Industriële Wetenschappen

“De brouwinstallatie”

Mentoren

D. Vansteenlandt
K. Werbrouck
K. Geeraert
D. Goethals
T. Vandenbulcke

Leerlingen

Janne Claerhout
Maxim Deleu
Katrijn Goethals
Arthur Huys
Simon Knockaert
Lobke Lowie
Wout Schoonbaert
Joran Van Belle
Seppe Vandaele
Robin Van Tieghem
Andries Versyck

DOSSIER GEINTEGREERDE PROEF 2018-2019

VRIJ TECHNISCHE INSTITUUT St. Aloysius| Papebrugstraat 8A | 8820 TORHOUT

e-mail: vti@sint-rembert.be | website: http://www.sint-rembert.be/vti

Voorwoord

Wij, leerlingen van de derde graad Industriële Wetenschappen, kregen vorig jaar de opdracht een geïntegreerde proef (GIP) te realiseren. Vol spanning keken we uit naar een mogelijk onderwerp. In het begin van dit schooljaar lagen er een aantal opties op tafel zoals een spectrometer, een drone, een koelinstallatie, maar ook een harmonische slinger, een rimpeltank en de brouwinstallatie behoorden tot de mogelijkheden. Na heel wat overwegingen besloten we om met de volledige klas, dus elf leerlingen, samen aan de brouwinstallatie verder te werken.

De basis voor deze brouwinstallatie werd vorig jaar al gelegd door de leerlingen van de toenmalige klas 614. Al onze aanpassingen, onderzoeken, labo's… hebben we gebundeld in dit GIP-boek. Het vele schrijfwerk ging de ene keer al wat vlotter dan de andere keer, maar was een leerrijke ervaring.

Dit alles konden we niet realiseren zonder de hulp van de leerkrachten die meerdere lessen en tijd aan de begeleiding en coördinatie hebben besteed. Ook de bedrijven die met veel enthousiasme hun kennis en ervaring aan ons doorgaven, zijn we dankbaar: CoEnCo, Packo, 't Hoppecruyt en de Universiteit Gent.

We willen al deze mensen dan ook uitdrukkelijk bedanken voor al de wijsheid en de vele motiverende woorden die ons hebben geholpen dit project tot een goed einde te brengen.

Inhoudstafel

Voorwoord 2
1. Inleiding 8
2. Voorstudie 9
2.1 Brainstormen 9
2.2 Het brouwproces 10
2.3 Studie van het leidingnet 12
2.3.1 Brouwproces toegepast op onze installatie 12
2.3.2 3D-tekening van het leidingnet 13
2.4 Bedrijfsbezoeken 14
2.4.1 Brouwerij 'Den Buiten' 14
2.4.2 CoEnCo 15
2.4.3 Packo Pumps 19
3. Mechanische studie 23
3.1 Keramisch verwarmingselement kookketel 23
3.1.1 Berekening 24
3.1.2 Streefdoel 24
3.2 Pomp - motor 25
3.2.1 Centrifugaalpompen 25
3.2.2 Motor van de roerder 26
3.3 Whirlpoolsysteem 27
3.4 Schroottoestel 28
3.4.1 Inleiding 28
3.4.2 Mechaniseren draaibeweging 28
3.4.3 Groter trechtervolume 29
3.4.4 Besluit 29
3.5 Filterbed 31
3.6 Solid Edge 31
3.7 Koeling en verwarming 32
3.7.1 Inleiding 32
3.7.2 Platenkoeler 33
3.7.3 Buizenkoeler 34
3.8 Buffervat 35

3.8.1 Inleiding ... 35
3.8.2 Keuze buffervat ... 35
3.8.3 Deksel ... 35
3.8.4 Vermogensweerstanden ... 36
3.8.5 Besluit ... 36
4. Pneumatica ... 37
4.1 Inleiding ... 37
4.2 Voor- en nadelen van perslucht ... 37
4.2.1 Voordelen ... 37
4.2.2 Nadelen ... 37
4.3 Persluchtproductie ... 37
4.3.1 Zuigercompressor ... 37
4.3.2 Diafragmacompressor of membraancompressor ... 38
4.3.3 Scrollcompressor ... 38
4.3.4 Schroefcompressor ... 38
4.3.5 Schoepencompressor ... 39
4.3.6 Rootscompressor ... 39
4.4 Persluchtverzorging: ... 39
4.4.1 De luchtfilter ... 39
4.4.2 Het reduceerventiel /drukregelventiel ... 40
4.4.3 Olievernevelaar ... 40
4.5 Druk meten ... 41
4.5.1 Metaalmanometer of bourdonmanometer ... 41
4.5.2 Membraanmanometer ... 41
4.5.3 Drukmeter met capsule-elementen ... 42
4.6 Ventielen ... 42
4.6.1 Symbolen van ventielen ... 42
4.6.2 Bi- of monostabiel ... 43
4.6.3 Normaal gesloten of normaal open ... 43
4.6.4 Ventielen in ons project ... 44
4.7 Kracht geleverd door de perslucht ... 45
5. Elektrische studie ... 46
5.1 Elektrische componenten van de brouwinstallatie ... 46
5.2 Netstructuur ... 47

5.2.1 Algemeen ... 47
5.2.2 TT-net ... 47
5.2.3 IT-net ... 48
5.2.4 TN-net ... 48
5.3 Beveiligingen ... 49
5.4 Elektrische componenten ... 51
5.4.1 Solid state relay ... 51
5.4.2 Vermogencontactor ... 52
5.4.3 Installatieautomaat ... 53
5.4.4 Smeltveiligheid ... 55
5.4.5 Motorbeveiliger ... 56
5.4.6 Frequentieregelaar ... 56
5.5 Overzicht kast ... 59
5.5.1 Voorgeschiedenis ... 59
5.5.2 Indeling ... 60
5.6 E-plan schema stuurkast ... 61
5.6.1 Werking ... 61
5.6.2 Elektrische schema's ... 62
5.6.3 Symbool ... 62
5.6.4 Pneumatisch schema ... 62
6. Elektronische studie ... 63
6.1 Overzicht elektronische componenten van de brouwinstallatie ... 63
6.1.1 Printplaat ... 63
6.2 Elektronische schakeling ... 67
6.2.1 Vermogenkringen ... 67
6.2.2 Aansturing frequentieregelaar ... 69
6.2.3 Digitale ingangen ... 71
6.2.4 Analoge ingangen ... 72
6.3 Sensoren/actuatoren ... 73
6.3.1 Volumemeting ... 73
6.3.2 Temperatuursensoren ... 74
6.3.3 LMT 100-niveausensor ... 75
7. ICT-studie ... 76
7.1 Website GIP6IW.be ... 76

7.1.1 HTML ... 76
7.1.2 JavaScript ... 77
7.1.3 JQuery ... 77
7.1.4 CSS ... 77
7.1.5 SVG ... 78
7.2 Webinterface ... 79
7.2.1 Lay-out programma ... 79
7.2.2 Werking ... 80
8. Wetenschappelijke studie ... 81
8.1 Alcoholpercentage ... 81
8.1.1 Inleiding ... 81
8.1.2 Het alcoholpercentage in alcoholische dranken ... 82
8.1.3 Alcoholgebruik: risico's en wetgeving ... 83
8.1.4 Factoren die het alcoholpercentage beïnvloeden (tijdens het brouwen) ... 85
8.1.5 Bepalen van het alcoholpercentage met een densimeter ... 85
8.1.6 Bepalen van het alcoholpercentage met fotospectrometrie ... 87
8.1.7 Besluit en reflectie ... 91
8.2 Zuurtegraad ... 91
8.2.1 Inleiding ... 91
8.2.2 Chemische benadering van de zuurtegraad ... 91
8.2.3 Zuurtegraad tijdens het maischen en koken ... 92
8.2.4 Meting van de zuurtegraad tijdens het brouwen ... 92
8.2.5 Zuurtegraadmeting op de brouwinstallatie ... 94
8.3 Schuimkraag ... 95
8.3.1 Beschrijving ... 95
8.3.2 Factoren die schuimkraag beïnvloeden ... 95
8.3.3 Schuimkraag bij ons bier ... 98
8.4 Hop ... 101
8.4.1 Inleiding ... 101
8.4.2 Geschiedenis van de hop ... 101
8.4.3 Soorten hop ... 104
8.4.4 Bedrijfsbezoek 't Hoppecruyt ... 105
8.4.5 Hop in het VTI-bier ... 108
8.4.6 Chemie van de hop ... 109

8.5 Kruiden ... 111
8.5.1 Inleiding ... 111
8.5.2 Bezoek heks Epona ... 112
8.5.3 Frequent gebruikte kruiden in bier ... 117
8.5.4 Kruiden in het VTI-bier ... 122
8.6 Gist ... 126
8.6.1 Inleiding ... 126
8.6.2 Metabolisme ... 127
8.6.3 Voortplanting ... 130
8.6.4 Soorten gisten ... 132
8.6.5 Microscopisch onderzoek ... 134
9. Veiligheid ... 137
9.1 Risicoanalyse ... 137
9.1.1 Safety Life Cycle ... 137
9.1.2 De risicoanalyse ... 139
9.1.3 Safety Concept – detailuitwerking ... 150
9.1.4 System implementation (systeem implementatie) and safety validation ... 154
9.1.5 Maintain and improve safety system ... 155
9.2 Reiniging ... 156
9.2.1 Voorstudie ... 156
9.2.2 Verloop van het reinigen ... 156
10. Praktische realisatie ... 159
10.1 Ontwerp van de bierstickers ... 159
10.2 Recepten ... 160
11. Besluit ... 166
12. Brouwjargon ... 167
13. Figuren ... 171

1. Inleiding

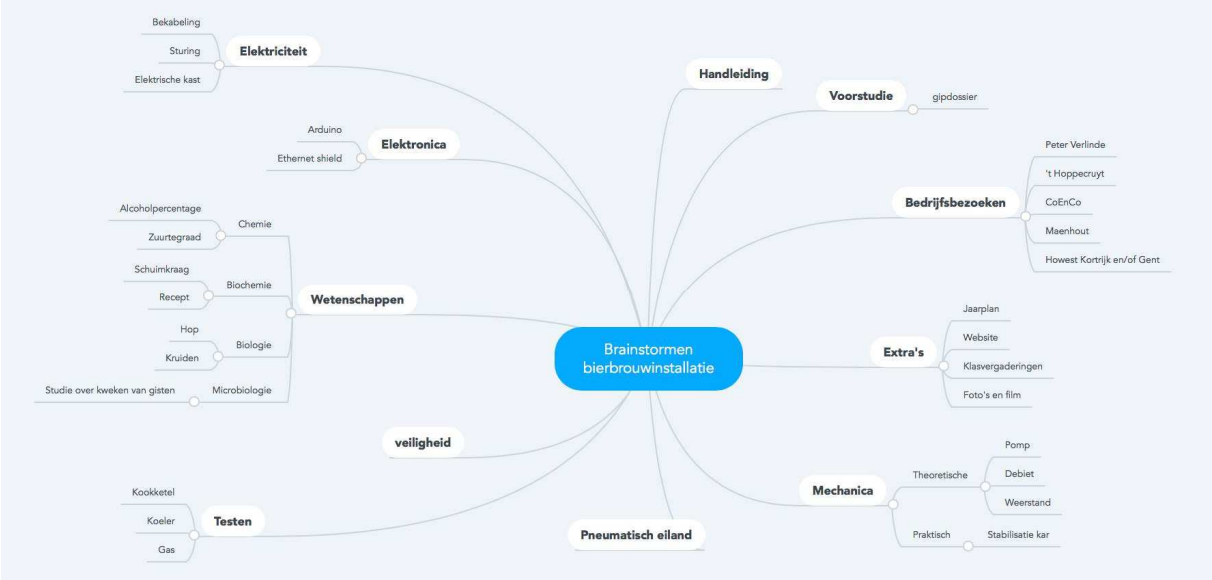
Als geïntegreerde proef wordt verwacht van IW-leerlingen dat ze een installatie kunnen realiseren. In ons geval een brouwinstallatie. De leerlingen die vorig jaar in het 6e jaar Industriële Wetenschappen zaten, waren al begonnen aan de realisatie van de installatie. Aangezien die nog niet voedselveilig was, waren er nog enkele aanpassingen vereist. Onze opdracht luidde dus als volgt: realiseer een voedselveilige brouwinstallatie. Voor onderdelen die voedselveilig zijn, betaal je vaak meer dan voor de niet-voedselveilige variant. We hebben dan ook rekening moeten houden met wat de brouwer, die de installatie financiert, belangrijk vindt en wat niet. De brouwer wil natuurlijk ook zo weinig mogelijk handmatig werken vandaar dat de automatisatie van de installatie ook erg belangrijk is tijdens de realisatie.

Om bier te brouwen is er kennis van het brouwproces vereist, vandaar dat ook onderzoek is gedaan naar de gebruikte ingrediënten. Er zijn twee nieuwe recepten gemaakt en gebrouwen op basis van deze studie. Om een nog verder uitgediepte wetenschappelijk onderbouwde studie te kunnen voorleggen, zijn zaken als de zuurtegraad, het alcoholpercentage en de schuimkraag van ons bier onderzocht. Ons onderzoeksgebied was dus heel breed door de vele aspecten die belangrijk zijn bij het brouwen van bier. Daarnaast hebben we geleerd hoe belangrijk de communicatie is, als je met een klasgroep een product wil afwerken.

2. Voorstudie

2.1 Brainstormen

Wat komt er allemaal kijken bij het afwerken van de installatie? Deze vraag stelden we ons bij het begin van het schooljaar. Samen met onze leraar dhr. Vansteenlandt hielden we een brainstormsessie om deze vraag te beantwoorden. Het resultaat was een schematisch overzicht op het bord.



Figuur 2.1-1: Bordschema

Simon, Katrijn, Robin en Janne zijn verantwoordelijk voor de wetenschappen. De elektronica komt in handen van Arthur en Andries. Wout en Joran verdiepen zich in het elektrische gedeelte. Seppe en Katrijn nemen de veiligheid en de handleiding voor hun rekening. Tot slot staan Lobke, Maxim, Joran, Wout en Seppe in voor het mechanische en pneumatische gedeelte.

Bij het opstellen van dit schema hielden we rekening met de persoonlijke interesses van alle leerlingen. Zo hopen we de inzet en motivatie hoog te houden. We pinnen ons niet vast op deze taakverdeling. Indien nodig springen we bij in een andere groep, ook een transfer naar een andere groep behoort tot de mogelijkheden. Eventueel zal dit schema ook nog aangevuld worden tijdens het schooljaar, wanneer nieuwe aandachtspunten zich opdringen.

2.2 Het brouwproces

Dit proces wordt geautomatiseerd, dus is het wel belangrijk dat we een overzicht maken van al de stappen in het brouwproces, zonder er al te gedetailleerd op in te gaan.

Vooraleer te beginnen aan de verdere bouw van de brouwinstallatie was het voor ons nodig om ook het brouwproces stap voor stap te bestuderen. We deden daarom wat opzoekingswerk en trokken naar de heer Verlinde in Kortemark. Daar hebben we zelf bier gebrouwen en dus heeft het bierbrouwproces geen geheimen meer voor ons.

Mouten

De eerste stap in het brouwproces is het mouten. Voor onze brouwinstallatie is deze stap niet van belang.

Tijdens het mouten worden graankorrels in water geweekt waardoor ze kiemen. Dit is een belangrijke stap voor het bier, want tijdens het kiemproces ontstaan er enzymen, die later het zetmeel omzetten in suikers. Deze gekiemde korrels worden mout genoemd.

Figuur 2.2-1: Het mout wordt afgewogen.

Schroten

Het schroten is het breken van het gedroogde mout. De inhoud van de korrel moet voldoende gebroken worden zodat het zetmeel later in het bierproces een goed contact heeft met het water (zodat de suikers omgezet kunnen worden). Het kaf (omhulsel van de korrel) moet zo intact mogelijk blijven, want dat is nodig om te filteren.

Figuur 2.2-2: Het mout wordt geschroot.

Maischen

Het maischen is het geschrote mout samenvoegen met water. Dit mengsel wordt op verschillende temperaturen (54°C, 64°C, 74°C, afhankelijk van het recept) opgewarmd en een periode op die specifieke temperatuur gehouden. De lengte van de periode beïnvloedt de smaak van het bier.

Het beslag moet geroerd worden zodat de temperatuur overal dezelfde blijft. Er mag niet te hard geroerd worden, zodat het filterbed niet stuk gaat.

Figuur 2.2-3: De temperatuur wordt gemeten tijdens het maischen.

Klaren

De vierde stap is het klaren. Na het maischen blijft er een vloeistof over. Deze vloeistof wordt wort genoemd en in het wort drijven er nog vaste bestanddelen rond. Deze bestanddelen hebben we niet meer nodig en worden eruit gefilterd.

Koken

Na het klaren moet er gekookt worden. Het wort wordt gekookt en tijdens het kookproces worden er kruiden en hop toegevoegd op verschillende tijdstippen.

Het koken heeft drie belangrijke functies:

- de werking van de enzymen stopzetten;
- het isomeren van de toegevoegde hop;
- het steriliseren van het water.

Figuur 2.2-4: De kruiden en de hop worden toegevoegd tijdens het kookproces.

Koelen

Na het koken moet het wort worden afgekoeld.

Het koelen moet heel snel gebeuren, want na het verlaten van het kookpunt is het wort heel gevoelig voor infecties en moeten alle voorwerpen die daarna in contact komen met het wort, steriel zijn.

Figuur 2.2-5: Het koelproces

Gisten

De laatste stap is het gisten.

Na het koelen worden gist en lucht toegevoegd, want gistcellen hebben zuurstof nodig.

Figuur 2.2-6: De gist wordt afgewogen.

2.3 Studie van het leidingnet

2.3.1 Brouwproces toegepast op onze installatie

Tijdens de eerste stap sturen we water van het net naar het buffervat tot de bovengrens en laten we het opwarmen tot 80°C. Daarna sturen we 60 l (de helft van de maischhoeveelheid) van het buffervat naar de kookketel. Dit gebeurt niet rechtstreeks van het net naar de kookketel omdat er in dat geval nog een extra leiding nodig is. In een volgende stap sturen we water van het net met een temperatuur van ongeveer 15°C naar de kookketel zodanig dat de totale temperatuur in de kookketel 52 °C is. We stabiliseren die temperatuur met keramische bandelementen.

Ondertussen wordt het buffervat opnieuw gevuld tot de bovengrens en verwarmd tot 80 °C (voor opwarming van het wort in de maischketel tijdens het maischen).

Bij de start van het maischproces wordt de hoeveelheid van de kookketel overgepompt naar de maischketel. De temperatuur van 52 °C stabiliseren we via de buizenwarmtewisselaar door warmte-uitwisseling met het warme water vanuit het buffervat.

Op het moment dat die temperatuur bereikt is en dat de ketel gevuld is, voegen we het mout toe. Dit mengsel laten we een kwartiertje staan. We roeren af en toe voorzichtig en zeker niet te hard. Het filterbed mag immers niet beschadigd worden want dit zullen we nog nodig hebben in een later proces.

Hierna start het tweede deel van het maischproces. Het beslag wordt opgewarmd tot 64 °C door middel van de warmtewisselaar. Het zetmeel wordt omgezet in vergistbare suikers; dit zorgt voor de alcohol in het bier. Dit proces duurt ongeveer 50 minuten.

Daarna wordt het beslag opgewarmd tot 72 °C door middel van de warmtewisselaar. Het zetmeel wordt nu omgezet in onvergistbare suikers. Dit duurt ongeveer 20 minuten.

Vervolgens wordt het wort vanuit de maischketel overgepompt naar de kookketel. Het wort zal daar dan koken. We moeten opletten dat het filterbed van de maischketel niet droog komt te staan tijdens het overpompen naar de kookketel. Dit voorkomen we door warm water van het buffervat in de maischketel te laten lopen (naspoelen) tot de kookketel vol zit. Het koken van het wort kan nu van start gaan.

Na 75 minuten koken moet het wort afgekoeld worden. Daarna zullen we ‘whirlpolen’ in de kookketel aan de hand van een gesloten circuit. We pompen het wort snel rond in dit circuit waardoor er een draaikolk ontstaat. We zetten de circulatie stop waardoor de grove brokken in het wort in het midden van de ketel blijven. Het wort kan dan afgetapt worden via een hogergelegen leiding in de kookketel. Dit whirlpolen zorgt er ook voor dat de filter niet verstopt raakt tijdens het koelen.

2.3.2 3D-tekening van het leidingnet

We hebben beslist om het hele leidingnet in het programma Solid Edge te tekenen. Dit is een tekenprogramma om 2D- en 3D-tekeningen te maken.

We hadden al een voorlopig ontwerp van het leidingnet op de computer, maar dit kwam niet exact overeen met het werkelijke leidingnet van de bierinstallatie. Daarom willen we een overzicht van het werkelijke leidingnet zodat dit de heer Verlinde kan helpen als er een defect is. Deze tekeningen zullen aan de handleiding van de bierinstallatie toegevoegd worden.

We zullen niet het volledige leidingnet in één tekening tekenen, maar delen het op in verschillende tekeningen. Zo houden we het overzichtelijk. De indeling gebeurt op basis van de verschillende stappen in het brouwproces.

De complexe componenten (zoals de kleppen, de pompen en de motor) hebben we niet zelf getekend, maar die tekeningen haalden we van het internet. De andere onderdelen werden daarentegen wel zelf getekend.

Om de tekeningen realistisch te maken, hebben we gebruik gemaakt van 'rendering' in het programma Solid Edge. Hierbij kun je de componenten in je tekening een kleur geven, zoals te zien is op onderstaande afbeelding. De tekening sluit zo dichter aan bij de realiteit.

Figuur 2.3-1: Een stap uit het brouwproces in Solid Edge zonder rendering.

Figuur 2.3-2: Een stap uit het brouwproces in Solid Edge met rendering.

2.4 Bedrijfsbezoeken

2.4.1 Brouwerij 'Den Buiten'

Op 14 september zijn wij met de klas vertrokken richting Kortemark. Hier werden we opgewacht door de heer Peter Verlinde om samen met hem wat verder te sleutelen aan het recept van ons VTI-bier. Op deze manier konden we ook voor een eerste keer het brouwproces van dichtbij meemaken. We hoopten ook een antwoord te vinden op volgende vragen.

- Hoe zit het brouwproces precies in elkaar?
- Moet het schroottoestel geautomatiseerd worden?
- Hoe wordt het bier gekoeld?
- Wat kunnen we aanpassen aan het recept om de schuimkraag te stabiliseren?

Hoe het brouwproces precies in elkaar zit, hebben we zelf mooi kunnen ondervinden, omdat we alle stappen van het schroten tot het afkoelen zelf hebben uitgevoerd. Door zo te werken hebben we meer inzicht gekregen in het brouwen.

