trommels:                                      | N8  | - $R_a$ | $\leq$ | 3,2 $\mu\text{m}$ ;  |
| - vertanding van tandheugels met een modulus groter dan 20 mm:                | N9  | - $R_a$ | $\leq$ | 6,3 $\mu\text{m}$ ;  |
| - draagvlakken zonder dichtingswaarden:                                       | N9  | - $R_a$ | $\leq$ | 6,3 $\mu\text{m}$ ;  |
| - uitkameren voor de zitting van bouten:                                      | N9  | - $R_a$ | $\leq$ | 6,3 $\mu\text{m}$ ;  |
| - vlamsnijden:  | N10 | - $R_a$ | $\leq$ | 12,5 $\mu\text{m}$ . |

#### 2.2.2.2 Bramen

De bramen, ontstaan bij het afwerken, zijn zorgvuldig te verwijderen. De ribben tussen twee afgewerkte oppervlakken moeten afgerond worden.

### 2.2.3 Oppervlaktetoestand van ruwe stukken of delen van ruwe stukken (d.w.z. niet mechanisch bewerkt)

#### 2.2.3.1 Gietstalen stukken

De gietstukken worden gekuist en ontbraamd. De verschillende oppervlakken worden effen gemaakt. Alle niet op de opdrachtdocumenten voorkomende aanhangsels worden weggenomen en hun sporen verwijderd.

#### 2.2.3.2 Smeedstalen stukken

De verschillende oppervlakken sluiten aan elkaar zonder scherpe ribben.

#### 2.2.3.3 Oppervlakken bekomen door snijden

De oppervlakken door willekeurig snijprocédé bekomen (zaag, snijbranden, enz.) vertonen geen enkel spoor meer van het gebruikte procédé.

#### **2.2.3.4 Gelaste stukken**

De zichtbare lasnaden zijn van een analoge afwerking als de gelaste stukken zelf, teneinde een geheel met gelijkvormig uitzicht te bekomen.

#### **2.2.3.5 Carters van tandwielkasten**

Het inwendige oppervlak van de carters vertoont geen oneffenheden.

### 3 OPHANGINGS-, BEDIENINGS- EN GELEIDINGSORGANEN

#### 3.1 Staalkabels

##### 3.1.1 Indeling van de staalkabels

De kabels worden onderverdeeld in actieve kabels, liggende kabels en meetkabels.

###### 3.1.1.1 Actieve kabels

Actieve kabels zijn kabels die op trommels worden opgewonden of over schijven lopen. Kabels die slechts gebogen zijn over compensatieschijven zijn eveneens te beschouwen als actieve kabels.

###### 3.1.1.2 Liggende kabels

Liggende kabels zijn kabels die onbeweeglijk zijn (vb. tuikabels).

###### 3.1.1.3 Meetkabels

Meetkabels brengen in geen geval krachten over die groter zijn dan 1.000 N. Zij worden voornamelijk gebruikt in meettoestellen, niveau- en standaanduiders. Meetkabels zijn samengesteld uit slechts één streng en worden uitgevoerd in corrosievast staal X5CrNiMo17-12-2 (volgens NBN EN 10088-3:2005\*).

##### 3.1.2 Algemeen

De staalkabels beantwoorden aan de voorschriften van NBN EN 12385:2008\*.

De staaldraad voor de kabels beantwoordt aan de voorschriften van NBN EN 10264:2002\*.

De samenstelling van staalkabel bestemd voor algemene hijsdoeleinden beantwoordt aan de voorschriften van NBN EN 13414:2009\*.

Elke kabel is voorzien van een kabelspanner behalve wanneer de kabelverlenging geen invloed heeft op de goede werking van het systeem en dus geen bijregeling van de lengte zich opdringt.

Het is niet toegelaten dat een kabel in beweging, zelfs onbelast, in contact komt met de grond, het metselwerk, het vakwerk of met andere elementen. Wanneer dergelijke contacten te vrezen zijn, dan worden geleidingsrollen of geleidingsschijven voorzien te worden.

Het draaien van de kabel moet verhinderd worden in beide uiteinden. Indien het draaien van de kabel niet belet wordt door een mechanisch geleiding- of blokkeersysteem, dient als volgt te worden gewerkt:

- in het geval van meerdere kabels dient het aantal kabels even te zijn en worden een gelijk aantal linkse en rechtse kabels gebruikt;
- in het geval van één enkele kabel dient deze kabel van het draaivrije type te zijn, aan één van de uiteinden van de kabel wordt een draaiwartel voorzien.

Tijdens het monteren van de kabels wordt erop gelet dat de kabel noch uiteengedraaid, noch ineengedraaid wordt.

Na montage wordt iedere kabel voorzien van een identificatieplaatje waarop volgende gegevens vermeld worden:

- de datum montage;
- het kabeltype;
- de werkelijke kabellengte gemeten volgens figuur 6 van NBN I 04-001:1988\*.

De staalkabel wordt geleverd opgerold op een haspel waarvan de opwikkeldiameter minimum gelijk is aan  $25 \times d$ ; waarbij  $d$  de nominale kabeldiameter is.

### 3.1.3 Type van de kabel

De volgende types van kabel worden gebruikt:

- 6 x 36 Warrington-Seale + stalen kern – Kruisslag;
- 8 x 36 Warrington-Seale + stalen kern – Kruisslag;
- 6 x 36 Warrington-Seale + stalen kern – Langslag;
- 8 x 36 Warrington-Seale + stalen kern – Langslag.

De treksterkteklasse van de draden bedraagt 1 770 N/mm<sup>2</sup> of 1 960 N/mm<sup>2</sup>.

Voor buitenopstelling zijn de staaldraden van de kabels verzinkt (kwaliteitsklasse B volgens NBN EN 10244-2:2001\*) en nagetrokken.

Voor binnenopstelling mogen blanke kabels worden gebruikt.

Indien de opdrachtdocumenten kabels in corrosievast staal voorschrijven, hebben de staaldraden de kwaliteit X5CrNiMo17-12-2 (volgens NBN EN 10264-4:2002\*).

### 3.1.4 Kabeldiameter

De kabeldiameter wordt gekozen uit in NBN EN 12385-3+A1:2008\* opgegeven waarden voor nominale kabeldiameter.

De diameter van de strengenkabels voor liften beantwoordt aan de voorschriften van NBN EN 12385-5:2002\*.

### 3.1.5 Voorrekken van de kabels

Alle kabels worden voorgerokken, behalve de kabels waarbij een verlenging geen enkele invloed heeft op de goede werking van het systeem en dus geen bijregeling van de lengte zich opdringt.

Het voorrekken van de kabels gebeurt gedurende minstens acht uren onder een belasting gelijk aan 0,3 maal de minimale breukbelasting. Het verschil tussen de procentuele rek na het voorlaatste uur en deze na het laatste uur mag niet groter zijn dan 0,01, zo niet wordt de proef verder gezet tot het verschil van twee opeenvolgende metingen kleiner is dan deze waarde. Het meten van de procentuele rek geschiedt bij een kabelbelasting van 0,05 maal de minimale breukbelasting.

De nodige maatregelen worden genomen teneinde elke beschadiging van de kabelsokken te voorkomen bij het voorrekken.

Het voorrekken is een last van de aanneming.

### 3.1.6 Proeven

De staalkabels worden beproefd in het werkhuis volgens de voorschriften van NBN I 04-001:1988 + addendum A1:1990\*.

Een draadattest, waaruit blijkt dat de staaldraad beantwoordt aan NBN EN 10264-2:2002\*, wordt voorgelegd, evenals een proefattest waaruit blijkt dat de staaldraden beantwoorden aan de in onderhavig standaardbestek gestelde voorschriften.

Draad- en proefattest beantwoorden aan de definitie van keuringsrapport 3.1 volgens NBN EN 10204:2005\*.

### 3.1.7 Grondslagen voor de berekening

De berekening van de kabeldiameter gebeurt volgens de methode opgenomen in artikel 5.7.5. van NBN E 52-004:1980\*.

In afwijking van de voorschriften van voormelde norm worden de minimale gebruiksfactor  $Z_p$  en de minimale wikkerverhouding  $\frac{D}{d}$  als volgt bepaald:

Belastingsniveau 1:

| Groep van de kabel als element | Actieve kabels             |                |                        | Liggende kabels |
|--------------------------------|----------------------------|----------------|------------------------|-----------------|
|                                | $(Z_p \frac{D}{d})_{\min}$ | $(Z_p)_{\min}$ | $(\frac{D}{d})_{\min}$ | $(Z_p)_{\min}$  |
| C1                             | 58                         | 4,0            | 16,5                   | 3,5             |
| C2                             | 83                         | 4,0            | 19,6                   | 3,5             |
| C3                             | 117                        | 4,0            | 23,3                   | 3,5             |
| C4                             | 165                        | 4,2            | 27,7                   | 4,0             |
| C5                             | 233                        | 5,0            | 33,0                   | 4,5             |
| C6                             | 330                        | 5,9            | 39,2                   | 5,0             |
| C7                             | 467                        | 7,1            | 46,7                   | 5,5             |
| C8                             | 660                        | 8,4            | 55,5                   | 6,0             |

**Tabel 41-3-1**

Voor een bepaalde groep moet gelijktijdig voldaan worden aan de drie voorwaarden betreffende  $Z_p \frac{D}{d}$ ,  $Z_p$  en  $\frac{D}{d}$ .

Een levensduur van de kabel van 20 jaar wordt vereist.

Het aantal cycli  $N$  dat moet in aanmerking worden genomen voor de bepaling van de elementgroep wordt als volgt berekend:

- $N = w \times n \times 6.000$ . Waarin:
  - $w$  = aantal buigingen per bediening;
  - $n$  = aantal bedieningen per dag.
- $w = \Sigma W$ . Hierin is:
  - $W = 1$  voor oprollen op trommel;
  - $W = 2$  voor een schijf die geen omkering van de ombuigzin van de kabel teweegbrengt;
  - $W = 4$  voor een schijf die een omkering van de ombuigzin van de kabel teweegbrengt.

Aangenomen wordt dat er een omkering van de ombuigzin optreedt, indien de omvattingshoek op de kabelschijven groter is dan  $120^\circ$  en indien deze schijven minder dan 200 maal de kabeldiameter van elkaar verwijderd zijn.

Het kabelstuk dat het grootste aantal buigingen ondergaat is hierbij maatgevend.

De spectrumklasse (volgens NBN E 52-002:1980\*) van iedere kabel is P3.

Belastingsniveau 2:

| Groep van de kabels als element | $(Z_p)_{\min}$                  |                                   |                 |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
|                                 | Actieve kabels                  |                                   | Liggende kabels |
|                                 | Voor een verticale verplaatsing | Voor een horizontale verplaatsing |                 |
| C1                              | 3                               | 3                                 | 3               |
| C2                              | 3                               | 3                                 | 3               |
| C3                              | 3                               | 3                                 | 3               |



| Groep van de kabels als element | $(Z_p)_{\min}$                  |                                   |                 |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
|                                 | Actieve kabels                  |                                   | Liggende kabels |
|                                 | Voor een verticale verplaatsing | Voor een horizontale verplaatsing |                 |
| C4                              | 3                               | 3                                 | 3               |
| C5                              | 3,75                            | 3                                 | 3,4             |
| C6                              | 4,75                            | 3                                 | 3,75            |
| C7                              | 6                               | 3                                 | 4               |
| C8                              | 7,5                             | 3                                 | 4,5             |

**Tabel 41-3-2**

Belastingsniveau 3: de waarde van  $Z_p$  is nooit kleiner dan 3.

## 3.2 Kabelbevestigingen

### 3.2.1 Toegelaten uitvoeringen

#### 3.2.1.1 Vastgegoten conische huls (sok)

De conussen zijn in gesmeed of gewalst staal A 490 of A 590 volgens NBN A 21-201:1976\* of in een equivalent staal.

De kabel wordt in de conussen opgegoten met een zink-aluminium-legering of een gelijkwaardig gietmetaal of met een giethars voor deze toepassing aanvaard door één van volgende keuringsorganismen Lloyds, Veritas of AIB-Vinçotte.

Bij het afwerken van de gietconus, moeten voorzorgen worden genomen om te beletten dat het uitgloeien van het kabelmetaal de breukweerstand zou verminderen.

Het voorbereiden van de stukken en het opgietsen met vloeibaar metaal of met kunsthars gebeurt in overeenstemming met de voorschriften van NBN EN 13411-4:2002\*.

Ter staving van het gebruikte opgietsmetaal/kunsthars wordt een keuringsattest 3.1. volgens NBN EN 10204:2005\* voorgelegd.

Bij het opgietsen met een giethars worden de nodige voorzorgen getroffen om de tijdens het hardingsproces vrijkomende warmte af te voeren. Het voorkomen van haarscheurtjes in het giethars leidt tot afkeuring van de kabelbevestiging.

#### 3.2.1.2 Persklemmen

Deze vastzettingsmethode wordt toegelaten voor kabels met een diameter van maximaal 20 mm.

Persklemmen en het aanpassen van de persklemmen geschieden in overeenkomst met de voorschriften van NBN EN 13411-3:2004\*.

#### 3.2.1.3 Wigklemmen

Deze vastzettingsmethode wordt toegelaten voor kabels die steeds onder spanning staan.

Enkel asymmetrische wigklemmen zijn toegestaan.

Deze asymmetrische wigklemmen beantwoorden aan de voorschriften van NBN EN 134111-6:2004\*.

De wigklem is zodanig gemonteerd dat de langsas van het belaste part van de kabel door het middelpunt van de sluiting loopt (zie artikel 3.1. van voormelde norm).

De wigklem wordt geborgd door een boutklem op het dode part.

#### 3.2.1.4 Kabelklemmen met U-bouten

Deze vastzettingsmethode wordt slechts toegelaten voor statisch belaste kabels en met een diameter van maximaal 20 mm.

De kabelklemmen met U-bouten beantwoorden aan de voorschriften van NBN EN 13411-5:2003\*. Het aantal klemmen per vastzetting is minstens drie. De brug van de U-bout wordt aangebracht op het belaste part van de kabel.

### **3.2.2 Proeven**

Voor kabels die een massa dragen (hijskabels, ophangkabels,...), wordt een trekproef uitgevoerd op een monster van de kabel met zijn kabelbevestiging.

De kabelbevestiging wordt door de aanbestedende overheid willekeurig gekozen uit de levering.

De sterkte van de kabelbevestiging bedraagt ten minste 80 % van de minimale breuksterkte van de kabel.

Indien de kabelbevestiging of de kabel begeeft voor een trekkracht groter dan de minimale breuklast van de kabel, dan kan deze proef beschouwd worden als proef op de bevestiging zowel als proef op de kabel zelf.

### **3.2.3 Bevestiging aan kabeltrommel**

De voorschriften vermeld in artikel 8.3.1. van NBN E 52-004:1980\* zijn van toepassing.

## **3.3 Kabelogen**

---

De kabelogen zijn in gesmeed of gewalst staal A 490 of A 590 volgens NBN A 21-201:1976\* of in een equivalent staal.

## **3.4 Spanners**

---

De spanners maken, na opstelling en eerste regeling, een bijregeling mogelijk over een lengte van minstens 0,5 % van de lengte van de kabel waaraan ze aangebracht zijn.

Ze zijn voorzien van een smeerstelsel en van een vergrendelingstelsel dat het vastzetten van de moeren ten opzichte van elkaar en van de moeren ten opzichte van de draadstang verzekert.

Zij zijn uitgevoerd in gesmeed of gewalst staal A 490 of A 590 volgens NBN A 21-201:1976\* of in een equivalent staal.

## **3.5 Evenaars - evenwichtsslingers**

---

De evenaars of evenwichtsslingers verzekeren een gelijke verdeling van de lasten in twee of meer kabels.

Zij zijn uitgevoerd in gesmeed of gewalst staal A 490 of A 590 volgens NBN A 21-201:1976\* of in een equivalent staal.

De spullen worden vervaardigd uit corrosievast staal X17CrNi 16-2 volgens NBN EN 10088-1:2005\*.

De lagers zijn vervaardigd uit zelfsmarend glijmateriaal beantwoordend aan de voorschriften van paragraaf **SB 270-41-5.11.3**.

## **3.6 Kabelschijven**

---

In afwijking van de eisen gesteld in artikel 5.7.5. van NBN E 52-004:1980\*, betreffende de wikkerverhouding van kabels over schijven en op trommels, zijn de voorschriften van paragraaf **SB 270-41-3.1.6** van toepassing.

Er worden schijven gebruikt met volgende diameters: 160 - 200 - 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1.000 - 1.250 - 1.400 - 1.600 - 1.800 - 2.000 - 2.200 - 2.240 - 2.600 - 2.800 - 3.000 mm.

Een kaliber van het theoretische profiel van de groef, vervaardigd uit plaatstaal van 1 mm dikte, wordt voor de controle van de groeven aan de keurder overhandigd.

Schijven in polyamide worden toegelaten indien voldaan is aan volgende bijkomende vereisten:

- het materiaal is gegoten polyamide Giet-PA;
- de diameter is maximaal gelijk aan 1.000 mm;

- de specifieke druk van de kabel in de groef wordt berekend volgens de formule van Hertz en is maximaal gelijk aan 200 N/mm<sup>2</sup>;
- voor gesloten kabels is de maximaal toegelaten vlaktedruk  $p_{L,toel}$  gegeven in **Tabel 41-3-3**.

| Temperatuur<br>in °C | Maximaal toegelaten vlaktedruk $p_{L,toel}$ in N/mm <sup>2</sup> bij een snelheid $v$ in m/s |     |     |     |    |     |    |     |    |
|----------------------|--|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|
|                      | 0  | 0,5 | 1   | 1,5 | 2  | 2,5 | 3  | 3,5 | 4  |
| 20                   | 110  | 110 | 110 | 100 | 90 | 85  | 80 | 75  | 71 |
| 50                   | 80   | 80  | 70  | 60  | 55 | 51  | 50 | 48  | 45 |

**Tabel 41-3-3**

### 3.7 Kabeltrommels

In afwijking van de voorschriften van artikel 5.7.5. van NBN E 52-004:1980\*, betreffende de wikkerverhouding van kabels over schijven en op trommels, zijn de voorschriften van paragraaf **SB 270-41-3.1.6** van toepassing.

De trommels zijn voldoende lang om er de kabel in één laag te kunnen oprollen met minstens twee volledige reservewikkelingen.

De trommels zijn gegroefd over de ganse lengte waar de kabel op de trommel ligt.

Wanneer de trommel gedreven wordt door een tandkroon, wordt deze laatste er op bevestigd, hetzij door concentrische inpassing en vastgeschroefd door gekalibreerde bouten of een combinatie van gekalibreerde pennen (of bussen) met bouten, hetzij door lassen.

#### 3.7.1 Gekalibreerde kettingen met gelaste schakels

De gekalibreerde kettingen met gelaste schakels worden voor de kettingtakels gebruikt.

De kettingen stemmen overeen met de voorschriften van ISO 1834:1999\* (algemeenheden, oplevering) en ISO 3077:2001\* (klasse T of 8).

De veiligheidscoëfficiënt, zijnde de verhouding van de minimale breuklast van de ketting tot de maximaal optredende kracht in de ketting in bedrijf, is minstens gelijk aan de in de **Tabel 41-3-4** aangegeven waarden.

| Groep waartoe<br>het mechanisme<br>behoort | Minimale veiligheidscoëfficiënt |                    |                    |
|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|
|  | Belastingsniveau 1              | Belastingsniveau 2 | Belastingsniveau 3 |
| M1   | 4                               | 4                  | 3                  |
| M2   | 4                               | 4                  | 3                  |
| M3   | 4                               | 4                  | 3                  |
| M4   | 4                               | 4                  | 3                  |
| M5   | 5                               | 4                  | 3                  |
| M6   | 6,3                             | 4,75               | 3                  |
| M7   | 8                               | 6                  | 3                  |
| M8   | 10                              | 7,5                | 3                  |

**Tabel 41-3-4**

#### 3.7.2 Niet-gekalibreerde kettingen met gelaste schakels

De niet-gekalibreerde kettingen met gelaste schakels worden alleen als stroppen gebruikt.

De kettingen stemmen overeen met de voorschriften van ISO 1834:1999\* (algemeenheden, oplevering), ISO 1835:1980\* (klasse M of 4), ISO 3075:1980\* (klasse S of 6), ISO 3076:1984\* (klasse T of 8).

De veiligheidscoëfficiënten, zijnde de verhouding van de minimale breuklast van de ketting tot de

maximaal optredende kracht in de ketting in bedrijf, zijn minstens gelijk aan de in de **Tabel 41-3-3** vermelde waarden.

### 3.7.3 Harpsluitingen

De aan de kettinguiteinden of aan de kabeluiteinden gebruikte harpsluitingen stemmen overeen met de voorschriften van DIN 82101:2005-09\*.

De veiligheidscoëfficiënten voor de harpsluitingen zijn gelijk aan de veiligheidscoëfficiënten die voor de ermee verbonden kettingen of kabels voorzien zijn.

### 3.8 Kaapstanders

Spilkoppen voor kaapstanders zijn conform aan DIN 84154:1994\* of zijn van een type dat aanvaard is door Bureau Veritas of door Lloyds.

### 3.9 Opleggingen schootstukken en grendels

De opleggingen voor bruggen, de schootstukken voor brugvergrendelingen, de vastzettingswiggen en andere gelijkaardige organen zijn van gietstaal GE 300 volgens NBN EN 10293:2005\*.

De grendels zijn vervaardigd of uit smeedstaal, volgens NBN EN 10250-1:1999\*, of uit gietstaal GE 300 volgens NBN EN 10293:2005\* of worden gesmeed uit staalplaat S355J2 volgens NBN EN 10025-2:2005\*, aangevuld met de dienstorder LIN 2003/16.

De specifieke drukken  $p_c$  waaraan deze verschillende stukken onderworpen zijn, mogen de volgende waarden vermeld in **Tabel 41-3-5** niet overschrijden.

| Maximaal toelaatbare specifieke druk $p_c$ in N/mm <sup>2</sup> |                    |                          |
|---|--------------------|--------------------------|
|   | Belastingsniveau 1 | Belastingsniveaus 2 en 3 |
| bij beweging  | 15                 | 30                       |
| in rust   | 100                | 200                      |

**Tabel 41-3-5**

Rolopleggingen moeten voldoen aan de voorschriften van NBN EN 1337-4:2004\*.

De vlakken die in glijdend contact zijn gedurende een bediening, zijn geprofileerd om een progressief contact name en gebeurlijk een progressieve geleiding mogelijk te maken.