De eerste stap is het afwegen van de verschillende soorten granen die geschroot moeten worden. Meteen het moment om na te gaan of het schroottoestel geautomatiseerd moet worden. De brouwer wil graag een grotere voorraadplaats voor de granen. Hij staat er ook op dat hij niet zelf aan de hendel moet draaien. We denken eraan om een stuk te laten maken dat in de oorspronkelijke voorraadplaats kan geschoven worden en om a.d.h.v. een boormachine ervoor te zorgen dat de brouwer zelf niet meer aan de hendel moet draaien.

Na het schroten volgt het maischproces. We vullen twee grote ketels met brouwwater en de juiste hoeveelheid graan voor ons recept. Wij hebben besloten om de eerste fase van het maischen in te korten van 20 minuten naar 15 minuten, dit voor de stabilisatie van de schuimkraag. Op deze manier houden we minder aminozuren over op het einde van het proces.

Figuur 2.4-1: Het brouwproces: schroten, maischen, koken en koelen.

Daarna is het tijd voor het kookproces. Aan het einde van dit proces voegen we de nodige hop en kruiden toe in zakjes zodat ze er gemakkelijk uit te halen zijn.

Voor we het wort koelen, laten we het in een ketel met filterbed lopen. Hierna kan het koelen met behulp van de warmtewisselaar beginnen. Het warme wort passeert langs het filterbed en gaat via een trechter naar de warmtewisselaar. Die is verbonden met koud water uit de kraan. Het water warmt op door het wort en het wort koelt af.

Als het wort door de warmtewisselaar is gepasseerd, komt het in een gistvat met waterslot terecht. In het gistvat gieten we ook de gist zodat het wort kan gisten.

Wat de stabilisatie van de schuimkraag betreft, hebben we niet alleen de eerste fase van het maischproces ingekort. We hebben ook de hoeveelheid gerstevlokken verhoogd van 150 naar 200 gram.

2.4.2 CoEnCo

Op maandag 22 oktober hebben wij een bezoek gebracht aan CoEnCo. Daar hebben wij veel informatie gekregen over brouwinstallaties. We kregen een interessante rondleiding in het bedrijf.

Eerst toonden ze ons de kleine installaties en daarna de grotere. Ze hebben getoond hoe hun brouwinstallaties opgebouwd zijn en ons heel wat tips gegeven over hoe wij onze brouwinstallatie nog kunnen verbeteren. Hierbij zijn heel wat onderwerpen aan bod gekomen.

Verwarmen kookketel

Ons plan was om de kookketel te verwarmen aan de hand van stralingswarmte, het principe van een kachel. Dit raadde CoEnCo af, omdat 120 liter zo niet snel genoeg opgewarmd kan worden. In CoEnCo gebeurt het verwarmen vooral elektrisch, maar elektrisch verwarmen vraagt heel veel energie. Daarom zouden ze in de toekomst graag alles verwarmen met gas.

Figuur 2.4-2: Een industriële mantelweerstand

Sommige installaties verwarmen ze met een industriële mantelweerstand en dit leek hen ook een goede oplossing voor onze installatie. De mantel zorgt voor contactwarmte en dit zorgt ervoor dat het wort sneller kookt. Wij vreesden echter voor karamellisatie bij contactwarmte. Dit kan volgens CoEnCo vermeden worden door in de kookketel te roeren. Maar daarvoor zouden we een extra motor nodig hebben, die dan ook nog aangestuurd zou moeten worden. Daarom kiezen we voor circulerend water dat er ook voor zorgt dat er geen karamellisatie optreedt.

De boiler

In onze boiler ontdekten we roest en we vroegen ons af of dit voor problemen kon zorgen. Volgens CoEnCo is dat geen probleem als het bier niet in contact komt met het water. Maar in onze installatie komt het water wel in contact met het bier. Wij zijn dus op zoek gegaan naar een nieuwe boiler die roestvrij is. We vervingen onze boiler door een buffervat. We vullen het buffervat met een volume water. Dit volume wordt verwarmd tot het een bepaalde temperatuur bereikt en wordt dan naar een ketel verpompt waar het verder verwarmd wordt.

Het grote verschil tussen onze boiler en het buffervat is het vermogen. Het buffervat wordt verwarmd met dezelfde weerstanden die in de boiler zaten, maar er komen nog een aantal weerstanden bij.

Volumemeting

Bij de meeste installaties voeren ze geen volumemeting uit. Alleen bij hele dure installaties werken ze met druksensoren die het volume bepalen en deze kosten € 500 per stuk. Wij werken wel met een volumemeting en voeren deze uit in de kook- en de maischketel.

Debietmeting

Wij waren van plan om te werken met debietmetingen. Al snel zijn we hiervan afgestapt en hebben we besloten om alles te meten via volumemetingen.

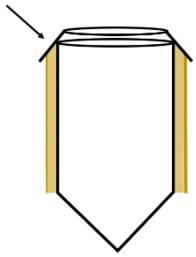
Koelen

Het koelen gebeurt in de installaties van CoEnCo door middel van een platenkoeler. Dit zullen wij ook doen, maar het verschil met CoEnCo is dat zij soms werken met ijswater. Dit zullen wij niet doen, omdat onze platenkoeler voldoende groot zal zijn.

Isoleren van de installatie

Bij grotere installaties worden in CoEnCo de ketels en buizen geïsoleerd. Dit doen zij met rotswol en polyurethaan. Wij zullen dit bij onze installatie zeker moeten doen om zo weinig mogelijk warmte te verliezen.

Bij het isoleren van de kookketel moeten we opletten dat het wort niet in de isolatie loopt als het wort zou overkoken. Daarom zullen we met een soort dakje werken dat bovenop de isolatie bevestigd is. Ook op de andere ketels wordt een dergelijke kraag uit veiligheidsoverwegingen aangebracht.



Figuur 2.4-3: Voorstelling van isolatie aan kookketel

Temperatuurmeting

Om een temperatuurmeting uit te voeren, hebben ze een buisje gemaakt in de kookketel om daarin een temperatuursensor te plaatsen.

Als ze de temperatuursensoren in het buisje brengen, spuiten ze er warmtegeleidende gel in om zeker te zijn dat er contact wordt gemaakt met de wand van het buisje. Dit gebeurt met een thermisch goed geleidende pasta. Deze techniek gebruiken wij ook bij onze installatie.

Wij zullen niet alleen een temperatuurmeting in de kookketel uitvoeren, maar ook in de maischketel en in het buffervat.

Figuur 2.4-4: Temperatuursensor

Reinigen van de installatie

De ketels in hun installaties beschikken over CIP-bollen (Cleaning in Place). Dit zijn bollen die zo ontworpen zijn dat de volledige ketel gereinigd wordt wanneer er water of reinigingsmiddel doorloopt. Het hele oppervlak wordt besproeid door middel van doelgerichte insnijdingen in deze bol.

Zij reinigen eerst met water (loog), daarna met melkzuur of fosforzuur (zuur) en dan met een desinfectans. Als er niet gebrouwd wordt, laten ze de installatie volledig uitdrogen. Als ze opnieuw willen brouwen, moeten ze eerst voorspoelen met desinfectans.

Figuur 2.4-5: CIP-bol

Ter info

- **Soorten brouwers**
  We kunnen twee soorten brouwers onderscheiden. Er zijn brouwers die als hobby brouwen en deze brouwen op één specifieke temperatuur. Daarnaast zijn er professionele brouwers en deze brouwen op verschillende temperaturen.

- **Temperaturen**
  De temperaturen zijn heel belangrijk: de maximale afwijking die je mag hebben, is 2°C.

- **Kostprijs**
  Voor een installatie van 60 liter bij CoEnCo is de kostprijs € 20 000. Hierbij wordt alleen de temperatuur ingelezen en zijn alle kleppen handmatig.

- **Controle**
  Tijdens het recirculeren kan je werken met een doorzichtige buis en kan je zien hoe helder het bier is. Dit was een goede tip van CoEnCo.

- **Wielen**
  De wielen die op onze installatie gemonteerd zijn, zijn zwenkbare wielen. Deze zijn gevoelig voor slijtage. Aangezien onze installatie alleen zal verplaatst worden als deze leeg is, zal de druk op de wielen veel kleiner zijn.

- **pH-meter**
  In de installaties van CoEnCo zijn de pH-meters ingebouwd. Bij ons zijn deze niet ingebouwd en de heer Verlinden zal zelf de zuurtegraad meten.

- **Densiteitsmeting**
  Bij de installatie die we te zien kregen (60 liter), was er een opstelling voorzien om een densiteitsmeting uit te voeren. Hiervoor moet het wort gekoeld worden tot op 20 °C om dan de meting uit te voeren. Deze proef hebben wij ook uitgevoerd op ons VTI-bier.

- **Kooktemperatuur**
  Tijdens het koken is de kooktemperatuur moeilijk te bepalen, omdat dit afhangt van de atmosferische druk en de druk in de leidingen. Daarom doen ze dit niet bij CoEnCo.

- **Roerder in maischketel**
  Bij de installatie van 60 liter in CoEnCo werken ze met Italiaanse motoren van 70 W. Ze gebruiken een gigantische reductie om een heel laag toerental te bereiken zonder dat ze moeten tussenkomen om het koppel van de motor op een lagere spanning te zetten.

- **Het roeren in maischketel**
  We moeten ervoor zorgen dat de temperatuur in de maischketel overal gelijk blijft. Daarom roeren we in de maischketel. Het roeren vraagt een groot koppel omdat het natuurlijke filterbed dat zich vormt, de stevigheid van een spons heeft en dus heel moeilijk geroerd kan worden.

- **Gisten**
  De gistcellen hebben lucht nodig en daarom wordt er, voordat het bier naar het gistvat verpompt wordt, lucht aan toegevoegd. Die lucht is gefilterd, steriel en wordt in heel fijne belletjes aan het wort toegevoegd.

- **Motor te warm**
  Als de motor die op de maischketel staat, te traag draait, is het mogelijk dat de motor te warm wordt. In de motor zit er een schoep die voor ventilatie zorgt. We zouden deze schoep kunnen verwijderen en vervangen door een ventilator die op zijn maximaal toerental draait.

- **Pakkingen motor**
  De pakkingen van de pompen gaan twee tot drie jaar mee bij heel intensief gebruik. Daarna moeten ze vernieuwd worden.

- **Kleppen**
  In CoEnCo werken ze bij sommige installaties met bolkranen en niet met schuifkranen, omdat deze het meest hygiënisch zijn. Maar meestal werken ze met kleppen zoals wij.

Figuur 2.4-6: Een schuifkraan

- **Vibraties**
  Volgens CoEnCo zijn de vibraties van de pompen en de motoren verwaarloosbaar. Dus zullen we de installatie niet moeten stabiliseren.

- **Veiligheidsmaatregelen**
  Veiligheidsmaatregelen worden niet vermeld. Zij hebben bij elke installatie een gebruikersboek waarin alle veiligheidsmaatregelen staan.

2.4.3 Packo Pumps

Bedrijfsbezoek Packo

Op donderdag 25 oktober 2018 gingen we op bedrijfsbezoek naar Packo in Diksmuide. We kregen er vooral uitleg over de soorten centrifugaalpompen die er worden geproduceerd en hun werking.

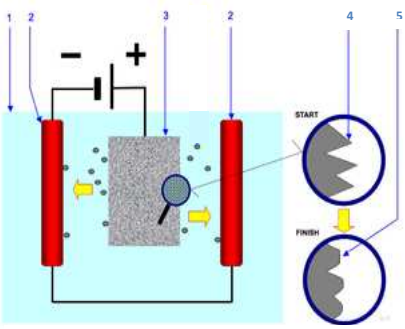
Figuur 2.4-7: Logo en slogan van Packo Diksmuide

Packo heeft het meest uitgebreide gamma aan pompen, maar is daarom niet het grootste pompenbedrijf. Het bedrijf is zo'n 29 800m² groot. Packo is in een straal van 400 km het enige bedrijf dat elektropolijst, een proces waarop we later terugkomen. Er wordt vooral gefocust op pompen die gebruikt worden in de voedingssector. Ze verkopen in één jaar ongeveer twaalfduizend pompen.

Staalbehandelingen

Elektropolijsten

De pompen worden gemaakt van roestvast staal met minstens 18 % chroom en 10 % nikkel. Op het oppervlak van het materiaal vormt zich een beschermende chroomoxidehuid. Om de concentratie chroom en nikkel in de oppervlaktelaag te vergroten tot 10 %, elektropolijsten ze het staal. Dit doen ze door een stroomkring te creëren met als bron 12 volt, niet dodelijk dus. De kathode van de bron is in het elektrolytbad ondergedompeld. Het te elektropolijsten materiaal doet dienst als anode. Er vloeit dus een stroom door het werkstuk. Aan de toppen van de bramen wordt zo ijzer elektrolytisch verwijderd, want er vloeit meer stroom door de toppen dan in de dalen. Dat heeft een bijkomend positief effect dat het oppervlak van het staal veel minder ruw wordt. Er is ook veel meer nikkel en chroom aanwezig aan het oppervlak waardoor de beschermende chroomoxidelaag dikker is. Er bestaat nog een tweede methode om dit te bereiken, galvaniseren, maar deze wordt niet toegepast in Packo omdat galvaniseren minder effectief is dan elektropolijsten.



1: Elektrolytbad
2: Kathode
3: Staal (Anode)
4: Oppervlak voor behandeling
5: Oppervlak na behandeling

Figuur 2.4-8: Principiële tekening over het elektropolijsten

Voordelen elektropolijsten

- sterk verbeterde corrosiebestendigheid;
- grote weerstand tegen aankleven en aanbakken;
- sterk verbeterde reinigbaarheid;
- uiterst hygiënisch en bacterie zuiver oppervlak;
- gladder en dichter oppervlak, lagere ruwheid, ontbraming;
- halvering van de driedimensionale oppervlakte;
- uiterst passief en edel oppervlak;
- na de behandeling is het staal bestand tegen inwerking chloor;
- eliminatie van de lasverkleuring, hoge glans;

- lage stromingsweerstand en goede thermische werking.

Beitsen

Tijdens het behandelen van het staal kunnen onzuiverheden binnendringen waardoor het staal zijn corrosiewerend vermogen verliest. Dit kan opgelost worden door middel van beitsen. Dit is het staal in een bad met beitszuren dompelen. Door de inwerking van deze beitszuren verliezen onzuiverheden, lasverkleuring, ingedrukte ijzerdeeltjes hun hechting met het basismateriaal. Na het beitsen volgt een spoelprocedure met natriumhydroxide.

Afdelingen

Er zijn drie sectoren waarop Packo zich richt. 60 % van de afgewerkte producten is bedoeld voor de voedingssector. Per klant produceert Packo gemiddeld 2 à 3 pompen. Eén derde van deze klanten bestelt een soort pomp die nog nooit eerder is gemaakt. Details maken het verschil: kleur, soort dichting… De krachtigste pompen die te verkrijgen zijn in Packo halen een debiet van 475 l/s en hebben 250 kW aan energie nodig.

Figuur 2.4-9: Grootste Packo pomp ooit gemaakt

Architectuur

- boten/jachten;
- gevelbekleding;
- interieur;
- kunstwerken;
- straatmeubilair;
- zwembaden;
- graffiti;
- vloeren/plinten;
- dampkappen.

Figuur 2.4-10: Kunstzinnige constructie met gelaste buizen

Industrie

- chemie;
- lijm;
- poeders/pigment;
- textiel;
- biofuel.

Figuur 2.4-11: FP3-serie volledig hygiënische pomp van Packo

Voedingssector

- voedingsindustrie;
  - fruitsappen;
  - eieren;
  - aardappels;
  - frieten;
  - groenten;
- roomijs;
- bottelarij;
  - whisky;
  - bier;
  - wijn.

Figuur 2.4-12: Pomp geschikt voor het schadevrij verpompen van groenten

Eigen activiteiten

Er zijn een aantal activiteiten die Packo altijd zelf zal blijven uitvoeren in het bedrijf en niet zal uitbesteden of doorverkopen. De technische kennis over de pompen bijvoorbeeld, zal nooit te koop aangeboden worden. Packo is een van de koplopers op het gebied van voedselhygiëne van hun aangeboden producten. Ook halen ze met hun geproduceerde pompen een van de hoogste rendementen. Packo heeft standaard 35 lassers ter beschikking in het bedrijf. Alle laswerk gebeurt dan ook in het bedrijf. Het slijpen en polijsten gebeurt ook altijd in Packo. Het bedrijf heeft als enige in een straal van 400 km zo'n elektropolijsttoestel. Packo test zelf hun pompen. Daarvoor hebben ze een testcircuit met een maximum van 250 kW en alle mogelijke frequenties en spanningen tot 480 V ter beschikking in het bedrijf.

Theorie pomp

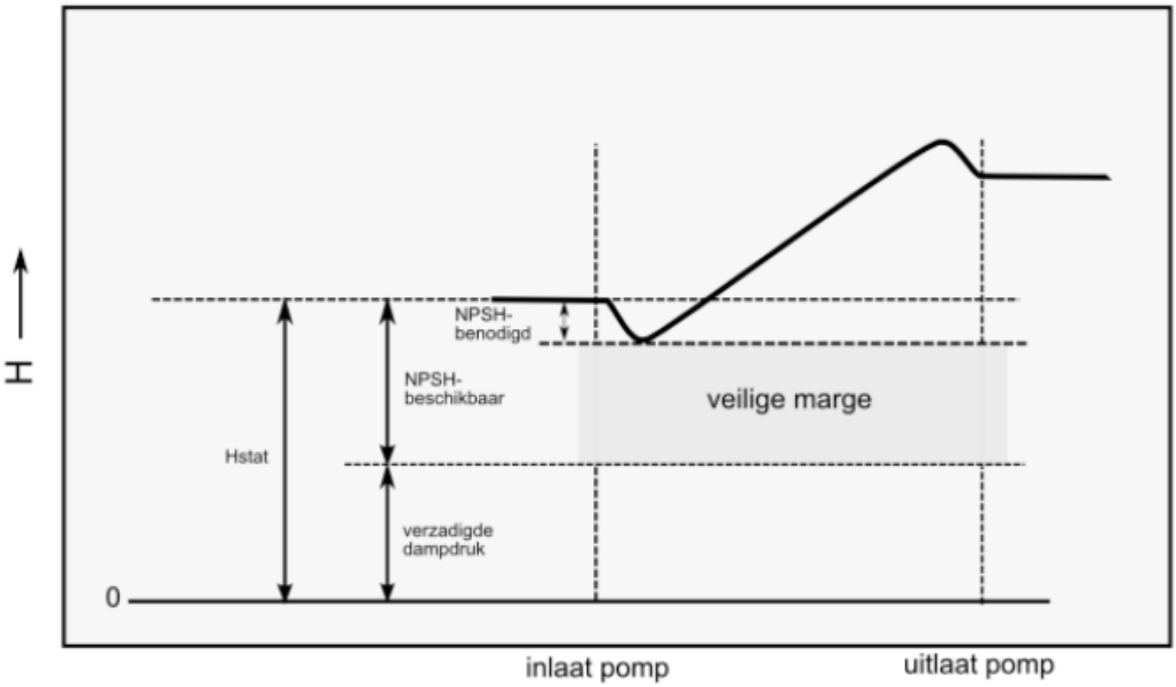
Warmte

Een centrifugaalpomp is gevoelig aan warmte. Bij Packo spreken ze van twee rookmeldingen. De eerste rookmelding wordt weergegeven als het rubber begint te smelten. De tweede rookmelding verschijnt als de motor van de pomp zodanig aan het opwarmen is dat hij verbrandt. De pomp verwarmt vooral als er geen vloeistof meer is om oppervlaktewarmte af te weren. Als er te lang geen vloeistoftoevoer is, gaat de pomp kapot. Bij een gewone werking van de pomp wordt de motor natuurlijk ook warm, maar dit zal de pomp niet vernielen. Als je de pomp laat draaien met afgesloten leidingen treedt de

wet van behoud van energie op en zal dus alle energie omgezet worden in warmte-energie en bestaat de kans wel dat de pomp stuk gaat.

NPSH

NPSH betekent *Net Positive Suction Head*. Je hebt twee soorten: NPSHa of *Net Positive Suction Head available* (beschikbaar) en de NPSHr of *Net Positive Suction Head required* (vereist). Deze wordt vermeld door de fabrikant. De beschikbare NPSH moet altijd groter zijn dan de vereiste NPSH. Indien dit niet het geval is, treedt het fenomeen cavitatie op (zie verder). Daarom neem je best een veilige marge tussen de twee verschillende NPSH's. Je kan de NPSHa groter maken door bijvoorbeeld je pomp lager dan je reservoir aan de inlaatzijde te plaatsen zodat de druk om in de pomp binnen te komen zo groot mogelijk is. Als dit niet meer mogelijk is, kan je de druk toch verhogen door de diameter van de invoerleiding te vergroten.



Figuur 2.4-13: NPS-curve

Cavitatie

Cavitatie is een fenomeen dat plaatsvindt wanneer de NPSHr kleiner is dan de NPSHa. Er ontstaat cavitatie aan de zuigzijde van de pomp wanneer er dampbellen ontstaan in de vloeistof die verpompt wordt. Deze bellen ontstaan wanneer de druk in de vloeistof lager wordt dan de dampdruk. Op deze plaats verdampt de vloeistof en ontstaan er dampbellen. Dit kan problematisch zijn voor de pomp. Een eerste minder ernstig probleem is dat er kleine lokale *impacts* door implosie van dampbellen in hogere drukzone op de waaier komen. Bij ruwe waaiers of waaiers van minder kwaliteitsvol materiaal kan dit schade veroorzaken.

Een tweede nadelig gevolg is dampobstructie. Dit wil zeggen dat er damp in plaats van de vloeistof in de waaier terechtkomt. Door centrifugaalkrachten blijft de vloeistof aan de buitenkant van de waaier en blokkeert een centrale dampbel de te verpompen vloeistof. Daardoor verliest de pomp zijn functie, namelijk het verpompen van de vloeistof. Ook heb je een slechtere koeling van de pomp. Wanneer er zich vloeistof in de waaier bevindt, onttrekt dit de gegenereerde warmte van de pomp.

Druk in een vloeistof

De druk in de vloeistof bestaat uit dynamische druk en statische druk. Dynamische druk is hetzelfde als kinetische energie. De statische druk komt overeen met de gecomprimeerde druk.

3. Mechanische studie

3.1 Keramisch verwarmingselement kookketel

Om de kookketel te kunnen verwarmen was ons eerste idee om dit te doen met een zelfgemaakte kachel, verwarmd met gasbranders. Hierbij zouden we werken met vulkanische kolen, omdat deze snel warmte opnemen en snel die warmte weer afgeven. We merkten dat deze mechanische constructie al vlug heel uitgebreid zou worden. We wisten daarbij nog niet zeker of onze kachel de kookketel snel genoeg zou kunnen opwarmen en of de kookketel naar de gewenste temperatuur zou kunnen gebracht worden. We hebben deze problematiek voorgelegd aan CoEnCo. Zij hebben ons uiteindelijk aangeraden om te werken met een keramisch bandelement.