## **4 AANDRIJF- EN AFREMELEMENTEN**

### **4.1 Motoren**

De dimensionering van de aandrijfmotoren van een mechanisme gebeurt in overeenstemming met de voorschriften van NBN E 52 004:1980\*.

### **4.2 Remmen**

#### **4.2.1 Algemeen**

De dimensionering van de remmen van een mechanisme gebeurt overeenkomstig de voorschriften van NBN E 52 004:1980\*, aangevuld met onderstaande bepalingen.

#### **4.2.2 Berekeningsnota**

Voor elk remsysteem worden voor de verschillende belastingsniveaus en voor beide bewegingszinnen volgende waarden berekend:

- remkoppel;
- remtijd;
- remafstand;
- oversnelheid;
- thermische capaciteit:
  - voor elke remming bij de maximale belasting;
  - voor intermitterend gebruik in belastingsniveau 1;
- radiale krachten op de remas.

#### **4.2.3 Dimensionering**

Wanneer het mechanisme voorzien is van een elektrisch afremsysteem, moet de mechanische rem in staat zijn om het mechanisme tot stilstand te brengen zonder de hulp van het elektrische afremsysteem. Dit wordt beschouwd als een uitzonderlijk belastingsgeval in belastingsniveau 3.

#### **4.2.4 Constructieve eisen**

Voor de montage van een remschijf of van een trommel van een blokkenrem op het mechanisme is een verbinding die het koppel overbrengt door wrijving niet toegelaten.

Elke rem moet kunnen ontgrendeld worden door een manueel ingrijpen.

### **4.3 Handbedieningen en noodbedieningen**

Een handbediening wordt zo opgevat dat, rekening houdend met de rendementen, een met de toepassing van het koppel van de motor (voor belastingsniveau 1) gelijkwaardige uitwerking bekomen wordt door toepassing op een kruk of op een handwiel van een koppel van maximum 30 Nm.

De handbediening wordt in geen geval meegesleept door het hoofdmechanisme gedurende de normale werking van dit laatste.

Wanneer het bediende orgaan neiging heeft de mechanismen in beweging te brengen onder invloed van onevenwicht, van de wind, van de lasten, enz. of van een samenstelling van deze invloeden, in de veronderstelling dat het globale rendement van de mechanismen gelijk is aan 1, moet een pal of een ander zelfremmend stelsel worden voorzien op de handlier.

Wanneer de opdrachtdocumenten een noodbediening met een verbrandingsmotor voorzien, bevat ze de levering en de opstelling van de motor en van zijn benodigdheden, onder andere:

- de funderingen;
- de brandstofvergaarbak van voldoende capaciteit om tien volledige bedieningen uit te voeren. Deze vergaarbak is voorzien van alle wettelijke veiligheidsstelsels;
- het koelsysteem;
- de uitlaatbuizen die de afvoer van de uitlaatgassen toelaten buiten de lokalen in een plaats waar zij geen hinder veroorzaken. Deze buizen zijn voorzien van een geluiddemper;
- een snelheidskast met twee werkingsrichtingen en wrijvingskoppeling.

Een elektrische vergrendeling tussen de normale bediening en de nood- of handbediening verhindert de werking van de normale bediening wanneer de nood- of de handbediening is ingeschakeld en omgekeerd.

## 5 OVERBRENGINGSORGANEN

### 5.1 Algemeen

---

#### 5.1.1 Uitbalanceren

Alle ronddraaiende elementen worden statisch uitgebalanceerd. De ronddraaiende elementen met een omwentelingssnelheid groter dan 475 tr/min dienen dynamisch uitgebalanceerd te zijn overeenstemmend met de specificaties van de kwaliteitsgraad G 6,3 van uitbalanceren, volgens ISO 1940 1:2003\*.

#### 5.1.2 Verdeling van de belasting

Wanneer een lierwerk een centrale reductie en meerdere eindreductoren bevat (aantal =  $n$ ), dan worden de elementen van de kinematische keten tussen de centrale reductie en de aangrijping aan de last berekend voor een belasting gelijk aan  $1,25/n$  van de totale belasting. In het geval een differentieel voorzien is, mag worden aangenomen dat de last in gelijke delen wordt verdeeld.

#### 5.1.3 Equivalente belasting $S_{eq}$

Indien het belastingsspectrum niet opgegeven is en niet kan bepaald worden uit de gegevens van het bijzondere bestek, dan wordt verondersteld dat het te berekenen mechanische-element gedurende de volledige gebruiksduur belast wordt met een equivalente belasting  $S_{eq}$  die voldoet aan onderstaande formule:

$S_{eq} = S_n K_A$  met:

- $S_n$ : kracht (moment) bepaald uitgaande van de grootste kracht (moment) in belastingsniveau 1 waarbij geen rekening wordt gehouden met de elasto-dynamische krachten tijdens aanlopen en afremmen;
- $K_A$ : factor bepaald volgens onderstaande tabel.+

|   | Waarde van $K_A$ |
|---|------------------|
| Het mechanisme is voorzien van een systeem met progressieve aanloop en afremming      | 1,35             |
| Het mechanisme is niet voorzien van een systeem met progressieve aanloop en afremming | 1,60             |
| Het mechanisme wordt aangedreven door een verbrandingsmotor met zuigers               | 1,75             |

Tabel 41-5-1

### 5.2 Cilindrische tandwieloverbrenging

---

#### 5.2.1 Terminologie

De terminologie en de symbolen betreffende cilindrische tandwielen maken het voorwerp uit van hoofdstuk 2 van NBN 696:1968\* "Tandwieloverbrenging - Terminologie en symbolen".

#### 5.2.2 Moduli

De moduli beantwoorden aan NBN 446:1970\*. Alleen de metrische reeks is toegelaten.

### 5.2.3 Vertandingskwaliteit

De vertandingskwaliteit wordt aangeduid door 12 kwaliteitsklassen genummerd van 1 tot 12 in volgorde van afnemende nauwkeurigheid. De toleranties van de vertanding zijn deze van DIN 3961:1978\* “Toleranzen für Stirnradverzahnungen”.

Voor toepassing in de algemene machinebouw is de vertandingskwaliteit begrepen tussen de kwaliteiten 5 en 12.

De vertandingskwaliteit wordt bepaald door de keuze van de klasse van de materiaalcombinatie volgens paragraaf 5.2.5. van huidig deelhoofdstuk.

### 5.2.4 Tandsnijden en afwerking

Het snijden van de tanden gebeurt volgens de afwikkelmethode met een wormtandwielfrees, met een heugelgereedschap of met een rondsелgereedschap.

Wanneer de tandflanken worden oppervlaktegehard door cementatie, inductie- of vlamharden, moeten de tanden na de behandeling worden nageslepen op een nauwkeurigheidsmachine volgens de afwikkelmethode of met een vormslijpsteen.

Voor standaardmotorreductoren (zie definitie in paragraaf 5.7.4.2.) mag de techniek van hard-finisseren met een afwikkelvrees toegepast worden en voor kegeltandwielen de techniek van het lappen van rondsел en wiel.

De oppervlaktegeharde tanden worden als volgt behandeld:

- ofwel worden de tanden protuberans voorgefreesd, oppervlaktegehard en daarna geslepen;
- ofwel worden de tanden gefreesd, oppervlaktegehard, geslepen en daarna gekogelstraald in de tandvoetzone;
- ofwel worden voor standaardmotorreductoren de tanden gefreesd, oppervlaktegehard, hard-gefinisseerd met een afwikkelvrees en daarna gekogelstraald in de tandvoetzone;
- ofwel worden voor kegeltandwielen de tanden van rondsел en wiel gefreesd, oppervlaktegehard, gelapt en daarna gekogelstraal in de tandvoetzone.

De tandwielen worden afgewerkt op hun kopcilinder en op hun zijvlakken en volledig ontbraamd. Er mag geen spoor van handgereedschap zichtbaar zijn op de flanken, noch op de bodem van de vertanding.

De vereiste afwerkingsgraad (oppervlakteruwheid) van de tandflanken is afhankelijk van de vertandingskwaliteit, van de grootte van de vertanding en van de bewerkingsmethode.

De oppervlakteruwheid  $R_a$ , volgens NBN EN ISO 4287:1998\*, wordt gegeven in **tabel 41-5-2**.

| Kwaliteits-<br>klasse volgens<br>DIN 3961:1978* | Oppervlakteruwheid $R_a$ (in $\mu\text{m}$ )<br>volgens NBN EN ISO 4287:1998* |           |                  |             |
|---|---|-----------|------------------|-------------|
|   | Slijpen   |           | Frezen of steken |             |
|   | $m \leq 10$   | $m > 10$  | $m \leq 10$      | $m > 10$    |
| 5 - 6   | 0,4 - 0,8   | 0,4 - 0,8 |                  |             |
| 7 - 8   | 0,4 - 0,8   | 0,8 - 1,6 | 1,6 - 3,2        | 3,2 - 6,3   |
| 9 - 10  |   |           | 3,2 - 6,3        | 6,3 - 12,5  |
| 11 - 12   |   |           |                  | 12,5 - 25,0 |

**Tabel 41-5-2**

hierin is:  $m$  = modulus



### 5.2.5 Materiaalkeuze en kwaliteit van uitvoering

Voor de materiaalkeuze en de kwaliteit van uitvoering van de tandwieloverbrenging kiest men uit volgende klassen.

Het veredelstaal “speciaal staal” beantwoordt aan NBN EN 10083 1:2007\*.

Het veredelstaal “onlegeerd kwaliteitsstaal” beantwoordt aan NBN EN 10083 2:2007\*.

Het carboneerstaal beantwoordt aan NBN EN 10084:2008\*.

Klasse a:

- rondsel en wiel in carboneerstaal: oppervlaktehardheid: 58-62 HRC;
- kwaliteit 5 of 6;
- schroefvertanding.

Klasse b:

- rondsel in carboneerstaal: oppervlaktehardheid: 58-62 HRC;
- wiel in veredelstaal, oppervlaktegehard door inductie- of vlamharden: 52-58 HRC;
- kwaliteit 5 of 6;
- schroefvertanding.

Klasse c:

- rondsel in carboneerstaal: oppervlaktehardheid: 58-62 HRC;
- rondsel: kwaliteit 6;
- wiel in veredelstaal, gehard in de massa tot 250-360 HB;
- wiel gefreesd: kwaliteit 7;
- schroefvertanding.

Klasse d:

- rondsel in veredelstaal, oppervlaktegehard door inductie- of vlamharden: oppervlaktehardheid: 52-58 HRC;
- rondsel: kwaliteit 6;
- wiel in veredelstaal, gehard in de massa tot 250-360 HB;
- wiel gefreesd: kwaliteit 7;
- schroefvertanding.

Klasse e:

- rondsel in veredelstaal, gehard in de massa tot 280-360 HB;
- wiel in veredelstaal, gehard in de massa tot 240-320 HB;
- rondsel en wiel gefreesd:
  - kwaliteit 7 of 8 voor  $v > 1$  m/s;
  - kwaliteit 9 of 10 voor  $1 \text{ m/s} \geq v > 0,2$  m/s;
  - kwaliteit 11 of 12 voor  $v \leq 0,2$  m/s (v: omtreksnelheid op steekcirkel);
- schroefvertanding of rechte vertanding.

Klasse f:

- rondsel in veredelstaal, gehard in de massa tot 210-280 HB;

- wiel in veredelstaal of koolstofstaal, gehard in de massa tot 180-240 HB;
- rondsel en wiel gefreesd:
  - kwaliteit 9 of 11 voor  $v > 0,2$  m/s;
  - kwaliteit 11 of 12 voor  $v \leq 0,2$  m/s;
- schroefvertanding of rechte vertanding.

### **5.2.6 Tanddiktevermindering**

De tandwielen worden uitgevoerd met een tanddiktevermindering die wordt bepaald volgens DIN 3967:1978\* “Flankenspiel, Zahndickenabmasse, Zahndickentoleranzen”.

Op vraag van de constructeur van de tandwielkast kunnen afwijkingen op de tanddiktevermindering toegestaan worden indien:

- de constructeur beschikt over een EN ISO 9001\* attest;
- de constructeur aan de hand van de nodige referenties aantoont dat hij over voldoende ervaring beschikt met de voorgestelde geometrie.

### **5.2.7 Aanduidingen op de plans**

Op de uitvoeringsplans van de tandwielen worden volgende aanvullende gegevens vermeld:

- karakteristieken van de referentieheugel;
- het aantal tanden en de modulus;
- materiaalaanduiding:
  - harding in de massa tot ... HB of ... HRC;
  - oppervlakteharding van de tandflank tot ... HB of ... HRC;
  - oppervlakteharding van de tandvoet en tandflank tot ... HB of ... HRC;
- kogelstralen;
- protuberans frezen van de tanden;
- oppervlakteruwheid van de tandflank en bewerkingsmethode (slijpen, hardfinisseren, lappen, ...);
- tanddiktevermindering:
  - de bovenste grensmaat van de tanddiktevermindering en de tanddiktetolerantie volgens DIN 3967:1978\*, ofwel rechtstreeks door aanduiding van de bovenste en onderste maatafwijking;
  - de meetmethode voor de controle van de tanddikte met inbegrip van alle nodige gegevens voor de uitvoering van de meting en zijn interpretatie;
  - omrekeningsfactor, zijnde de verhouding tussen de tolerantie op de controlemaat en de tanddiktetolerantie;
- vertandingskwaliteit;
- proefgroepaanduiding en toleranties voor de controle van de vertandingskwaliteit.

## **5.3 Kegeltandwieloverbrengingen**

---

### **5.3.1 Terminologie**

De terminologie en de symbolen betreffende kegeltandwielen maken het voorwerp uit van hoofdstuk 3 van NBN 696:1968\* “Tandwieloverbrenging - Terminologie en symbolen”.

De modulus en de steek worden gedefinieerd t.o.v. de uitwendige steekkegelschijf diameter.

### 5.3.2 Tandprofiel

Kegeltandwielen worden uitgevoerd met rechte of spiraalvertanding.

Het tandprofiel voor kegeltandwielen met rechte vertanding komt overeen met de referentieheugel volgens NBN 808:1970\*.

Het tandprofiel voor kegeltandwielen met spiraalvertanding is in overeenstemming met de specificaties van de Gleason-, Klingelnberg- of Oerlikon-spiraalvertanding.

### 5.3.3 Benaderende bol-evolvente vertanding volgens Tredgold

In de benaderende methode volgens Tredgold wordt de bol-evolvente vertanding van het kegeltandwiel herleid tot een vlakke evolvente vertanding van een cilindrisch tandwiel.

Dit denkbeeldig cilindrische tandwiel, waarvan de rechte doorsnede de ontwikkeling is van de doorsnede van het beschouwde tandwiel door de complementaire kegel, wordt equivalent cilindrisch tandwiel genoemd.

De tandprofielen zijn vlakke evolventen met als referentiecirkelstraal de kegellengte van de complementaire kegel.

De modulus van de steekcirkeldiameter ter hoogte van de gemiddelde kegel van het tandwiel is gelijk aan de modulus van het equivalent cilindrisch tandwiel.

De geometrische studie van het kegeltandwiel wordt aldus teruggebracht tot de studie van het equivalent cilindrisch tandwiel.

### 5.3.4 Uitvoering

De materiaalkeuze van de kegeltandwielen geschiedt in overeenstemming met de voorschriften van paragraaf 5.2.5.

Het snijden van de kegeltandwielen gebeurt volgens de afwikkelmethode op een nauwkeurigheds-machine.

De tandwielen worden op hun kop- en voetkegel en hun buitenkegel afgewerkt.

Alle kanten worden volledig ontbraamd. Er mag geen spoor van een werktuig zichtbaar zijn op de flanken noch op de bodem tussen de tanden. In het geval de kegeltandwielen met spiraalvertanding niet worden geslepen, moeten ze altijd per koppel worden vervaardigd.

Wanneer de kegeltandwielen na het snijden thermisch worden behandeld, worden ze daarna per paar gelapt of worden ze afzonderlijk geslepen of wanneer het standaard motorreductoren betreft hardgefinisseerd met een afwikkelfrees.

De tandbreedte is hoogstens gelijk aan  $1/3$  van de uitwendige kegellengte van de kegel van het beschouwde tandwiel.

## 5.4 Controleberekeningen van cilindrische - en kegeltandwieloverbrenging

---

### 5.4.1 ISO-methode

De berekening van de belastbaarheid van de tandwieloverbrenging dient te gebeuren volgens ISO 6336 1, 2, 3 van 2006\*.

Voor deze berekening stelt men de vertandingskwaliteit DIN gelijk aan de vertandingskwaliteit ISO.

## 5.4.2 Tandwieloverbrengingen voor algemene werktuigkunde

### 5.4.2.1 Algemeen

De tandwieloverbrengingen worden beschouwd als behorende tot de algemene werktuigkunde en de berekeningen worden uitgevoerd volgens de methode C en volgens de procedure die hierna wordt opgelegd.

Het is steeds toegelaten geheel of gedeeltelijk methode B toe te passen.

Voor kegeltandwielen wordt de berekening uitgevoerd op basis van het equivalent cilindrisch tandwiel.

Indien in een planetaire tandwieloverbrenging meerdere satellieten voorzien zijn, dan wordt in de berekeningen verondersteld dat de krachten op de satellieten ongelijk verdeeld zijn. De aan te nemen kracht voor de berekening van de satellieten bedraagt in het geval van 2 satellieten 75 % van de totale kracht, en in het geval van 3 satellieten 50 % van de totale kracht. In het geval het zonnwiel zelfinstellend is opgesteld en wordt omcirkeld door 3 satellieten, wordt elke satelliet berekend op 40 % van de totale kracht.

Van deze regels kan slechts afgeweken worden indien de constructeur aan de hand van metingen op de overbrenging zelf aantoont dat een betere verdeling wordt bereikt.

### 5.4.2.2 Algemene invloedsfactoren

- $F_t$ : deze kracht wordt bepaald uitgaande van de grootste kracht (moment) in belastingsniveau 1 waarbij geen rekening wordt gehouden met de elasto-dynamische krachten tijdens aanlopen en afremmen.
- $K_A$ : deze factor wordt bepaald volgens één van de hierna vermelde methodes:
  - 1. bepaling van  $K_A$  op basis van de werkelijk optredende krachten in de overbrenging en van het belastingsspectrum, opgemeten op een representatieve soortgelijke installatie;
  - 2. bepaling van  $K_A$  op basis van een elasto-dynamische berekening van de optredende krachten in de overbrenging en van het belastingsspectrum;
  - 3. bepaling van  $K_A$  uitgaande van een belastingsspectrum opgegeven in het bijzondere bestek;
  - 4. bepaling van  $K_A$  volgens de tabel 5.1.3.

In de eerste drie gevallen hierboven vermeld is de werkwijze voor de bepaling van  $K_A$  deze beschreven in DIN 3990-41:1990\*, waarbij wordt uitgegaan van de hypothese van de lineaire accumulatie van de vermoeiingsschade volgens Miner.

- $K_V$ : deze factor wordt bepaald volgens methode C van de algemene methode.
- $C_\gamma$ : deze factor wordt bepaald volgens methode C van de algemene methode.
- $K_{HB}$ ;  $K_{FB}$ : volgens methode C waarbij  $F_{\beta x}$  wordt bepaald:
  - op basis van de kwaliteitsklasse van de tandwieloverbrenging voor niet longitudinaal gecorrigeerde tandwielen;
  - volgens specifieke formules voor longitudinaal gecorrigeerde tandwielen.
- $K_{Ha}$ ;  $K_{Fa}$ : volgens methode C van de algemene methode.

### 5.4.2.3 Berekening van de oppervlakedruk

$Z_H$ : zonefactor volgens de algemene methode.

$Z_E$ : elasticiteitsfactor volgens de tabel van de algemene methode.

$Z_\epsilon$ : factor volgens de formule van de algemene methode.

$Z_\beta$ : factor volgens de formule

$\alpha_{Hlim}$ : indien men niet over precieze waarden van  $\sigma_{Hlim}$  beschikt, neemt men voor  $\sigma_{Hlim}$  het rekenkundige gemiddelde van de onderste en bovenste grenswaarde van  $\sigma_{Hlim}$  volgens de diagrammen van de algemene methode.

$Z_{NT}$ : factor volgens de grafiek van de algemene methode.

$\left. \begin{matrix} Z_L \\ Z_R \\ Z_V \end{matrix} \right\}$  neem het product van deze 3 factoren tussen 0,85 en 1 volgens DIN 3990-11:1989\* of bereken de factoren volgens ISO 6336:2006\*.

$Z_X = 1$

$Z_W$ : factor volgens de formule van de algemene methode.

#### 5.4.2.4 Berekening van de maximale tandvoetspanning

De tandvoetspanning wordt bepaald volgens de methode C van de algemene methode.

De toelaatbare tandvoetspanning wordt bepaald volgens de procedure met metingen op testtandwielen.

$\left. \begin{matrix} Y_{Fa} \\ Y_{Sa} \end{matrix} \right\}$  factoren volgens de grafieken van de algemene methode

$\left. \begin{matrix} Y_{\varepsilon} \\ Y_{\beta} \end{matrix} \right\}$  factoren volgens de formules van de algemene methode

$\sigma_{Flim}$ : indien men niet over precieze waarden van  $\sigma_{Flim}$  beschikt, neemt men voor  $\sigma_{Flim}$  het rekenkundige gemiddelde van de onderste en bovenste grenswaarde van  $\sigma_{Flim}$  volgens de diagrammen van de algemene methode.

- De waarden van  $\sigma_{Flim}$ , zoals aangeduid op de diagrammen, zijn geldig voor tandwielen met constante belastingszin;
- Bij verandering van belastingszin worden de waarden van  $\sigma_{Flim}$  vermenigvuldigd met 0,8;
- Wanneer de tanden worden belast op wisselende belasting (vb. tussenwiel) worden de waarden van  $\sigma_{Flim}$  vermenigvuldigd met 0,7.

$Y_{NT}$ : volgens de formules van de algemene methode

$Y_{\delta relT}$ : volgens de vergelijkingen van de algemene methode

$Y_{RelT}$ :

- stel  $Y_{RelT} = 1$ ;
- indien kogelstralen van de tandvoet wordt uitgevoerd:  $Y_{RelT} = 1,1$ .

$Y_X$ : volgens de vergelijkingen van de algemene methode.

#### 5.4.2.5 Wreten

Het controleren van het wreten is niet vereist.

### 5.4.3 Controleberekeningen en veiligheidscoëfficiënten

#### 5.4.3.1 Controleberekening tegenover vermoeiing

##### 5.4.3.1.A BEPALEN VAN HET EQUIVALENT KOPPEL

De controleberekening tegenover vermoeiing wordt uitgevoerd met het equivalent koppel  $K_A \cdot F_t$  in overeenstemming met de bepalingen van de methode van DIN 3990-11:1989\*.