Zij wisten dat dit sowieso zou werken, want bij veel installaties die zij maken, wordt er ook gebruik gemaakt van een keramisch bandelement. Dus wij hebben dan een dergelijk keramisch bandelement aangekocht. Ook hebben we een berekening gemaakt die aantoont dat het vermogen van één bandelement voldoende is (zie volgende pagina).

Een keramisch bandelement heeft een aantal voordelen: een uitstekende warmteoverdracht, gelijkmatige verdeling van de warmte over het hele oppervlak, minder warmteverlies door extra interne isolatie, eenvoudige montage, gemakkelijk regelbaar en controleerbaar.

Figuur 3.1-1: Keramisch bandelement

3.1.1 Berekening

Gegeven: m = 120 l = 120 kg (massa)

c = 4186 J/kg.K (soortelijke warmte van water)

ΔT = (100 °C – 70 °C) = 30 °C = 30 K (temperatuursverandering)

Gevraagd: Vermogen nodig om van 70 °C naar 100 °C te gaan?

Oplossing: Warmte berekenen die nodig is:

$Q = m \cdot c \cdot (T2 - T1)$

$Q = 120\ kg \cdot 4186\ J/kg.K \cdot 30\ K$

$Q = 15{,}069\ MJ$

3.1.2 Streefdoel

1 °C	→	1 minuut
30 °C	→	30 minuten
15 069 kJ	→	30 minuten
15 069 kJ	→	1800 seconden
8,37 kJ	→	1 seconde

Vermogen = 8,37 kW

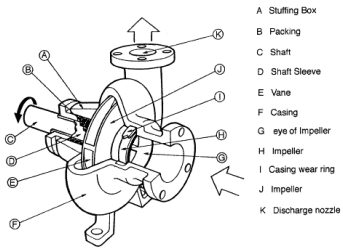
Een keramisch bandelement biedt 9 kW. We kunnen dus besluiten dat we één bandelement nodig hebben.

3.2 Pomp - motor

3.2.1 Centrifugaalpompen

Opbouw

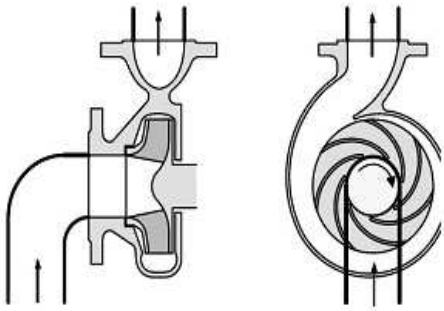
Een centrifugaalpomp bezit twee belangrijke onderdelen: een pomphuis met daarin een waaier. Er zijn ook twee openingen voorzien die de zuigzijde en de perszijde worden genoemd.



Figuur 3.2-1: Opbouw van een centrifugaalpomp

Werking

Wanneer de centrifugaalpomp in werking treedt, verpompt hij de vloeistof door middel van centrifugaalkrachten. Op het pomphuis is er ook een zuig- en perszijde voorzien. Via de zuigzijde komt de vloeistof binnen in het pomphuis en via de perszijde verlaat de vloeistof de pomp. In het pomphuis bevindt zich een waaier die uitgerust is met naar achter gebogen schoepen. Wanneer de waaier begint te roteren, krijgt de vloeistof in de waaier een tangentiële versnelling. Dit zorgt ervoor dat de vloeistof naar buiten gezwierd wordt. Op dit moment wordt de mechanische energie van de waaier omgezet in potentiële en kinetische energie. Het is de bedoeling dat de vorm van de schoepen continu wordt verbeterd zodat het rendement steeds hoger wordt. Ook de opvoerhoogte is hiervan sterk afhankelijk. De potentiële energie komt overeen met de statische drukverhoging en de toename van de snelheid is de kinetische energie. Men wil een zo groot mogelijke potentiële energie, waarbij de kinetische energie een ongewenst bijverschijnsel is. De snelheid waarmee de vloeistof de pomp verlaat, is namelijk te groot om rechtstreeks de persleiding ingestuwd te worden. Er ontstaat een drukverlies door wrijving tussen vloeistof en leiding. Daarom moet er een grotere diameter voor de persleiding gekozen worden. Dit gebeurt al in de diffusor. Hier worden de kanalen geleidelijk aan wijder en wordt de kinetische energie in potentiële energie omgezet. Het pomphuis heeft een slakkenhuisvorm en zet dus de snelheid om in druk door zijn vorm.



Figuur 3.2-2: Werking van een waaierpomp

Voordelen

Een groot voordeel van deze pomp is dat er een continue vloeistofstroom is. Door de eenvoudigere constructie van de pomp en de weinige elektronische onderdelen is de aanschafprijs lager dan deze van andere soorten. Ook is deze geschikt om verontreinigde vloeistoffen te verpompen. Mits wat behandelingen zijn ook corrosieve vloeistoffen mogelijk.

Nadelen

Deze pomp moet altijd van vloeistof voorzien worden vooraleer deze in werking treedt. De pomp is dan ook niet ‘zelfaanzuigend’. Deze pomp gebruikt ook de vloeistof die hij verpompt, als koelmiddel. Als de pomp gevuld is met lucht, zal de pomp dus zijn warmte onvoldoende kunnen afgeven en zullen de dichtingen te warm worden en vervolgens verbranden.

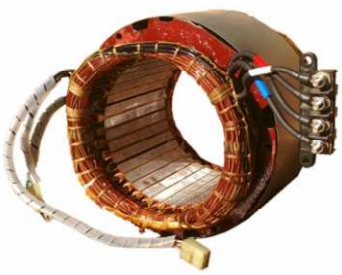
3.2.2 Motor van de roerder

Principe

We besloten om de roerder aan te sturen met een 3-fase asynchrone motor. Deze motor hebben we gekozen omdat het een heel krachtige motor moet zijn. De roerder moet namelijk het filterbed lichtjes losmaken. De roerder mag dus niet snel draaien, anders zou het filterbed volledig verpulverd worden. De motor wordt aangesloten op 3-fasenwisselspanning. We gebruiken in de elektrische kast 3 keer 400V waardoor we de motor in ster moeten schakelen. Een 3-fase asynchrone motor bestaat uit een stator en een rotor.

Stator

De stator van een 3-fase asynchrone motor bestaat uit minimaal drie identieke spoelgroepen. De spoelgroepen, ook wel fasewikkelingen genoemd, worden voorzien van dezelfde wisselspanning, maar met faseverschillen van 120 graden. Door het faseverschil tussen de spoelgroepen bereiken de polenparen beurtelings hun maximale magnetische veld. Doordat de drie wikkelingen om de beurt magnetisch worden, begint de rotor te draaien.



Figuur 3.2-3: Stator

Rotor

De rotor wordt kortsluitanker of kooianker genoemd. Het draaiende gedeelte van de motor bestaat uit een kooi met grote staven (vandaar kooianker) die aan de uiteinden (of rotorankers) kortgesloten zijn door een grote ring (vandaar kortsluitanker). De ruimte tussen de staven is opgevuld met een weekijzerpakket. In de staven lopen heel grote stromen die een, tegen het statorveld in gericht, tegenveld opwekken waardoor de rotor gaat draaien.

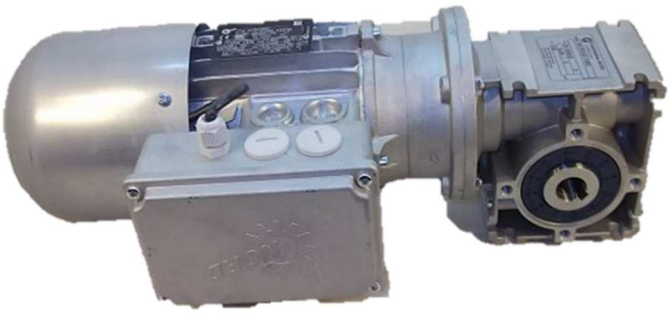
Figuur 3.2-4: Rotor

Slip

Het magnetische veld van de stator draait altijd sneller dan dat van de rotor (vandaar asynchrone elektromotor). Het verschil in snelheid, tussen het magnetische veld in de stator en de rotor, wordt slip genoemd. Door deze slip wordt in de rotor een spanning opgewekt in de rotorankers. Doordat deze ankers kortgesloten zijn, ontstaat er een rotorstroom. De rotorstroom zorgt vervolgens voor een magnetisch veld in tegengestelde richting, ook wel de tegen-EMK genoemd. Samen met het magnetische veld in de stator zorgt het magnetische veld in de rotor voor het koppel dat de elektromotor levert. Meer asbelasting geeft meer slip, meer slip geeft meer rotorstroom, meer rotorstroom geeft meer tegen-EMK en dus meer koppel.

Motor

Er is vorig jaar beslist dat we een NORD SK63L/4 met een reductie gebruiken om de roerder in beweging te zetten. Hierbij wordt ook nog een frequentieregelaar gebruikt om de snelheid te regelen. Aangezien we beschikken over 3 keer 400 V zullen we de fasewikkelingen aansluiten in ster. Bij een sterschakeling zijn de 3-fasewikkelingen op één punt (het sterpunt) aan elkaar gekoppeld. Dit sterpunt wordt nog aangesloten op de nulleider als bescherming.



Figuur 3.2-5: NORD SK63L/4

3.3 Whirlpoolsysteem

In onze installatie maken we gebruik van een whirlpoolsysteem (draaikolk). Deze whirlpool bevindt zich onderaan in de kookketel. De onderkant is conisch waardoor er gemakkelijker een draaikolk kan gecreëerd worden.

Figuur 3.3-1: Binnenkant kookketel met zichtbaar whirlpoolsysteem

Het wort wordt tangentieel langs de zijkant in de whirlpool gepompt, zodat er een middelpuntvliedende kracht ontstaat. Door deze middelpuntvliedende kracht worden de zwaardere deeltjes naar de buitenkant geslingerd. Na stopzetting van deze tangentiële inlaat worden de deeltjes naar het midden van de bodem van de conische ketel geleid. Vervolgens kunnen we het lichtere wort zonder de storende restdeeltjes, langs een opening aan de zijkant van de whirlpool, verwijderen.

Na het verwijderen van het lichtere wort zullen de zwaardere deeltjes zich centraal op de bodem bevinden. Deze deeltjes kunnen we manueel verwijderen tijdens het reinigingsproces, zodat het grootste deel restanten verwijderd is uit de ketel.

Deze extra manuele reiniging doen we om het grootste deel resten, die nog aanwezig zijn in het wort, te verwijderen. Zo voorkomen we filterproblemen of opstoppingsproblemen elders in de installatie.

3.4 Schroottoestel

3.4.1 Inleiding

Begin september trokken we voor de eerste maal naar de brouwerij van de heer Peter Verlinde om ons eigen VTI Torhout-bier te brouwen. We ervaarden toen hoe het brouwproces stap voor stap werd uitgevoerd. Zo kregen we meer inzicht in het proces dat aan een pintje bier voorafgaat. Er was nog veel werk aan de installatie en het is van groot belang dat je weet waar je mee bezig bent.

Figuur 3.4-1: Schroten

In het begin van het brouwproces botsten we op een lastige opgave. Vooraleer het graan in de maischketel kon worden gegoten, moest het worden geschroot. Dat schroten moest met een schroottoestelletje, dat manueel bediend werd, gebeuren. Schroten is het pletten van de graankorrels in fijne stukken waarbij je moet opletten dat het kaf van het graan niet kapot gemaakt wordt, maar enkel gebroken. Deze vormen namelijk een natuurlijk filterbed dat nodig is tijdens het maischen.

De brouwer stelde ons dan ook de vraag of het mogelijk was zijn eigen 'corona'-schroottoestel eenvoudig te motoriseren. Zo zou het in de toekomst, als hij grotere brouwsels zou bereiden, veel gemakkelijker zijn. We lieten hem weten dat dit zeker mogelijk was en brainstormden over een mogelijk ontwerp.

3.4.2 Mechaniseren draaibeweging

We kwamen op het idee om op een zeskant ijzeren staaf draad te voorzien. Die draad zou dan in het oorspronkelijke gat met schroefdraad van het schroottoestel passen. Dit zouden we er dan kunnen indraaien bij eventueel gebruik van een boormachine. De schroefdraad die in het gat oorspronkelijk al aanwezig was, was Amerikaanse schroefdraad met een tophoek van 60 °. Om een as te kunnen maken die we in het schroottoestel willen draaien, hebben we eerst een paar vaardigheden moeten aanleren. Daarvoor gingen we naar het magazijn van onze school waar we een snelcursus 'binnen- en buitendraad afmeten en aflezen van standaardfiches' kregen. Zo ontdekten we dat de draad uit 18 gangen bestond en dit komt dan overeen met 5/16 inch. Met deze afmetingen konden we aan de slag om een technische tekening te maken van de as (zie pagina 29 en het BIJLAGENDOSIER). Op school gingen we dan ook op zoek naar een gepast snijkussen om de draad op de afgedraaide zeskant aan te brengen.

Figuur 3.4-2: Zeskant staaf met schroefdraad

Uiteindelijk hebben we een zeskantige as met een sleutelwijdte van 9, 30 mm afgedraaid en afgewerkt met Amerikaanse schroefdraad van 5/16 inch.

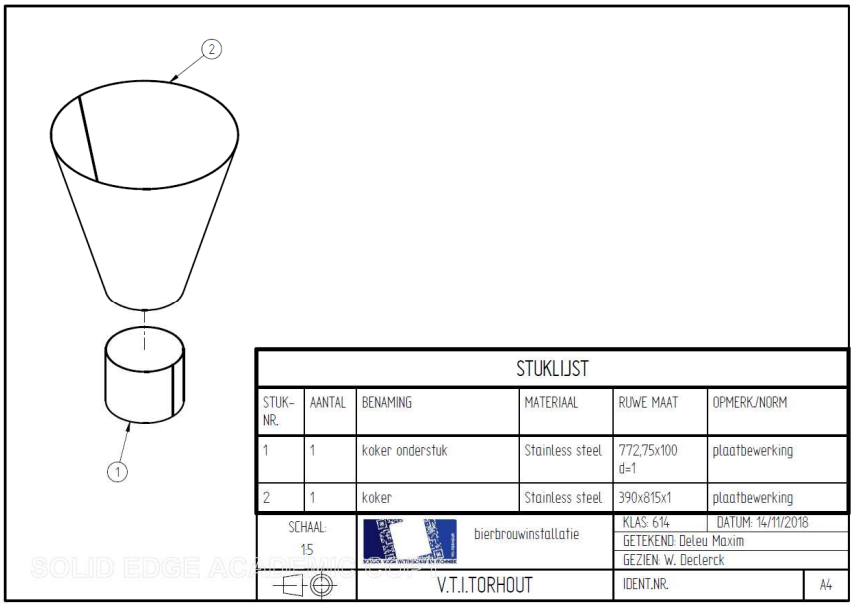
3.4.3 Groter trechtervolume

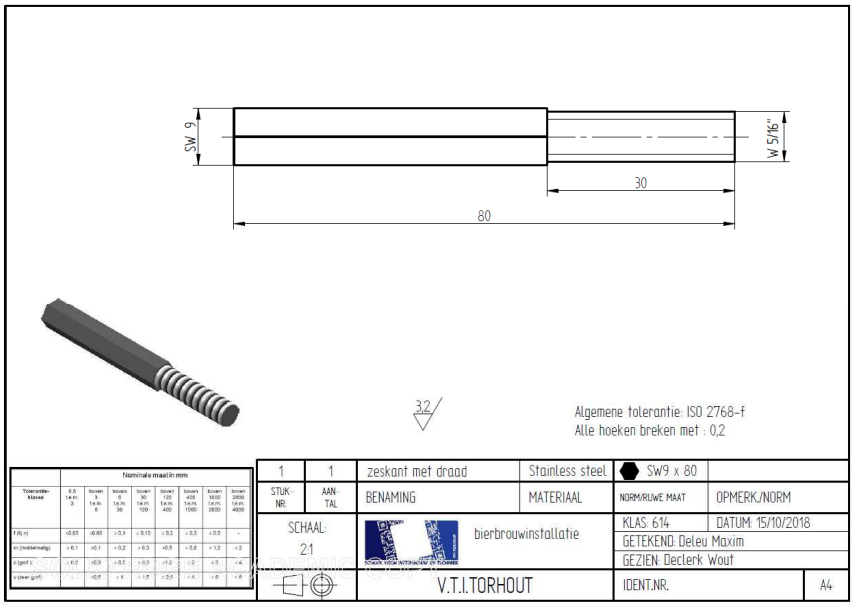
Figuur 3.4-3: Gemotoriseerd schroottoestel

Een ander knelpunt dat het gebruik van het kleine schroottoestel met zich meebracht, was dat er niet voldoende plaats was om het te schroten graan in op te vangen. Dit hebben we kunnen oplossen door een roestvaststalen trechter, die op de oorspronkelijke voorraadbak kon geplaatst worden. De nieuwe trechter tekenden we uit in twee delen, het ene deel bestond uit een rechthoekige plaat die geplooid werd in een ronde van 360 ° en het andere deel was de trechter zelf die we dus ook lieten vervaardigen in de plaatbewerking op school. De twee delen werden rond geplooid, zodat ze vervolgens naar de lasserij konden om gelast te worden. Het lassen van roestvast staal moet gebeuren met tegengas. Op school in de lasserij werd dit gelast met tegengas door leerlingen, het was niet perfect afgewerkt, maar de twee delen werden wel mooi op elkaar gelast. De lastechnieken vind je terug in het GIP-dossier van 2017-2018 en worden dus niet opnieuw uitgelegd.

3.4.4 Besluit

Op vrijdag 18 januari gingen we opnieuw brouwen en dan konden we dus het eenvoudig gemotoriseerde schroottoestel gebruiken. De boormachine met de zeskant werd op de as van het toestel ingeschroefd en vervolgens werd de trechter die we in school vervaardigden ook voor de eerste maal in het toestel geschoven. Alles paste perfect, ook het schroten met deze opstelling lukte prima en ging veel sneller. De conclusie na het schroten met een gemotoriseerd schroottoestel is toch wel dat dit veel gemakkelijker is en ons veel tijd en werk bespaart.

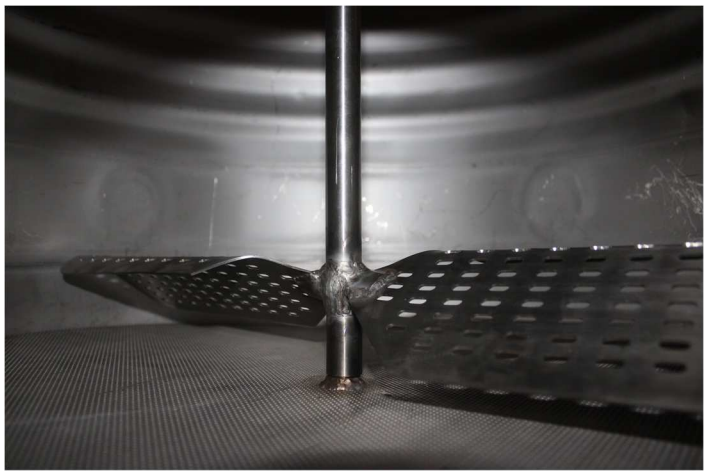




Figuur 3.4-4: Technische tekeningen van de aanpassingen aan het schroottoestel

3.5 Filterbed

Het kaf van de mout die geschroot is, dient als filterbed. Het filterbed houdt de mout ter plaatse en door de continue circulatie halen we er bijgevolg meer smaak- en geurstoffen uit. Want tijdens het maischproces circuleert het wort vanuit de maischketel via de buizenkoeler terug naar de maischketel.



Figuur 3.5-1: Filterrooster met roerder

In het begin van het maischproces dalen de celwanden van de geschrote mout tot op de bodem van de ketel en vormen er een dikke onderlaag. Deze onderlaag dient als filterbed. Dit filterbed bevindt zich op een rooster aan de onderkant van de ketel. Dit rooster bevat verschillende gaten waar het wort kan blijven doorstromen. Het rooster zorgt ervoor dat het filterbed blijft liggen en dat er geen verstopping optreedt.

We moeten er wel voor zorgen dat het filterbed niet dichtslibt, want dan zou het wort niet meer kunnen doorstromen. Vooral bij het overbrengen van het wort van de maischketel naar de kookketel moet men daarop letten. Het dichtslibben kunnen we voorkomen door water toe te voegen aan de bovenkant van de ketel, die noemen we naspoelen. Zo komt het filterbed nooit droog te staan. De temperatuur van het toegevoegde water is ongeveer 80 °C.

Het water mag ook niet met een hoge snelheid de ketel binnenstromen, omdat het filterbed anders volledig dichtgedrukt wordt door de kracht van het water.

3.6 Solid Edge

Om onze brouwinstallatie visueel en digitaal voor te stellen maken we gebruik van Solid Edge. Op deze manier kunnen we onze volledige installatie in een 3D-model weergeven op de computer.

Solid Edge is een professioneel CAD-systeem dat vooral gebruikt wordt om in drie dimensies te modelleren. CAD is het letterwoord voor Computer-Aided Design, vrij vertaald: met behulp van de computer 3D-modellen en tekeningen maken en ontwerpen. Solid Edge is zo'n CAD-programma dat wordt gemaakt door Siemens Industry Software. Het pakket dat wij gebruiken, is de versie voor studenten en beschikt over de nodige software om onze installatie te visualiseren.

In het programma zijn er verschillende omgevingen om in te tekenen. De 'part'-omgeving gebruiken we om onderdelen te modelleren in 3D. 'Sheet metal' wordt gebruikt bij de plaatbewerking. 'Weldment' is een omgeving waar men gemakkelijk kan lassen in 3D. 'Assembly' wordt gebruikt om een volledige machine/installatie te assembleren die uit verschillende 'part' documenten is opgebouwd. In deze omgevingen kunnen we hem ook laten functioneren/simuleren. Als laatste is er een '2D-draft'-omgeving waar 3D-tekeningen kunnen worden omgezet naar werktekeningen in 2D. Daar kan je gemakkelijk de correcte en nodige maten aan de tekening toevoegen. Dit jaar gebruiken we Solid Edge vooral om de installatie te visualiseren zodat we een mooi overzicht bekomen waarop we ons ook kunnen baseren als de installatie niet in de buurt is.

3.7 Koeling en verwarming

3.7.1 Inleiding

Tijdens het brouwproces zijn er verschillende momenten waarop het wort moet worden opgewarmd en afgekoeld.

Na het koken moet het wort afgekoeld worden naar een temperatuur die laag genoeg ligt (ongeveer 25 °C) zodat de gistcellen, die erna worden toegevoegd, niet doodgaan. Het is heel belangrijk dat deze koeling hygiënisch en voldoende snel verloopt om de mogelijkheid tot besmetting van het wort te voorkomen. Ook vermindert zo de kans dat er ongewenste stoffen worden gevormd in het wort tijdens het koelen en behouden we de smaak en kwaliteit van het bier. Tijdens het maischproces moet het wort op temperatuur worden gehouden en worden opgewarmd om de verschillende fases van het proces te kunnen doorlopen.

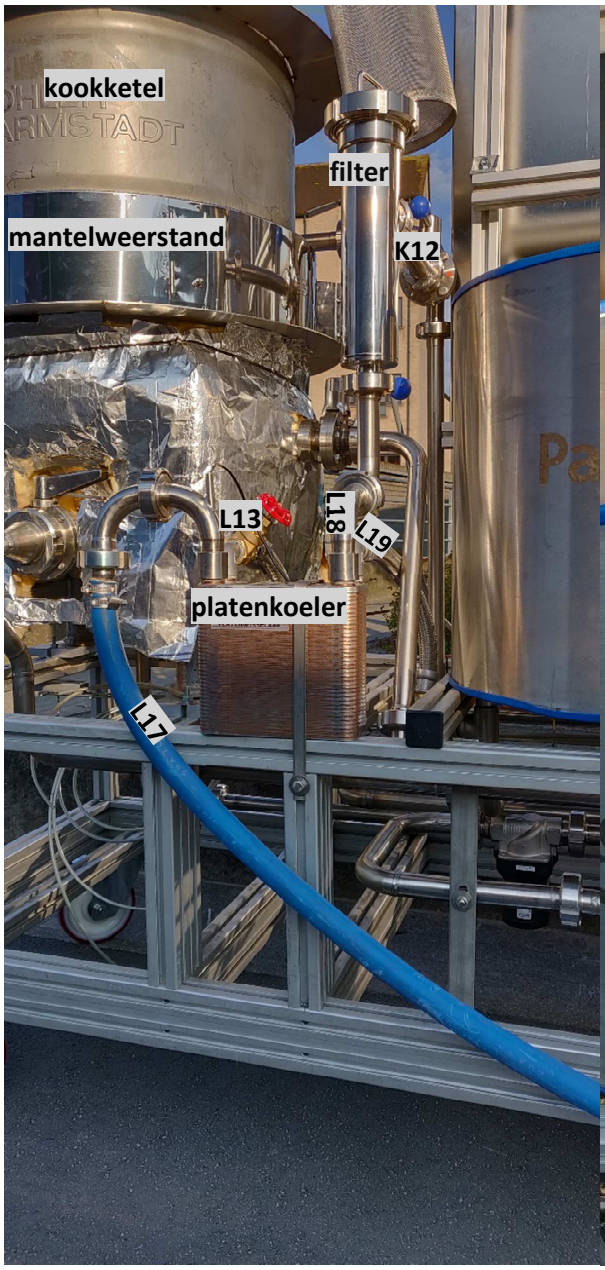
Om deze twee temperatuursveranderingen te kunnen realiseren, is de klas van vorig jaar op zoek gegaan naar een systeem dat zowel de koeling als de verwarming van het wort kon uitvoeren. Toen hebben ze, zonder berekeningen uit te voeren, beslist om te kiezen voor een buizenwarmtewisselaar die ze gratis konden krijgen van Packo. De Fullwood Packo Eco-tube T2. Voor deze buizenwarmtewisselaar waren er geen gegevens beschikbaar over het opwarmen en koelen van wort bij temperaturen die in ons brouwproces worden gebruikt. Dit komt omdat deze buizenkoeler enkel wordt gebruikt om vers gemolken melk voor te koelen vooraleer het in een koeltank terecht komt.

Om er zeker van te zijn dat deze buizenkoeler ons wort zou kunnen opwarmen en koelen hebben we met behulp van een rekenblad berekeningen uitgevoerd. Daaruit konden we besluiten dat het opwarmen (aan 1 °C/min) van het wort en het wort op temperatuur houden tijdens het maischproces perfect haalbaar is. De koeling daarentegen zou nooit snel genoeg uitgevoerd kunnen worden. We ontdekten namelijk dat we de temperatuur maar met 30°C konden laten dalen in één uur. Dit zou bovendien een grote waterverspilling met zich meebrengen.

Omdat we door onze berekeningen konden besluiten dat de al gemonteerde buizenkoeler niet aan onze koeleisen voldeed, zijn we op zoek gegaan naar alternatieven om het wort af te koelen.

Zo vonden we verschillende soorten systemen die ons koelproces zouden kunnen versnellen. We zouden kunnen werken met koudere koelvloeistof door gebruik te maken van een ijsbad. Ook spelen met het debiet van het wort en het koelwater zorgt voor een snellere koelsnelheid. Een combinatie van deze ideeën is natuurlijk ook mogelijk.

Uiteindelijk hebben we voor de meest efficiënte en meest gebruikte manier om wort te koelen gekozen, een platenkoeler. Dit impliceert wel dat we de bevestigde buizenkoeler louter gebruiken om het wort op te warmen tijdens het maischproces.



Figuur 3.7-1: De buizenkoeler bevestigd op de installatie

Figuur 3.7-2: Detailfoto van de zijkant van de installatie

3.7.2 Platenkoeler

Het gebruik van een platenkoeler brengt heel wat gevolgen met zich mee. Ten eerste moesten we het leidingennet gedeeltelijk laten aanpassen om deze koeler erin te kunnen integreren. Zo zijn de leidingen L17, L18 en L19 en de kleppen K12 en K13 toegevoegd aan het leidingennet (detailfoto's, zie bijlagendossier). Omdat een platenkoeler veel gevoeliger is voor verstoppingen dan een buizenkoeler is er ook een filter voorzien. Deze heeft een perforatie van 0,5 mm. In de kookketel wordt er ook gewerkt met een whirlpoolsysteem. Daar wordt al het grootste deel van de neergeslagen eiwitten en hopresten opgevangen. Meer daarover onder het punt mechanische studie, 3.3. Door een combinatie van deze twee filtermethodes kunnen we het risico op verstoppingen in de platenkoeler tot het minimum herleiden. We hebben gekozen voor een platenwisselaar met 75 platen. CoEnCo vertelde ons dat deze zeker zou voldoen en zelfs overgedimensioneerd is. Het kan namelijk honderd liter hete

wort (100 °C) koelen tot 20 °C in tien minuten. In onze installatie komt dat neer op een koeltijd van twaalf minuten voor een maximumvolume van 120 liter, wat meer dan genoeg is.

Om de hygiëne na het koelen te garanderen, hebben we aan de uitgang van de koeler een flexibele leiding met melkkoppeling bevestigd. Deze kan rechtstreeks op het gistvat worden gedraaid. Zo is er geen contact met de buitenlucht meer mogelijk en is de kans dat het gekoelde wort infecties oploopt, miniem.

Figuur 3.7-3: Detailfoto platenkoeler met aansluitingen

3.7.3 Buizenkoeler

Om het wort tijdens het maischproces op te warmen en op temperatuur te houden tijdens de verschillende stappen, maken we gebruik van een buizenwarmtewisselaar. De Fullwood Packo Eco-tube T2 werkt met behulp van een buis-in-buissysteem. Het binnenkomende wort wordt gesplitst in twee circuits van elk vijftien meter lang. Het volume van het wortcircuit bedraagt 7,6 l en dat van het watercircuit 6,4 l. Het is belangrijk dat het wort en het water in tegengestelde richting stromen omdat je anders kans hebt dat een bepaald volume water zich constant bij hetzelfde volume wort bevindt in de warmtewisselaar. Meer technische info over de buizenkoeler kan je terugvinden in het bijlagendossier.

3.8 Buffervat

3.8.1 Inleiding

De brouwinstallatie die we in het begin van dit schooljaar ontvingen, bevatte drie grote opslagketels: de kookketel, de maischketel en de boiler. Na enkele weken werd duidelijk dat de boiler niet voldeed aan de normen betreffende voedselveiligheid. We troffen roest aan in de boiler, die dus niet uit roestvast staal bestond. Aangezien we een volledig professionele installatie moesten realiseren, wat maar beslist werd in april 2018, moesten we voldoen aan de strenge voedselveiligheidsnormen. De boiler diende dus vervangen te worden.

Figuur 3.8-1: Boiler

3.8.2 Keuze buffervat

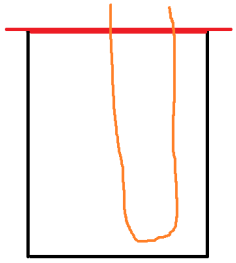
Eerst waren we van plan om een andere tweedehands boiler aan te schaffen, eventueel een keramische. Na lang zoeken en brainstormen hebben we dan toch beslist om een roestvast stalen buffervat aan te schaffen. Dit vat zou zeker voldoen aan de strenge eisen omtrent voedselveiligheid en ook op esthetisch vlak is dit een vooruitgang. Nu zijn er namelijk drie gelijkaardige ketels op de installatie bevestigd. Het nadeel is echter dat dit vat niet geïsoleerd is en dat we ook nog een deksel moeten voorzien waaraan we onze draadweerstanden kunnen bevestigen. Deze weerstanden hebben als doel het water op te warmen.

Figuur 3.8-2: Aansluitingen aan het buffervat

Het buffervat dat we gekocht hebben, vonden we op de website van 'De Wijkgaard' en heeft een volume van 150 liter. Het werd door CoEnCo met de nodige aansluitingen gemonteerd. Het vat werd voorzien van een temperatuursonde, zodat de temperatuur in het vat gemeten kan worden. Ook werd er een aansluiting voorzien aan de zijkant om het water te kunnen aftappen.

3.8.3 Deksel

Bij de oorspronkelijke boiler werd er al een plexiplaat voorzien voor de bevestiging van de draadweerstanden. Er werd hierbij rekening gehouden met de verwekingstemperatuur van de plexiplaat die gebruikt werd, die moet namelijk hoger zijn dan 100 °C, zodat het mogelijk is om het water tot hoge temperaturen op te warmen. Deze plaat was niet groot genoeg en konden we niet hergebruiken. De nieuwe plexiplaat vervaardigden we op dezelfde manier als diegene die op de boiler lag. We lieten twee plexiplaten exact op dezelfde manier laseren met de lasercutter waarna we ze aan elkaar bevestigden. Doordat de ene een wat grotere oppervlakte had dan de andere, zou de bovenste op de zijkant van het buffervat rusten terwijl de andere erin zou passen. Deze ideeën werden allemaal concreet uitgewerkt en de plexiplaat werd ontworpen. Maar dan doken er enkele problemen op.



Figuur 3.8-3: Buffervat met deksel en vermogensweerstand

3.8.4 Vermogensweerstanden

CoEnCo had een aflaat op 10 centimeter van de bovenkant van het buffervat voorzien zodat het buffervat niet kon overlopen. Dit kwam echter in conflict met de zes vermogensweerstanden die we vanaf de bovenkant zouden bevestigen. Ook was er een minimaal vulniveau van het buffervat van 3 centimeter tot de bovenkant van het buffervat. Samen zochten we naar oplossingen. Eerst hadden we in gedachten om een valse kamer te voorzien in het buffervat. Dit houdt in dat de vermogensweerstanden op een plaat zouden gemonteerd worden. Deze plaat zou dan op 15 centimeter van de bovenkant van dit vat gemonteerd worden om zo er toch voor te zorgen dat onze vermogensweerstanden bruikbaar bleven en geen problemen veroorzaakten. Het volgende probleem was echter dat de aansluitingen van de vermogensweerstanden zich dan bevonden in de kamer die gevormd werd door de bovenste plexiplaat, die als deksel diende, en de plaat die ervoor zorgde dat de vermogensweerstanden zich in het water bevonden. Deze kamer bevatte dus veel waterdamp, wat vervolgens een groot probleem was bij het aansluiten van de elektriciteit.

We gingen te rade bij CoEnCo en stelden hen de vraag of het mogelijk was om een vermogensweerstand onderaan in het buffervat te bevestigen om er zo voor te zorgen dat we niet heel het vat moeten vullen om te kunnen opwarmen. In het magazijn bij CoEnCo vond men een vermogensweerstand met hetzelfde vermogen als al onze oorspronkelijke vermogensweerstanden samen. Deze driefasige vermogensweerstand werd vervolgens door CoEnCo in het buffervat aangebracht en waterdicht gelast. De aansluitingen bevinden zich aan de onderkant van het buffervat wat ook een voordeel is bij het bekabelen. Het buffervat kan nu gevuld worden tot een minimaal niveau, de hoogte van de vermogensweerstand en vervolgens kan het opwarmen beginnen.

Figuur 3.8-4: Driefasige vermogensweerstand

3.8.5 Besluit

Na het oplossen van alle problemen rond het buffervat is er dus een plexideksel ontworpen en gelaserd met de lasercutter in school. Het deksel bevat de nodige gaten om het water er bovenaan in te laten stromen. De waterdamp kan ook ontsnappen via de aflaat en de gaten die gemaakt zijn in het plexideksel.

4. Pneumatica

4.1 Inleiding

Perslucht wordt in het dagelijkse leven en in de industrie veel gebruikt: banden van voertuigen, luchtmatras, persluchtcilinder, pneumatische zuignap of grijper, pneumatische motoren... In de brouwinstallatie wordt perslucht gebruikt om sommige vlinderkleppen te automatiseren door ze met een draaicilinder aan te sturen.

4.2 Voor- en nadelen van perslucht

4.2.1 Voordelen

- Gemakkelijk te maken;
- gemakkelijk op te slaan;
- geen vervuiling bij een lek;
- veilige stof;
- eenvoudige constructie, er kan gemakkelijk een rechtlijnige beweging gemaakt worden, waardoor de constructiekosten lager zijn;
- soepele leidingen.

4.2.2 Nadelen

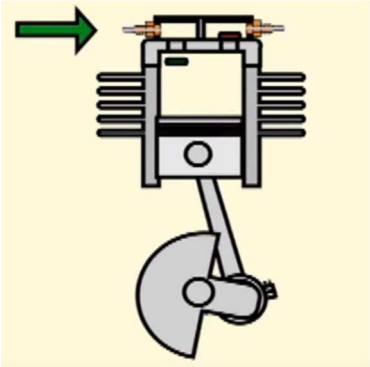
- Dure energie: ± 10 keer zo duur als elektriciteit;
- door de goede samendrukbaarheid is het moeilijk om bv. een cilinder in het midden te doen stoppen;
- er is lawaaihinder (geluidsdempers helpen geluid uit de cilinders te dempen);
- de luchtvochtigheid is nadelig voor de metalen onderdelen, er kan namelijk roest optreden (filter kan helpen).

4.3 Persluchtproductie

Het maken van perslucht is eenvoudig. Perslucht is niets anders dan lucht onder een hogere druk dan de atmosferische druk. Deze hogere druk wordt gecreëerd door lucht te comprimeren. De verschillende soorten compressoren zijn: zuigercompressor, scrollcompressor, diafragmacompressor, schroefcompressor, schoepencompressor en de rootscompressor.

4.3.1 Zuigercompressor

Een zuigercompressor is een veelgebruikte compressor. Deze compressor gaat de ruimte met een bepaalde hoeveelheid lucht kleiner maken (volgens het principe van de algemene gaswet). Als het volume in de cilinder groter wordt door het naar beneden gaan van de zuiger, ontstaat een onderdruk. Daardoor zal lucht van de atmosfeer via de ene terugslagklep binnenstromen (binnenzuigen) in de cilinder.



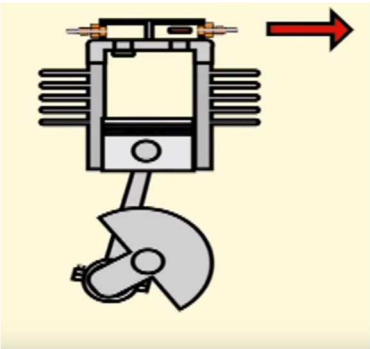
Figuur 4.3-1: Zuigfase

Na het uitschuiven zal de cilinder inschuiven en dus het volume kleiner maken. Er ontstaat een overdruk.

De lucht kan niet terug weg langs de eerste terugslagklep, een tweede terugslagklep is omgekeerd aangesloten, zodat de lucht enkel langs deze klep eruit kan.

Deze klep is aangesloten op een buffervat.

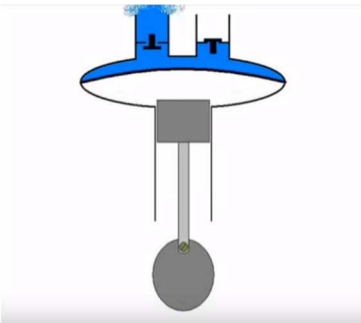
Als de druk groter is in de cilinder dan in het buffervat, dan kan de lucht naar het vat geduwd worden. Als de cilinder terug boven is, begint die terug een onderdruk op te bouwen waardoor er terug lucht van buitenaf wordt aangezogen. Zo ontstaat er een cyclus.



Figuur 4.3-2: Persfase

4.3.2 Diafragmacompressor of membraancompressor

Een diafragmacompressor of membraancompressor is een variant van de klassieke zuigercompressor. Hierbij is er ook een zuiger aanwezig die door een krukdrijfstangmechanisme wordt aangedreven, maar de lucht komt niet in contact met dit mechanisme. Daardoor kan er ook geen vocht voor corrosie zorgen. Het krukdrijfstangmechanisme duwt tegen een membraan en zorgt beurtelings voor onderdruk en bovendruk. Dit kan nuttig zijn voor het overpompen van giftige gassen of als er olievrije perslucht nodig is.



Figuur 4.3-3: Diafragmacompressor

4.3.3 Scrollcompressor

Dit type compressor bestaat uit een stationaire en een niet stationaire spiraal. Door de beweging van de ene spiraal om de andere, ontstaan holtes waarin het gas vanaf de buitenzijde naar het middelpunt wordt geperst. Als het gas wordt opgevangen of tegengehouden ontstaat een overdruk.

Figuur 4.3-4: Scrollcompressor

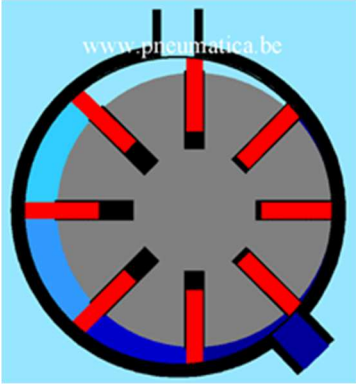
4.3.4 Schroefcompressor

Een schroefcompressor is een veelgebruikte compressor. De schroefcompressor bestaat uit twee parallel lopende schroefwielen die tegengesteld draaien. Doordat de schroeven in elkaar vastgrijpen, kan hier geen lucht tussen. De lucht wordt via de wand (stator) meegenomen en op het einde van het schroefwiel samengedrukt. De lucht kan niet uit zijn spiraal ontsnappen en kan alleen maar langs de uitgang geduwd worden, door de oneindige stroom van lucht die wordt aangevoerd.

Figuur 4.3-5: Schroefcompressor

4.3.5 Schoepencompressor

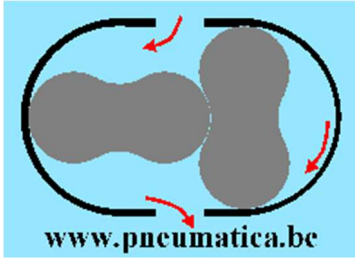
De schoepencompressor bestaat uit een rotor met bladen erin die kunnen in- en uitschuiven. Ze zouden willen uitschuiven door de centrifugaalkracht, maar de kamer houdt ze tegen omdat ze constant tegen de wand zitten. Doordat de as van de rotor niet op dezelfde plaats zit als het middelpunt van de kamer (excentrisch), wordt het volume tussen de scheidingen kleiner en zal er dus een druk opgebouwd worden. Deze aandrijving wordt vooral toegepast bij luchtmotoren.



Figuur 4.3-6: Schoepencompressor

4.3.6 Rootscompressor

Deze compressor bestaat uit twee symmetrisch draaiende achtvormige propellers. Ze draaien in tegengestelde zin in een ovale buis.
Tijdens het draaien ontstaan groter en kleiner wordende kamers, zodat de aangezogen lucht samengedrukt wordt.
De compressieverhouding is hier laag, er kunnen dus geen grote drukken opgebouwd zijn.



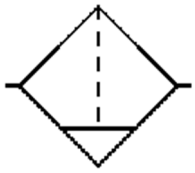
Figuur 4.3-7: Rootscompressor

4.4 Persluchtverzorging:

Een verzorgingseenheid bestaat uit verschillende onderdelen:

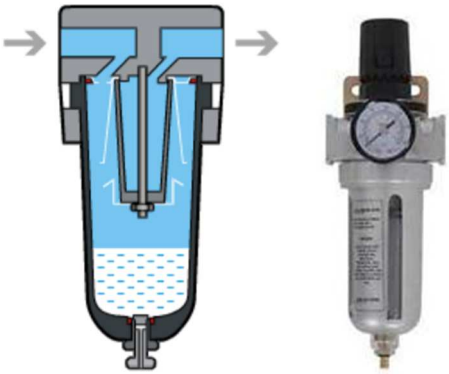
4.4.1 De luchtfilter

Een zuivere, niet-vochtige lucht die eventueel geolied is, is belangrijk voor een langere levensduur van de installatie. De perslucht moet dus gefilterd kunnen worden. Dit gebeurt met een vochtafscheider.



Figuur 4.4-1: Symbool luchtfilter

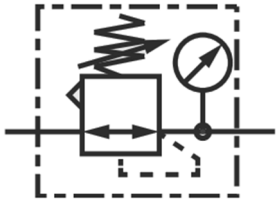
- Vervuilde perslucht kan zorgen voor roest en ook voor een snellere slijtage van koppakkingen, waardoor er eerder lekkages ontstaan.
- Bij persluchtverbruik zal er een wervelende luchtstroom ontstaan langs de deflector. Door deze centrifugale stroming worden het water en de eventuele vuildeeltjes tegen de binnenwand van het reservoir geslingerd. Ze vloeien vervolgens naar de bodem van het reservoir. De scheidingsplaat zorgt voor een rustige zone zodat ze niet terug in het circuit geraken.



Figuur 4.4-2: Luchtfilter

4.4.2 Het reduceerventiel /drukregelventiel

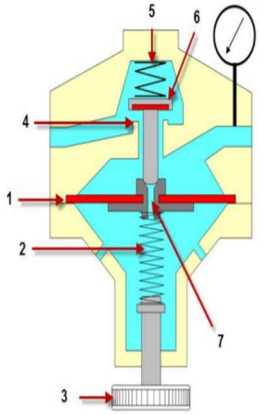
Een te hoge werkdruk kan zorgen voor een versnelde slijtage en is in sommige situaties ook gevaarlijk. Bij een te lage druk doen de cilinders hun werk niet goed. Deze werkdruk moet dus geregeld kunnen worden. De drukregeling gebeurt met een drukreduceerventiel.