##### 5.4.3.1.B VEILIGHEIDSCOËFFICIËNTEN

De berekening van de veiligheidsfactor  $S_H$  op contactdruk en van de veiligheidsfactor  $S_F$  op tandvoetspanning wordt uitgevoerd volgens het principe van de lineaire accumulatie van de schade volgens PALMGREN-MINER, zoals beschreven in ISO/TR 10495:1997\*.

Voor de controleberekening van de oppervlakedruk moet de veiligheidscoëfficiënt  $S_H$  aan volgende voorwaarde voldoen:

$$S_H^2 = \left( \frac{\sigma_{HP}}{\sigma_H} \right)^2 \geq 1,1$$

Voor de controleberekening van de maximale tandvoetspanning moet de veiligheidscoëfficiënt  $S_F$  aan volgende voorwaarde voldoen:

$$S_F = \frac{\sigma_{FP}}{\sigma_F} \geq 1,50$$

#### 5.4.3.2 Statische controleberekening tegenover overbelasting

##### 5.4.3.2.A BEPALEN VAN HET OVERBELASTINGSKOPPEL

Onder overbelastingskoppel wordt verstaan het maximumkoppel in belastingsniveaus 2 en 3.

Indien de overbelasting groter is dan het koppel zoals gedefinieerd in paragraaf 5.4.3.1., dan wordt een statische controleberekening uitgevoerd tegenover die overbelasting.

Daarvoor gebruikt men dezelfde formules als voor de controleberekening tegenover vermoeiing waarbij volgende invloedsfactoren een andere waarde aannemen:

- $K_V = 1$ ;
  - voor de berekening van de oppervlakedruk:
    - $Z_{NT}$  : wordt bepaald voor 105 belastingscycli;
    - $Z_R = 1$ ;
    - $Z_V = 1$ ;
  - voor de berekening van de maximale tandvoetspanning:
    - $Y_{NT}$ : wordt bepaald voor 103 belastingscycli;
    - $Y_{\delta \text{ rel T}}$ : volgens de formule van de algemene methode in het geval van statische belasting.
- $\left. \begin{matrix} Y_{R \text{ rel T}} \\ Y_x \end{matrix} \right\} \text{ het product van beide factoren wordt gelijk gesteld aan 1}$

##### 5.4.3.2.B VEILIGHEIDSCOËFFICIËNTEN

- voor de controleberekening van de oppervlakedruk moet de veiligheidscoëfficiënt  $S_H$  aan volgende voorwaarde voldoen:

$$S_H^2 = \left( \frac{\sigma_{HP}}{\sigma_H} \right)^2 > 1$$

- voor de controleberekening van de maximale tandvoetspanning moet de veiligheidscoëfficiënt  $S_F$  aan volgende voorwaarde voldoen:

$$S_F = \frac{\sigma_{FP}}{\sigma_F} > 1,40$$

## 5.5 Keuringen van tandwielkasten

---

### 5.5.1 Standaardtandwielkasten

Indien het tandwielkasten betreft uit een gamma van uit stock leverbare standaardtandwielkasten of standaard motorreductoren en indien de constructeur over een ISO 9001-certificaat beschikt, dan gebeurt de kwaliteitscontrole volgens het kwaliteitsplan van de constructeur. Dit kwaliteitsplan ligt ter inzage van de aanbestedende overheid.

De volgende certificaten worden geleverd:

- voor standaardtandwielkasten: testrapport “type 2.2”. volgens NBN EN 10204:2005\* testcertificaat 4.2.2. volgens DIN 55350 -18:1987\*;
- voor standaard motorreductoren: testcertificaat 4.2.2. volgens DIN 55350-18:1987\*.

Indien de constructeur geen kwaliteitsplan ter inzage kan voorleggen of de gevraagde certificaten niet kan leveren, dan verloopt de controle van de standaardtandwielkasten in overeenstemming met de voorschriften van paragraaf 5.5.2.

### 5.5.2 Niet-standaardtandwielkasten

#### 5.5.2.1 Controle van de tandwielen

##### 5.5.2.1.A THERMISCHE BEHANDELING

De oppervlakteharding van de tanden wordt gecontroleerd met behulp van een getuigestuk:

- hetzij een tandkroon van minimum drie tanden voor inductie- en vlamharden;
- hetzij een cilindrisch stuk voor cementatieharden.

De volgende controles worden uitgevoerd:

- controle van de oppervlaktehardheid;
- controle van de wijze van oppervlakteharding:  
harding van de volledige tand met inbegrip van tandvoet of enkel van de tandflanken;
- controle van het verloop van de oppervlaktehardingszone in de tand.

De vertanding wordt eveneens nagezien op eventuele oppervlaktefouten zoals onder andere:

- oppervlaktecorrosie van de tandvoet;
- thermische scheurtjes in de tandflanken.

-

#### 5.5.2.1.B AFMETINGEN EN AFWERKING

Volgende punten worden gecontroleerd:

- aantal tanden;
- modulus;
- boringsdiameter;
- buitendiameter;
- tandbreedte;
- tanddikte;
- controle van het kogelstralen van de tandvoet;
- algemeen nazicht op afwerking en gaafheid van het tandwiel.

Het meten van de tanddikte gebeurt onrechtstreeks door één van volgende meetmethoden:

- het controleren van de tanddikte door meting over een groep van tanden (Wildhabermaat) volgens NBN 756:1968\*. Aan deze methode wordt de voorkeur gegeven;
- het controleren van de tanddikte door middel van meetrollen of -kogels, volgens DIN 3960:1987\*;
- het controleren van de tanddikte door middel van een ijktandwiel. Het te controleren tandwiel wordt zonder speling in ingrijping gebracht met het ijktandwiel. De gemeten hartafstand tussen beide tandwielen is een maat voor de tanddikte. Het ijktandwiel bezit een vertandingskwaliteit die minstens 3 cijfers lager is dan deze van het te controleren tandwiel.

#### 5.5.2.1.C KWALITEIT

De vertandingskwaliteit wordt gecontroleerd volgens DIN 3961:1978\*.

De controle gebeurt volgens functiegroep L “Laufruhe und dynamische Tragfähigkeit”.

Voor kegeltandwielen wordt de kwaliteit onrechtstreeks gemeten door een tandflankencontactproef na inbouw van de kegeltandwielen.

### 5.5.2.2 Proeven op de tandwielkast

#### 5.5.2.2.A STATISCHE PROEVEN

De volgende controles worden minimaal uitgevoerd:

- controle van de radiale verplaatsing van de aseinden;
- controle van de speling tussen de ingrijpende tanden;
- controle van het draagbeeld van de ingrijpende tandflanken;
- controle van de overbrengingsverhouding;
- controle van de buitenafmetingen en aanbouwmaten van de tandwielkast.

#### 5.5.2.2.B DYNAMISCHE PROEVEN

De tandwielkasten moeten op nullast op een proefstand draaien in dezelfde omstandigheden (snelheid en schikking) van de toepassing tot de temperatuur van de olie is gestabiliseerd. De draaitijd mag niet minder dan 4 uren zijn.

Volgende punten worden vervolgens gecontroleerd:

- temperatuur van de lagers;
- temperatuur van de olie;



- werking van de smeerinrichting;
- oliedichtheid;
- ontluchting;
- algemeen gedrag van de samengebouwde tandwielkast;
- het optreden van eventueel abnormaal geluid.

### **5.5.2.3 Goedkeuring**

De apparatuur en de meetinstrumenten die nodig zijn voor het uitvoeren van de controles en proeven worden door de constructeur ter beschikking gesteld.

Bij goedkeuring wordt het kenmerkplaatje van de tandwielkast gedagtekend en gestempeld door de leidende ambtenaar.

## **5.6 Worm-wormwieloverbrenging**

---

### **5.6.1 Algemeen**

De enig toegelaten worm-wormwieloverbrenging is deze met ontwikkelbare schroefoppervlakkige tandflanken (type ZI).

NBN 696:1968\*, E 23-301:1974\* en E 23-302:1974\* zijn van toepassing.

### **5.6.2 Constructieve bepalingen**

#### **5.6.2.1 Wielen**

Indien velg en naaf niet uit één stuk zijn, dan wordt de samenvoeging van de beide bestanddelen volgens één der volgende werkwijzen uitgevoerd:

- overschuiven van de velg op de naaf en vastzetting door gekalibreerde bouten;
- opkrimpen van de velg op de naaf (zie paragraaf 5.20.) en eventueel aanbrengen van schroeven of pennen tussen huid en vlees (deze schroeven of pennen mogen voor de berekening van de overbrenging van de tangentielle kracht niet in rekening worden gebracht);
- centrifugaalgieten van de bronzen velg op de naaf, waarvan het omtrekoppervlak getand of uitgehold is.

#### **5.6.2.2 Lagerhuizen**

Lagerhuizen zijn voorzien van wentellagers.

#### **5.6.2.3 Materialen**

Het ganse wiel of de velg van het wiel is vervaardigd uit fosforbrons.

De worm is vervaardigd uit of:

- of koolstofstaal voor courant gebruik in de werktuigbouw;
- of veredelstaal;
- of carboneerstaal.

### **5.6.3 Berekening**

De berekening van een overbrenging door worm en wormwiel bestaan erin te verifiëren dat:

- de toegelaten limietspanning uit het oogpunt van breuk van het wormwiel niet overschreden wordt;
- de toegelaten limietoppervlakedruk uit het oogpunt van slijtage van de worm en het wormwiel niet overschreden wordt.

De voorgeschreven berekeningsmethode wordt beschreven in het handboek “Maschinenelemente”, van G. Niemann / H. Winter, laatste uitgave.

Voor elke worm-wormwieloverbrenging vermeldt het bijzondere bestek:

- de totale gebruiksduur in uren;
- de dagelijkse gebruiksduur in uren;
- het belastingsspectrum;
- het aantal aanlopen per uur;
- de waarde van de bedrijfsfactor (Anwendungsfaktor) KA wordt:
  - of uitgaande van het opgegeven belastingsspectrum berekend volgens het handboek “Maschinenelemente” van G. Niemann / H. Winter;
  - of afgeleid uit de tabellen van dit handboek.

Vermelden de aanbestedende documenten hieromtrent niets, dan worden de volgende gegevens aangewend:

- totale gebruiksduur: 10 000 h;
- dagelijkse gebruiksduur: 5 h;
- belastingsspectrum: 100 % van de tijd bij vollast;
- KA: 1,25.

### 5.6.4 Controleberekening tegenover vermoeiing

De controleberekening tegenover vermoeiing wordt uitgevoerd in belastingsniveau 1 volgens paragraaf 1.2.3. van huidig hoofdstuk.

De in de formule in te voeren gegevens betreffende de belasting zijn eensdeels het koppel en anderdeels de levensduurfactor.

Voor het koppel neemt men de grootste waarde van het koppel in belastingsniveau 1.

De levensduurfactor wordt bepaald op basis van een equivalent aantal belastingscycli dat rekening houdt met het belastingsspectrum in belastingsniveau 1.

Het equivalent aantal belastingscycli  $N_L$  wordt gegeven door volgende formule:

$$N_L = N_{L1} \left( \frac{C_1}{C_1} \right)^n + N_{L2} \left( \frac{C_2}{C_1} \right)^n + \dots + N_{Li} \left( \frac{C_i}{C_1} \right)^n + \dots + N_{Lm} \left( \frac{C_m}{C_1} \right)^n$$

waarbij:

- $N_{L1}$ : aantal belastingscycli bij koppel  $C_1$ ;
- $N_{L2}$ : aantal belastingscycli bij koppel  $C_2$ ;
- $N_{Li}$ : aantal belastingscycli bij koppel  $C_i$ ;
- $N_{Lm}$ : aantal belastingscycli bij koppel  $C_m$ ;
- $N_L$ : equivalent aantal belastingscycli behorend bij koppel  $C_1$ , zijnde de grootste waarde van het koppel in belastingsniveau 1;
- $n = 6$ .

### 5.6.5 Statische controleberekening tegenover overbelasting

Het bepalen van het overbelastingskoppel en van de veiligheidscoëfficiënt gebeurt zoals aangeduid in paragraaf 5.4.3.2.

Voor de statische controleberekening tegenover overbelasting gebruikt men dezelfde formules als voor de controleberekening tegenover vermoeiing, waarbij volgende invloedsfactoren een andere waarde aannemen:

- voor de berekening op tandbreuk:  $K_{vL2} = 1$
- voor de berekening op oppervlaktedruk:

$$\left. \begin{array}{l} K_{vH} \\ K_L \end{array} \right\} \text{ het product van beide factoren wordt gelijkgesteld aan } 1,50$$

### 5.6.6 Proeven op de wormwielkasten

De bepalingen van paragrafen 5.5.2.2. en 5.5.2.3. zijn van toepassing.

## 5.7 Tandwielkasten

---

### 5.7.1 Carters

#### 5.7.1.1 Materialen

De carters worden vervaardigd uit één van de volgende materialen:

- grijs gietijzer EN-GJL-200 volgens NBN EN 1561:1997\*;
- nodulair gietijzer volgens NBN EN 1563:1997\*;
- gietstaal volgens NBN EN 10293:2005\*;
- gewalst staal met als minimum kwaliteit S235J2 volgens NBN EN 10025-2:2005\*, aangevuld met de bepalingen van de dienstorder LIN 2003/16, in gelaste uitvoering.

Na het lassen worden de carters spanningsvrij gegloeid.

#### 5.7.1.2 Uitvoering

De carters worden uitgevoerd in twee delen. Voor tandwielkasten met een nominaal koppel aan de langzaam draaiende as groter dan 20 kNm dient het scheidingsvlak te gaan door de aslijnen van de assen van de tandwielkast.

De scheidingsvlakken moeten bewerkt zijn en zodanig opgevat dat er geen olie of vet kan doorsijpelen. De oliedichtheid wordt verkregen door contact metaal op metaal of door gebruik te maken van een dichtingsmateriaal dat in vloeibare toestand tussen de scheidingsvlakken wordt aangebracht.

Schikkingen dienen getroffen om de onderscheidene carterdelen steeds in dezelfde positie vast te zetten. Daarom voorziet men op de scheidingsvlakken minimaal 2 stiften of gekalibreerde bouten die zo ver mogelijk van elkaar worden geplaatst. Een andere mogelijkheid bestaat erin dat de zijvlakken van de asboringen in één vlak worden afgewerkt. Door het aanschroeven van de deksels worden de carterdelen dan gepositioneerd.

Indien uitstekende aseinden niet uitsluitend op wringing worden belast maar eveneens door radiale of axiale krachten, is het noodzakelijk rekening te houden met deze krachten in de berekening van de spanningen in de assen, van de levensduur van de lagers, van de vervorming van het carter en van de spanningen in de bouten.

Het carter wordt aan de buitenzijde geschilderd. Het inwendige van het carter wordt geschilderd met een oliebestendige verf.

Elk carter wordt voorzien van een oliepeilaanduiding, van een aflaatstop onderaan, van een vuldop en van een luchtaflaat.

De carters van de tandwielkasten met een nominaal koppel aan de langzaamdraaiende as groter dan 20 kNm zijn voorzien van een oliedicht metalen toezichtsdeksel, gesitueerd boven het oliepeil.

### **5.7.2 Smering**

Voor de smering van de tandwielen zijn de voorschriften van het hoofdstuk 9 “Smering” van toepassing.

Deze voorschriften worden aangevuld met de volgende algemene bepaling: “de smering van de tandwielen en van de lagers dient verzekerd te zijn voor alle gebruikstoerentallen van de tandwielkast.”

### **5.7.3 Afdichting**

Aan alle asdoorgangen worden afdichtingsinrichtingen voorzien. De afdichtingsinrichtingen worden zo ontworpen dat de temperatuur aan de afdichtingen niet hoger is dan de voor deze dichtingen toelaatbare temperatuur.

De materialen van de afdichtingsringen zijn compatibel met de gebruikte oliën en vetten.

### **5.7.4 Kenmerkplaatje**

#### **5.7.4.1 Algemeen**

Elke tandwielkast wordt voorzien van een kenmerkplaatje uit een duurzaam materiaal dat niet verscheurbaar is en waarvan de gegevens onuitwisbaar en goed leesbaar zijn.

Het kenmerkplaatje wordt op een goed zichtbare plaats bevestigd.

Het kenmerkplaatje bevat minstens volgende gegevens:

- type en fabricatienummer;
- adres constructeur;
- overbrengingsverhouding;
- toerental van de sneldraaiende en langzaamdraaiende as;
- equivalent koppel op de uitgaande as in Nm, waarvoor de controleberekening tegenover vermoeiing, zoals bepaald in paragraaf 5.4.3.1., werd uitgevoerd;
- overbelastingskoppel op de uitgaande as in Nm, waarvoor de controleberekening tegenover overbelasting, zoals bepaald in paragraaf 5.4.3.2., werd uitgevoerd;
- effectieve gebruiksduur in uren;
- olie:
  - de ISO-viscositeitsgraad volgens NBN ISO 3448:2002\*;
  - het volume in liters;
- goedkeuring: datum en stempel MOW.

Hierna volgt een voorbeeld van een kenmerkplaatje dat voldoet aan bovenvermelde voorschriften.

|  |       |                             |        |
|--|-------|-----------------------------|--------|
| Type: RNE31-AN-45                      |       | Fab. nr.: 19958             |        |
| Adres: E. Claeslaan 11, 1990 HOEILAART |       |                             |        |
| Overbrengingsverhouding                | 45    | Equivalent koppel (Nm)      | 20 000 |
| SDA (min -1)                           | 1 500 | Overbelastingskoppel (Nm)   | 38 000 |
| LDA (min -1)                           | 33    | Effectieve gebruiksduur (h) | 10 000 |
| Olieviscositeit bij 40 °C (mm²/s)      | 350   | GOEDKEURING                 |        |
| Hoeveelheid (l)                        | 18    | 25-03-2006                  | MOW    |

#### 5.7.4.2 Standaardmotorreductoren

Onder “standaardmotorreductoren” wordt verstaan: “motorreductoren die in serie vervaardigd worden, vermeld staan in de catalogus van de constructeur en onmiddellijk uit stock leverbaar zijn”.

Het kenmerkplaatje voor standaardmotorreductoren bevat minstens volgende gegevens:

- type en fabricagenummer;
- adres constructeur;
- overbrengingsverhouding;
- toerental van de sneldraaiende as;
- nominaal koppel/vermogen van de tandwielkast;
- olie:
  - de ISO-viscositeitsgraad volgens NBN ISO 3448:2002\*;
  - het volume in liters.

### 5.8 Vrije heugelstangen

---

#### 5.8.1 Voorwerp van de paragraaf

Deze paragraaf heeft betrekking op de zogenoemde “vrije” heugelstangen. Men verstaat hieronder heugelstangen waarin de axiale kracht, ontwikkeld door het rondsel, volledig overgezet wordt tot aan het uiteinde van de heugelstang, waar ze wordt overgedragen, hetzij aan een vast punt, hetzij aan een beweeglijk orgaan. De axiale krachten die ontstaan door het eigen gewicht van de heugelstang en door de rol- en wrijvingsweerstand op de geleidingsrollen of op de glijstukken worden niet in aanmerking genomen bij deze bepaling.

De heugelstang is voorzien van een gesneden vertanding. De tanden voldoen aan de voorschriften van paragrafen 5.2. en 5.4.

Bij de heugelstangen met gesneden tanden verstaat men onder heugelstang niet alleen het gesmede stuk waarin de tanden gesneden worden, maar ook het gebeurlijk steunraam van dit stuk. In geval men dit stuk alleen bedoelt, gebruikt men de uitdrukking “vertand stuk”.

### 5.8.2 Berekening

De heugelstangen worden berekend tegen knik en tegen buiging.

De doorsnede van de heugelstangen die in aanmerking komt bij deze berekening wordt bekomen door de tanden niet in rekening te brengen. De werkzame doorsnede wordt dus begrensd door het voetvlak der tanden.

Bij de berekening wordt rekening gehouden met de excentriciteit van de axiale kracht. De wijzigingen van deze excentriciteit die het gevolg zijn van de doorbuiging die ontstaat door de belasting van de heugelstang zijn in rekening te brengen. Het eigen gewicht van de heugelstang wordt in rekening gebracht voorzover het niet tot de veiligheid bijdraagt. Het eigen gewicht wordt verondersteld gelijkmatig verdeeld te zijn over de ganse lengte van de heugelstang.

De veiligheidscoëfficiënt ten opzichte van de kritische kniklast bedraagt minstens 3.

### 5.8.3 Constructie

De twee volgende constructies zijn toegelaten:

- de heugelstang is voorzien van een gesneden vertanding en bestaat enkel uit het vertand stuk;
- de heugelstang is voorzien van een gesneden vertanding, doch de vertande stukken worden aangebracht in een raam uit profielijzers. Dit raam kan zich in sommige gevallen herleiden tot twee platijzers die aan weerszijden van de vertanding bevestigd worden. De vertande stukken worden aan dit raam bevestigd door gekalibreerde bouten, schranksgewijs op twee rijen evenwijdig aan de as van de heugelstang geplaatst.

Er wordt voor gezorgd, welke ook de gekozen constructie is, dat het steekvlak van de tanden door de as loopt van de bevestiging van de heugelstang op het vast punt of op het orgaan waaraan zij haar axiale kracht overzet.

Wanneer de heugelstang een raam omvat, wordt er voor gezorgd dat op iedere gebeurlijke onderbreking in de platen, platijzers of profielijzers die het raam samenstellen, een lasplaat of een ander lasstuk wordt aangebracht, zodat in de overgangsdorsnede een traagheidsmoment ontstaat dat minstens gelijk is aan dit van de andere doorsneden.

Hetzelfde wordt gedaan voor de achter elkaar geplaatste vertande stukken indien in de berekeningen de vertande stukken als versterkend element meegeteld worden.

### 5.8.4 Materialen

De heugelstangen worden vervaardigd uit staal A 490 volgens NBN A 21-201:1976\* of een gelijkwaardig staal.

---

## 5.9 Assen

### 5.9.1 Materialen

Voor de vervaardiging van de assen mag geen staal gebruikt worden met een kwaliteit minder dan deze van staal A 490-2 volgens NBN A 21-201:1976\*.

### 5.9.2 Berekening

De berekening geschiedt in overeenstemming met de voorschriften van NBN E 52-004:1980\*.

De gecementeerde en geharde en geslepen assen worden berekend volgens dezelfde voorschriften. Er wordt daarbij uitgegaan van de karakteristieken van het asmateriaal gehard in de massa. De aldus berekende toelaatbare spanning mag dan verhoogd worden met 20 % om rekening te houden met het effect van de cementatie-, hardings- en slijpbehandeling.

De assen dienen zo ontworpen te zijn dat hun omwentelingssnelheid buiten het domein van de kritische snelheden valt.

### 5.9.3 Hoekverdraaiing en doorbuiging

De hoekverdraaiing onder belasting is niet hoger dan 1/100 rad per meter aslengte.

De doorbuiging is niet hoger dan 1/1.000 van de afstand tussen steunpunten.

## 5.10 Lagerblokken - Oogblokken

---

### 5.10.1 Algemeen

Een lagerblok of een oogblok is een element waarlangs krachten worden overgebracht van een as naar een steunconstructie of een ander orgaan.

Een lagerblok bestaat uit twee delen: een onderste deel en een kap. De kap is afneembaar, zodat de as kan weggenomen worden door een transversale verplaatsing.

Een oogblok heeft geen afneembare kap zodat de as enkel kan uitgenomen worden door een axiale verplaatsing.

De lagerblokken en oogblokken zijn uitgerust met wentellagers, glijlagers of gewrichtslagers.

### 5.10.2 Materialen

De lagerblokken en oogblokken zijn vervaardigd uit één van de volgende materialen:

- gietstaal minstens gelijkwaardig met GE200 volgens NBN EN 10293:2005\*;
- gelast staal minstens gelijkwaardig met staal A 360-2 volgens NBN A 21-201:1976\*; uitgloeien vóór eindafwerking is vereist;
- grijs gietijzer minstens gelijkwaardig met EN-GJL-200 volgens NBN EN 1561:1997\*. Grijs gietijzer wordt enkel toegelaten indien geen schokbelasting op het lagerblok of het oogblok terechtkomt;
- nodulair gietijzer volgens NBN EN 1563:1997\*.

### 5.10.3 . Constructie

Lagerblokken en oogblokken met wentellagers zijn voorzien van dichtingen die indringen van onzuiverheden en van water in de wentellagers beletten. Het smeerkanaaltje mondt uit hetzij in de onmiddellijke omgeving van de zijkant van de buitenring van het lager, hetzij in de eventuele smeergroef van het lager. Lagerblokken en oogblokken met wentellagers zijn voorzien van een systeem dat opstapeling van het smeermiddel belet.

De smeringen moeten kunnen worden uitgevoerd tijdens de werking van de te smeren mechanismen.

In de lagerblokken en oogblokken met glijlagers en oliesmering is een systeem voorzien om olietransport langsheen de assen te beletten.

Een lagerblok wordt gekotterd met de twee delen van het lager voorlopig samengebouwd, zodat een volmaakte cilindrische boring wordt verkregen.

De kap van het lagerblok wordt gepositioneerd en vastgezet waarbij de transversale krachten worden opgenomen door cilindrische pennen, door gekalibreerde bouten of door een kraag.

### 5.10.4 Bevestiging van assen of lagerblokken in staalconstructies

De maximaal toelaatbare specifieke druk  $p_c$  van assen en lagerblokken op een staalconstructie ten opzichte van welke zij geen relatieve verplaatsing maken wordt gegeven in **tabel 41-5-3**.

| Maximaal toelaatbare specifieke druk $p_c$ in N/mm <sup>2</sup> |                  |     |     |
|---|------------------|-----|-----|
| Materiaal van de constructie                                    | Belastingsniveau |     |     |
|   | 1                | 2   | 3   |
| S235<br>S275<br>A360–2<br>GE240                                 | 80               | 120 | 160 |
| S355<br>A490–2<br>GE300   | 100              | 150 | 200 |
| A 590 of gelijkwaardig  | 120              | 180 | 240 |
| A 690 of gelijkwaardig  | 140              | 210 | 280 |

**Tabel 41-5-3**

Het zachtste van de materialen in contact is maatgevend.

Als er gevaar bestaat voor contactcorrosie of spleetcorrosie tussen de as en de staalconstructie, of tussen de as en het wentellager, of tussen de as en het glijlager, dan moeten maatregelen getroffen worden om deze corrosie te beletten.

## 5.11 Wentellagers, glijlagers, gewrichtslagers

### 5.11.1 Algemeen

#### 5.11.1.1 Keuze van het lagertype en van de lageruitvoering

De keuze van het lagertype en van de lageruitvoering (materiaal, kooiuitvoering, ...) wordt door de aannemer in een nota gemotiveerd en houdt rekening met:

- de radiale belasting;
- de axiale belasting;
- de scheefstelling;
- de compensatie van uitlijnfouten;
- het bijstellen van de lagerspeling;
- de demonteerbaarheid;
- de gewenste rondloopnauwkeurigheid;
- het toerental;
- het smeermiddel;
- de toegelaten bedrijfstemperatuur;
- de omgevingsvoorwaarden (temperatuur, vochtigheid, fluïdum, ...).

#### 5.11.1.2 Terminologie

In de hiernavolgende paragrafen worden onder meer volgende begrippen gehanteerd:



- statisch draaggetal  $C_0$ : zoals gedefinieerd in ISO 76:2006\*;
- equivalente statische belasting  $P_0$ : zoals gedefinieerd in ISO 76:2006\*;
- dynamische draaggetal  $C$ : zoals gedefinieerd in ISO 281:2007\*;
- equivalente dynamische belasting  $P$ : zoals gedefinieerd in ISO 281:2007\*;
- vlaktedruk  $p_L$ : is de verhouding van de belasting inwerkend loodrecht op het lageroppervlak tot het schijnbare contactoppervlak van het lager;
- schijnbare contactoppervlak  $A_c$ : wordt in de hiernavolgende paragrafen gedefinieerd;
- grootschalige lagers: zijn lagers waarvan de contactoppervlakte  $> 100 \text{ cm}^2$ ;
- dynamische belasting: belasting die niet constant is in richting en/of grootte.

#### **5.11.1.3 Keuringskosten**

Alle kosten noodzakelijk voor het verkrijgen van de in de hiernavolgende paragrafen gevraagde beproevings- en keuringsverslagen vallen ten laste van de aannemer.

#### **5.11.1.4 Vooropgestelde levensduur van het lager**

Bij de berekening van de levensduur van het lager wordt rekening gehouden met de voorschriften in verband met de effectieve gebruiksduur, het belastingspectrum en de groepsindeling, vermeld in paragraaf 1.3.

De vooropgestelde levensduur van het lager dient onder belastingsniveau 1 “Mechanisme in normaal bedrijf” (zoals gedefinieerd in paragraaf 1.2.3.) minstens gelijk te zijn aan de totale effectieve gebruiksduur die de gebruiksklasse definieert van het mechanisme-element waartoe het lager behoort.

### **5.11.2 Wentellagers**

#### **5.11.2.1 Algemeen**

Mogelijke types van wentellagers zijn:

- groefkogellagers (volgens DIN 625:1990 ...2010\*);
- enkelrijig hoekcontactlager (volgens DIN 628-1:2008\*);
- tweerijig hoekcontactlager (volgens DIN 628-3:2008\*);
- tweerijig zelfinstellend kogellager (volgens DIN 630:2009\*);
- cilinderlager (volgens DIN 5412:2005\*);
- naaldlager (volgens DIN 617:2008\*);
- kegellager (volgens DIN 720:2009\*);
- axiaal kogellager (volgens DIN 711:2010\* en DIN 715:2009\*) k;
- tonlagers (volgens DIN 635-1:2010\*);
- tontaatslagers (volgens DIN 728:1991\*).

De afmetingen van de wentellagers worden door een berekeningsnota bepaald die een stijfheidsberekening, een statische belastbaarheidscontrole en een levensduurberekening bevat.

De inbouwmaten van de wentellagers en hun merkingsnummer beantwoorden aan de voorschriften van de ISO-normen.

De waarden van de verschillende tolerantieklassen van de wentellagers stemmen overeen met: ISO 15:1998\*, ISO 104:2002\*, ISO 199:2005\*, ISO 355:2007\*, ISO 492:2002\*, ISO 582:1995\*,

ISO 1132-1:2000\*, ISO 1132-2:2001\*, ISO 3030:1996\*, ISO 3031:2000\*, ISO 3096:1996\*, ISO 12240-1:1998\*.

De montage, de smering en het onderhoud van de wentellagers worden volgens de onderrichtingen van de fabrikant van de lagers uitgevoerd.

### **5.11.2.2 Controleberekeningen**

#### **5.11.2.2.A STIJFHEIDSBEREKENING**

De stijfheidsberekening toont aan dat de scheefstelling in de lagers ten gevolge van de doorbuiging van de constructie beneden de voor het gekozen lagertype aanvaardbare grens blijft.

De maximaal toegelaten grenswaarden voor scheefstelling zijn deze vermeld in de catalogus van de fabrikant.

Gemiddelde richtwaarde voor het voordimensioneren van de wentellagers zijn:

- zelfinstellend kogellager:
  - open: 3 °;
  - afgedicht: 1,5 °;
- tonlager:
  - eenrijig: 4 °;
  - tweerijig: 2 °;
- tontaatslager: 2 °;
- groefkogellager: 10 ';
- hoekcontactlager: 2 ';
- cilinderlager:
  - eenrijig: 4 ';
  - meerrijig: 2 ';
- kegellager: 2 ';
- axiaal kogellager: 0 '.

#### **5.11.2.2.B STATISCHE BELASTBAARHEIDSCONTROLE**

Het statische draagvermogen geeft de belastbaarheid aan van een wentellager bij stilstand, bij zwenkbewegingen of lage toerentallen.

De berekening gebeurt in overeenstemming met ISO 76:2006\* en is gebaseerd op de equivalente statische belasting  $P_o$  en het statisch draaggetal  $C_o$  (cataloguswaarde van de fabrikant).

De veiligheidscoëfficiënt  $\gamma_s = C_o/P_o$  met betrekking tot de equivalente statische belasting  $P_o$  voldoet aan onderstaande voorwaarden:

- voor alle lagers behalve tontaatslagers:  $\gamma_s \geq 2$
- voor tontaatslagers:  $\gamma_s \geq 6$ .

#### **5.11.2.2.C LEVENSDUURBEREKENING**

De berekening van de levensduur van wentellagers geschiedt conform ISO 281:2007\* op basis van de equivalente dynamische belasting  $P$  en het dynamische draaggetal  $C$  (= cataloguswaarde van de fabrikant) van het lager.

De gemodificeerde levensduurberekening ( $a_1 \cdot a_2 \cdot a_3$ ) mag niet worden gebruikt.

### 5.11.3 Glijlagers

#### 5.11.3.1 Algemeen

De glijlagers van lagerblokken bestaan uit 2 stukken, deze van de oogblokken zijn in één stuk en worden ook bussen genoemd.

De glijlagers worden geborgd tegen het meedraaien in het lagerblok of het oogblok.

De vervanging van de glijlagers moet mogelijk zijn zonder beschadiging van het lager- of het oogblok.

De nodige speling tussen glijlagers en as of tussen schaats en tegenmateriaal wordt bepaald in overleg met de fabrikant van het glijmateriaal.

#### 5.11.3.2 Zelfsmerende glijlagers

##### 5.11.3.2.A ALGEMEEN

Onder zelfsmerende glijlagers worden lagers verstaan die in het lagermateriaal de nodige smeerstof bevatten om bij droogloop bedrijfszeker te kunnen werken en dit tot de vereiste levensduur bereikt is.

Lagers die door het omgevingsmedium gesmeerd worden, vallen eveneens onder zelfsmerende lagers (bv. smering door water).

Voor een goede werking van zelfsmerende glijlagers gelden volgende voorwaarden:

- de scheefstellingen van de as in het lager worden beperkt (richtwaarde: 0,08 ° maximaal);
- harde, abrasieve partikels worden met aangepaste dichtingen uit de contactzone gehouden;
- scherpe randen op de tegenloopvlakken (groeven, asovergangen, krassen) worden vermeden;
- bij montage worden de loopvlakken met extra smeermiddel (vet of spray) beschermd. Dit smeermiddel doet eveneens dienst als inloopsmeermiddel. De keuze van het inloopsmeermiddel geschiedt in overleg met de fabrikant van het lagermateriaal en houdt onder meer rekening met de chemische compatibiliteit.

De constructieve uitvoering van zelfsmerende lagers (partikelafvoergroeven, oppervlakteafwerking, speling, wanddikte, montage, bevestiging) wordt in overleg met de fabrikant van het lagermateriaal bepaald.

De volgende paragrafen vermelden de diverse materialen die voor zelfsmerende lagers aangewend mogen worden. De uiterste werkingscondities voor deze materialen worden eveneens vermeld. Voor deze uiterste condities wordt uitgegaan van een unidirectionele continue beweging en een statische belasting.

De in de hiernavolgende tabellen vermelde uiterste werkingscondities zijn slechts geldig voor zover elke parameter afzonderlijk wordt beschouwd. Bij zijn keuze van glijlagertype, dient de aannemer rekening te houden met het feit dat een glijlager dat voor alle opgegeven parameters aan de maximale condities werkt slechts een heel beperkte levensduur zal kennen.

Indien de belasting dynamisch is (geen constante richting, zin en/of grootte) en/of indien de beweging in het lager oscillerend is in de plaats van unidirectioneel, moeten de opgegeven uiterste werkingscondities worden gecorrigeerd.

Hiervoor wordt gebruik gemaakt van onderstaande formules.

$$p_{L,corr} = C_p \cdot p_{L,toel}$$

$$(p_L \cdot v)_{toel,corr} = C_{pv} \cdot (p_L \cdot v)_{toel}$$

$$\theta_{\max, \text{corr}} = C_{\theta} \cdot \theta_{\max}$$

$$v_{\max, \text{corr}} = C_v \cdot v_{\max}$$

In deze formules is:

- $p_{L, \text{toel}}$  = de maximaal toegelaten vlaktedruk (N/mm<sup>2</sup>) in geval van én een unidirectionele beweging én een statische belasting;
- $(p_L \cdot v)_{\text{toel}}$  = de maximaal toegelaten p.v-factor (N/mm<sup>2</sup>.m/s) in geval van én een unidirectionele beweging én een statische belasting;
- $\theta_{\max}$  = de maximale gebruikstemperatuur (°C) in geval van én een unidirectionele beweging én een statische belasting;
- $v_{\max}$  = de maximale glijnsnelheid (m/s) in geval van én een unidirectionele beweging én een statische belasting;

$\left. \begin{array}{l} C_p \\ C_{pv} \\ C_{\theta} \\ C_v \end{array} \right\}$  correctiefactoren opgegeven in **tabel 41-5-4**.

| Beweging        | Belasting          |                    |
|-----------------|--------------------|--------------------|
|                 | Statisch           | Dynamisch          |
| Unidirectioneel | $C_p = 1$          | $C_p = 0,5$        |
|                 | $C_{pv} = 1$       | $C_{pv} = 0,5$     |
|                 | $C_{\theta} = 1$   | $C_{\theta} = 1,0$ |
|                 | $C_v = 1$          | $C_v = 0,7$        |
| Oscillerend     | $C_p = 0,6$        | $C_p = 0,5$        |
|                 | $C_{pv} = 0,6$     | $C_{pv} = 0,5$     |
|                 | $C_{\theta} = 1,0$ | $C_{\theta} = 1,0$ |
|                 | $C_v = 1,2$        | $C_v = 0,9$        |

**Tabel 41-5-4**

De wrijvings- en slijtage-eigenschappen van het lagermateriaal worden gestaafd door middel van een beproevingsverslag opgesteld door een in overeenstemming met NBN EN ISO/IEC 17025:2005\* erkend laboratorium.

Het beproevingsverslag vermeldt:

- de uitgevoerde tribotesten (volgens ISO 7148-1:1999\*);
- de omgevingsvoorwaarden waarbij deze tribotesten werden uitgevoerd;
- de bekomen testresultaten.

Voor grootschalige lagers moeten de wrijvings- en slijtage-eigenschappen van het materiaal via grootschalige tribotesten worden bepaald.

De testresultaten bekomen met kleinschalige testen mogen in geen geval geëxtrapoleerd worden naar grootschalige lagers.

### 5.11.3.2.B GEGOTEN BRONS MET VASTE SMEERSTOF

In principe zijn deze lagers opgebouwd uit gegoten brons, waarin uitsparingen (kamerings) voorzien zijn gevuld met een vaste smeerstof.

Het basisbrons dient hoogkwaliteitsbrons te zijn, omdat het in (semi-)drooglopende condities moet kunnen werken.

Het vaste smeermiddel bestaat uit grafiet, MoS<sub>2</sub> en een bindmateriaal. Ditzelfde smeermiddel wordt eveneens als inloopsmeermiddel gebruikt.

Bij de constructie en de montage van het lager wordt erover gewaakt dat bij het glijden een voldoende overlap bestaat tussen de smeermiddelreservoirs.

Het tegenloopvlak (as) bestaat uit staal met een hardheid die minstens het drievoud bedraagt van de Brinell-hardheid van het basisbrons.

In corrosieve omstandigheden wordt voor het tegenloopmateriaal een martensitisch nikkelvrij corrosievast staal, volgens NBN EN 10088-1:2005\*, gekozen.

De ruwheid van het tegenlooppoppervlak moet gelegen zijn tussen 0,2 en 0,6 µm Ra (volgens paragraaf 4.2.1. van NBN EN ISO 4287:1998\*).

De werkingscondities mogen de in **tabel 41-5-5** opgegeven waarden niet overschrijden.

|                          |                        | Maximaal toelaatbare waarde |
|--------------------------|------------------------|-----------------------------|
| $p_{L,toel}$             | N/mm <sup>2</sup>      | 40                          |
| $(p_{L \cdot v})_{toel}$ | N/mm <sup>2</sup> .m/s | 1,5                         |
| $\theta_{max}$           | °C                     | 200                         |
| $v_{max}$                | m/s                    | 0,3                         |

**Tabel 41-5-5**

met:

- $p_{L,toel}$  = maximaal toegelaten vlaktedruk (N/mm<sup>2</sup>);
- $(p_{L \cdot v})_{toel}$  = maximaal toegelaten  $p_{L \cdot v}$ -factor (N/mm<sup>2</sup>.m/s);
- $\theta_{max}$  = maximale gebruikstemperatuur (°C);  
hiermee wordt de bulktemperatuur van het glijmateriaal bedoeld
- $v_{max}$  = maximale glijsnelheid (m/s)

De vlaktedruk  $p_L$  wordt als volgt berekend:

- voor lineaire lagers

$$p_L = \frac{P}{A_c}$$

- voor radiale lagers

$$p_L = \frac{P}{b \cdot d}$$

met:

P = belasting (N);

$A_c$  = oppervlakte van de schijnbare contactzone (mm<sup>2</sup>);

b = lagerbreedte (mm);

d = nominale lagerdiameter (mm).

Bij oscillerende bewegingen moet de amplitude van de beweging groter zijn dan de afstand tussen de smeermiddelreservoirs.

De wrijvingscoëfficiënt  $\mu$  moet voor de gekozen materiaalcombinatie kleiner zijn dan 0,20.

De chemische weerstand tegen het omgevingsfluidum van het basismateriaal (brons) en van het smeermiddel moet worden aangetoond aan de hand van een keuringsverslag opgesteld door een keuringsinstelling van het type B (volgens NBN EN ISO/IEC 17020:2004\*).

Bij deze lagers is de breedte/diameter-verhouding gelijk aan 1.

#### 5.11.3.2.C GESINTERD GRAFIETBRONS

Gesinterd grafietbrons bestaat uit een bronsmatrix (lood- of tinbrons), waarin grafiet als vaste smeerstof wordt ingebed. De smeerstof zit gelijkmatig verdeeld in het glijlagermateriaal.

In uitzonderlijke gevallen (hoge temperaturen) mag een andere metallische drager worden gebruikt (Fe of Ni) en andere vaste smeerstoffen ( $\text{MoS}_2$ ,  $\text{WS}_2$ , BN en  $\text{NbSe}_2$ ).

De tabellen 5.11.3.2.3. vermelden naast de eisen die aan het gesinterd brons worden gesteld eveneens zijn uiterste gebruikscondities.

Door het aanbrengen van partikelafvoergroeven kunnen de slijtage-eigenschappen van het glijmateriaal verbeterd worden. Het aantal groeven, hun geometrie en positie in het lageroppervlak worden in overleg met de lagerfabrikant bepaald.

Bij de bepaling van het schijnbare contactoppervlak  $A_c$  van het lager moet met de oppervlaktevermindering ten gevolge van de groeven rekening worden gehouden.

Het tegenloopvlak bestaat uit staal, gehard tot minstens 45 HRC.

In corrosieve omstandigheden wordt voor het tegenloopmateriaal een martensitisch nikkelvrij corrosievast staal, volgens NBN EN 10088-1:2005\*, gekozen.

De ruwheid van het tegenloopoppervlak moet gelegen zijn tussen 0,2 en 0,4  $\mu\text{m Ra}$  (volgens paragraaf 4.2.1. van NBN EN ISO 4287:1998\*).

Het lagermateriaal beschikt over de eigenschappen vermeld in **tabel 41-5-6**.

| Eigenschappen van sinterbrons |                   |          |           |
|-------------------------------|-------------------|----------|-----------|
| Bronsoort                     |                   | Tinbrons | Loodbrons |
| Smeermiddel                   |                   | grafiet  | grafiet   |
| Concentratie smeermiddel      | vol %             | 15 - 35  | 15 - 40   |
| Treksterkte                   | N/mm <sup>2</sup> | > 125    | > 85      |
| Hardheid                      | HB                | > 65     | > 50      |

**Tabel 41-5-6**

De werkingscondities mogen de waarden vermeld in **tabel 41-5-7** niet overschrijden.

| Uiterste gebruikscondities van sinterbrons |                        |                    |                     |
|--|------------------------|--------------------|---------------------|
|  |                        | tinbrons + grafiet | loodbrons + grafiet |
| $p_{L, \text{toel}}$                       | N/mm <sup>2</sup>      | 90                 | 100                 |
| $(p_L \cdot v)_{\text{toel}}$              | N/mm <sup>2</sup> .m/s | 1,2                | 1,2                 |
| $\theta_{\text{max}}$                      | °C                     | 150                | 120                 |
| $v_{\text{max}}$                           | m/s                    | 0,25               | 0,30                |

**Tabel 41-5-7**

De wrijvingscoëfficiënt  $\mu$  moet kleiner zijn dan 0,20.

De chemische weerstand van het basismateriaal (sinterbrons) tegen het omgevingsfluidum wordt aangetoond aan de hand van een keuringsverslag opgesteld door een keuringsinstelling van het type B (volgens NBN EN ISO/IEC 17020:2004\*).