Figuur 4.4-3: Symbool reduceerventiel

De werking van het reduceerventiel is als volgt.

De druk komt langs het onderste klepje toe, deze komt in contact met het membraan dat op zijn beurt een kracht op de veer uitoefent. Als deze kracht groot genoeg is om de veer in te drukken, zal de onderste klep gesmoord tot zelfs gesloten worden. Hierdoor zal de klep via de klepstang afgesloten worden. Er zal geen perslucht meer door het reduceerventiel stromen tot er opnieuw een kleinere kracht wordt uitgeoefend op de veer van het membraan. Met de draaiknop kan de veerdruk ingesteld worden. Meer ingedraaid betekent meer veerdruk, dus zal er een grotere druk bereikt worden. De maximale druk die kan ingesteld worden, kan uiteraard nooit de druk van de compressor overschrijden.



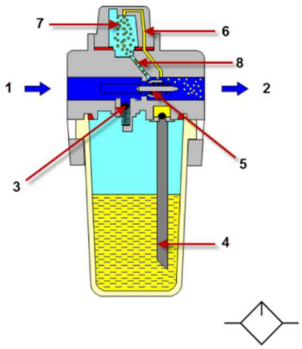
Figuur 4.4-4: Werking reduceerventiel

4.4.3 Olievernevelaar

Tussen de geleidende delen in bijvoorbeeld een persluchtcilinder ontstaat wrijving. Dit zorgt voor weerstand en slijtage. Om deze wrijvingsweerstand te verminderen wordt er olie toegevoegd met behulp van een olievernevelaar die de olie vernevelt in de lucht.

De werking van de vernevelaar is gebaseerd op het Venturi-effect: als een medium een snelheidsverhoging ondergaat, ontstaat daar een drukverlaging.

De werking:



Figuur 4.4-5: Werking olievernevelaar

De perslucht gaat bijna rechtstreeks van de ingang (1) naar de uitgang (2). Het komt onderweg een vernauwing tegen bij de regelklep (5). Door deze vernauwing ontstaat een hogere luchtsnelheid en op zijn beurt een drukverlaging (Venturi-effect). Door deze drukverlaging ontstaat een drukverschil met de toevoer van de perslucht op het oliereservoir. Hierdoor wordt er olie verplaatst van de stijgbuis (4) en het kanaal (6) en wordt de olie verneveld in de kamer (7). Deze vernevelde oliedruppels vloeien via het kanaal (8) de perslucht in. De hoeveelheid smering kan men instellen met behulp van de regelnaald (5). Opdat de vernevelaar ook bij kleinere luchtdebieten zou werken, is er in het Venturikanaal een automatische veergestuurde regelklep (5) geplaatst die zich opent of sluit in functie van het gebruikte luchtdebiet. Het zorgt er in feite dus voor dat er bij kleine debieten voldoende snelheid is om een groot genoeg drukverschil te creëren. Ook is bij sommige toestellen nog een terugslagklep (3) aanwezig, zodat het smeertoestel tijdens de werking kan bijgevuld worden.

4.5 Druk meten

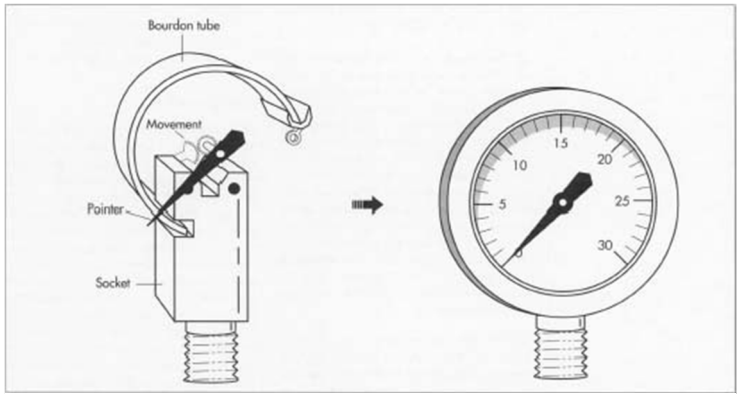
Er zijn verschillende methodes om de druk te meten.

4.5.1 Metaalmanometer of bourdonmanometer

Een bekende methode om druk te meten is met behulp van een metaalmanometer. Deze methode kan je wat vergelijken met het blazen op een toeter. Door het blazen op de toeter komt er lucht in de buis. Maar deze zak is ovaalvormig van doorsnede. De lucht wil zoveel mogelijk kunnen uitzetten en een cirkelvormige doorsnede is hiervoor beter. Hierdoor zet het uit naar een cilindrische vorm.

Figuur 4.5-1: Toeter

Bij de metaalmanometer is het principe net hetzelfde. Hierbij wordt een c-vormige ovalen buis gebruikt met een elastische wand. De verandering van vorm wordt omgezet in een meetuitslag.

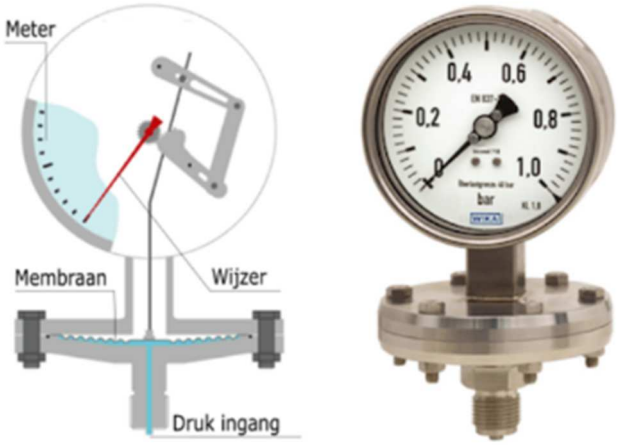


Figuur 4.5-2: Metaalmanometer

Deze manometer wordt in vele toepassingen gebruikt want het drukbereik varieert van 0 bar tot 0,6 bar en van 0 bar tot 1600 bar met een nauwkeurigheidsklasse tussen de 0,1 en 4,0 bar.

4.5.2 Membraanmanometer

Een membraanmanometer maakt gebruik van een flexibel membraan, meestal van metaal of keramiek. Dit membraan scheidt de twee omgevingen (vaak is de ene kant de atmosfeer, maar soms wordt deze zijde ook vacuüm getrokken zodat de absolute druk gemeten wordt). Naarmate er drukverandering optreedt, buigt het membraan en kan deze verbuiging in een meetresultaat overgebracht worden.



Figuur 4.5-3: Membraanmanometer

Het voordeel van dit type drukmeter is dat deze gebruikt kan worden bij:

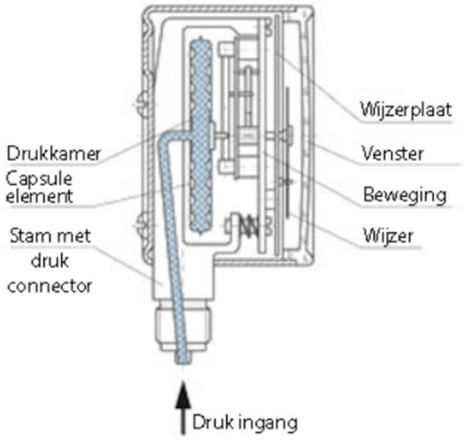
- corrosieve gassen;
- vloeistoffen met hoog viskeuze media.

Het meetbereik van dit type meter ligt tussen 0 bar tot 2,5 mbar en 0 tot 25 bar met een nauwkeurigheidsklasse tussen de 0.6 bar en 2.5 bar.

4.5.3 Drukmeter met capsule-elementen

Deze meter bestaat uit twee cirkelvormige membranen die met elkaar verbonden zijn aan de rand. Bij het ene membraan is er een ingang voorzien voor het medium. Als er een drukverschil tussen de druk buiten het membraan (meestal atmosferische druk) en de druk van in het membraan zelf ontstaat, zal het membraan willen uitzetten. Met behulp van deze uitzetting wordt het meetresultaat overgebracht.

Deze drukmeter wordt bijna uitsluitend gebruikt voor het meten van druk van gassen onder lage druk, want het bereik van deze meter is meestal van 0 mbar tot 1 mbar en van 0 mbar tot 600 mbar, met een nauwkeurigheids-klasse tussen 0,1 mbar tot 2,5 mbar.



Figuur 4.5-4: Drukmeter met capsule-elementen

4.6 Ventielen

Aangezien we de cilinders willen sturen, moeten we de perslucht kunnen schakelen.

Om te kunnen schakelen zijn er ventielen nodig. Wij zouden graag de ventielen besturen vanaf de PLC. Hiervoor zullen we gebruik maken van elektroventielen. Doordat de PLC maar 5 V levert en te weinig vermogen heeft, moeten we gebruik maken van een vermogenschakeling (zie elektronische schakeling verder in dit dossier).

4.6.1 Symbolen van ventielen

Er zijn veel soorten persluchtventielen. Om een onderscheid te kunnen maken tussen de verschillende soorten zijn er vaste regels voor de symbolen van ventielen.

We tekenen een vierkant voor elke schakelstand (1 vierkant per stand).

- Het aantal getekende vierkanten geeft dus het aantal schakelstanden weer. De toevoerleidingen - aansluitingen tekenen we in het vak dat de normaalstand/rusttoestand inneemt;
- Door het overeenstemmende vierkant te verschuiven, bekomen we de verschillende standen;
- Lijnen in de vierkanten geven de verbindingswegen aan in het ventiel. Pijlen geven de doorstromingsrichting weer;
- De bediening wordt ook symbolisch voorgesteld.

Elke ingang, uitgang, toevoer... krijgt een bepaald cijfer. Dit cijfer verwijst naar de functie van de respectievelijke aansluiting. Zo kan je snel zien wat er waar moet aangesloten worden.

- 1 (11) aansluitpoort voor de voeding (11 bij een normaal geopend ventiel);
- 2 en 4 aansluitpoorten voor de werkleidingen;
- 3 (33) ontluchtingspoort van werkleiding 2 (33 bij een normaal geopend ventiel);
- 5 ontluchtingspoort van werkleiding 4;
- 10 stuurpoort voor reset 2/2- of 3/2-ventiel;
- 12 stuurpoort voor lucht van poort 1 naar poort 2;
- 14 stuurpoort voor lucht van poort 1 naar poort 4;
- 82 ontluchting stuurpoort 12;
- 84 ontluchting stuurpoort 14;
- 110 stuurpoort voor lucht van poort 11 naar poort 2.

4.6.2 Bi- of monostabiel

Monostabiel

Dit is een ventiel waarbij het ventiel een voorkeurstand heeft. Als het signaal, de perslucht of in ons geval de spanning, wegvalt, dan gaat het ventiel terug in de voorkeurstand. Dit is dus een ventiel met één aansluiting voor het signaal (perslucht of spanning).

Bistabiel

Dit ventiel heeft geen voorkeurstand. Als het signaal wegvalt, dan blijft het nog steeds in dezelfde stand tot het tegengestelde signaal gestuurd wordt. Het ventiel heeft dus twee stabiele standen, er zijn dus twee aansluitingen voor het signaal.

4.6.3 Normaal gesloten of normaal open

Normaal gesloten

Een normaal gesloten ventiel gaat in zijn niet-bediende-toestand de perslucht niet laten doorstromen. Als we het ventiel vervolgens wel gaan bedienen, dan zal de perslucht wel doorstromen.

Normaal open

Een normaal open ventiel laat in zijn niet-bediende toestand de perslucht doorstromen. Als we het ventiel vervolgens wel gaan bedienen, dan zal de perslucht niet meer doorstromen.

Opmerking

Ook in de elektriciteit wordt er gebruik gemaakt van de benaming normaal-open en normaal-gesloten. Normaal-open (maak contact) bij elektriciteit wil zeggen dat het contact openstaat en er dus geen stroom kan vloeien. Dit is dus omgekeerd aan de betekenis van normaal open in de pneumatica! Dit kan dus voor verwarring zorgen!

4.6.4 Ventielen in ons project

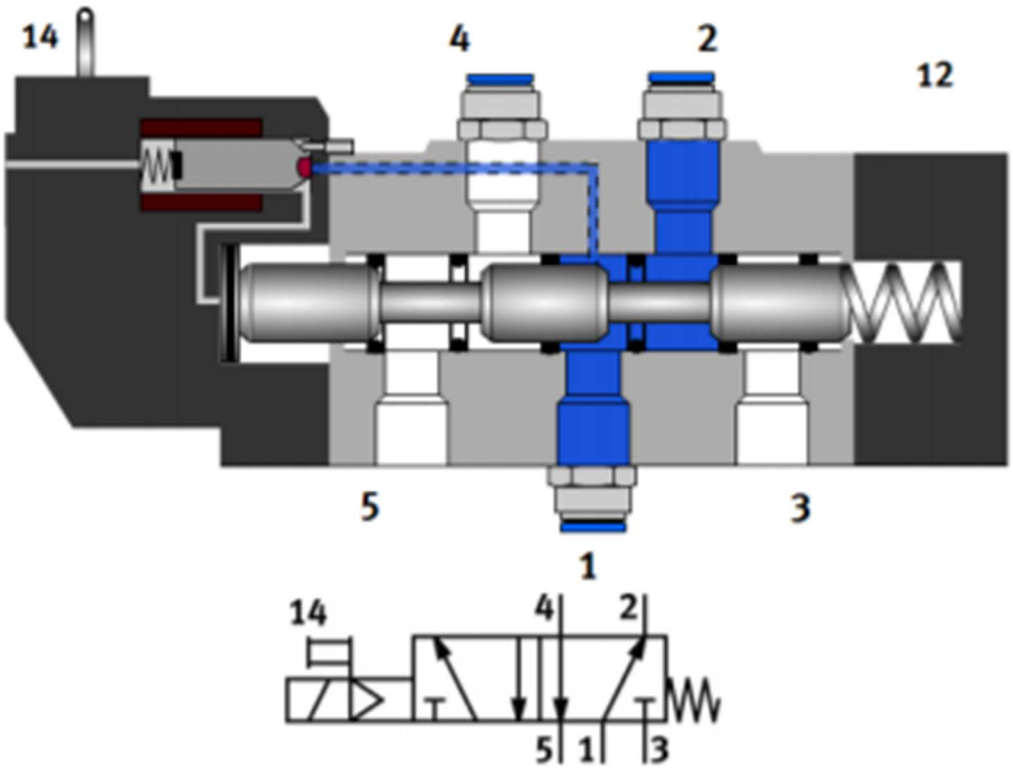
Het 3/2-monostabiel elektroventiel is eigenlijk het ventiel dat nodig zou zijn om de draaicilinders te bedienen. Om kosten te besparen werd een ventieleiland aangekocht. Dit is uitgevoerd met 5/2-monostabiele ventielen met luchtveer. Door kanalen af te sluiten, kunnen deze 5/2-ventielen ook als 3/2-ventielen gebruikt worden.

De werking van het 5/2-monostabiel elektroventiel

In ruststand duwt de veer de middelste stang naar links. Hierdoor kan de aankomende perslucht naar 2 en uit het ventiel. De vertrekkende perslucht kan van 4 naar de uitlaat 5.

Maar als er spanning op de spoel komt te staan, dan wordt deze magnetisch en trekt ze een magneet aan die ervoor zorgt dat er perslucht wordt doorgelaten en die drukt tegen de stang, zodat deze verschuift. Nu kan de perslucht van 1 naar 4 en van 2 naar 3 gaan.

Als de spanning wegvalt, zal ook de druk daardoor wegvallen en zal de veer ervoor zorgen dat de stang terug naar de eerste stand gaat.

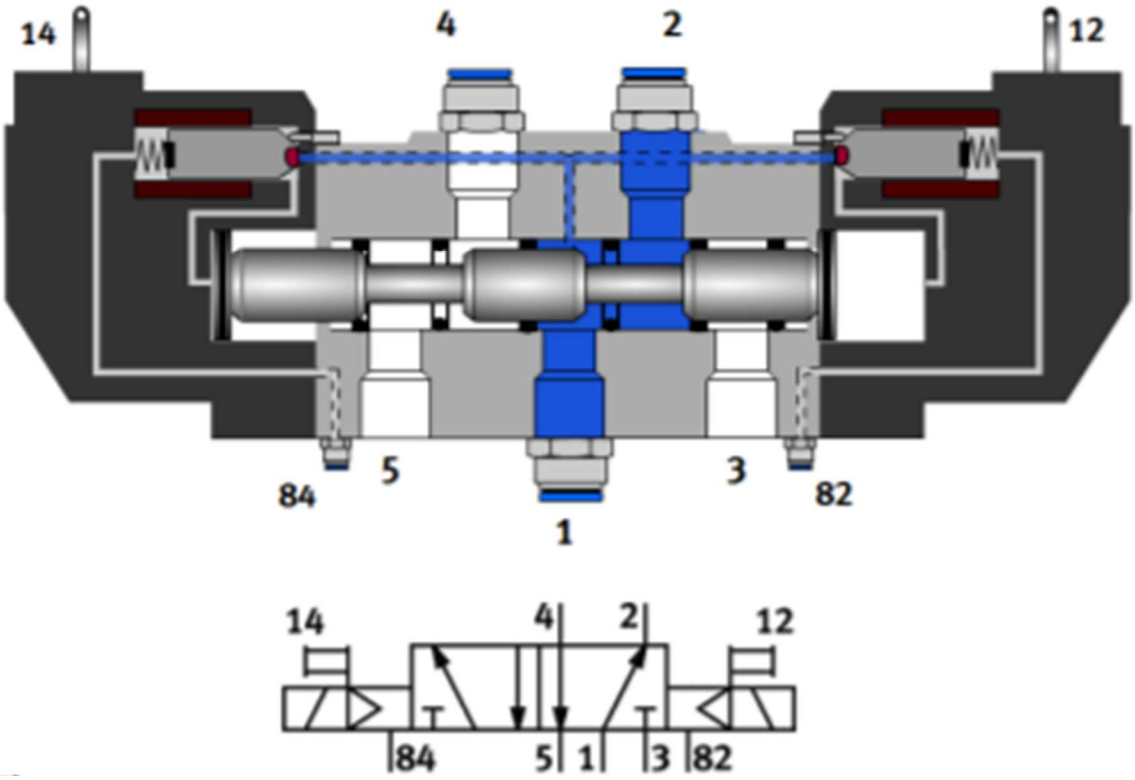


Figuur 4.6-1: 5/2-Monostabiel elektroventiel

De werking van het 5/2-bistabiel elektroventiel

Bij dit ventiel zijn er twee magneten en dus ook twee spoelen. Wanneer er een spoel wordt bekrachtigd, zal deze magnetisch worden en dus perslucht doorlaten die de stand wijzigt.

Vanaf dan mag de spoel weer ontkracht worden. Er is namelijk maar een kleine impuls nodig om het ventiel van stand te veranderen. Het ventiel blijft dan ook in die stand tot de andere kant zou bekrachtigd worden.



Figuur 4.6-2: 5/2-bistabiel elektroventiel

4.7 Kracht geleverd door de perslucht

De kracht uitgeoefend door de perslucht kunnen we simpel bepalen door de druk (= kracht per oppervlakte-eenheid) te vermenigvuldigen met het oppervlak waar de druk op inwerkt:

F= kracht in N

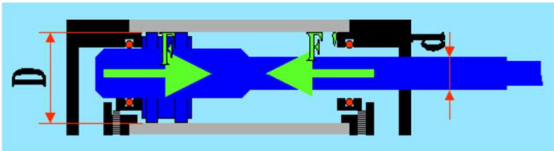
Δp= drukverschil ten opzichte van de andere zijde in Pascal

A=oppervlakte zuiger in m²

Ter illustratie bepaal ik de duw- en trekkracht van een dubbelwerkende cilinder. Bij een enkelwerkende cilinder moet er rekening gehouden worden met de veer. Deze kracht van de veer is niet constant.

$F_{duw} = \Delta p \times A = \Delta p \times D^2 \times \pi / 4$

$F_{trek} = \Delta p \times A = \Delta p \times (D^2 - d^2) \times \pi / 4$



Figuur 4.7-1: De duw- en trekkracht van een dubbelwerkende cilinder

5. Elektrische studie

5.1 Elektrische componenten van de brouwinstallatie

Kastinhoud	Pompen	Motoren
Motorbeveiliging: Telemecanique / 1,6-2,5A	Wortpomp: Packopomp ICP1/74-32/222	Motor roerder: NORD SK63L/4 met reductie
Vermogenscontactoren: Schneider LC1D18BD	Waterpomp: Novax 20B	
Automaten: - Schrack C16/3N - 4P - Schrack C10/3N - 4P - Merlin Gerin C10/3N - 2P		
Smeltveiligheden: - 1,6A/250V - 5A/250V	**Verwarmen**	
Voeding: - Weïdmuller PRO-M - Telemecanique ABL7 RE2402	Keramisch verwarmingsband	
Frequentieregelaar: Grundfos CUE 96754675	3-fasige warmteweerstand	
Differentieelschakelaars: DMA63N C20/30mA		
Relais: weïdmuller 6A/250V		
Sturing		
Solid state relais: RZ4040HDP0		

Sensoren	Sturing	Kleppen
Temperatuursensoren: STC-1000	Arduino Mega	Waterkleppen: indirect magneetventiel
Volumesensoren: LR2750	Printplaat dhr. Geeraert	
Sensoren op pneumatische kleppen: Turek 1723B	Frequentieregelaar: Danfoss 134N0045	
Contactsensor: - Schmersal AZ 15 zv	Drukknoppen	
Niveausensor: LMT100		

5.2 Netstructuur

5.2.1 Algemeen

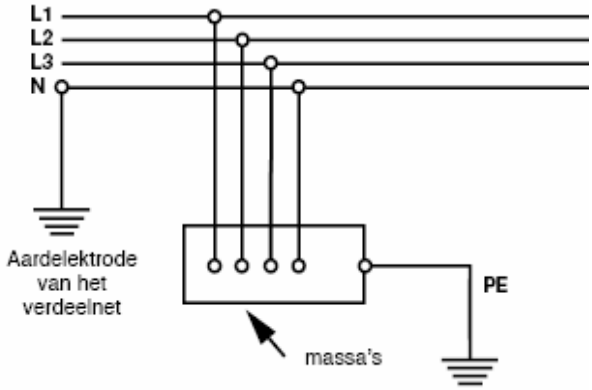
De keuze van de aardaansluiting moet met de nodige aandacht worden gemaakt, omdat deze bepalend is voor het gedrag en de eigenschappen van het netwerk.

Het is ook een bepalende factor voor de gebruiksaspecten zoals:

- continuïteit van de energievoorziening en beschikbaarheid van elektrische energie;
- installatiekosten;
- onderhoud, stilstandtijden;
- elektromagnetische compatibiliteit.

5.2.2 TT-net

Deze netstructuur zullen we toepassen in de installatie. Bij een TT-net wordt zowel aan de transformatorzijde als aan de kant van de verbruiker een verbinding met de aarde gemaakt. De nulleider van de transformator wordt geaard. De aarde wordt aan de verbruikerszijde verbonden met de PE-leiding. In het verdeelnet is dus geen afzonderlijke beschermingsleiding opgenomen.



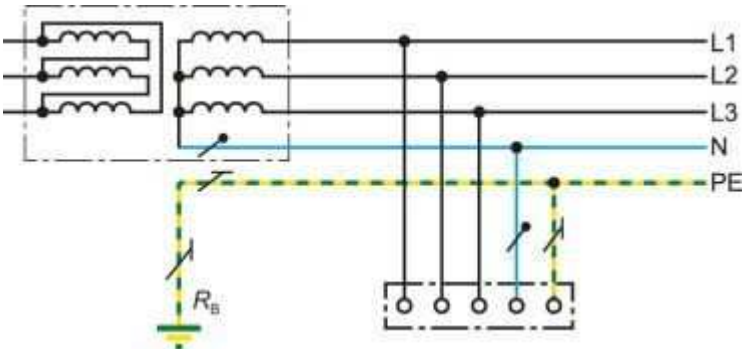
Figuur 5.2-1: TT-net

Wanneer er zich een fout voordoet in het net en een stroomgeleider in contact komt met de aarde door de omkasting of zelfs door een persoon, dan zal er een stroom vloeien door de aarde naar het sterpunt van de transformator of generator. Het grote voordeel hiervan is dat er een differentieelschakelaar gebruikt kan worden die de spanning uitschakelt op het moment dat de stroom

naar de verbruiker niet gelijk is aan de stroom die terugkomt van de verbruiker. Dit betekent dat er energie lekt en dat er eventueel een persoon geëlektrocuteerd wordt.

5.2.3 IT-net

In een IT-systeem worden alle actieve geleiders van de aarde geïsoleerd of wordt een punt via een impedantie met de aarde verbonden. In het geval van een isolatiefout kan dus slechts een kleine lekstroom stromen. De voorgeschakelde zekeringen reageren niet. De stroomvoorziening wordt ook bij een eenpolig-direct-aardlek in stand gehouden.



Figuur 5.2-2: IT-net

De behuizingen van de elektrische installatie kunnen:

- apart of samen geaard worden;
- samen met de aarding van het systeem worden verbonden.

Typische kenmerken:

- een eerste isolatiefout leidt niet tot het reageren van een zekering of differentieelschakelaar;
- een isolatiefout moet zo snel mogelijk worden verholpen voordat er een tweede isolatiefout optreedt bij een andere actieve geleider, wat tot het uitvallen of stuk gaan van het net zou kunnen leiden.

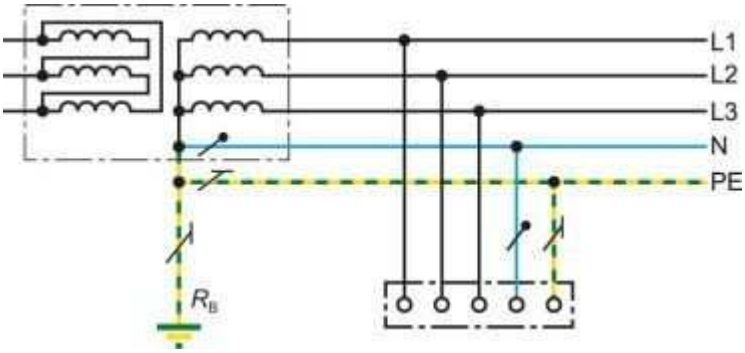
5.2.4 TN-net

Algemeen

Bij installaties waar voor foutbescherming door automatische uitschakeling van de voeding, smeltpatronen of installatieautomaten met een grote nominale stroom worden gebruikt, kan geen TT-net worden toegepast. In deze situaties moet men overgaan op het toepassen van een TN-net. Bij dit stelsel zijn de metalen gestellen in de installatie niet via de aardelektrode bij de installatie en de aardelektrode van de netbeheerder met de geaarde voedingsbron verbonden. De metalen gestellen. worden dan met een PE(N)-leiding op de geaarde voedingsbron aangesloten. Omdat het retourpad van de foutstroom dan niet door de aarde loopt, maar door een koperen of aluminium geleider, is de circuitweerstand vele malen lager dan die bij een TT-stelsel. Hierdoor zal in geval van een fout een veel grotere foutstroom gaan lopen. Voordeel van een TN-stelsel is dat, door de relatief lage circuitimpedantie, dit stelsel wel geschikt is voor installaties waarbij voor foutbescherming gebruik wordt gemaakt van automatische uitschakeling van de voeding met behulp van smeltpatronen of installatieautomaten met een grote nominale stroom. Dit in tegenstelling tot het TT-stelsel.

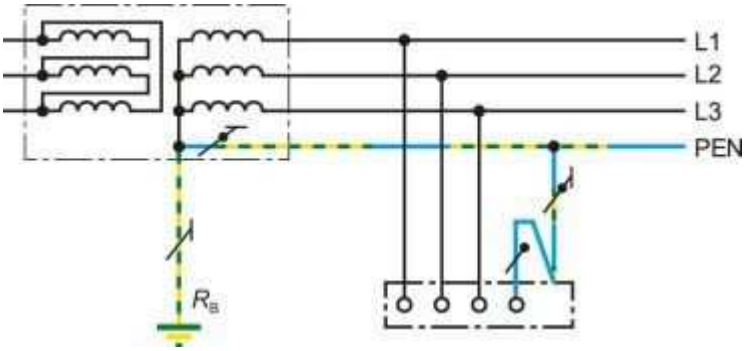
Drie soorten TN-systemen:

- TN-S: in het gehele systeem wordt een gescheiden veiligheidsgeleider gebruikt.



Figuur 5.2-3: TN-S-net

- TN-C: in het gehele systeem worden de functies van de nul- en beveiligingsgeleiders in één geleider gecombineerd.



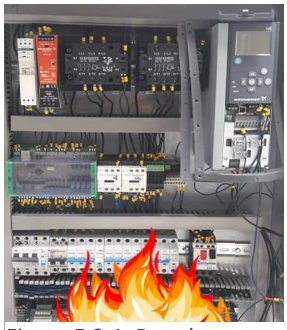
Figuur 5.2-4: TN-C-net

- TN-C-S: in het deel van het systeem worden de functies van de nul- en beveiligingsgeleiders in één geleider gecombineerd.

5.3 Beveiligingen

Wat zijn de gevaren van het elektrisch gedeelte van de installatie?

- Brand door:
  - onvoldoende beveiliging tegen overbelasting;
  - componenten die niet geschikt zijn om kortsluitvermogen op te vangen;
  - loshangende contacten/verbindingen;
  - stralingswarmte kan niet weg;
  - sectie van de bedrading is onvoldoende;
  - blikseminslag of overstroom;
  - vonken/statische elektriciteit;
  - explosie.



Figuur 5.3-1: Brand

- Elektrocutie door:
  - geen of slechte aarding/equipotentiaalverbindingen;
  - onduidelijkheid over hoe de installatie in elkaar steekt;
  - aanraking van onder spanning staande delen = direct contact;
  - geen lekstroomdetectie;
  - beschadigde of onvoldoende isolatie;
  - reactietijd van de beveiligingscomponenten is onvoldoende;
  - onbevoegden die werken/schakelen aan de installatie;
  - beschadigde, defecte elektrische componenten.

Figuur 5.3-2: Elektrocutie

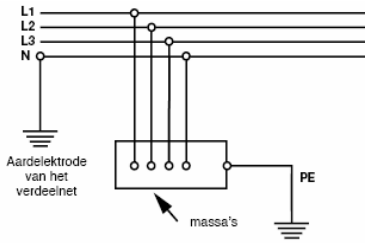
Hoe kunnen we deze gevaren vermijden en door welke elektrische beveiligingen?

Brand door overbelasting of kortsluiting kan men tegengaan door een motorbeveiliger (magnetisch-thermische relais) of een smeltzekering te plaatsen in de elektrische kast. Deze componenten zullen ervoor zorgen dat het elektrische gedeelte van de installatie (elektrische kast) uitvalt wanneer er overbelasting of kortsluiting ontstaat. Dit om te voorkomen dat er brand ontstaat.

Als men hier geen rekening houdt met de elektrische beveiligingen en er ontstaat overbelasting of kortsluiting, dan kan er brand ontstaan.

Elektrocutie is ook een gevaar voor onze installatie. Dit kan gebeuren door losse kabels of kabels waarvan de isolatie van de draad beschadigd is. Als men werkt aan de elektrische componenten of kabels, kan men elektrocutie voorkomen door een werkschakelaar te monteren en uit te schakelen (dit is een onderdeel van de vitale 7 voor het werken aan een installatie). Elektrocutie kan men ook voorkomen door een differentieel te monteren zodat deze uitschakelt als er een verlies optreedt door kapotte of losse draden. Dit verlies zal gedetecteerd worden door de differentieel en deze zal ervoor zorgen dat de installatie uitvalt.

Men kan de installatie ook beveiligen tegen elektrocutie door een TT-net te gebruiken, zoals wij gebruiken bij onze installatie. Dit zal ervoor zorgen dat men niet geëlektrocuteerd wordt als de installatie onder spanning staat door losse of kapotte kabels.



Figuur 5.3-3: TT-net

Er is ook een regelement opgesteld voor elektrische installaties (het A.R.E.I.). Dit zorgt ervoor dat de elektrische installaties veilig worden voor gebruik. De toepassing van dit reglement zal er ook voor zorgen dat de kans op elektrocutie kleiner wordt.

Als men geen rekening houdt met het gevaar op elektrocutie, kan je brand veroorzaken of zware letsels oplopen (met zelfs de dood tot gevolg).

De componenten waarvan sprake worden verder in detail uitgelegd in het hoofdstuk “elektrische componenten”.

5.4 Elektrische componenten

5.4.1 Solid state relay

Algemeen

Een solid state relay, in het Nederlands halfgeleiderrelais, is een van de grotere componenten in onze elektrische kast. Dit relais is elektronisch in plaats van mechanisch en raakt dus veel sneller verhit. Daarom is het dan ook uitgerust met koelplaten.

Een elastische botsing is verantwoordelijk voor deze warmte: elektronen botsen intern in de halfgeleider. Dit gebeurt niet volledig elastisch; er gaat een stukje van de botsingsenergie verloren in warmte-energie. Een vrij elektron botst op een gebonden elektron, maar bezit niet genoeg energie om het gebonden elektron uit zijn baan te kaatsen. Hierdoor gaat het vrije elektron verder op pad met minder energie. Het energieverschil tussen voor en na de botsing wordt vrijgegeven onder de vorm van warmte.

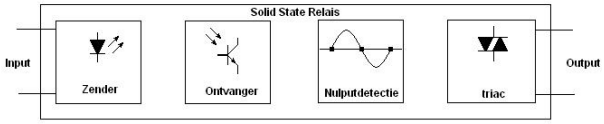
Wij gebruiken deze relais om de warmteweerstanden te schakelen, enerzijds omdat deze relais voorhanden waren en anderzijds omdat we ze met een PWM-signaal kunnen aansturen. Bij een mechanische contactor is dit niet mogelijk.

Opbouw

In een solid state relay zitten een zender en een ontvanger. Naast deze twee interne componenten vinden we er ook nog een nulpuntdetectie en een triac. Een triac is eenvoudig gezegd een stuurbare diode die werkt op AC. Een nulpuntdetectie is een inwendig onderdeel dat schakelt wanneer er een elektrisch nulpunt wordt bereikt. Dit heeft als voordeel dat er geen storingen teweeggebracht worden. Hierdoor is er geen shielded cable nodig. Er vindt een storing plaats wanneer er stukken uit een sinus worden gehaald.

Werking

Om dit relais in werking te laten treden is er een gelijkspanning nodig. Wanneer deze juist gepolariseerd wordt, zal er inwendig een led oplichten. Hierdoor zal er intern een fototransistor belicht worden en vloeit er stroom. In de nulpuntdetectie wordt deze omgezet naar een puls en zal zo de triac doen geleiden.



Figuur 5.4-1: Werking solid state relay

Details

Een halfgeleiderrelais heeft een zwarte kleur zodat extern licht (licht niet afkomstig van de led) geen invloed kan hebben op de fototransistor.

Voordelen bij ons project

Doordat er geen mechanische componenten aanwezig zijn in het halfgeleiderrelais gebeurt het schakelen hiervan geluidloos en is er een langere levensduur.

Het solid state relay schakelt sneller dan een mechanisch relais doordat alles elektronisch gebeurt.

Nadelen bij ons project

Hoe meer stroom de component moet kunnen verdragen, hoe hoger het kostenplaatje. Doordat alles intern elektronisch verloopt, ontwikkelt het ook een grotere warmte en is er dus een groter koelelement nodig. Dit is wat er hoofdzakelijk voor zorgt dat dit zo'n groot formaat heeft.

5.4.2 Vermogencontactor

Algemeen

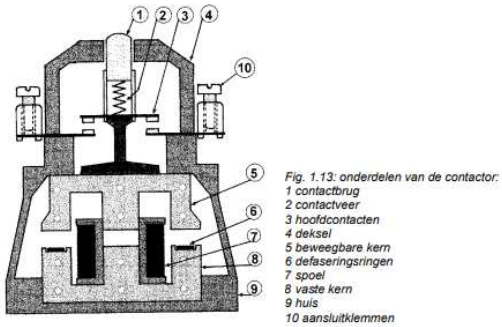
Een contactor is een relais dat zowel vermogencontacten als hulpcontacten heeft. Het is een component die de verbinding vormt tussen stuurkring en de vermogenkring van een schakeling.

De hoofdcontacten of vermogencontacten zijn robuuster. Dit houdt in dat ze meer stroom en dus ook meer vermogen kunnen schakelen, doordat deze geschikt moeten zijn voor het schakelen van de vermogensstroom. De hulpcontacten zijn dan weer lichter uitgevoerd omdat ze kleinere stromen moeten voeren.

Er zijn twee soorten hulpcontacten: de maak- en de verbreekcontacten.

Opbouw

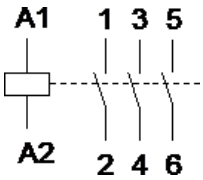
Er bevindt zich een voetje aan de contactor waarmee men de component aan de montagerail kan bevestigen. Er bevindt zich ook een spoel intern die de schakelcontacten bedient, wanneer de spoel bekrachtigd wordt. Ook zijn er hoofd- en hulpcontacten aanwezig in dit component. Om de vlamboog te doven die ontstaat wanneer de hoofdcontacten uitschakelen bij een inductieve belasting, wordt de vlamboog in de bluskamer geduwd en in stukjes gehakt. Er bevindt zich ook een ijzeren kern die in combinatie met de spoel een sterke elektromagneet vormt. Deze sluit de contacten wanneer de spoel wordt bekrachtigd en er dus spanning wordt op gezet. Het anker is een beweegbaar deel van de elektromagneet. De contactdrager is hieraan bevestigd. Op deze contactdrager zijn de contacten, geïsoleerd, bevestigd. Er is ook een veer aanwezig die de contacten opentrekt als de spoel niet bekrachtig wordt. Dit alles bevindt zich in een behuizing. Alleen de aansluitklemmen komen naar buiten. Dit zijn klemmen die men kan opdraaien om vervolgens de draad onder een plaatje te bevestigen en daarna de aansluitklem weer goed aan te draaien.



Figuur 5.4-2: Opbouw contactor

Schema symbool

Het symbool dat gebruikt wordt in elektrische schema's bestaat uit twee delen: een spoel en een schakelaar. De schakelaar wordt geplaatst op de lijndraden, zodat deze de lijndraden kan verbreken wanneer er zich een gevaarlijke situatie voordoet. De spoel bevindt zich in de stuurkring. Wanneer de noodstop ingedrukt wordt, zal de schakelaar de verbinding tussen de gevaarlijke componenten en de voedingsdraden verbreken.



Figuur 5.4-3: Elektrisch symbool

5.4.3 Installatieautomaat

Algemeen

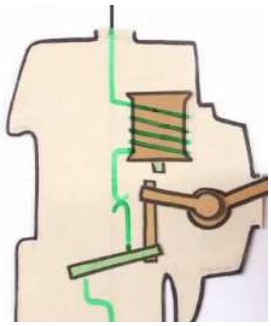
Een installatieautomaat is een magnetisch-thermisch relais en wordt ook wel zekeringautomaat of kortweg automaat genoemd. Het beschermt de bedrading van elektrische installaties tegen schade door te hoge elektrische stromen. De automaat onderbreekt het elektrische circuit als door kortsluiting of overbelasting een te hoge stroom in de installatie ontstaat. Bij een plotselinge hoge stroomstoot, bijvoorbeeld door kortsluiting, gebeurt het uitschakelen zonder tijdsverloop door een elektromagneet. Bij overbelasting vindt de uitschakeling plaats door middel van een bimetaal. Als een installatieautomaat in werking moet treden, zal het direct weer voor gebruik gereed zijn. Installatieautomaten zijn er in verschillende uitvoeringen. De meest gebruikte uitvoering in huisinstallaties is de 1P+N-automaat: éénpolig met afschakelbare nulleider die alleen in de fasepool een set overstroombeveiligingen heeft. Verder zijn er 2P-automaten, dus tweepolig met in elke pool een set overstroombeveiligingen en 3P-automaten met drie polen met drie sets overstroombeveiligingen. 3P+N-automaten hebben eveneens drie overstroombeveiligingen en een afschakelbare nulleider. Om ervoor te zorgen dat de automaten bij diverse specifieke omstandigheden niet te laat of onnodig in werking treden, zijn deze verkrijgbaar met verschillende uitschakelkarakteristieken. Voor verlichting en verwarmingstoestellen, die een lage inschakelstroom hebben, gebruikt men een B-karakteristiek. Dit is de meest toegepaste automaat bij huisinstallaties. Automaten met een C-karakteristiek worden gebruikt bij wat grotere (in)schakelstromen zoals motoren. Automaten met een D-karakteristiek worden bijvoorbeeld voor transformatoren gebruikt. Voor industriële toepassingen zijn er nog andere karakteristieken, speciaal voor de beveiliging van bijvoorbeeld installaties met halfgeleiders.

Figuur 5.4-4: Installatieautomaat

Werking

De overstroombeveiliging van een installatieautomaat is een samenspel van twee in serie (achter elkaar) geschakelde elementen:

- Het eerste element is een magnetische beveiliging in de vorm van een elektromagneet (spoel). Dit element werkt zodra de overstroom plotseling heel grote waarden aanneemt door bijvoorbeeld kortsluiting. Zodra er een kortsluitstroom vloeit, duwt het spoeltje door het daarin opgewekte magnetisme een pinnetje tegen het uitschakelmechanisme waardoor de automaat uitschakelt. Magnetische uitschakeling gebeurt in een aantal seconden.
- Het tweede element is datgene dat beveiligt tegen overbelasting. Dit is een thermische beveiliging met bimetaal. Bij langdurige te grote stroom treedt opwarming op van het bimetaal door bijhorend verwarmingselement. Dit plooit waardoor de automaat zal uitschakelen. Thermische uitschakeling is traag, dit komt omdat het enige tijd duurt alvorens het bimetaal zo warm wordt dat het gaat kromtrekken. Hierdoor ontstaat een vertraging in de uitschakeling die minuten kan duren.



Figuur 5.4-5: Installatieautomaat binnenin

De overstroombeveiliging beveiligt de installatie alleen maar tegen kortsluiting en overbelasting en niet tegen verliesstromen, als deze geen kortsluiting tot gevolg hebben. Om de gebruikers te beschermen tegen elektrocutie en om te voorkomen dat bij een slechte aarding door een aardlek de aarding spanning gaat voeren, moet de installatie voorzien zijn van aardlekschakelaars. Tegenwoordig worden steeds vaker aardlekautomaten toegepast: een combinatie van een aardlekschakelaar en een installatieautomaat in één behuizing.

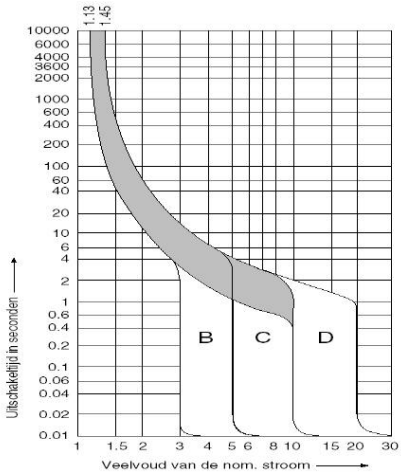
De curve

De ligging van de magnetische drempel bepaalt de curve van de automaat. De elektrische kring moet zo berekend zijn dat de kleinste kortsluitstroom de automaat magnetisch doet uitschakelen. Dit is belangrijk voor het beveiligen van lange kabels met een kleine doorsnede (mm²). Indien de kortsluitstroom te klein is, moet ofwel een lagere magnetische drempel genomen worden ofwel een kabel met grotere doorsnede (mm²).

Curve B: lage magnetische drempel

Curve C: normale magnetische drempel

Curve D: hoge magnetische drempel



Figuur 5.4-6: Uitschakelcurve automaat

Uitschakeltijden bij automaten

De karakteristiek van een modulaire automaat bestaat uit twee belangrijke gebieden:

- het thermische gedeelte, waarbij het schakelcommando afkomstig is van het bimetaal met schakeltijden van minimaal 0,1 s; het beveiligt tegen overbelasting. Bij een stroom van 1,5 keer de nominale stroom moet de automaat binnen het uur afschakelen;
- het magnetische gedeelte, waarbij het schakelcommando afkomstig is van de elektromagneet met schakeltijden van maximaal 0,1 s, dit beveiligt tegen kortsluiting.

Vanaf welke stroomsterkte een automaat magnetisch reageert, hangt af van het type karakteristiek:

- B-karakteristiek:
  - thermisch tot 3 keer nominale stroom;
  - zeker magnetisch vanaf 5 keer nominale stroom;
  - bij kleine start- of inschakelstromen, zoals elektrische verwarming.
- C-karakteristiek:
  - thermisch tot 5 keer nominale stroom;
  - zeker magnetisch vanaf 10 keer nominale stroom;
  - bij middelgrote start- of inschakelstromen, zoals verlichting.
- D-karakteristiek:
  - thermisch tot 10 keer nominale stroom;
  - zeker magnetisch vanaf 20 keer nominale stroom;
  - bij grote start- of inschakelstromen, zoals motoren van werktuigmachines.

5.4.4 Smeltveiligheid

Algemeen

Een smeltveiligheid beschermt de bedrading van elektrische installaties tegen schade door te hoge elektrische stromen. Smeltveiligheid is de formele naam voor een elektrische smeltzekering.