#### 5.11.3.2.D POLYMEREN

Voor zelfsmurende glijlagers komen diverse types polymeren in aanmerking, te weten:

- polyamide (nylon) (PA);
- polyoxymethyleen (polyacetaal) (POM);
- polyethyleentereftalaat (PET);
- polyetheretherketon (PEEK);
- polyimide (PI).

Deze polymeren kunnen in zuivere toestand worden gebruikt, of worden geadditiveerd ter verbetering van hun mechanische, wrijvings- en slijtage-eigenschappen. De belangrijkste additieven zijn olie, polytetrafluoroethyleen (PTFE), koolstofvezels en glasvezels.

Wegens de neiging tot kruip van kunststoffen, moeten de polymeren glijlagers volledig omtrek-omsloten zijn.

**Tabel 41-5-8** vermeldt voor de verschillende polymeren richtwaarden voor sommige fysische eigenschappen.

| Polymeren voor glijlagers: fysische kenmerken |                         |                       |                   |
|---|-------------------------|-----------------------|-------------------|
|   | Dichtheid (droog)       | Smelttemperatuur      | Warmtegeleiding   |
|   | kg/dm <sup>3</sup>      | °C                    | W/(K.m)           |
| Normen:                                       | NBN EN ISO 1183-1:2004* | NBN EN ISO 3146:2000* | DIN 52612-1:1979* |
| PA6 (extrusie)                                | 1,14                    | 220                   | 0,28              |
| Giet-PA6 + olie                               | 1,13                    | 220                   | 0,28              |
| PA 66   | 1,13                    | 255                   | 0,28              |
| POM   | 1,40                    | 165                   | 0,31              |
| POM + PTFE                                    | 1,50                    | 175                   | 0,31              |
| PET   | 1,38                    | 255                   | 0,29              |
| PET + PTFE                                    | 1,44                    | 255                   | 0,29              |
| PET + rubber                                  | 1,30                    | 250                   | 0,23              |
| PEEK  | 1,30                    | 340                   | 0,25              |
| PEEK + grafiet +<br>PTFE +<br>koolstofvezel   | 1,40                    | 340                   | 0,24              |
| PI  | 1,40                    | '360'                 | 0,35              |

**Tabel 41-5-8**

Aan de hand van een kwaliteitscertificaat, bewijst de lagerconstructeur dat hij zijn inkomend materiaal op deze eigenschappen controleert. Hiertoe beschikt hij over een kwaliteitsborgingssysteem overeenkomstig NBN EN ISO 9001:2008\*.

De uiterste gebruiksomstandigheden waarvoor de verschillende polymeren kunnen worden gebruikt, worden in **tabel 41-5-9** samengevat.

Opgemerkt wordt dat bij temperaturen en omgevingsvochtigheden die verschillen van de norm (23 °C en droog), de uiterste gebruikcondities van het polymeer afwijken van de in de **tabel 41-5-9**

opgegeven waarden. Bij het ontwerp moet in overleg met de fabrikant van het lagermateriaal hiermee rekening worden gehouden.

De laatste kolom van de **tabel 41-5-9** vermeldt de wrijvingscoëfficiënt  $\mu$  die het polymeer maximaal tegenover staal mag hebben.

| Uiterste gebruikscondities voor polymeren glijlagers |                      |                               |                  |                       |                    |
|--|----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|--------------------|
| Polymeer   | $p_{L, \text{toel}}$ | $(p_L \cdot v)_{\text{toel}}$ | $v_{\text{max}}$ | $\theta_{\text{max}}$ | $\mu_{\text{max}}$ |
|  | N/mm <sup>2</sup>    | N/mm <sup>2</sup> .m/s        | m/s              | °C                    |                    |
| PA6 (extrusie)                                       | 40                   | 0,09                          | 1                | 80                    | 0,30               |
| Giet-PA6 + olie                                      | 45                   | 0,15                          | 1                | 90                    | 0,20               |
| PA 66  | 50                   | 0,10                          | 1                | 90                    | 0,30               |
| POM  | 60                   | 0,10                          | 1                | 90                    | 0,30               |
| POM + PTFE   | 50                   | 0,17                          | 1                | 90                    | 0,20               |
| PET  | 70                   | 0,09                          | 1                | 80                    | 0,30               |
| PET + PTFE   | 60                   | 0,17                          | 1                | 90                    | 0,15               |
| PET + rubber   | 35                   | 0,10                          | 1                | 100                   | 0,30               |
| PEEK   | 80                   | 0,22                          | 1                | 200                   | 0,35               |
| PEEK + grafiet + PTFE + koolstofvezel                | 85                   | 0,43                          | 1                | 250                   | 0,25               |
| PI   | 85                   | 0,70                          | 1                | 250                   | 0,35               |

**Tabel 41-5-9**

De chemische compatibiliteit van het omgevingsfluidum met het lagermateriaal wordt aan de hand van een keuringsverslag opgesteld door een keuringsinstelling van het type B (volgens NBN EN ISO/IEC 17020:2004\*) aangetoond. Hierbij dient vooral voor glijlagers die polymeer bestanddelen bevatten, bij de testen rekening te worden gehouden met het te verwachten spanningsniveau in de toepassing, met de te verwachten levensduur en de te verwachten lagertemperatuur.

Bij gebruik van polyamide dient rekening gehouden te worden met:

- zijn grote neiging tot kruip (vooral bij werking in vochtige omgeving en bij gebruik van dunwandige glijlagers);
- het opzwellen van polyamide door vochtabSORPTIE. Deze kan tot 12 % van zijn volumemassa bedragen en dient bij de bepaling van de lagergeometrie in rekening te worden gebracht.

Het gebruik van polyamide is verboden:

- in toepassingen waar het lager afwisselend droog staat en ondergedompeld in water;
- bij constructies met geringe mechanische stijfheid en dit wegens zijn sterke stick-slip neiging.

Geadditiveerde POM evenals PET mogen wegens hun geringe slagvastheid niet worden aangewend in toepassingen waar schokbelastingen worden verwacht.

Het tegenloopvlak dient te bestaan uit gehard staal (hardheid minstens 54 HRC) met een oppervlakteruwheid tussen 0,2 en 0,6  $\mu\text{m Ra}$  (volgens paragraaf 4.2.1. van NBN EN ISO 4287:1998\*). Er moet rekening mee worden gehouden dat het stalen tegenoppervlak ook aan slijtage is onderworpen, vooral in abrasieve omstandigheden. Een geschikte afdichting moet worden voorzien.

In corrosieve omstandigheden wordt voor het tegenloopmateriaal een martensitisch nikkelvrij corrosievast staal, volgens NBN EN 10088-1:2005\*, gekozen.



Indien PET als lagermateriaal wordt gebruikt, moet de ruwheid van het tegenloopvlak kleiner zijn dan  $0,2 \mu\text{m Ra}$  (volgens paragraaf 4.2.1. van NBN EN ISO 4287:1998\*).

### 5.11.3.2.E MEERLAAGSLAGER OP METALEN DRAGER

Meerlaagslagers bestaan uit een sterke drager waarop een anti-wrijvingslaag is aangebracht.

Voor de drager kan gebruik worden gemaakt van staal of brons.

Voor de glijlaag komen de materialen vermeld in **tabel 41-5-10** in aanmerking.

| Glijmaterialen voor meerlaagslagers |                               |                                |                |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|
| Nummer lagertype                    | Drager                        | Wrijvingslaag                  |                |
|                                     | Materiaal                     | Materiaal                      | Laagdikte (mm) |
| 1                                   | corrosievast staal            | gesinterd grafiet-tinbron      | 0,40 à 1,50    |
| 2                                   | corrosievast staal            | gesinterd grafiet-loodbrons    | 0,40 à 1,50    |
| 3                                   | (corrosievast) staal of brons | vezels PTFE + glas + polyester | 0,35 à 0,50    |
| 4                                   | staal                         | tinbrons + PTFE                | 0,20 à 0,50    |
| 5                                   | staal                         | PTFE + rubber                  | 0,25 à 0,50    |
| 6                                   | staal of brons                | poreuze brons + PTFE + lood    | 0,50 à 2,50    |
| 7                                   | corrosievast staal            | metaalvezels + PTFE-vezels     | 1,00 à 2,50    |

**Tabel 41-5-10**

Het corrosievast staal is minstens gelijkwaardig met staal X17CrNi 16-2 volgens NBN EN 10088-1 t.e.m. 3:2005\*.

De uiterste gebruikscondities voor de meerlaagslagers zijn weergegeven in **tabel 41-5-11**.

| Uiterste gebruikscondities voor meerlaagslagers |                      |                               |                       |                  |
|---|----------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------|
| Nummer lagertype                                | $p_{L, \text{toel}}$ | $(p_L \cdot v)_{\text{toel}}$ | $\theta_{\text{max}}$ | $v_{\text{max}}$ |
|   | N/mm <sup>2</sup>    | N/mm <sup>2</sup> .m/s        | °C                    | m/s              |
| 1   | 150                  | 0,4                           | 180                   | 0,1              |
| 2   | 150                  | 1                             | 150                   | 0,25             |
| 3   | 100                  | 0,4                           | 150                   | 0,15             |
| 4   | 90                   | 1                             | 250                   | 1                |
| 5   | 80                   | 0,8                           | 250                   | 1,5              |
| 6   | 140                  | 1,6                           | 250                   | 2,5              |
| 7   | 50                   | 1,5                           | 150                   | 1,5              |

**Tabel 41-5-11**

De chemische compatibiliteit van het omgevingsfluidum met het lagermateriaal wordt aan de hand van een keuringsverslag opgesteld door een keuringsinstelling van het type B (volgens NBN EN ISO/IEC 17020:2004\*) aangetoond. Hierbij wordt bij de testen rekening gehouden met het te verwachten spanningsniveau in de toepassing, de te verwachte lagertemperatuur en levensduur.

Het tegenloopvlak bestaat uit gehard staal (hardheid minstens 54 HRC) met oppervlakteruwheid tussen  $0,2$  en  $0,6 \mu\text{m Ra}$  (volgens artikel 4.2.1. van NBN EN ISO 4287:1998\*).

In corrosieve omstandigheden wordt voor het tegenloopmateriaal een martensitisch nikkelvrij corrosievast staal (conform NBN EN 10088-1:2005\*) gekozen.

Er moet rekening mee worden gehouden dat het stalen tegenoppervlak ook aan slijtage is onderworpen, vooral in abrasieve omstandigheden. Een geschikte afdichting wordt daarom voorzien.

### 5.11.3.3 Grensgesmeerde glijlagers

#### 5.11.3.3.A ALGEMEEN

Grensgesmeerde glijlagers zijn glijlagers die continu worden gesmeerd, maar waarbij de combinatie van rotatiesnelheid, belasting en smeermiddelviscositeit zodanig is dat de smeerfilm niet vol ontwikkeld is en geen perfecte scheiding tussen de lageroppervlakken kan bewerkstelligen.

Voor een goede werking van grensgesmeerde glijlagers geldt algemeen dat:

- de scheefstellingen van de as in het lager beperkt moeten worden (richtwaarde 0,08 °maximaal);
- harde, abrasieve partikels met aangepaste dichtingen uit de contactzone worden gehouden;
- scherpe randen op de tegenloopvlakken (groeven, asovergangen, krassen) vermeden moeten worden.

Grensgesmeerde lagers zijn zo geconstrueerd dat bijsmering zonder demontage steeds mogelijk is.

### 5.11.4 Gewrichtslagers

#### 5.11.4.1 Algemeen

De gewrichtslagers, ook bolscharnieren genoemd, behoren tot de grote groep van glijlagers. Zij onderscheiden zich van de “gewone” glijlagers doordat hun werkzaam oppervlak sferisch is en door het feit dat de relatieve beweging tussen de glijoppervlakken enkel oscillerend mag zijn.

Gewrichtslagers worden gebruikt om oscillerende bewegingen nagenoeg momentloos op te nemen. Ze zijn niet geschikt om unidirectionele continue rotaties om één symmetrie-as op te nemen.

De gewrichtslagers kunnen radiaal zijn (voor het opnemen van overwegend radiale krachten) of axiaal (voor het opnemen van overwegend axiale krachten).

De inwerkende kracht kan of statisch of dynamisch zijn. Ingeval de kracht dynamisch is, is zij veranderlijk in richting, zin en/of in grootte

De snelheden  $v$  in de hiernavolgende tabellen zijn de oscillerende snelheden, te berekenen volgens onderstaande formule:

$$v = d_s \cdot \theta \cdot f$$

In bovenstaande formule is:

- $d_s$  = de diameter van de sfeer van het gewrichtslager (m)
- $\theta$  = de oscillatiehoek (rad)
- $f$  = de oscillatiefrequentie (1/s).

De gewrichtslagers worden uitgevoerd als een binnenring met cilindrische boring en sferisch buitenoppervlak, in combinatie met een buitenring met sferisch binnenloopvlak en cilindrisch buitenoppervlak.

De afmetingen van de lagers worden door een berekeningsnota, die onder meer een belastbaarheidscontrole en een dynamische vlaktedrukberekening bevat, gerechtvaardigd.

De afmetingen van binnen- en buitenring beantwoorden aan de voorschriften van ISO 12240-1:1998\*.

De opvatting van binnen- en buitenring is zodanig dat spoorvorming in het zachtste materiaal vermeden wordt.

De buitenring mag vervaardigd zijn uit één of twee delen. Indien de buitenring uit twee delen is vervaardigd, dan worden beide helften zodanig aan elkaar bevestigd dat het binnenloopvlak perfect sferisch is.

De gewrichtslagers worden onderverdeeld in:

- grensgesmeerde gewrichtslagers;
- zelfsmerende gewrichtslagers.

#### 5.11.4.2 Controleberekeningen

##### 5.11.4.2.A STATISCHE BELASTBAARHEID

Het statische draaggetal  $C_o$  (= cataloguswaarde van de lagerfabrikant) geeft de belastbaarheid aan van een gewrichtslager:

- in stilstand belast (deze belasting kan zowel statisch als dynamisch zijn);
- in beweging belast met stootkrachten (belastingsspieken).

De equivalente belasting  $P$ , berekend volgens de voorschriften van de lagerfabrikant uitgaande van de radiale en axiale kracht op het lager, dient steeds kleiner te zijn dan het statische draaggetal  $C_o$ .

De veiligheidscoëfficiënt  $\gamma_s = C_o/P$  voldoet aan volgende voorwaarden:

- voor gebruikstemperaturen gelegen tussen  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  en  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ :  $\gamma_s \geq 2$ ;
- voor gebruikstemperaturen buiten bovenstaand temperatuurinterval:  $\gamma_s \geq 4$ .

Indien de lagerfabrikant hogere waarden voor de veiligheidscoëfficiënt  $\gamma_s$  voorschrijft, dan zijn deze hogere waarden van toepassing.

##### 5.11.4.2.B DYNAMISCHE BELASTBAARHEID

Het dynamische draaggetal  $C$  (cataloguswaarde van de lagerfabrikant) geeft de belastbaarheid aan van een gewrichtslager met relatieve oscillerende beweging van de lageroppervlakken (ongeacht het statische of dynamische karakter van de uitwendige belasting).

De equivalente belasting  $P$ , berekend volgens de voorschriften van de lagerfabrikant uitgaande van de radiale en axiale kracht op het lager, dient steeds kleiner te zijn dan het dynamische draaggetal  $C$ .

De veiligheidscoëfficiënt  $\gamma_d = C/P$  bedraagt minstens 2.

Indien de lagerfabrikant hogere waarden voor de veiligheidscoëfficiënt  $\gamma_d$  voorschrijft, dan zijn deze hogere waarden van toepassing.

##### 5.11.4.2.C DYNAMISCHE VLAKTEDRUK

De dynamische vlaktedruk  $p_L$  van het lager wordt berekend uit de equivalente belasting  $P$  en het schijnbare contactoppervlak  $A_c$ .

$$p_L = \frac{P}{A_c}$$

De dynamische vlaktedruk dient steeds kleiner te zijn dan de waarden  $p_{L,toel}$  opgegeven in paragrafen 5.11.4.3. en 5.11.4.4. voor de gebruikelijke materiaalcombinaties.

Het schijnbare contactoppervlak  $A_c$  wordt als volgt berekend:

- voor het radiaal gewrichtslager:

$$A_c = b \cdot d_s \text{ met:}$$

- $b$ : dragende breedte van de dunste ring (mm);
- $d_s$ : diameter van de sfeer van het gewrichtslager (mm);

- voor het axiaal gewrichtslager:

$$A_c = \frac{\pi}{4} (d_u^2 - d_i^2)$$

met:

- $d_u$ : de grootste diameter van contactzone (mm);
- $d_i$ : de kleinste diameter van contactzone (mm).

Het met behulp van bovenstaande formules berekende schijnbare contactoppervlak dient gecorrigeerd te worden:

- in geval smeergroefjes in het lager zijn aangebracht voor de betere verdeling van het smeermiddel: de oppervlakte ingenomen door de smeergroefjes mag niet mee in rekening worden gebracht;
- in geval het glijlagermateriaal in de vorm van schijven over het glijoppervlak verdeeld is: enkel het contactoppervlak gevormd door de schijven mag in rekening gebracht worden.

#### 5.11.4.3 Grensgesmeerde gewrichtslagers

Grensgesmeerde gewrichtslagers zijn enkel geschikt voor het opnemen van wisselende lagerbelastingen. Ze mogen niet gebruikt worden voor het opnemen van unidirectionele continue radiale belastingen.

Als materiaalcombinaties worden voor de grensgesmeerde gewrichtslagers staal/staal of staal/brons gebruikt.

De uiterste gebruikscondities voor beide soorten staan vermeld in **tabel 41-5-12**. Deze uiterste gebruikscondities zijn slechts geldig voor zover elke parameter afzonderlijk wordt beschouwd.

| Uiterste gebruikscondities voor grensgesmeerde gewrichtslagers |                   |                        |                |           |
|--|-------------------|------------------------|----------------|-----------|
| Materiaalcombinatie  | $p_{L,toel}$      | $(p_L \cdot v)_{toel}$ | $\theta_{max}$ | $v_{max}$ |
|  | N/mm <sup>2</sup> | N/mm <sup>2</sup> .m/s | °C             | m/s       |
| staal/staal  | 100               | 0,4                    | 180            | 0,1       |
| staal/brons  | 50                | 0,4                    | 200            | 0,1       |

**Tabel 41-5-12**

De staaloppervlakken zijn vervaardigd uit gehard staal met een oppervlaktehardheid van minstens 54 HRC.

Als brons mag enkel tinbrons en loodbrons gebruikt worden. Dit brons beantwoordt aan de voorschriften van ISO 4382:1991\*.

De glijoppervlakken van de grensgesmeerde gewrichtslager worden geslepen. De oppervlakteruwheid van de stalen oppervlakken mag niet groter zijn dan Ra 0,4 µm (volgens paragraaf 4.2.1. van NBN EN ISO 4287:2005\*).

De glijoppervlakken worden gesmeerd. Daar regelmatige bijsmering noodzakelijk is, zijn hiertoe de nodige smeernippels voorzien op gemakkelijk toegankelijke plaatsen.

Als smeermiddel wordt vet gebruikt: calcium- en lithiumzeepvetten (conform DIN 51825:2004\*). EP-additieven worden aanbevolen. De maximale gemiddelde bedrijfs-temperatuur bedraagt 50 °C voor calciumzeepvetten en 130 °C voor lithiumzeepvetten.

Bij de keuze van het vet wordt naast de bedrijfstemperatuur ook rekening gehouden met de omgevingsmedia (o.a. vochtigheid), de nodige dichtheid en de consistentie.

De gewrichtslagers worden afgedicht met kunststoffen lipringdichtingen. Ze zijn voorzien van de eventueel nodige smeergroeven, waarvan het aantal, de geometrie en de positie in het lageroppervlak door de lagerfabrikant wordt bepaald.

De chemische compatibiliteit van deze dichting met het smeermiddel en het omgevingsfluidum wordt aangetoond aan de hand van een keuringsverslag, opgesteld door een keuringsinstelling van het type B (volgens NBN EN ISO/IEC 17020:2004\*).

#### **5.11.4.4 Zelfsmerende gewrichtslagers**

##### **5.11.4.4.A ALGEMEEN**

- De wrijvings- en slijtage-eigenschappen van het glijlagermateriaal gebruikt bij de zelfsmerende gewrichtslagers worden gestaafd door middel van een beproevingsverslag opgesteld door een in overeenstemming met NBN EN ISO/IEC 17025:2005\* erkend beproevingslaboratorium.

Het beproevingsverslag vermeldt:

- de uitgevoerde tribotesten (volgens ISO 7148-1:1999\*);
- de omgevingsvoorwaarden waarbij deze tribotesten worden uitgevoerd;
- de bekomen testresultaten.

Voor grootschalige lagers worden de wrijvings- en slijtage-eigenschappen van het glijmateriaal bepaald door middel van grootschalige tribotesten.

Het extrapoleren van kleinschalige testen naar grootschalige lagers is niet toegestaan.

Ten einde te voorkomen dat harde abrasieve partikels de contactzone binnendringen, worden de gewrichtslagers - ook wanneer zij uit corrosievast materiaal vervaardigd zijn - langs beide zijvlakken met kunststoffen lipringdichtingen afgedicht en zijn zij voorzien van een nasmeringsmogelijkheid om het opgestapeld vuil te kunnen wegpersen.

Gewrichtslagers met een glijlagermateriaal dat niet mag gesmeerd worden, worden overeenkomstig artikel 10.9 van DIN 19704-2:1998\* uitgerust met een dubbele afdichting en een daartussen liggende vetkamer.

Indien een inloopsmering wordt gebruikt, dient de chemische compatibiliteit van de dichting met het smeermiddel te worden aangetoond door middel van een keuringsverslag, opgesteld door een keuringsinstelling van het type B (volgens NBN EN ISO/IEC 17020:2004\*).

Wanneer het glijlagermateriaal gelijmd wordt op de stalen drager, dan toont de lagerconstructeur aan de hand van een keuringsverslag, opgesteld door een keuringsinstelling van het type B (volgens NBN EN ISO/IEC 17020:2004\*), aan dat de lijmverbinding de berekende levensduur van het lager niet vermindert. De afpelweerstand van de lijmverbinding wordt bepaald in overeenstemming met NBN EN 1464:2010\*.

Wanneer het glijmateriaal onder de vorm van schijven aangebracht wordt, dan dient de implanting van deze schijven zodanig te geschieden dat tijdens het glijden steeds een voldoende overlap blijft bestaan tussen deze schijven.