Figuur 5.4-7: Kleine smeltveiligheid type A

Werking

Een smeltveiligheid bestaat uit een elektrisch geleidende band of draad van koper, zilver of van een koperlegering, meestal in een gesloten huis van keramiek of voor kleine zekeringen van glas of kunststof, vaak gevuld met een blusmiddel, bijvoorbeeld zand. Eventueel is de zekering voorzien van een druppeltje lood en/of tin op het midden van de smeltdraad voor het vertraagd onderbreken. Deze uitvoering wordt een trage zekering genoemd. Wanneer er door kortsluiting of overbelasting een te hoge stroom loopt, smelt de smeltdraad van de veiligheid en wordt daardoor de stroomkring onderbroken. Hierdoor wordt voorkomen dat door warmteontwikkeling schade aan de bedrading of elders in het elektrische circuit of zelfs brand kan ontstaan. Omdat de kortsluitstroom met een en dezelfde stroomsterkte vanaf de spanningsbron door de kortsluiting vaak via diverse zekeringen stroomt, is het van belang dat de zekering die het dichtst bij de kortsluiting is, doorsmelt. Zodoende wordt bij doorsmelten de fout van de rest van de installatie geïsoleerd en blijft het probleem beperkt. Dit noemt men de selectiviteit van de beveiliging. Deze kortsluitingsstroom kan, weliswaar tijdelijk, extreem hoog zijn, bijvoorbeeld in de orde van 6000 ampère. Dit is volgens de Wet van Ohm de

spanning van de spanningsbron gedeeld door de weerstand van het kortsluitcircuit. Die laatste is slechts de weerstand van het koper, die klein is, waardoor het resultaat - de stroom - extreem groot is.

5.4.5 Motorbeveiliger

Een motorbeveiliger is een automaat die een instelbare maximumstroom heeft. Meer specifiek is het een magnetisch-thermische relais dat de voeding naar de elektromotor uitschakelt bij kortsluiting (magnetisch) of bij overbelasting (thermisch). De motorbeveiliger wordt dan ook ingesteld op de nominale motorstroom. Er zijn twee uitvoeringen:

- de thermiek die aan de contactor geschroefd wordt;
- de afzonderlijke directe motorstarter die een bijkomende bediening heeft voor de hoofdcontacten zodat hij ook functioneert als aanzetter.

Figuur 5.4-8: Motorbeveiliger

5.4.6 Frequentieregelaar

Algemeen

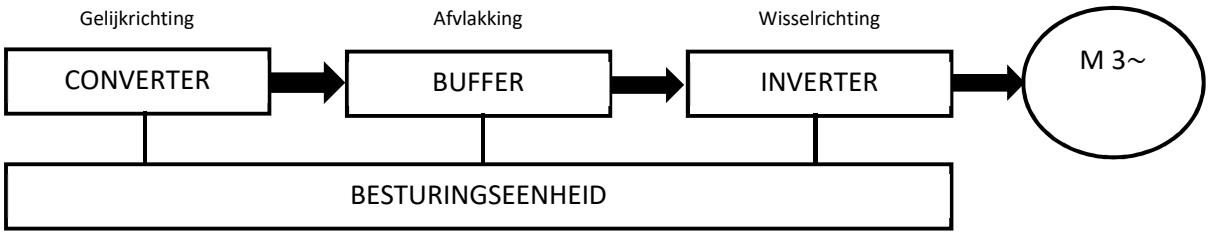
- Een frequentieregelaar, of frequentieomvormer in het jargon, is een elektronische vermogensschakeling die in staat is de frequentie van een aangeboden voeding te veranderen terwijl de spanning mee varieert zodat het koppel behouden blijft. Frequentieregelaars worden meestal gebruikt om de snelheid van een driefasige asynchrone motor te regelen door de frequentie van het draaiveld te veranderen.
- Als we er de formule voor toerental bijnemen: $n = \frac{f \cdot 60}{p}$ dan zien we dat de frequentie rechtevenredig is met het toerental.
- Ook als aanloopinrichting kan de regelaar toegepast worden. Het principe is het aanpassen van de frequentie om de snelheid te regelen.

Figuur 5.4-9: Danfos frequentieregelaar

Opbouw van een 3-fasen frequentieregelaar

<u>Chopper</u>

Het hart van de frequentieregelaar is een DC-AC-inverter ofwel chopper. Dit component voorziet, door middel van het in- en uitschakelen van de aangeboden gelijkspanning, in een pulsbreedte geregelde (PWM) uitgangswisselspanning. De signaalvorm van de uitgangspanning met de gewenste frequentie wordt benaderd doordat de schakelfrequentie veel hoger ligt dan de gewenste uitgangsfrequentie.



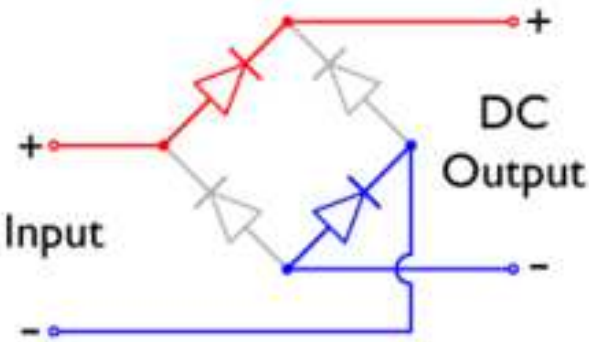
Figuur 5.4-10: Blokschema frequentieregelaar

Een microcontroller verzorgt de juiste PWM om de vermogensschakelaars aan te sturen. De uitgangsspanning is dus een iets vervormde wisselspanning die zonder filtering de gewenste basissinusvorm al heel goed benadert. De nog resterende afwijkingen van de gewenste basissinusvorm bevatten echter meerdere harmonische die helaas zorgen voor een storend veld rond de drive. Dit veld kan door verschillende filters worden beperkt.

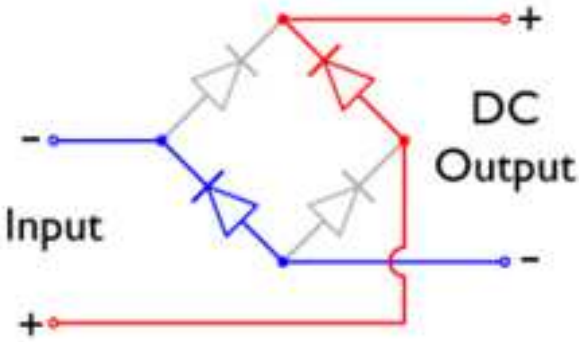
De chopper heeft als voedingsspanning een gelijkspanning nodig. Hiervoor wordt de wisselspanning van de aangeboden voeding eerst gelijkgericht. In de meest eenvoudige vorm is dit een diodebrug. Frequentieregelaars worden aangestuurd doordat de gewenste koppel, snelheid of positie als instelwaarden aan de microcontroller worden aangeboden. De microcontroller stuurt nu de inverter aan zodat er een bepaalde uitgangsspanning met een bepaalde frequentie gerealiseerd wordt.

Diodebrug

Een bruggelijkrichter, ook diodebrug genoemd, bestaat uit vier diodes die een wisselspanning omzetten naar een pulserende gelijkspanning. De diodes zijn zo geschakeld dat een wisselspanning aan de ingangsklemmen altijd een gelijkspanning aan de uitgangsklemmen levert. In de afbeeldingen loopt de stroom door de rode en blauwe diodes, terwijl de grijze diodes gesperd zijn. De onbelaste uitgangsspanning van een bruggelijkrichter is bij een sinusvormige ingangsspanning ongeveer 1,4 maal de effectieve waarde van de ingangsspanning. De piekspanning van een sinus is namelijk $\sqrt{2}$ keer de effectieve waarde.



Figuur 5.4-11: Stroomloop bij de positieve fase van de wisselspanning



Figuur 5.4-12: Stroomloop bij negatieve fase van de wisselspanning

Soorten regeling

Open loop

Een open loop regeling bestaat uit het aanbieden van een spanning en frequentie aan de motor waarop de motor begint te draaien overeenkomstig de aangeboden frequentie. Omdat hierbij geen terugkoppeling is, zal de motorsnelheid niet altijd exact overeenkomen met de aangeboden

frequentie. Ook is in het lage frequentiegebied geen volledig koppel aanwezig en kan dit bij toepassingen met een groot aanloopkoppel ervoor zorgen dat de machine niet in beweging komt. Deze regeling wordt gebruikt voor eenvoudige toepassingen zonder de voorwaarden van exacte snelheid/koppel.

Closed loop

Deze regeling gaat op dezelfde manier te werk als open loop echter wordt met terugkoppeling van een snelheidsmeting op de motor ervoor gezorgd dat de snelheid binnen bepaalde grenzen wordt geregeld. Zo kan er een nauwkeurige snelheid en koppelregeling worden uitgevoerd op de motor. Deze regeling wordt voornamelijk gebruikt in toepassingen waarin snelheid en/of positie precies geregeld en bewaakt moeten kunnen worden. Een servoregeling is ook een closed loop regeling, de motoren zijn echter anders.

3-fase frequentieregelaars

Frequentieregelaars voor grotere vermogens worden meestal gevoed door een netspanning van 400 VAC. Dit type frequentieregelaar zet een constante 3-fase 400 VAC ingangsspanning om naar een variabele 3-fase 400 VAC uitgangsspanning met een regelbare frequentie.

Aanloopstroom

De frequentieregelaar kan ook als aanloopinrichting fungeren. Een stilstaande motor heeft nog geen impedantie opgebouwd. Dit betekent dat de weerstand van de motor nog minimaal is wat een heel grote aanloopstroom (en dus een heel groot koppel en daardoor misschien mechanische schade) zou opleveren. Om de motor toch met maximaal 1,5 tot 2 keer de nominale stroom aan te zetten, wordt bij 0Hz de uitgangsspanning van de regelaar minimaal gehouden. Bij het verhogen van de frequentie wordt de spanning dan ook hoger. Dus de motor trekt, tijdens de aanloop, bij 1 Hz net zo veel stroom als bij b.v. 25 Hz. Het koppel blijft daardoor stabiel terwijl het vermogen dan evenredig toeneemt met het toerental.

$P = M \,.\, \omega = \frac{M \,.\, n}{9{,}55}$ met M= koppel, n= toerental, P= vermogen en ω= hoeksnelheid

Acceleratie- en deceleratietijd

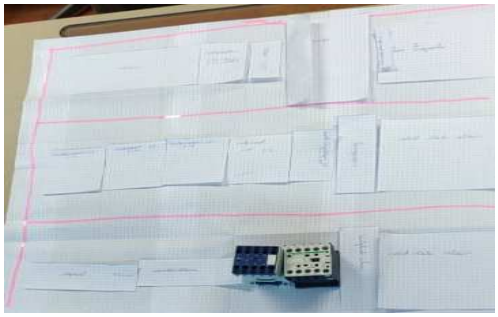
- De acceleratietijd is de tijdsperiode waarin de frequentieregelaar de motor naar de gewenste frequentie of toerental brengt. Dit staat in verhouding tot de tijd die nodig is om van 0 naar maximaal te komen.
- De deceleratietijd is de tijdsperiode waarin de frequentieregelaar de motor tot 0 Hz of stilstand brengt. Hierbij geldt: hoe langer de uitlooptijd, hoe langzamer de frequentieregelaar terugregelt tot 0 Hz.
- Bij systemen waarbij zware lasten aan de motor verbonden zijn, is het verstandig een lange acceleratie-/deceleratietijd in te stellen. Wanneer de acceleratietijd niet lang genoeg is, kan de frequentieregelaar overstuurd/oververhit raken. Dit zal uitschakeling tot gevolg hebben. Wanneer de deceleratietijd niet lang genoeg is, zal de motor functioneren als generator. Dit zal resulteren in het terugleveren van energie aan de frequentieregelaar, wat een

uitschakeling kan veroorzaken. Bij de meeste frequentieregelaars is het mogelijk een remweerstand aan te sluiten, waardoor de teruggeleverde energie omgezet kan worden in thermische energie. Een frequentieregelaar kan een motor ook gewoon laten uitdraaien, maar dit zal een heel lange deceleratietijd met zich meebrengen.

5.5 Overzicht kast

5.5.1 Voorgeschiedenis

De oorspronkelijke kast bleek te klein voor de nodige aanpassingen. Dit ontdekten we door een snelle kastindeling te maken op papier. Dus besloten we een grotere kast te voorzien. Nadat we een specifieke kastindeling maakten in Word, bleek ook deze kast nog niet groot genoeg. Dus besloten we om de automaten in breedte te halveren en de differentieel en een automaat samen te nemen in een component.



Figuur 5.5-1: Eerste kastindeling op papier

We maakten ook gebruik van heel wat optocouplers. Deze dienen om van 5 V naar 24 V te gaan en vice versa. Dit is nodig omdat de uitgangsspanning van de arduino 5 V is, terwijl de industriële spanning 24 V bedraagt. Als we deze overstap niet maken, zou onze installatie niet werken. Toen bleek dat er nog enkele nodig waren, en dat het kostenplaatje dus aardig de hoogte in ging, werd er besloten om een zelfgemaakte PLC te gebruiken. Dit drukte de prijs enorm en zo hebben we ook heel wat ruimte uitgespaard. De zelfgemaakte PLC houdt in dat deze functioneert als PLC, maar dat hij nog steeds volgens arduino werkt. De arduino zit geïmplementeerd in een zelfontworpen en vervaardigde printplaat.

Figuur 5.5-2: Printplaat + attributen

5.5.2 Indeling

Om een mooi overzicht te hebben in de elektrische kast is het van belang om alles op een logische plaats te positioneren. Ook moet je in gedachten houden dat je zo min mogelijk kabels wil gebruiken. Er zijn hiervoor enkele regels. Zo moeten de klemmen ofwel helemaal boven in de kast zitten of helemaal onderaan in de kast. Aangezien onze kast boven alles hangt, is het logisch dat wij deze onderaan plaatsen. We plaatsen de automaten en motorbeveiliger net boven de klemmenrail. Op deze hoogte bevindt zich ook de differentieelschakelaar. De automaten en de differentieel bevinden zich links op de rail en de motorbeveiliger rechts. Zo hebben we de kortste kabellengte. Op de rail erboven bevindt zich de 'PLC', de vermogenscontactoren en een voedingsblokje. Alhoewel het vermogenscontactoren zijn, zitten ze toch niet uiterst boven omdat ze een minimale warmte uitstralen.

Figuur 5.5-3: Effectieve kastindeling

Op de bovenste componenten zitten voornamelijk de grootste warmtebronnen uit onze kast. Uiterst rechts plaatsen we de frequentieregelaar. Dit is een diep component waardoor er niets meer op de zijkant van de kast kan komen. Op de rechterkant van de kast is er bijgevolg niets voorzien. Naast de frequentieregelaar komen de twee solid state relais, beter bekend als de elektronische relais. Daarnaast komen de voedingen. Uiterst links plaatsen we de twee smeltveiligheden. Deze zitten net boven de PLC, zodat ook hier de kabellengte minimaal is.

5.6 E-plan schema stuurkast

E-plan is een online tekenpakket om elektrische en pneumatische schema's te tekenen. Er zijn ook gratis pakketten van deze software en daarom is e-plan dus uiterst geschikt om te gebruiken voor onze GIP.

Vooraleer we van start konden gaan met de praktische realisatie van het elektrisch gedeelte in ons eindwerk moest er een elektrisch schema aanwezig zijn.

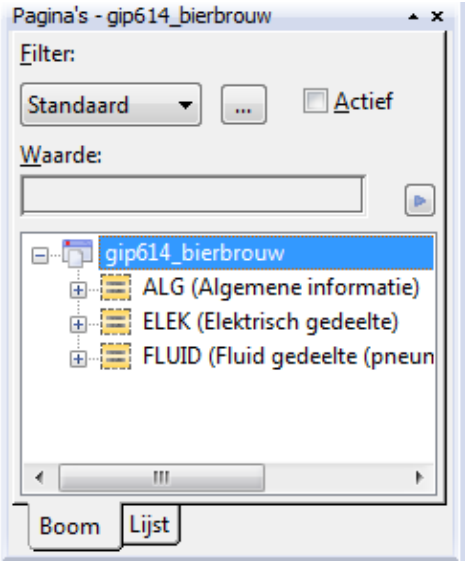
5.6.1 Werking

Wanneer we ons schema in e-plan opstarten, zien we links het project staan met de bijhorende onderdelen. Het onderdeel 'ALG' staat voor de algemene informatie:

- aanduiden van onderdeelnummers;
- info over de elektrische kast;
- opbouw van de elektrische kast;
- …

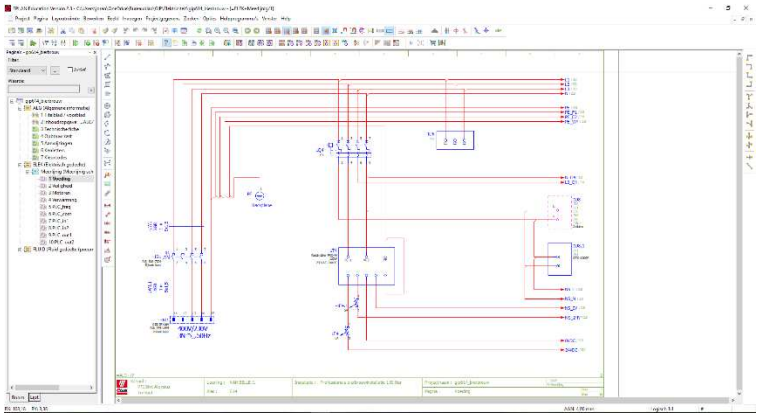
Daaronder is de rubriek 'ELEK' terug te vinden, onder deze rubriek staan al onze elektrische schema's.

Het laatste tussenkopje, 'FLUID', is waar het pneumatische schema staat.



Figuur 5.6-1: Opstart e-plan

Wanneer we een schema openen, is het mogelijk om dit aan te passen en er symbolen aan toe te voegen. Dit kan via de knop 'Invoegen', die zich bovenaan het scherm bevindt. Wanneer we een gekozen symbool willen plaatsen, plaatsen we dit op een raster. Er zijn binnen e-plan vijf verschillende soorten rasters. Van A tot en met E, waarvan de afstand tussen 2 puntjes respectievelijk 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm of 16 mm bedraagt. Dit is van belang wanneer je tekeningen gaat maken waarbij de aansluitklemmen relatief dicht op elkaar zitten. Ook is het mogelijk om zelf symbolen te ontwerpen, toe te voegen en/of aan te passen. Verder kun je ook de aansluitklemmen opnieuw benoemen. Ook is het belangrijk om te kijken naar de manier waarop je de onderdelen verbindt. Dankzij e-plan is het mogelijk om een goed overzicht te bewaren en de kortste afstanden te bepalen om twee componenten te verbinden. Deze verbindonderdelen bevinden zich rechts op het scherm. Voor de esthetiek van het schema bevindt zich een kruispunt op de 'muis', die de linkerkant van het beeldscherm verbindt met de rechterkant. Loodrecht daarop is er een tweede lijn die de boven- en onderkant met elkaar verbindt. Hieraan kun je zien of je lijnen mooi recht liggen



Figuur 5.6-2:Geopend e-planschema – aankomst voeding

wanneer je met een heel klein raster zit. Ook kun je dan vlug zien of de twee te verbinden aansluitklemmen op dezelfde hoogte liggen.

5.6.2 Elektrische schema's

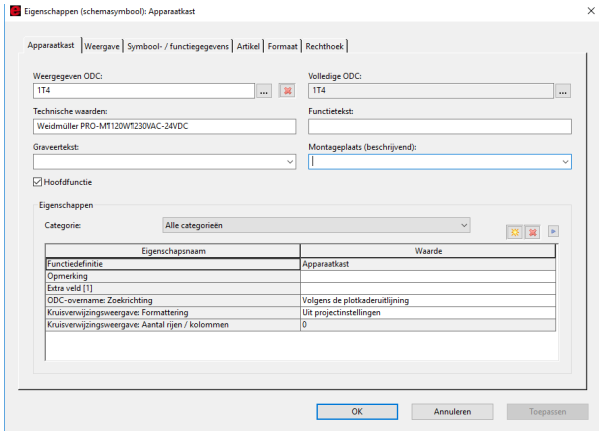
De elektrische schema's zijn volgens een zelfgekozen volgorde geordend. Het volledige elektrische netwerk is onderverdeeld in verschillende onderdeelschema's, bij ons negen stuks.

We hebben volgende vier logische onderdelen gekozen:

- de voeding, hier is het onderdeel waar we toekomen met de voeding terug te vinden;
- motoren, op dit schema valt af te lezen hoe men de motoren moet aansluiten;
- verwarming, hierop staat hoe je de verwarmingselementen moet voorzien van elektriciteit;
- PLC, dit onderdeel bestaat uit verschillende schema's met daarop de uitleg hoe men de zelf ontworpen PLC moet aansluiten, ook staat er hoe de frequentieregelaars dienen aangesloten te worden. De aansluiting voor de sensoren van de kleppen zijn ook aanwezig in deze schema's.

5.6.3 Symbool

Het is ook belangrijk om gebruik te maken van de juiste symbolen. Naast een symbool kun je ook een heleboel andere dingen instellen. Zo kun je een verwijzing maken naar iets wat al geïmplementeerd is in het schema. Ook kan je aansluitklemmen nummeren wanneer dit nodig is. Je kunt er ook een merk bij zetten en andere technische waarden die van belang zijn. Wat ook heel belangrijk is en wat ook mogelijk is weer te geven, is waar je de component wilt plaatsen.



Figuur 5.6-3: Gegevens symbool

Als voorbeeld kunnen we een 24V-voeding nemen. Met het 'ODC' kan je die koppelen aan een andere component. Die bestaat uit één cijfer, gevolgd door een letter die opnieuw gevolgd wordt door een cijfer. Het eerste cijfer staat voor het paginanummer, terwijl het tweede cijfer staat voor de kolom waartoe het behoort. De letter tussenin verwijst naar een categorie. De categorie kun je bepalen onder de pagina 'kenletters' bij 'ALG'. Bij technische waarde komt het merk en andere belangrijke dingen die moeten gekend zijn.

5.6.4 Pneumatisch schema

Omdat het mooier oogt, hebben we ervoor gekozen om het pneumatische schema te tekenen in e-plan. Dit is ook noodzakelijk omdat we moeten weten hoe het pneumatische eiland moet aangesloten worden. Bovendien kunnen we bij problemen ook makkelijker iets herstellen.

6. Elektronische studie

6.1 Overzicht elektronische componenten van de brouwinstallatie

6.1.1 Printplaat

De elektronische circuits gaan we in onze installatie niet op de breadboard laten zitten. We zullen hiervoor een printplaat ontwerpen. Een printplaat is dus een geprinte schakeling, die de componenten draagt en het geheel elektrisch verbindt.