##### **5.11.4.4.B ZELFSMEREND GLIJLAGERMATERIAAL CONFORM PARAGRAAF 5.11.3.3.**

Bij deze uitvoeringswijze van zelfsmerende gewrichtslagers worden dezelfde glijlagermaterialen als vermeld in paragraaf 5.11.3.3. gebruikt.

Dit type van zelfsmerende gewrichtslagers mag met vet gesmeerd worden. Het smeervet beantwoordt aan de voorschriften van paragraaf 5.11.4.3. In geval van smering worden de nodige smeernippels op gemakkelijk toegankelijke plaatsen voorzien, zodat regelmatig bijsmering mogelijk is.

De inwendige sfeer van de buitenring van het gewrichtslager wordt uit het glijlagermateriaal vervaardigd. Voor grootschalige gewrichtslagers is een constructie toelaatbaar waarbij in de buitenring van het lager openingen worden gefreesd die opgevuld worden met schijven uit het glijlagermateriaal. Deze schijven worden sferisch afgewerkt.

De binnenring van het gewrichtslager wordt vervaardigd uit gehard (eventueel hardverchroomd) staal; de buitenring uit gehard staal.

De oppervlaktehardheid van de binnenring bedraagt minstens 54 HRC, de oppervlakteruwheid Ra voldoet aan de voorschriften van paragraaf 5.11.3.3.

De uiterste gebruikscondities voor deze zelfsmurende glijlagermaterialen worden gegeven door de tabellen van paragraaf 5.11.3.3., uiteraard gecorrigeerd voor oscillerende bewegingen zoals aangegeven in tabel 5.11.3.3.1.

Worden als glijlagermateriaal polymeren gebruikt, dan zijn deze volledig omtrekomsloten.

#### 5.11.4.4.C PTFE-GLIJLAGERMATERIAAL

Bij deze uitvoeringswijze van gewrichtslagers wordt de buitenring vervaardigd uit gehard veredelstaal (volgens NBN EN 10083:2007\*) of uit kogellagerstaal (volgens NBN EN ISO 683-17:2000\*).

De binnenring wordt vervaardigd uit gehard veredelstaal (volgens NBN EN 10083:2007\*) met een minimale hardheid van 54 HRC en een oppervlakteruwheid van maximum 0,4 µm Ra (volgens artikel 4.2.1. van NBN EN ISO 4287:2005\*).

In corrosieve omstandigheden wordt voor de binnenring een martensitisch nikkelvrij corrosievast staal, volgens NBN EN 10088-1:2005\*, gekozen.

De buitenring wordt eveneens vervaardigd uit corrosievast staal; bij voorkeur uit een martensitisch nikkelvrij corrosievast staal

Het glijlagermateriaal wordt steeds aangebracht op de buitenring (inwendige sfeer).

Volgende types van PTFE-glijlagermateriaal worden onderscheiden:

- glijlaag uit gesinterd brons, geadditiveerd en bedekt met PTFE (type 1);
- bronsweefsel met PTFE-vulling (type 2);
- PTFE-weefsel met harsvulling (type 3);
- glasvezelweefsel met PTFE-vulling (type 4);
- glijlaag uit PTFE, geadditiveerd en versterkt met glasvezels (type 5).

De uiterste gebruikscondities, waarbij deze zelfsmurende gewrichtslagers met PTFE-glijlagermateriaal mogen worden gebruikt, zijn weergegeven in **tabel 41-5-13**. Deze uiterste gebruikscondities zijn slechts geldig voor zover elke parameter afzonderlijk wordt beschouwd.

| Uiterste gebruikscondities voor gewrichtslagers met PTFE-glijlagermateriaal |   |   |                             |                         |                    |
|---|---|---|-----------------------------|-------------------------|--------------------|
| Type<br>glijlagermateriaal  | $p_{L, \text{toel}}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $(p_L \cdot v)_{\text{toel}}$<br>N/mm <sup>2</sup> .m/s | $\theta_{\text{max}}$<br>°C | $v_{\text{max}}$<br>m/s | $\mu_{\text{max}}$ |
| 1   | 45  | 0,8   | 100                         | 0,20                    | 0,20               |
| 2   | 45  | 0,8   | 120                         | 0,20                    | 0,20               |
| 3   | 80  | 3,0   | 120                         | 0,20                    | 0,20               |
| 4   | 60  | 2,5   | 120                         | 0,10                    | 0,15               |
| 5   | 25  | 0,6   | 60                          | 0,05                    | 0,20               |

**Tabel 41-5-13**

Voor het glijlagermateriaal type 5 wordt tijdens de montage een inloopsmering als bescherming aangebracht. De keuze van het inloopsmeermiddel wordt in overleg met de lagerfabrikant bepaald waarbij onder meer rekening gehouden wordt met de chemische compatibiliteit van het smeermiddel met het glijlagermateriaal en de lipringdichtingen. De beperkingen voor polyamide opgelegd in paragraaf 5.11.3.3.4. zijn eveneens van toepassing op dit type van glijlagermateriaal.

De glijlagermaterialen types 1. t.e.m. 4. mogen niet gesmeerd worden.

## 5.12 Koppelingen

---

### 5.12.1 Algemeen

De eisen gesteld in artikel 8.11. van NBN E 52-004:1980\* zijn van toepassing.

De overbrenging van het koppel mag niet berusten op wrijving in die gevallen van aandrijfmechanismen waarbij het zwaartepunt van de last een verticale verplaatsing ondergaat, noch voor aandrijvingen waarbij in rust een permanent koppel (bv. door waterdruk) op de koppeling optreedt.

### 5.12.2 Starre koppelingen

De starre koppelingen zijn hetzij van het type met moffen, hetzij van het type met flenzen met ineenspassing.

Zij zijn vervaardigd in staal dat minstens gelijkwaardig is met gietstaal GE200 volgens NBN EN 10293:2005\*.

### 5.12.3 Elastische koppelingen

De elastische koppelingen worden opgesteld tussen twee naburige lagere of steunen.

Zij zijn vervaardigd in materialen die minstens gelijkwaardig zijn met gesmeed staal A 490, volgens NBN A 21-201:1976\*, of met nodulair gietijzer EN-GSJ-400-18U, volgens NBN EN 1563:1997\*.

Zij zijn zo opgevat dat de aandrijving mechanisch verzekerd blijft, zelfs zonder de aanwezigheid van de elastische elementen.

Het vervangen van de elastische elementen moet mogelijk zijn zonder het demonteren van de overeenstemmende asuiteinden.

### 5.12.4 Flexibele koppelingen

#### 5.12.4.1 Flexibele tandkoppelingen

De flexibele tandkoppelingen zijn vervaardigd in materialen die minstens gelijkwaardig zijn met gesmeed staal A 490 volgens NBN A 21-201:1976\*.

De koppelingen moeten hun nominaal koppel kunnen overdragen gedurende de effectieve gebruiksduur waarbij verondersteld wordt dat er een hoekafwijking van 1° is tussen de assen en een axiale verplaatsing van de assen van minstens 4 mm toelaten.

Afdichtingsringen en een smeerinrichting zijn voorzien op de koppelingen. Wanneer de buitenste ring van de tandkoppeling uitgevoerd is met twee flenzen, worden deze flenzen samengebouwd met gekalibreerde bouten.

#### 5.12.4.2 Cardankoppelingen

Wanneer in een overbrenging cardankoppelingen worden aangewend, moeten deze steeds als een paar voorzien worden.

De scharnierpunten bevatten gesloten naaldlagere.

De verbinding tussen twee cardankoppelingen dient gecontroleerd te worden op kritieke snelheid.

## 5.13 Inschakelbare koppelingen

---

De van op afstand bediende koppelingen zijn uitgerust met frictieschijven, die elektrisch of elektrohydraulisch aangedreven worden in de ene zin en door veren in de andere zin. De aanbestedende documenten bepalen of de inrichting gekoppeld of ontkoppeld is bij afwezigheid van bediening. In elk

geval moet de inrichting ontworpen zijn in de zin van de veiligheid voor het mechanisme en voor de gebruikers.

De speling veroorzaakt door de slijtage van de voering moet automatisch opgevangen worden, zoniet moet de controle van de slijtage van de frictieschijven kunnen worden uitgevoerd zonder dat de koppeling wordt gedemonteerd.

Voor het in dienst stellen van lokale noodbedieningen mag gebruik gemaakt worden van handbediende klauw- of tandkoppelingen.

Deze koppelingen bevatten schijven, in gesmeed staal, uitgerust met klauwen of tanden die gecementeerd, gehard en geslepen zijn.

#### Berekening

De inschakelbare koppeling wordt berekend om zonder slippen een koppel  $C_k$  over te brengen dat groter is dan het koppel  $C$  optredend in de overbrenging.

De verhouding  $C_k/C$  wordt gegeven in **tabel 41-5-14**.

|  | $C_k / C$          |                         |
|--|--------------------|-------------------------|
|  | Belastingsniveau 1 | Belastingsniveau 2 en 3 |
| voor aandrijfmechanismen waarbij het zwaartepunt van de last een verticale verplaatsing ondergaat, of voor aandrijvingen waarbij in rust een permanent koppel op de koppeling optreedt | 2                  | 1,5                     |
| voor andere mechanismen  | 1,5                | 1,33                    |

**Tabel 41-5-14**

## 5.14 Conische klemkoppelingen

In de gevallen waarbij de koppeloverdracht door wrijving mag geschieden, kan gebruik gemaakt worden van stalen conische klemkoppelingen.

De wrijvingscoëfficiënt die hierbij in rekening dient te worden gebracht is niet hoger dan 0,15.

## 5.15 Spieën

### 5.15.1 Materialen

De spieën worden vervaardigd uit staal dat minstens gelijkwaardig is met staal A 590-2 volgens NBN A 21-201:1976\*.

### 5.15.2 Berekening

Per overbrenging mogen niet meer dan 2 spieën in rekening gebracht worden.

Bij gegroefde assen en naven neemt men aan dat 75 % van de contactvlakken dragen.

Bij een verbinding met 2 tangentialspieën neemt men aan dat voor elke bewegingszin slechts 1 spie het koppel volledig overbrengt.

De lengte van de spieverbinding die mag in rekening gebracht worden in de berekening van de specifieke druk  $p_c$  is niet groter dan 2 maal de asdiameter.

De toelaatbare specifieke drukken  $p_c$  zijn gegeven in **tabel 41-5-15** in functie van de materialen van de as, de naaf en de spie. De kleinste van de waarden van  $\sigma_{sw}$  overeenstemmend met de materialen van de as, de naaf en de spie wordt in aanmerking genomen.



| Belastingsniveau | Toelaatbare specifieke druk $p_c$ in N/mm <sup>2</sup> |                            |
|------------------|--|----------------------------|
|                  | Veranderlijke belastingszin                            | Constante belastingszin    |
| 1                | $\frac{0,7 \sigma_{sw}}{1,5}$                          | $\frac{\sigma_{sw}}{1,5}$  |
| 2                | $\frac{0,7 \sigma_{sw}}{1,33}$                         | $\frac{\sigma_{sw}}{1,33}$ |
| 3                | $\frac{0,7 \sigma_{sw}}{1,1}$                          | $\frac{\sigma_{sw}}{1,1}$  |

**Tabel 41-5-15**

In tabel 41-5-15 is:

$\sigma_{sw}$  = de kritieke spanning volgens artikel 5.4. van NBN E 52-004:1980\*.

De waarde  $\sigma_{sw}$  wordt in ieder geval beperkt tot:

- 350 N/mm<sup>2</sup> voor oppervlaktegeharde assen;
- 280 N/mm<sup>2</sup> voor niet-oppervlaktegeharde assen.

## 5.16 Onderlegplaten en regelplaten

---

De onderlegplaten en de regelplaten worden verwezenlijkt volgens de voorschriften van de 10<sup>de</sup> alinea van paragraaf 9.2. "Montage van de mechanismen" van huidig hoofdstuk.

## 5.17 Veren

---

### 5.17.1 Metalen veren

#### 5.17.1.1 Algemeen

Onder de metalen veren worden enkel deze beschouwd die in mechanische constructie het meest frequent gebruikt worden, namelijk:

- schroefveren die belast worden op trek of druk, en waarin een wringingsspanning ontstaat;
- schotelveren waarin een buigspanning ontstaat.

Onder de schroefveren wordt enkel de uitvoering met draad met cirkelvormige doorsnede weerhouden.

In het geval van een trekbelasting wordt een mechanische aanslag voorzien te worden. Deze aanslag beperkt de verplaatsing van het aan de veer bevestigde orgaan bij breuk van de veer.

#### 5.17.1.2 Schroefveren

##### 5.17.1.2.A BEREKENING

De verhouding tussen de wikkeldiameter  $D$  en de draaddiameter  $d$  is begrepen tussen 4 en 25.

De berekening van de toelaatbare belasting en de vervorming van de veer houdt rekening met de kromming van de draad.

De maximale vergelijkingsspanning mag ten hoogste gelijk zijn aan 50 % van de elasticiteitsgrens.

Voor de drukveren is de veiligheidsfactor tegen knik minstens gelijk aan 2.

### 5.17.1.2.B CONSTRUCTIEVE BEPALINGEN

#### 5.17.1.2.B.1 Gebruikt staal

Het gebruikte staal wordt gekozen uit de verenstalen vermeld in NBN EN 10089:2003\*, NBN EN 10132-4:2000\* en NBN EN 10270-2:2001\*.

Na de wikkeling ondergaan de veren een warmtebehandeling met harden en ontlaten.

#### 5.17.1.2.B.2 Bepalingen betreffende drukveren

De veeruiteinden worden gevlaakt om een effen draagvlak loodrecht op de as van de veer te bekomen.

Het totale aantal windingen  $n_t$  is zodanig dat  $n_t = n + (1,5 \text{ à } 2)$ .

Hierin is  $n$  het aantal werkzame windingen.

De toleranties op de hoofdkenmerken van veren zijn vermeld in **tabel 41-5-16**.

De veren worden geolied of ingevet.

Indien nodig, worden de veren aan de oppervlakte kogelgestraald om een betere vermoeiingsweerstand te bekomen.

| Hoofdkenmerken van veren                           | Toleranties |
|--|-------------|
| Hoogte van de veer in ongespannen toestand $L_0$   | 2,5 %       |
| Buitendiameter                                     | 1,5 %       |
| Binnendiameter                                     | 1,5 %       |
| Helling van de as t.o.v. de veeruiteinden          | 2 %         |
| Helling van het ene veeruiteinde t.o.v. het andere | 3 %         |
| Buigzaamheid $\frac{L_0 - L_P}{P}$                 | 8 %         |
| Buigzaamheid $\frac{2 (L_{0,4P} - L_{0,9P})}{P}$   | 5 %         |

**Tabel 41-5-16**

Hierin is:

- $P$ : de nominale belasting van de veer
- $L_0$ : de hoogte van de veer in ongespannen toestand
- $L_P$ : de hoogte van de veer bij de belasting  $P$
- $L_{0,4P}$ : de hoogte van de veer bij de belasting  $0,4 P$
- $L_{0,9P}$ : de hoogte van de veer bij de belasting  $0,9 P$

#### 5.17.1.2.B.3 Bepalingen betreffende trekveren

In ongespannen toestand zijn de windingen van de veer aaneengesloten.

Veren die grote krachten moeten overbrengen worden voorgespannen.

De voorspankracht  $F_0$  wordt beperkt tot volgende waarden:

$$F_0 \leq \frac{F_{\text{lim}}}{5} \quad \text{als } d < 5 \text{ mm}$$

$$F_0 \leq \frac{F_{\text{lim}}}{4} \quad \text{als } d \geq 5 \text{ mm}$$

In voormelde formules is:

- $F_{lim}$ : de kracht die in de draad een spanning, gelijk aan de elasticiteitsgrens van het materiaal veroorzaakt.
- $d$ : de diameter van de draad.

DIN 2097:1973\* geeft de toleranties weer op:

- de binnen-, midden- en buitendiameter;
- de stijfheid van de veer;
- de hoogte van de veer in ongespannen toestand.

### 5.17.1.3 Schotelveren

Een schotelveer bestaat uit een elastisch ringvormig en afgeknot-kegelvormig staalplaatje.

Wat afmetingen, toleranties en materialen betreft, beantwoorden de plaatjes aan DIN 2093:2006\*.

De toelaatbare belastingen worden als volgt gekozen:

- bij statische belasting mag de doorbuiging van de veer niet groter zijn dan 75 % van de vrije veerhoogte (maximale doorbuiging tot platdrukken);
- bij dynamische belasting mag de doorbuiging niet groter zijn dan 30 % van de vrije veerhoogte.

Indien men een verenpakket bestaande uit enkelvoudige veren gebruikt, moet dit pakket geleid worden. Het geleidingsoppervlak moet een oppervlaktehardheid van minstens 300 HB hebben.

### 5.17.2 Veren in rubber

De rubber dat gebruikt wordt voor veren is natuurrubber.

De aannemer legt de volgende gegevens ter goedkeuring voor aan de leidende ambtenaar:

- de maximale belasting van de veer;
- de karakteristiek spanning-vervorming van de veer;
- de hardheid van de rubber, gemeten volgens NBN ISO 48:2007\*;
- de treksterkte van de rubber en de verlenging bij breuk, bepaald volgens NBN ISO 34-2:2007\*;
- de scheursterkte, bepaald volgens NBN ISO 34-1/2004\*;
- de maximale blijvende vervorming na samendrukking onder constante vervorming, bepaald volgens NBN ISO 815:2008\*;
- de weerstand tegen versnelde veroudering, bepaald volgens NBN ISO 188:2007\*.

Bij statische belasting worden de afmetingen van de veer zodanig bepaald dat de vervorming onder de maximum bedrijfslast beperkt blijft tot 15 % van de vrije veerhoogte bij druk, en tot 50 % bij afschuiving. Onder vrije veerhoogte wordt verstaan de hoogte van de veer in ongespannen toestand, verminderd met de eventuele metalen platen waarvan de veer zou voorzien zijn.

Bij dynamische belasting worden de bovengenoemde waarden verminderd met één derde.

De veer wordt beproefd met een overlast van 50 % ten opzichte van haar maximum bedrijfslast.

De tolerantie op de stijfheid van de veer is dan 20 % ten opzichte van haar theoretische stijfheid. Gedurende de proef mag geen enkel scheurtje optreden en de vervorming van het profiel moet goed regelmatig blijven.

Bij veren uit op metalen platen ge vulkaniseerd rubber, wordt de hechting van de rubber aan het metaal beproefd volgens NBN ISO 813:2003\*.

Het bijzondere bestek bepaalt of een bijzondere weerstand vereist is tegenover de afschuring, de olie, de zuren of de basen, de veroudering te wijten aan het licht of aan ozon.

### **5.18 Riemen en riemschijven**

---

De riemen en de riemschijven beantwoorden aan: ISO 1081:1995\*, ISO 1813:1998\*, NBN ISO 1604:1989\*, ISO 254:1998\*, NBN ISO 255:1991\*, ISO 4183:1995\*, ISO 9982:1998\*.

Enkel het gebruik van V-riemen is toegelaten.

Het gebruik van V-riemen is niet toegelaten voor hijsbewegingen, maar is toegelaten voor translatiebewegingen en voor de aandrijving van pompen, alternatoren, ...

Het aantal V-riemen moet één eenheid groter zijn dan het theoretisch vereiste aantal voor de overbrenging van het motorvermogen. De spanning van de riemen moet regelbaar zijn.

### **5.19 Bus- en rolkettingen voor vermogenoverbrenging**

---

De bus- en rolkettingen zijn van het type “precisiekettingen met korte steek”.

De kettingen en de overeenstemmende kettingwielen zijn conform aan de voorschriften van DIN 8187-1:1996\*.

Voor elke overbrenging van dit type, wordt een berekeningsnota, die de keuze van de ketting verantwoordt, opgemaakt conform aan de voorschriften van ISO 10823:2004\*.

Een regelbare kettingspanner wordt voorzien als de asafstand tussen de kettingwielen dit vereist.

De smering van de kettingen geschiedt conform de voorschriften van het hoofdstuk 9 “Smering”.

Het aantal tanden van het kettingwiel en het aantal schakels van een gesloten ketting hebben geen gemeenschappelijke deler.

## **6 KEUZE EN BEPROEVEN VAN DE MATERIALEN**

Alle meetapparatuur, andere hulpmiddelen voor de voorlopige oplevering wordt door de aannemer voorzien.

De aanbestedende overheid wordt steeds uitgenodigd bij het uitvoeren van de opleveringsproeven.

## **7 UITVOERING VAN DE WERKEN**

### **7.1 Algemeen**

De werken aan metaal- en mechanische constructies worden uitgevoerd volgens de voorschriften van hoofdstuk 4 van dienstorder LIN 2003/16 "Metaalconstructies", aangevuld met bijgevoegd artikel nr. 409, en met de voorschriften van onderhavig deelhoofdstuk.

De delen van assen, die rollagers dragen, of waarop andere organen dragen, worden uitgelijnd.

Het warm oppersen van tandwielen, koppelingen, en dergelijke is niet toegelaten.

De aannemer verschafft aan de leidende ambtenaar alle faciliteiten om het hem mogelijk te maken de werken te volgen en de proeven en controles van alle aard die hij wenst, uit te voeren. Daartoe stelt de aannemer het nodige controlegereedschap en personeel ter beschikking van de leidende ambtenaar.

De aannemer verstrekt alle inlichtingen over de wijze waarop hij de werken uitvoert en laat het onderzoek toe van de machines of toestellen die dienen te worden gebruikt voor de uitvoering en het nazicht van de werken.

De mechanismen zijn voorzien van de nodige referentieoppervlakken voor de afstellingen bij de montage en voor de controles van de goede uitvoering van het werk.

Alle kalibers die voor de uitvoering van de werken werden vervaardigd, blijven eigendom van de aanbestedende overheid.

Vooraleer aangewend te worden in het constructiewerkhuis worden de platen, het platstaal en de profielen - op de voorgeschreven afmetingen gesneden - onderworpen, met gedetailleerde borderellen ter staving, aan het onderzoek door de leidende ambtenaar.

### **7.2 Laswerken**

#### **7.2.1 Algemene voorschriften**

De laswerken worden uitgevoerd door lassers gekwalificeerd volgens NBN EN 287 1:2004\*.

Er wordt gebruik gemaakt van lasprocessen gekwalificeerd volgens NBN EN ISO 15607:2004\*, NBN EN ISO 15609-1:2004\* en NBN EN ISO 15614-1:2004\*.

#### **7.2.2 Controle van het laswerk**

De bepalingen van paragraaf 4.6.9. van de dienstorder LIN 2003/16 zijn integraal van toepassing, aangevuld met bijgevoegd artikel nr. 409.

### **7.3 Spanningsarm gloeien**

Het artikel 4.6.12. van NBN B 52 001:1995\* wordt aangevuld als volgt:

- de parameters van het gloeien van het staal, gebruikt bij mechanische constructies, moeten goedgekeurd worden door de fabrikant van de materialen.

### **7.4 Voorlopige montage in het werkhuis**

Het artikel 4.1. van NBN B 52 001:1995\* wordt aangevuld met de voorschriften van de dienstorder LIN 2003/16, aangevuld met bijgevoegd artikel nr. 409, en met onderstaande bepalingen.

De voorlopige montage van de mechanismen in het werkhuis moet de werking van de mechanismen gedurende 4 achtereenvolgende uren mogelijk maken.

Het inlopen (roderen) geschiedt in het werkhuis. Voor de reductoren met worm en wormwiel gebeurt het inlopen onder een koppel gelijk aan de helft van het nominaal koppel.

De leidende ambtenaar wordt ontboden om een eerste onderzoek van alle afgewerkte stukken te kunnen uitvoeren vooraleer ze samengebouwd worden.

Na het akkoord van de leidende ambtenaar mogen de mechanismen worden gedemonteerd en verzonden.

De afgewerkte oppervlakken van de organen onderhevig aan corrosie worden bedekt met een beschermende laag vet of gelijkwaardig product.

## **7.5 Opslagplaats**

---

Alle metalen onderdelen moeten te allen tijde worden beschermd tegen corrosie in overeenstemming met de voorschriften van de dienstorder LI 96/47 "Formuleverven".

Het stockeren van deze onderdelen gebeurt op een plaats beschermt tegen de weersinvloeden.

De beschermde onderdelen mogen niet gedurende meer dan 15 dagen aan de weersinvloeden worden blootgesteld.

|   |
|---|
| <b>8 BEVESTIGINGS- EN BESCHERMINGSELEMENTEN</b> |
|---|

Nihil.



## **9 SMERING**

### **9.1 Toepassingsgebied**

Alle onderdelen van een mechanisme die ten opzichte van elkaar bewegen en die aan wrijving onderhevig zijn (zoals bijvoorbeeld tandwieloverbrengingen, lagers, glijstukken, kabels en kettingen) worden voorzien van een aangepast smeersysteem.

### **9.2 Smeerinrichtingen**

#### **9.2.1 Spatsmering of smering door indompeling**

Het oliepeil in het carter mag ten hoogste tot aan de onderkant van de laagst gelegen doorgaande as van de reductor komen. Indien er doorgaande assen zijn op verschillende niveaus wordt kringloop-smering toegepast.

Een passende inrichting verzekert de smering van de lagers en de druklagers door middel van de olie in het carter.

Ingeval vetsmering van lagers en druklagers wordt toegepast, mag het overtollige vet in geen geval de olie in het carter bezoedelen.

#### **9.2.2 Kringloopsmering met progressieve verdelers**

##### **9.2.2.1 Principe**

De tandwielen en de lagers van de reductor, die gesmeerd worden door een systeem van kringloop-smering, worden onder druk met olie besproeid. Een zelfaanzuigende pomp stuurt de olie via een progressief verdeelsysteem naar de te smeren elementen. De pomp wordt op het laagste niveau geplaatst.

De olie wordt:

- of teruggewonnen van het carter;
- of komt van een afzonderlijk oliereservoir naast de reductor.

##### **9.2.2.2 Algemene voorschriften**

De door een elektrische motor aangedreven pompen, zijn zo bediend dat de smering verzekerd is vooraleer het mechanisme start. De smering loopt door tot wanneer het mechanisme volledig stilgelegd is.

Ieder pompcircuit bevat een manometer en een regelbare drukschakelaar die toelaat van op afstand een overdruk (verstopping van de drukleiding of filter) te melden.

De progressieve verdelers beantwoorden aan de voorschriften van paragraaf **SB 270-41-9.2.9**.

Eventuele fouten aan het progressieve verdeelsysteem worden door middel van de naderingsschakelaar op afstand gemeld.

##### **9.2.2.3 Installaties met oliereservoir**

Het oliereservoir van een omloopkring heeft een volume, dat uitgedrukt in m<sup>3</sup>, groter is dan of gelijk aan 1.200 keer de waarde, uitgedrukt in m<sup>3</sup>/s, van het oliedebiet in de omloopkring.

Het oliereservoir beantwoordt aan de voorschriften van VLAREM II subafdeling 5.17.2.7. en is voorzien van bezinkplaten en een vulstop met mazenfilter. Het reservoir van belangrijke installaties is

tevens voorzien van een mangat. Indien een olieopvangbak volgens VLAREM II vereist is, dan wordt deze vervaardigd uit corrosievast staal.

Indien de mechanismen zich in een omgeving bevinden waar temperaturen lager dan 5 °C kunnen voorkomen, die de goede werking van de smerinstallatie in het gedrang kunnen brengen, wordt een olieverwarmer voorzien om de olie op een temperatuur van minstens 5 °C te houden. Op de bedieningslessenaar wordt een controlelampje voorzien, dat oplicht wanneer de olie deze minimale temperatuur niet bereikt. Het verwarmingsvermogen aan het oppervlak der verwarmingselementen is begrensd tot 1 W per cm<sup>2</sup>. De verwarmingsoppervlakken zijn in staal uitgevoerd. Indien elektrische weerstanden worden gebruikt, bevinden ze zich in een koker gevuld met olie, voorzien van een aflaatstop en een verluchter.

In de gevallen waar de temperatuur van de olie in de terugvoerleiding de 60 °C zou overschrijden, wordt een warmtewisselaar aan het reservoir toegevoegd teneinde deze temperatuursgrens niet te overschrijden.

Indien een centrifugale olieafscheider met het reservoir is verbonden om de onzuiverheden en het water uit de olie te verwijderen, mag de capaciteit van de afscheider niet lager zijn dan één twintigste van het volume van het oliereservoir.

Indien de opdrachtdocumenten voorzien dat de installatie naast de hoofdpomp een reservepomp bevat, die automatisch in dienst treedt wanneer de eerste uitvalt, moet de omschakeling van de ene pomp naar de andere ook met de hand mogelijk zijn.

De pompen zijn voorzien van een drukbegrenzer, met olieterugloop naar het reservoir.

De drukbegrenzer is gemakkelijk afneembaar voor nazicht. De persleiding bevat een filter, met ingebouwde bypass, waarvan de grootte van de mazen kleiner is of gelijk aan 25 µm. De detectie van een verstopping van de filter gebeurt door de controle van het drukverschil ter hoogte van de filter. Wanneer dit laatste 0,05 MPa (0,5 bar) bereikt, wijst een alarmsysteem op de noodzaak de verstopte filter te reinigen. Bij de installaties in continu bedrijf wordt een reservefilter parallel op de dienstdoende filter gekoppeld en zijn de nodige kranen voorzien voor een overschakeling.

De opdrachtdocumenten bepalen welke smeerpunten voorzien zijn van een debietregelaar.

Deze debietregelaar is uitgerust met een systeem dat een contact bedient bij onvoldoend debiet.

### 9.2.3 Handbediende smerinrichting punt per punt

De handbediende smerinrichtingen punt per punt worden ingedeeld in volgende 3 types:

- type 1: “Al de verschillende te smeren punten zijn gemakkelijk bereikbaar”: de smeernippels worden rechtstreeks op de te smeren onderdelen van het mechanisme aangebracht.
- type 2: “Enkele solitaire en verspreid liggende te smeren punten zijn moeilijk bereikbaar”:
  - de smeernippels van de moeilijk bereikbare punten worden op een gemakkelijk bereikbare plaats opgesteld en met leidingen verbonden met het te smeren punt;
  - de smeernippels van de gemakkelijk bereikbare punten worden rechtstreeks op de te smeren onderdelen van het mechanisme aangebracht.
- type 3: “Meerdere niet-solitaire punten zijn moeilijk bereikbaar”: alle smeernippels worden per zone op een plaatijzeren verdeelbord gegroepeerd. Dit verdeelbord is voldoende stevig opdat het doordrukken van de smeernippels met een handpomp mogelijk zou zijn.

De leidingen die de smeernippels verbinden met het te smeren punt (installaties type 2 en 3) hebben een maximale lengte van 3 m en een minimale inwendige diameter van 6 mm. Indien de afstand tussen het te smeren punt groter is dan 3 m wordt een smerinrichting met handbediende pomp en progressieve verdelers gebruikt.

De smeernippels zijn in corrosievast staal en zijn van het type met kop die geschikt is voor rechtstreekse aanhaking door transversale verplaatsing van het mondstuk van de smeerpomp, en met

terugslagklep met kogel. De bevestiging gebeurt met schroefdraad van het type ISO-gasdraad 3/8", volgens NBN EN ISO 228 1:2003\*. Alle smeermiddelen in eenzelfde installatie zijn identiek.

De smeernippels zijn gekenmerkt door middel van gegraveerde etiketten. Een aanduidingssysteem geeft de aard aan van de gebruikte producten, de frequentie van aanvullen van het smeermiddel, evenals de te gebruiken hoeveelheid smeermiddel.

#### **9.2.4 Smeerinrichting met handbediende pomp en progressieve verdelers**

Volgende types van smeerinrichting met handbediende pomp en progressieve verdelers worden onderscheiden:

- type 1: "Zone-gegroepeerde smeerinrichting met progressieve verdelers": de te smeren punten worden per zone gegroepeerd op een progressieve verdeler, voorzien van een gemakkelijk bereikbare smeernippel;
- type 2: "Gecentraliseerde smeerinrichting met één progressieve verdeler": alle te smeren punten worden individueel aangesloten op één centraal opgestelde progressieve verdeler voorzien van een smeernippel;
- type 3: "Gecombineerde smeerinrichting met progressieve verdelers": de te smeren punten worden per zone gegroepeerd op een progressieve verdeler; de zonale progressieve verdelers worden op hun beurt verbonden met één centraal opgestelde hoofdverdeler met smeernippel.

De karakteristieken van de smeernippels beantwoorden aan de voorschriften van **SB 270-41-9.2.3** van huidig hoofdstuk; deze van de progressieve verdelers aan de voorschriften van paragraaf **SB 270-41-9.2.9**.

Iedere progressieve verdeler is voorzien van een manometer.

De handbediende pomp is voorzien van een fijnfilter met maximale maasopening van 125 µm aan haar perszijde en van een ontluchtingskraantje.

De NLGI-graad (classificatie volgens het National Lubricating Grease Institute) voor de vastheid van het smeervet mag niet groter zijn dan 2. Het smeervet bevat bovendien niet meer dan 5 % colloïdaal grafiet of molybdeensulfide met een maximale granulatie van 5 µm.

#### **9.2.5 Automatische centrale smeerinrichting**

##### **9.2.5.1 Centrale smeerinrichting door pompen met meerdere vertrekleidingen**

Het smeermiddel wordt geleverd door een pomp met gedoseerde uitgangen.

Een directe leiding verbindt elke uitgang met één smeerpunt.

De pomp heeft maximum 20 uitgangen voor smeermiddel. Het debiet van elke uitgang is individueel regelbaar.

De pomp is aangedreven, naargelang het geval, door een elektrische motor of door de te smeren mechanismen. Ze is uitgerust met een drukbegrenzer, ingesteld op 60 % van de maximale pompdruk.

Het reservoir is afgesloten met een gebout inspectiedeksel.

Wanneer men als smeermiddel olie gebruikt voorziet men een oliepeilaanduiding.

Wanneer men als smeermiddel vet gebruikt, is het reservoir voorzien van een inrichting die de vorming van een zuigkegel vermijdt, naarmate het vetvolume vermindert en van een visuele controle van de inhoud van het reservoir.

Elke vertrekleiding is voorzien van een overdrukindicator en van een nazichtkraantje voor debietscontrole.

### **9.2.5.2 Centrale smeerinrichting met progressieve verdelers**

De progressieve verdelers beantwoorden aan de voorschriften van paragraaf **SB 270-41-9.2.9**.

De pomp met één uitgang voor het smeermiddel wordt door een elektrische motor aangedreven.

Ze is uitgerust met een drukbegrenzer, ingesteld op 60 % van de maximale pompdruk.

De vastheid van het smeervet overschrijdt de NLGI-graad 2 niet. Het vet bevat niet meer dan 5 % colloïdaal grafiet of molybdeenbisulfide met maximum granulatie van 5 µm.

Het reservoir is afgesloten met een gebout inspectiedeksel en onderaan voorzien van een vulopening met vulfilter.

Wanneer men als smeermiddel olie gebruikt voorziet men een oliepeilaanduiding.

Wanneer men als smeermiddel vet gebruikt, is het reservoir voorzien van een inrichting die de vorming van een zuigkegel vermijdt naarmate het vetvolume vermindert en van een visuele controle van de inhoud van het reservoir.

Dit smeersysteem wordt enkel gebruikt wanneer de afstand van de smeerpunten tot de pomp maximum 30 m bedraagt.

Indien de lengte van de leiding tussen de verdeler en een smeerpunt meer dan 3 m bedraagt, of bij het gebruik van soepele verbindingsslangen, wordt de uitgang van de verdelers voorzien van een terugslagklep.

De uitgangen van de eventuele hoofdverdelers worden altijd van een terugslagklep voorzien.

### **9.2.5.3 Centrale smeerinrichting met enkelvoudige of dubbele lijn**

#### **9.2.5.3.A CENTRALE SMEERINRICHTING MET ENKELVOUDIGE LIJN**

In de installaties met een centrale smeerinrichting met enkelvoudige lijn, gaat het smeermiddel vanaf de pomp tot in de omgeving van de smeerpunten via één hoofdleiding. De verdelers zijn op de hoofdleiding of haar vertakkingen geplaatst en zijn met de smeerpunten verbonden door leidingen met een lengte van maximum 0,5 m. Een gedoseerde hoeveelheid smeermiddel wordt tijdens elke smerbeurt over deze smeerpunten verdeeld. Elke smerbeurt is een opeenvolging van druk- en ontspanningsperioden. De hoeveelheid smeermiddel is traploos regelbaar.

Elke verdeler biedt de mogelijkheid een optische controle op de werking door te voeren.

Alle verdelers zijn derwijze geplaatst dat ze afzonderlijk vervangen kunnen worden.

Eén vertrekpunt van een verdeler voedt slechts één smeerpunt.

De diameter en de lengte van de hoofdleiding worden daarom bepaald, zodat een tegendruk van 4 MPa (40 bar) niet wordt overschreden. De leidinglengte is kleiner dan 30 m.

De pomp is voorzien van een drukbegrenzer ingesteld op 60 % van de maximale pompdruk en van een veiligheidsklep.

Op het einde van de lijn wordt er een manometer en een eindeloopschakelaar geplaatst. De eindeloopschakelaar is voorzien van twee elektrische contacten, die de ontspanningsdruk en de nominale druk controleert.

#### **9.2.5.3.B CENTRALE SMEERINRICHTING MET DUBBELE LIJN**

De centrale smeerinrichting met dubbele lijn hebben twee hoofdleidingen, die vanaf de pomp tot in de nabijheid van de smeerpunten gaan. De verdelers worden op de hoofdleidingen of hun vertakkingen geplaatst en zijn door leidingen met een lengte van maximum 1 m met de smeerpunten verbonden.

Met een gestuurde omschakelklep worden beide lijnen om beurt onder druk gezet.

Elke smeerbeurt bestaat uit twee perioden: gedurende de eerste periode wordt één helft van de smeerpunten gevoed, gedurende de tweede periode de andere helft.

De pomp met elektrische aandrijving is beschermd door een drukk begrenzer. De persleiding tussen de pomp en de omschakelaar is voorzien van een filter, een controlemanometer en een veiligheidsklep. De drukk begrenzer en de veiligheidsklep zijn ingesteld op 60 % van de maximale pompdruk.

De pomp is onderaan voorzien van een vulkoppeling met filter.

Het reservoir is afgesloten met een gebout inspectiedeksel en voorzien van een leeg- en volmelding.

Indien men als smeermiddel vet gebruikt, is het reservoir voorzien van een uitrusting die de vorming van een zuigkegel vermijdt, naarmate het volume vermindert, en in beide draairichtingen.

De maximumafstand tussen het verst afgelegen smeerpunt en de pomp bedraagt 80 m.

Het bevel tot omschakeling van de ene smeerperiode naar de andere is enkel mogelijk wanneer de voeding van de eerste helft van de smeerpunten volledig is uitgevoerd. De bediening en de controle van de omschakeling houdt rekening met de druk die op het einde van de langste lijn wordt bereikt.

De omschakeldruk is regelbaar en bedraagt minimum 10 MPa (100 bar). Een manometer wordt bovendien op het einde van de langste lijn geplaatst.

De verdelers bevatten verklikstaven vastgemaakt aan de smeerzuigers, waardoor hun werking kan worden gecontroleerd zonder ze te demonteren. Eén vertrekpunt van een verdeler voedt slechts één smeerpunt. De gedoseerde hoeveelheid per uitgang is per paar traploos regelbaar. Het moet mogelijk zijn om eindeloopschakelaars aan te brengen om de uitgangen te controleren.

Het elektrische bedienings- en controlebord bevat de nodige uitrusting voor de automatische werking van de smeergroep, volgens de smeerperioden met voorgeregelde en afgestelde tijden. Het peil van de smeerstof in het pompreservoir en de werking van de pomp en de omschakelklep worden op het bord aangeduid met verkliklampen.

### **9.2.6 Smering door verstuiwing van vet**

Hierbij worden vet en lucht toegevoerd naar sproeiers, die het smeermiddel verstuiwen in de vorm van een macronevel, zwaarder dan de lucht.

De dosering van de hoeveelheid smeermiddel gebeurt met progressieve verdelers zoals beschreven in paragraaf **SB 270-41-9.2.5.2**. Een elektrische cycluscontrole is steeds voorzien.

Op het persluchtcircuït zijn zoveel ontspanners voorzien als nodig is voor het afzonderlijk regelen van het luchtdebiet naar de smeerpunten.

### **9.2.7 Smeren met de borstel**

Indien vermeld in de opdrachtdocumenten, volstaat het om het smeermiddel met de borstel aan te brengen op de te smeren oppervlakken. Dit kan het geval zijn bij open tandwielkasten, tandkronen, rondsels, grendels, glijstukken en kettingen.

De gebruikte vetten hebben goede eigenschappen met betrekking tot:

- de optimale hechting;
- de vorming van een taaie en blijvende smeerfilm die het wegpersen van de drukvlakken voorkomt;
- de weerstand tegen het afwassen door water;
- de bescherming tegen corrosie;
- bij lage gebruikstemperaturen worden zij niet hard en bros en schilferen niet af;
- zij vormen geen harde massa op de vertandingen.

### 9.2.8 Leidingen

De buisleidingen, soepele leidingen en de koppelstukken zijn voorzien voor een druk gelijk aan drie maal de maximale werkdruk van de installatie. De leidingen en koppelstukken zijn in elk geval bestand tegen een druk van minstens 20 MPa.

De binnendiameter van de aanzuigleidingen is voldoende groot gedimensioneerd ten einde de doorstroming van het smeermiddel niet te vertragen.

De buisleidingen die aan corrosie zijn blootgesteld worden vervaardigd uit corrosievast staal met een genormaliseerde wanddikte. De buiskoppelingen, bevestigingsklemmen en bouten zijn eveneens uit corrosievast staal.

De buizen worden geleverd met gladde uiteinden, gereinigd, geolied en langs beide uiteinden afgedicht met kunststoffen stoppen.

Bij oliesmering worden de buizen met olie gereinigd na de montage en vóór de vulling.

Bij vetsmering worden de leidingen vóór de inbedrijfstelling met vet gevuld.

De buizen verbonden met een las- of flens koppeling worden gereinigd, gespoeld en geolied vóór het starten van de installatie.

Bij leidingen gebruikt onder water, wordt voor een bepaalde binnendiameter de maximale genormaliseerde wanddikte gekozen.

### 9.2.9 Progressieve verdelers

De progressieve verdelers zijn van het modulaire type. Zij verdelen op een progressieve wijze, in kleine gedoseerde hoeveelheden en in een welbepaalde volgorde, het aangevoerde smeermiddel over de smeerpunten.

Iedere verdeler heeft een aantal zuigers, voorzien van groeven, die aangedreven worden door de druk van de pomp achtereenvolgens de toevoer en de persing van het smeermiddel naar de te smeren punten verzekerd. De terugslagkleppen van de verdelers zijn ingebouwd.

Iedere zuiger van de verdeler voedt slechts één smeerpunt.

Ten einde de voeding van alle aan de verdelers verbonden smeerpunten te kunnen controleren, is:

- iedere progressieve verdeler standaard uitgerust met een lokale visuele corrosievaste cyclusindicator met minimale beschermingsgraad IP 66 volgens NBN C 20 529:1992;
- elk progressief verdeelsysteem standaard uitgerust met een ingeschroefde naderingsschakelaar bestemd voor afstandscontrole. De naderingsschakelaar is vervaardigd uit corrosievast staal en bezit volgende kenmerken:
  - potentiaalvrij;
  - trillingsvast.

De verdelers zijn zodanig opgevat dat, wanneer voorgeschreven in het de opdrachtdocumenten, zij gemakkelijk uitgerust kunnen worden met overdrukindicatoren.

Tussen smeerpomp en progressief verdeelsysteem worden steeds een fijnfilter, met maximale maasopening van 25 µm voor oliesmering en van 125 µm voor vetsmering, en een manometer geplaatst.

### 9.2.10 Diverse voorschriften

Voor de mechanismen die niet in een carter zijn opgesteld en onvermijdelijke smeermiddelverliezen vertonen, verzamelt een corrosievaste plaatstalen druipbak de weggelekte hoeveelheid olie of vet. Ingeval van oliesmering is de druipbak voorzien van een aftapkraan.

In de gevallen waar de mechanismen intermitterend werken, en speciaal waar de bewegingen langzaam of oscillerend zijn, moet het mogelijk zijn een smering uit te voeren voorafgaand aan het in beweging brengen van de mechanismen. De smeerpomp wordt aangedreven door een motor, onafhankelijk van het mechanisme.

Om vanaf het bedieningsbord van de mechanismen, de goede werking van de smerinrichting te kunnen controleren worden de signalisatie- en de alarmcontacten doorverbonden met dit bord. Op het klemmenbord van het bedieningsbord worden hiervoor de nodige spanningsvrije contacten voorzien.

Elke smeerinstallatie maakt het voorwerp uit van een gedetailleerd inplantingsplan, met een volledige lijst van het gebruikte materiaal en zijn karakteristieken.

De aannemer bepaalt het aantal smeringen, de aard en de hoeveelheid te gebruiken smeermiddel en de periodiciteit van het verversetten van de olie.

Het drukverlies in de leidingen wordt berekend.

### **9.3 Smering door de aannemer**

---

#### **9.3.1 Smering van de mechanismen**

De aannemer zorgt voor de eerste smering van de mechanismen.

De smering gebeurt pas na de voorafgaande reiniging van de te smeren oppervlakken en de reiniging en de spoeling van de smerinrichtingen.

De smering van hydrodynamische oliegesmeerde glijlagers geschiedt in overeenstemming met de voorschriften van paragraaf **SB 270-41-5.11.3.2** Grensgesmeerde glijlagers worden gesmeerd in overeenstemming met de voorschriften van paragraaf **SB 270-41-5.11.3.3**.

Zelfsmerende bronzen bussen worden vóór de eerste montage gesmeerd in overeenstemming met de bepalingen van paragrafen **SB 270-41-5.11.3.2** en **5.11.3.3**.

De smering van rollagers gebeurt volgens de voorschriften van de lagerfabrikant.

De smering van grensgesmeerde gewrichtslagers geschiedt in overeenstemming met de voorschriften van paragraaf **SB 270-41-5.11.4.3** Voor zelfsmerende gewrichtslagers zijn de voorschriften van paragraaf **SB 270-41-5.11.4.4** van toepassing.

Zelfsmerende gewrichtslagers met een PTFE glijlaag, die geadditiveerd en versterkt is met glasvezels, worden bij de eerste montage ingesmeerd met een inloopsmeermiddel dat beantwoordt aan de voorschriften van de lagerfabrikant.

Wanneer gesloten lagers worden gebruikt die door de constructeur voor het leven gesmeerd zijn, moet het gebruikte smeermiddel zodanig zijn dat het zijn eigenschappen behoudt gedurende de gestelde levensduur van het mechanisme waarin het lager ingebouwd is.

Indien een lager uitgerust is met een dubbelkerende afdichting wordt het gebruikte vet afgevoerd via een overdrukventiel. Dit ventiel is met steropening en met veer die afdoende beschermd wordt tegen corrosie.

Bij de installaties met centrale smering is de verpompbaarheid van het smeervet vastgelegd bij de laagst mogelijke werkingstemperatuur. Bovendien scheiden zeep en de eventuele additieven zich niet af van de olie door een te hoge persdruk. Indien men voor een installatie van smeervettype verandert, moet het nieuw gebruikte smeervet verenigbaar zijn met het vorige.

De recupereerbare oliën blijven eigendom van de aanbestedende overheid. De niet-recupereerbare oliën worden door de aannemer afgevoerd volgens de geldende milieureglementering.

Indien de opdrachtdocumenten het gebruik van biologisch afbreekbare olie of vet voorschrijven, dan bezit deze olie/dit vet volgende kenmerken.

- biologische afbreekbaarheid:
  - primair: CEC-L-33-A 94 > 90 %;
  - finaal: Sturm test (OECD 301B) > 70 %  
Close Bottle Test (OECD 301D) ≥ 80 %.
- toxiciteit:
  - EC/LC50 > 1.000 mg/l (testmethode volgens OECD 201 en 202);
  - watergevaarklasse WGK ≤ 1.

Bij de levering van de smeeroïlen deelt de aannemer volgende karakteristieken van de olie mee:

- het merk en het type van de olie;
- de ISO- viscositeitsgraad (NBN ISO 3448:2002\*);
- de dichtheid bij 15 °C (NBN ISO 91 1:1993\*);
- het vlampunt (NBN ISO ISO 2719:2003\*);
- het stolpunt (NBN ISO 3016:2000\*);
- de eventuele toevoegstoffen;
- eigenschappen zoals:
  - roestwerendheid, volgens NBN ISO 7120:2002\*;
  - de oxidatiestabiliteit, volgens NBN EN ISO 12205:1996\*;
  - de schuimeigenschappen, volgens NBN ISO 6247:2002\*;
  - antislijtage, extreme drukken en de proefprocedures om de eigenschappen te bepalen.

De oliën zijn vrij van water en van abrasieve, corrosieve en milieuonvriendelijke bestanddelen.

Van de geleverde smeervetten deelt de aannemer volgende karakteristieken mee:

- het merk en het type van het smeervet;
- de aard van de zeep;
- de ISO-viscositeitsgraad (NBN ISO 3448:2002\*) van de basisolie;
- de NLGI-klasse (DIN 51818:1981\*);
- het druppelpunt (NBN ISO 2176:2002\*);
- de toevoegstoffen zoals onder meer slijtagewerende additieven;
- de eigenschappen zoals:
  - roestwerendheid, volgens NBN ISO 11007:2002\*;
  - de oxidatiestabiliteit, volgens DIN 51808:1978\*;
  - antislijtage, extreme drukken, evenals de proefprocedures om deze eigenschappen te bepalen;
- de eventuele aanwezigheid van onzuiverheden.

De smeervetten zijn vrij van sterke zuren, abrasieve en corrosieve bestanddelen. Ze zijn homogeen.

Er is geen afscheiding tussen de verschillende bestanddelen, noch abnormale vloeistofdoorsijpeling. Korrelige deeltjes of kristallen zijn niet aanwezig.

### **9.3.2 Smering van kabels**

De (her)smering van kabels gebeurt in overeenstemming met de voorschriften van artikel 5 van NBN I 04-001:1988\* en van NBN EN 12385 3:2008\*.



Het insmeren van kabels in openlucht mag enkel gebeuren bij droog weer en een minimale buitentemperatuur van 5 °C.

De smeermiddelen beantwoorden aan de basisvereisten vervat in ISO 4346:1977\*.

De structuur van het smeermiddel is duurzaam en de asinhoud is lager dan 0,1 %.

De uitwendige smering van de kabel houdt rekening met het latere gebruik van de kabel.

Verzinkte kabels die in maritieme atmosfeer zijn opgesteld, worden daarenboven omhuld met een anticorrosief smeermiddel op compoundbasis.

Wanneer de aanneming tevens het in werking stellen van nieuwe kabels omvat, worden deze door de aannemer onmiddellijk vóór hun indienstneming opnieuw gesmeerd. Deze smering gebeurt met producten die verenigbaar zijn met deze gebruikt door de kabelconstructeur.

Wanneer de aanneming het hersmeren van bestaande kabels omvat, dan worden deze kabels eerst gereinigd en ontvet. Met het hersmeren mag pas begonnen worden nadat de leidende ambtenaar de reinigingswerken heeft goedgekeurd.

Bij dit reinigen wordt onderscheid gemaakt tussen:

- het oppervlakkig reinigen waarbij alle stof en vuil dat vastgehecht zit aan het smeermiddel verwijderd wordt zonder dat het metaal blootgesteld wordt;
- het reinigen tot op het metaal. Hierbij wordt de bovenste harde korst met een steekmes weggenomen. Vervolgens worden het resterende vuil en smeermiddel met white spirit ingestreken en door middel van een borstel met haren uit kunststof, voppen en poetskatoen verwijderd. Na het reinigen tot op het metaal mag er geen vuil noch smeermiddel met het blote oog zichtbaar zijn.

De opdrachtdocumenten bepalen de wijze van reiniging van de kabels.

### **9.3.3 Vetbijvuleenheid**

Indien de opdrachtdocumenten het voorschrijven, wordt een bijvuleenheid voor de vetreservoirs geleverd. Met deze eenheid kan men uit een standaardvat van 200 l het vet door een filter naar de afzonderlijke vetreservoirs overpompen.

Het overpompen gebeurt:

- of door middel van perslucht, indien deze in de buurt van de reservoirs beschikbaar is;
- of door middel van een elektrisch aangedreven motorpompgroep.

Het geheel van verwisselbaar standaardvat, pompgroep, filter en aansluitingen zijn gemonteerd op een karretje.

## **9.4 Te overhandigen documenten**

---

Vóór de voorlopige oplevering deelt de aannemer per smeersysteem 3 merknamen en types van mogelijk te gebruiken smeermiddelen mee.

## 10 ELEKTRISCHE SLAGBOMEN

### 10.1 Algemene bepalingen

Huidig hoofdstuk behandelt enkel de slagbomen die opgesteld worden bij beweegbare kunstwerken ter afsluiting van de openbare weg.

De slagbomen sluiten zowel het voet- en het fietspad als de rijbaan af en worden zodanig opgesteld dat het voetpad zoveel mogelijk vrij blijft. De te overspannen wegbreedte opgegeven in de aanbestedende documenten heeft een nauwkeurigheid van  $\pm 10\%$ . De juiste afmetingen worden door de aannemer ter plaatse opgemeten, rekening houdende met de inlichtingen hem verstrekt door de leidende ambtenaar.

De slagbomen zijn van het elektromechanisch bediend type.

De hoogte van de aslijn van de slagbomen tot de bovenkant van het midden van het wegdek bedraagt 1.000 mm ( $\pm 50$  mm).

De slagboomkolom wordt geplaatst op een sokkel, voorzien van de doorgangen voor de elektrische leidingen. De hoogte van de sokkel boven het maaiveld bedraagt minimum 50 mm. De sokkel springt in ten overstaan van de slagboomkolom.

De slagboom heeft geen scherpe uitstekende delen of scherpe ribbe. Het geheel heeft een esthetisch uitzicht.

De levering en de opstelling van de slagboom omvat alle leveringen en werken nodig voor het vervaardigen van de sokkel, het voorzien van de doorgangen voor de elektrische leidingen en het herstellen van het voetpad in zijn oorspronkelijke staat.

### 10.2 Bedieningsmechanisme

#### 10.2.1 Beschrijving

Het bedieningsmechanisme omvat:

- een elektrische driefasige motor;
- een onderhoudsvrije snelheidsreductor;
- een kruk-drijfstangmechanisme.

De motor drijft de snelheidsreductor aan via een gekartelde V riem en een regelbare slipkoppeling. Deze reductor met worm en wormwiel is van het onomkeerbare type.

Het nominaal koppel van de motor wordt bepaald rekening houdend met de meest nadelige combinatie van volgende krachten (gebruiksgrenstoestand):

- het eigengewicht van de arm met inbegrip van het gewicht van zijn uitrusting;
- een windstuwdruk van 400 N/m<sup>2</sup> voor het binnenland en van 750 N/m<sup>2</sup> voor het kustgebied en voor installaties ter hoogte van kunstwerken voor zeescheepvaart.

Het aandrijfmechanisme wordt berekend voor het maximum koppel van de motor.

De slagboomarm en de rotatieas van de arm worden berekend bij hun bezwijkgrenstoestand, namelijk voor een windstuwdruk van 800 N/m<sup>2</sup> voor het binnenland en van 1 500 N/m<sup>2</sup> voor het kustgebied en voor installaties ter hoogte van kunstwerken voor zeescheepvaart.

De berekeningen worden uitgevoerd overeenkomstig de voorschriften van hoofdstuk 2 “Mechanica in het algemeen” van deel II van huidig standaardbestek.

In open stand staat de slagboom verticaal en in gesloten stand horizontaal. Deze standen worden bepaald door instelbare eindeloopschakelaars. Deze schakelaars kunnen zodanig ingesteld worden dat

de uiterste standen van de slagboomarm elk afzonderlijk over een hoek van 5 ° zowel in de ene als in de andere zin regelbaar zijn.

De openings- zowel als de sluitingstijd van de slagboom bedragen evenveel seconden als de armlengte in meter met een tolerantie van twee seconden. Elke beweging kan bij elke willekeurige stand van de slagboomarm onderbroken worden. Nadat de slagboomarm tot stilstand is gekomen, blijft hij volledig onbeweeglijk en dit voor alle standen van de arm. Vanuit deze stilstand is het mogelijk om de beweging in omgekeerde zin te hervatten.

Iedere slagboom is voorzien van een handbediening. Een zwengel voor deze handbediening wordt bij iedere slagboom geleverd.

Het is mogelijk om zonder gebruik te maken van enig bijzonder werktuig van de normale elektro-mechanische bediening naar de handbediening over te gaan en omgekeerd.

Een elektrische vergrendeling voorzien tussen beide bedieningssystemen maakt het onmogelijk om gelijktijdig de slagboom elektrisch en met de hand te bedienen. Deze vergrendeling bestaat uit een eindeloopschakelaar die rechtstreeks door de zwengel bediend wordt op de plaats waar deze met de uitgaande as van de snelheidsreductor gekoppeld wordt. Het wegdraaiend klepje voor het inbrengen van de zwengel mag niet met voormelde eindeloopschakelaar gekoppeld zijn.

### 10.2.2 Materialen

De rotatieas, het kruk-drijfstaangmechanisme met uitzondering van de platte stukken, de bedieningsstang van de veer en de slipkoppeling zijn vervaardigd uit corrosievast staal X17CrNi16 2 volgens NBN EN 10088 1:1995\*. De platte stukken zijn gemaakt uit gepassiveerd corrosievast staal X2CrNiMo17 12 2.

Voor alle scharnierpunten van de slagboom worden onderhoudsvrije lagers gebruikt.

## 10.3 Slagboomkolom

---

### 10.3.1 Beschrijving

De slagboomkolom is een gelaste constructie vervaardigd uit plaat met een minimale dikte van 2,5 mm. De versterkingsribben en de steunen hebben een minimale dikte van 5 mm.

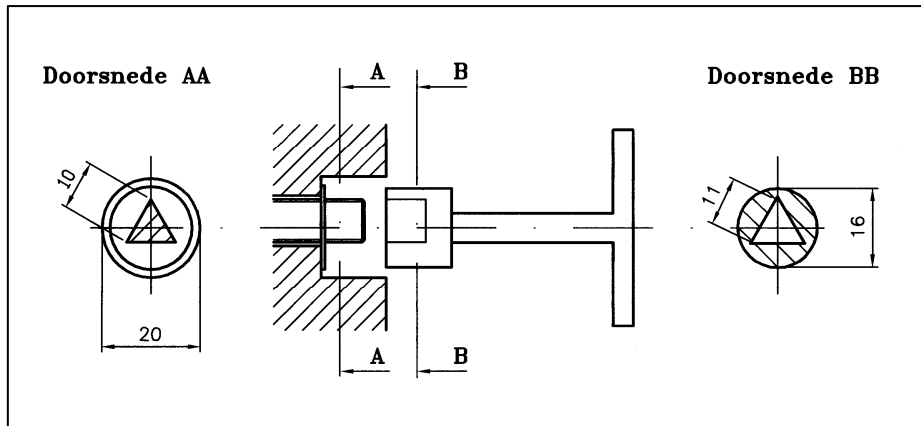
De doorsnede van de slagboomkolom is rechthoekig met minimum afmetingen van 0,5 m x 0,6 m. De slagboomkolom is toegankelijk aan twee overstaande zijden door middel van deuren of wegneembare panelen. De toegangsdeuren of -panelen zijn voorzien van ingevatte dichtingen die bestand zijn tegen vorst, strooizouten, zeewater, zuren, oliën en vetten.

Iedere deur of paneel is voorzien van één of meerdere gemakkelijk bereikbare sloten die bediend worden door een stang waarvan de kop een driehoekige doorsnede heeft. De afmetingen van deze doorsnede en van de sleutel die erop past, zijn aangeduid op **Figuur 41.10.1**. Per slagboomkolom wordt één sleutel geleverd.

De slagboomkolom wordt bevestigd door middel van gepassiveerde corrosievaste stalen bouten A4 70. Waar mogelijk wordt gebruik gemaakt van een tegenplaat. De moeren A4 70 worden met behulp van speciale deblokkeringspasta gemonteerd. Tussen kolom en sokkel wordt een tegen vocht bestendige dichting met een dikte van minimum 4 mm geplaatst.

Alle onderdelen, behalve deze uit corrosievast staal en deze uit kunststof, worden na volledige afwerking in en uitwendig thermisch gesproeid en vervolgens geschilderd.

De minimale totale dikte van de droge verflaag bedraagt 80 µm.



Figuur 41-10-1

### 10.3.2 Materialen

De slagboomkolom wordt vervaardigd uit staalplaat.

Wanneer de slagboom opgesteld wordt in een agressieve omgeving (corrosiebelastingscategorie gelijk aan of hoger dan C4 volgens NBN EN ISO 12944 2:1998\*), dan wordt de slagboomkolom vervaardigd uit corrosievast staal met als minimumkwaliteit X2CrNiMo17 12 2 volgens NBN EN 10088 1:1995\*.

## 10.4 Slagboomarm

### 10.4.1 Beschrijving

De slagboomarm wordt centraal in de slagboomkolom opgesteld.

De doorsnede van het profiel van de arm is functie van de uitvoeringswijze:

- zware uitvoering:
  - ovale doorsnede van 175 mm hoogte en 100 mm breedte;
  - dikte van de buitenmantel  $\geq 3$  mm;
  - dikte van de versterkingsribben  $\geq 2$  mm;
- lichte uitvoering:
  - ronde doorsnede met als mogelijke diameters: 100, 90 of 84 mm;
  - dikte van de buitenmantel  $\geq 3$  mm;
  - afhankelijk van de armlengte wordt gebruik gemaakt van in elkaar schuivende gladde cilinders met voormelde diameters en voorzien van een spankraag.

Tenzij anders bepaald in de aanbestedende documenten, wordt steeds de zware uitvoering geleverd.

De slagboomarm is wit gepoedercoatet. Beide zijden van de arm worden over hun volledige lengte voorzien van een continue reflecterende kleefband met afwisselend rode en witte banden van 250 mm lengte en een hoogte van minimum 60 mm. In het midden van de slagboomarm wordt een retroreflecterend verkeersteken C3 type 400 bevestigd.

Aan de zijde die van de brug weg gericht is, is de slagboomarm over zijn volledige lengte uitgerust met een modulaire slagboomverlichting met rode LED's.

In gesloten stand bedraagt de opening tussen twee in elkanders verlengde opgestelde slagboomarmen maximum 100 mm. Het topeinde van iedere arm is afgesloten.

De doorbuiging van de arm onder invloed van het eigen gewicht en het gewicht van zijn uitrusting, gemeten op het einde van de arm, is kleiner dan 1 % van zijn lengte. Het gebruik van spankabels is enkel toegelaten voor slagboomarmen met een lengte van meer dan 8 m.

Door middel van corrosievaste stalen bouten A4 70 en bronzen moeren wordt de slagboomarm gemonteerd in een gaffel bevestigd op de rotatieas.

#### **10.4.2 Materialen**

De slagboomarm wordt vervaardigd uit een continu geëxtrudeerd aluminiumprofiel AlMg0,7Si (aluminiumlegering EN AW 6063 volgens NBN EN 755 2:1997\*).

### **10.5 Slagboomverlichting**

---

#### **10.5.1 Beschrijving**

De modulaire slagboomverlichting wordt gerealiseerd door middel van LED-modules geplaatst om de 500 mm in het midden van iedere rode band. Deze LED-modules worden zodanig op de slagboomarmen bevestigd dat zij hiermee een nauwsluitend geheel vormen. Uitstekende en scherpe randen zijn niet toegestaan.

De slagboomverlichting licht knipperend op (met een knipperfrequentie van 1 Hz), van zodra de slagboomarm zijn verticale stand verlaat (= begin sluiten slagboom) en blijft knipperend branden totdat de slagboomarm weer verticaal staat (= einde openen slagboom).

De elektrische voedingskabels voor de verlichting zijn in de slagboomarm ondergebracht.

De voorschakelapparatuur voor de LED-modules, het knipperelement en de beveiligingsschakelaar bevinden zich in een kastje geplaatst in de voet van de slagboomkolom. Dit kastje heeft als minimale beschermingsgraad IP 67 volgens NBN EN 60598 1:1993\* en als minimale schokweerstand IK07 volgens NBN EN 50102:1995\*.

Kenmerken van de LED-modules:

- gedrukte schakeling voor diodes;
- stralingshoek van de LED's: 30 °;
- kleur: rood volgens DIN 6163-5: 2002\*. De colorimetrische voorschriften gelden voor de volledig uitgeruste module;
- lichtsterkte  $I_0$ : volgens de optische as:  $I_0 \geq 40$  cd (dagregime en module uitgerust met lens). De lichtsterkte is instelbaar: dag/nachtregime waarbij  $I_{nacht} = 10 \% I_{dag}$ ;
- maximale voedingsspanning: 24 VDC;
- minimale beschermingsgraad: IP 65;
- minimale schokweerstand: IK08;
- behuizing uit geanodiseerd of gepoedercoatet aluminium of uit kunststof;
- lens met diffuse werking, vervaardigd uit slagvaste kunststof (polycarbonaat of gegoten acrylaat) en behandeld tegen de inwerking van UV licht;
- oppervlak van het lichtdoorlatend gedeelte van de lens:
  - ofwel cirkelvormig met als minimale diameter 50 mm;
  - ofwel rechthoekig met als minimale afmetingen: 80 x 20 mm;
- omgevingstemperaturen: - 20 °C tot + 40 °C.

## 10.6 Elektrische uitrusting

---

### 10.6.1 Beschrijving

Binnen de slagboomkolom worden de voedingskabels aangesloten op een klemmenkastje met als minimale beschermingsgraad IP 67 volgens NBN EN 60598 1:1993\* en met als minimale schokweerstand IK07 volgens NBN EN 50102:1995\*.

De gebruikte wartels zijn vervaardigd uit gechromeerde messing.

De driefasige elektrische motor bezit een beschermingsgraad van minimum IP 55.

De elektrische schakelaars hebben een beschermingsgraad IP 67.

In de slagboomkolom wordt een veiligheidsschakelaar voorzien die de voedingsspanning kan onderbreken. De beschermingsgraad van deze schakelaar bedraagt ten minste IP 55.

Alle schakelaars worden zo opgesteld dat ze steeds op een veilige en gemakkelijke wijze toegankelijk zijn voor inspectie, regeling en onderhoud.

### 10.7 Reservemateriaal

---

Per installatie (kunstwerk) wordt één volledig uitgeruste reservearm geleverd. De lengte van de reservearm is gelijk aan deze van de langste arm van de installatie.

#### **Hoofdstuk 41 werd opgemaakt door Werkgroep 01**

*voorzitter*

Luc Cypers

*secretaris*

Karen De Winne

*leden van de werkgroep*

Kris Avaux, Hans Duprez, Kris Janssens, Christian Vanryckeghem

## COLOFON

Verantwoordelijke uitgever:  
ir. Tom Roelants  
administrateur-generaal

Contactadres:  
Afdeling Expertise Verkeer en Telematica  
Koning Albert II-laan 20, bus 4  
1000 BRUSSEL  
Tel. 02-553 78 01 – Fax. 02-553 78 05

Depotnummer:  
D/2011/3241/002