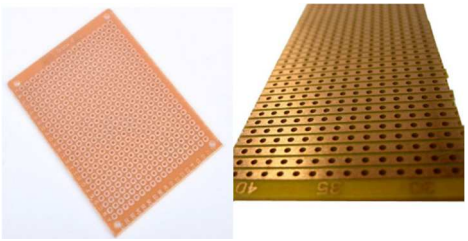
Een printplaat bestaat uit een isolerende plaat. De dikte wordt gekozen in functie van het aantal lagen en de toepassing. Die ligt meestal tussen 0,5 en 2 mm. Een gegeven dat ook dat bij deze print van pas komt, is de vlamvertraging (FR flame retardant).

Er zijn verschillende mogelijkheden om een schakeling over te zetten op een printplaatje, namelijk:

- gaatjespring;
- frezen;
- lasercutteren;
- etsen.

Gaatjespring

Dit is een stijve koperen plaat waarin gaten van koperen eilandjes zijn voorzien. De gaten zijn soms in intervallen. Dit wordt vooral gebruikt voor kleine circuits en het snel maken van een prototype. Hierbij moet je zelf nog draden over de plaat plaatsen of een deel eilanden samen solderen. Dit is vaak niet netjes.



Figuur 6.1-1: Gaatjespring

Frezen

Eerst wordt de schakeling uitgetekend via de computer. Het ontwerp wordt dan door het programma van de CNC-freesmachine doorgestuurd zodat hij de frees kan aansturen. De plaat waarop gefreesd wordt, bestaat uit een epoxyplaat met daarop een koperen laagje. Het is nu de bedoeling om een schakeling te creëren door het koper weg te frezen. Op die manier is het geleidende materiaal weg en blijft er enkel nog epoxy over. Het moeilijke aan dit proces is om de diepte juist in te stellen. Het nadeel is dat dit een duur proces is als je maar enkele printjes wilt maken. Het grote voordeel is dat je geen chemicaliën nodig hebt.

Dit proces kan je zowel gebruiken voor het maken van prototypes als voor massaproductie.

Op school is er zo'n freesmachine aanwezig, maar het is een verouderde machine en bovendien is de aansturing momenteel defect.

Lasercutteren

Lasercutteren wordt nog niet zo vaak toegepast. De methode lijkt op frezen, maar het koper wordt weggelaserd in plaats van weggefreesd.

In de school is er een lasercutter aanwezig, maar deze is helaas niet krachtig genoeg voor deze taak.

Etsen

Etsen is een oppervlaktebehandeling waarbij een oppervlak van een voorwerp met een (meestal vloeibaar) middel behandeld wordt. Hierbij treedt een chemische reactie op waarbij het oppervlak gedeeltelijk oplost.

Op een epoxyplaat met daarop een dun koperlaagje worden banen afgeprint. Er wordt een masker gecreëerd door middel van permanente markeerstift, tonertransfermethode, fotobelichting.

Doordat er op deze plaatsen een laagje ligt, gaan deze tijdens het etsen niet in contact komen met de chemicaliën en dus niet oplossen. Al het overige koper lost wel op. Nu blijven enkel nog de banen over.

- <u>Permanente markeerstift</u>

Werkwijze: was de printplaat met water en wrijf er een beetje over met een stukje staalwol. Op die manier verwijder je het vettig laagje en hou je zuiver glanzend koper over. Daarna teken je je lay-out op de koperen bekleding. De print is nu klaar om geëtst te worden.

- <u>Tonertransfermethode</u>

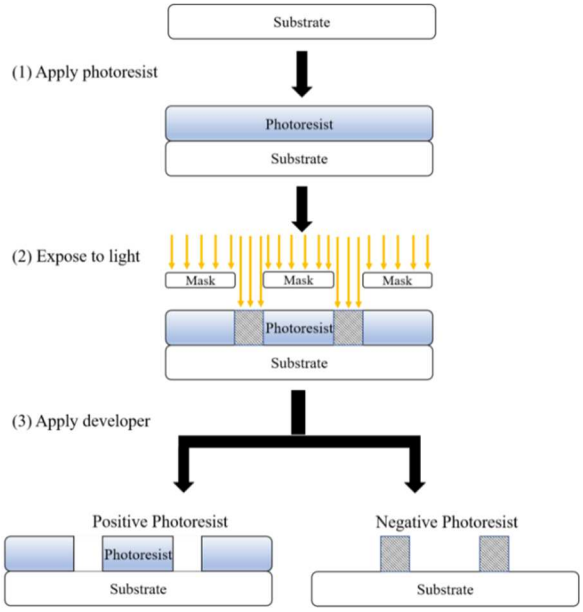
Werkwijze: je print je circuit uit met een laserprinter in spiegelbeeld. Deze foto wordt dan op het koper geplaatst nadat het koper gewassen en geschuurd werd. Door nu met een strijkijzer of eender ander warm voorwerp over de foto te gaan en een kleine druk uit te oefenen komt de toner los en is het circuit overgezet op het koper. Het papier plakt er ook een beetje aan. Dit krijg je los door het plaatje in een beetje water te plaatsen en voorzichtig te schrobben.

Als je ziet dat op een plek de toner niet helemaal kleeft, kan je er nog eens over gaan met je permanente markeerstift.

Bij deze methode is het belangrijk dat de printer een laserprinter is. Zo'n printer gebruikt plastic poeder (toner) dat op het papier/transparant wordt gesmolten. Door het opnieuw smelten komt de toner los Zo kan je het overzetten naar je board.

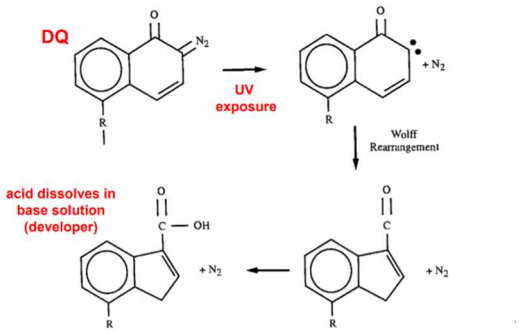
Bij een inkjetprinter wordt het papier meteen doordrongen van de inkt en werkt deze methode dus niet.

- <u>Fotobelichting</u>
  - De methode
    Bij de belichtingsmethode wordt gebruik gemaakt van een speciale plaat. Er ligt op de print nog een fotoresist. Dit kan ook gedaan worden met een spuitbus. Doordat deze fotoresist straling absorbeert, zal de chemische structuur veranderen in een goed oplosbare laag (positieve fotoresist) of in een slecht oplosbare structuur (negatieve fotoresist). De gebieden die geen straling absorberen, blijven resistent.
    Voor belichtende printplaten worden er enkel positieve fotoresists gebruikt.



Figuur 6.1-2: Fotobelichting

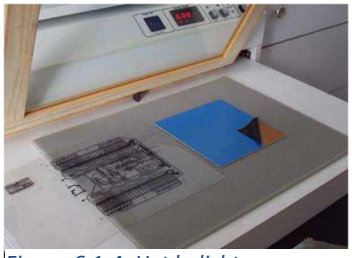
  - Waarom verandert de structuur?
    De structuurverandering ontstaat door fotonen met een hoog energetische energieniveau. Doordat de moleculen dit opnemen, komen de elektronen van die moleculen in een hogere energetische staat. Dit kan leiden tot oxidatie, breking, kortom verandering van de moleculaire structuur.



Figuur 6.1-3: Structuurverandering

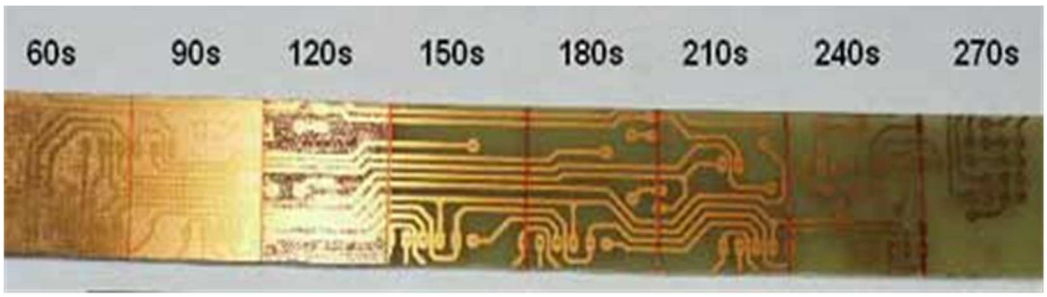
  - Wanneer heeft het foton uit licht een hoog energetisch energieniveau?
    De fotonenergie kan je schrijven als E = h x f (h is de constante van Plack en f is de frequentie). Dus hoe hoger de frequentie, hoe meer energie deze foton bezit. De fotonen van UV-licht bevatten dus meer energie dan rood licht. Dit zal belangrijk zijn, want bij onze fotoresist bevat de frequentie van het UV-licht de nodige energie om de molecule van structuur te veranderen.

  - In de praktijk
    Eerst print je de schakeling op een transparant. Er worden soms meerdere prints op elkaar gelegd, dit om te voorkomen dat er zeker geen straling gaat door het geprinte circuit. Kleef de bladen goed vast. Zorg dat er geen licht meer schuin tussen kan. Dan mag de beschermfolie van de print verwijderd worden en met de


Figuur 6.1-4: Het belichten

fotoresistkant op de bladen gelegd worden. Na het bepalen van een goede belichtingstijd mogen de UV-lampen aangelegd worden.

De belichtingstijd kan je als volgt bepalen. Je neemt een stukje fotogevoelige printplaat. Je legt dit op een blad met een willekeurige schakeling waarbij je eerst de rest afdekt met een blad ertussen. Dit blad verschuif je na een bepaalde tijd, bv. na 30 seconden. Je ontwikkelt dit en dan zie je welk stukje print er het best doorkomt. In de afbeelding hieronder zie je dat er tussen 60 en 120 seconden te kort belicht is geweest. Je ziet ook dat er tussen 240 en 270 seconden te lang belicht is geweest zodat de banen ook al een beetje zijn afgestorven. Dus de ideale belichtingstijd was hier van 160 tot 180 seconden.



Figuur 6.1-5: Belichtingstijd bepalen

Na het belichten moet de belichte fotolaag worden opgelost, zodat er enkel nog een laagje koper ligt op de plaat. Hiervoor wordt vaak wc-ontstopper (NaOH) en water gebruikt. Maak de oplossing zeker niet te geconcentreerd, anders zou de hele laag wel eens kunnen opgelost worden. Dompel de plaat voorzichtig in de vloeistof. Nu zie je normaal een zweem van inkt over de print. Als je de print beweegt in het bad, gaat de reactie wat sneller.

Figuur 6.1-6: Oplossen fotolaag

Het is klaar als je de banen met nog een laagje koper erop duidelijk kan onderscheiden van de rest. Na het ontwikkelen wordt de plaat best afgespoeld met koud water (voor- en achterkant). Het is heel belangrijk om de plaat niet af te drogen want anders kan je de fotolaag beschadigen.

Nu is de plaat klaar om geëtst te worden.

- <u>Het etsen</u>

Het etsen is het oplossen van het koper met de chemicaliën. Verschillende chemische reacties zijn mogelijk. Het ene product is moeilijker te verkrijgen dan het andere. Milieuvriendelijkheid, kostprijs, gevaar, snelheid van uitvoering spelen ook een rol bij het maken van de keuze van de chemicaliën. Maar het principe is overal hetzelfde.

- $H_2O_2 + HCl + Cu$
- $H_2O_2 + H_2SO_4 + Cu$
- $H_2O_2 + NaHSO_4 + Cu$
- $FeCl_3 + Cu$
- $CuCl_2 + HCl + Cu$
- $CuSO_4 + HCl + Cu$
- $NaClO + HCl + Cu$
- $MnO_2 + HCl + Cu$
- $HNO_3 + Cu$
- $KNO_3 + HCl + Cu$

- waterstofperoxiden
- metaal chloriden
- chloren
- nitraten

Figuur 6.1-7: De chemicaliën

Bij de peroxiden wordt steeds gebruik gemaakt van waterstofperoxide. Het voordeel van waterstofperoxide is dat het gemakkelijk te verkrijgen is. Het nadeel is dan weer dat het instabiel is en na verloop van tijd wordt omgezet in zuurstof en water. Want de molecule waterstofperoxide heeft één zuurstofatoom meer dan de veel stabielere molecule water. Waterstofperoxide is erg reactief, maar ook instabiel.

Waterstofperoxide ondergaat bij het etsen een disproportioneringsreactie. Dit is een reactie waarbij de verschillende atomen in eenzelfde molecule zowel naar een hoger als naar een lager oxidatiegetal gaan. Er wordt dus eenzelfde deeltje geoxideerd als gereduceerd. Hier is de eerste bewerking de reductie en de tweede de oxidatie.

$$H_2O_2 + 2\,H^+ + 2\,e^- \longrightarrow 2\,H_2O$$

$$H_2O_2 \longrightarrow O_2 + 2\,H^+ + 2\,e^-$$

$$2\,H_2O_2 \longrightarrow 2\,H_2O + O_2$$

Figuur 6.1-8: De chemische reactie

Samengevat geeft dit:

$$2\,H_2O_2 \longrightarrow O_2 + 2\,H_2O$$

Dit is de reactie die wij hebben uitgevoerd.

Figuur 6.1-9: Foto van de uitvoering

6.2 Elektronische schakeling

6.2.1 Vermogenkringen

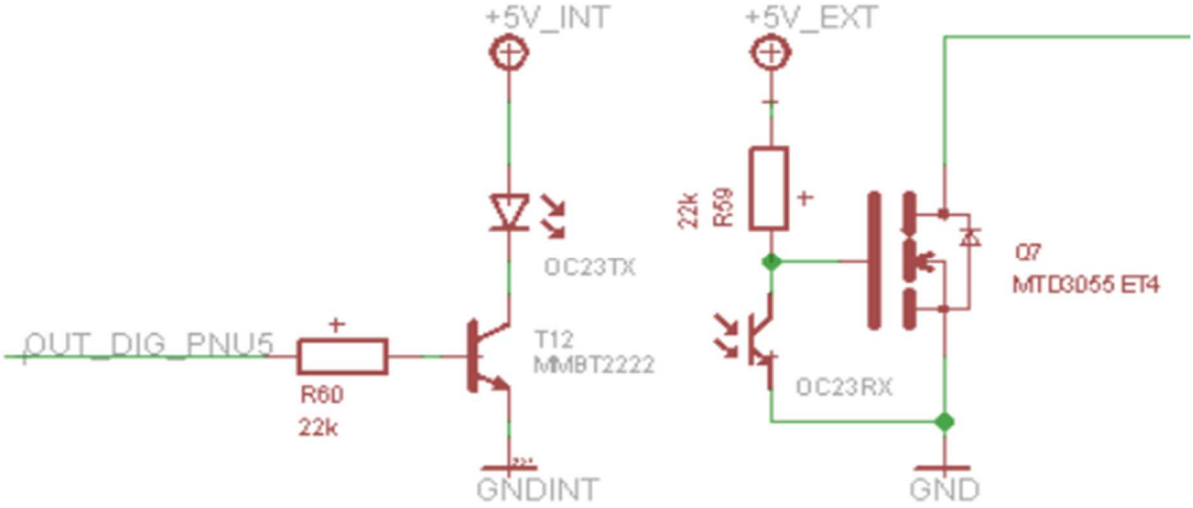
Vermogenkringen aan/uit

<u>Algemeen</u>

De arduinopin levert maar een 5V-potentiaal en er mag maar een maximale stroom van 40 mA doorgejaagd worden. We moeten dus gebruik maken van een vermogenschakeling voor al onze digitale uitgangen.

We maken ook gebruik van een optocoupler, die zorgt voor een galvanische scheiding. Als er een fout zou optreden in de vermogenkring kan er daardoor geen schade aan de stuurkring veroorzaakt worden.

Werking schakeling



Figuur 6.2-1: Optocoupler

De arduinopin zorgt voor een kleine stroom door de basis van de transistor. Deze versterkt de stroom door de collector van de transistor, dus door de led van de optocoupler. Het licht van de LED valt op de transistor van de optocoupler. Dit licht heeft hetzelfde effect als een basisstroom: het versterkt de collectorstroom. Het licht van de basis is hierbij groot genoeg (of de weerstand is groot genoeg) om deze transistor in verzadiging te brengen, zodat dus alle spanning op de weerstand staat en dus geen spanning op onze Mosfet.

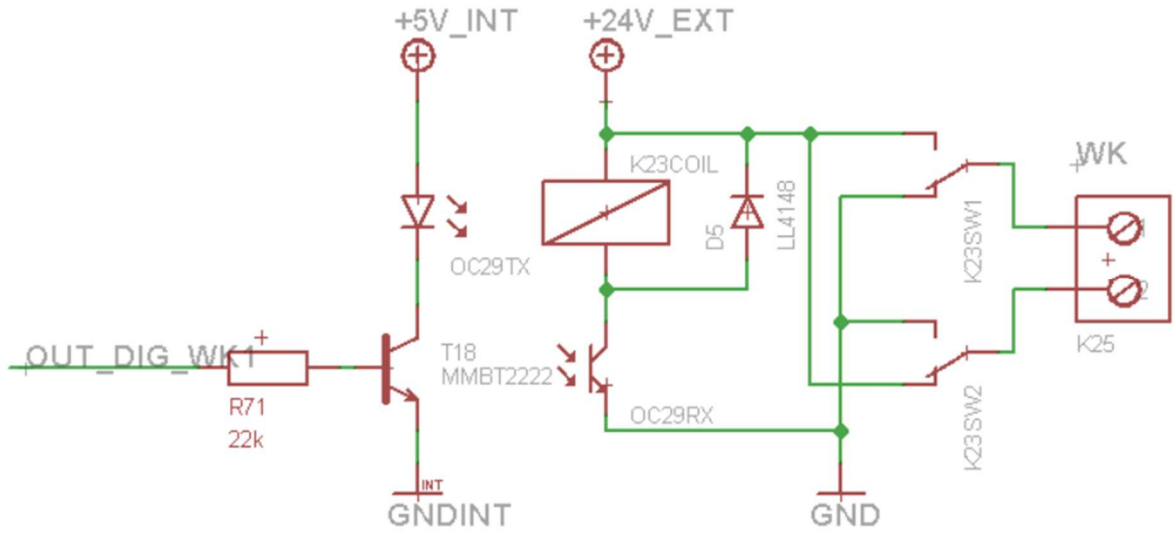
Dus als er een “logisch 1” wordt uitgestuurd, dan zal er geen spanning op de Mosfet staan en zal de schakeling niet in geleiding komen. Bij een “logisch 0” zal er de volle 5V op staan, en zal de schakeling dus in geleiding komen.

Vermogenkringen waterkleppen

Algemeen

Bij waterkleppen is het niet gewoon zo dat als er spanning op het component staat, dat de klep dan open is en zonder spanning gesloten. Om te openen moet een spanning aangelegd worden en om de klep te sluiten moet een tegengestelde spanning aangesloten worden. Dit kunnen we simpel oplossen met een H-brug. Doordat dit niet veel geschakeld moet worden, hebben we geopteerd om dit aan te sturen met een relais. Het nadeel is echter wel de slijtage.

Werking schakeling



Figuur 6.2-2: Schakeling waterkleppen

Als de arduinopin “logisch 1” is, zal er een stroom langs de weerstand door de basis stromen, die op zijn beurt de LED van de optocoupler laat branden. Hierdoor gaat de transistor in saturatie en zal dus de spoel van het relaispin van pool veranderen.

Deze diode wordt ook wel de bypass diode genoemd. Want als de spanning wegvalt op de spoel biedt zij een tegen-EMK van wel duizenden volt. Die diode zorgt ervoor dat de spoel zijn energie kan afgeven via die diode.

6.2.2 Aansturing frequentieregelaar

Algemeen

Er moeten 2 frequentieregelaars aangestuurd worden. Dit gebeurt door middel van een PWM-signaal met een amplitude van 10V.

Elektrische filters

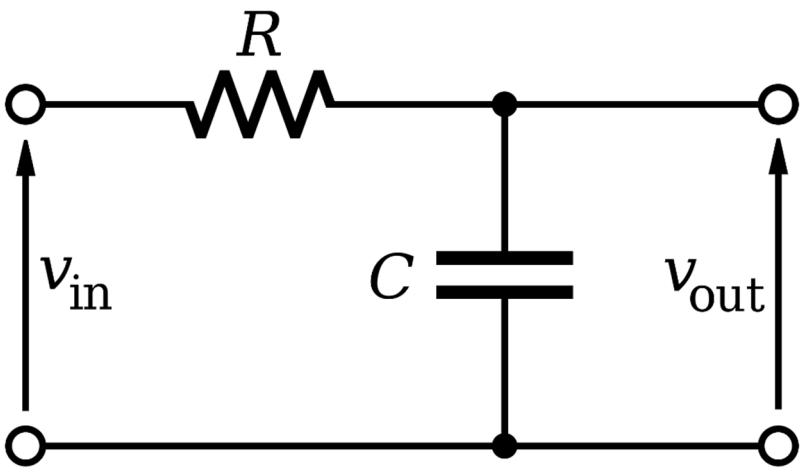
De PLC stuurt standaard een frequentie uit van 490Hz bij het PWM-commando. Wij willen dat er zeker geen hogere frequenties doorgaan. We zorgen ook nog voor een marge, dus nemen we een filter met kantelfrequentie van rond de 50Hz. Alles wat lager is dan 50Hz zal deze filter doorlaten. Alles wat hoger is, zal hij onderdrukken. Dit is natuurlijk niet volledig juist, aangezien perfecte filters niet bestaan.

De bedoeling is om de AC (hoge frequenties) van de arduino te onderdrukken en de DC (lage frequenties) door te laten.

Bij elektrische filters is het eigenlijk de bedoeling om frequenties door te laten of tegen te houden. Er bestaan meerdere soorten filters. Wij zullen gebruik maken van een laagdoorlaatfilter. Deze laat de lage frequenties door en werkt louter op wisselspanning, dus ook op netspanning.

Afleiding

(deze afleiding werd vorig jaar al gemaakt):



Figuur 6.2-3: Filter

$$A = \frac{U_{uit}}{U_{in}} = \frac{U_C}{U_R+U_C} = \frac{I*X_C}{I*(R+X_C)} = \frac{\frac{1}{jwC}}{R+\frac{1}{jwC}} = \frac{1}{\sqrt{1^2+(jwRC)^2}}$$

met : $U_C = I \,.\, X_C$

$U_R = I \,.\, R$

$X_C = \frac{1}{jwC}$

$$-3\text{ dB} = 20\log|A|$$

$$-3\text{ dB} = 20log\left|\frac{1}{\sqrt{1^2+(wRC)^2}}\right|$$

$\rightarrow \quad \omega.\mathrm{R.C} = 1$

$2\pi\mathrm{f.R.C} = 1$

We moeten rekening houden met een kantelfrequentie van ongeveer 50Hz en we zouden ook graag een condensator gebruiken van 100nF.

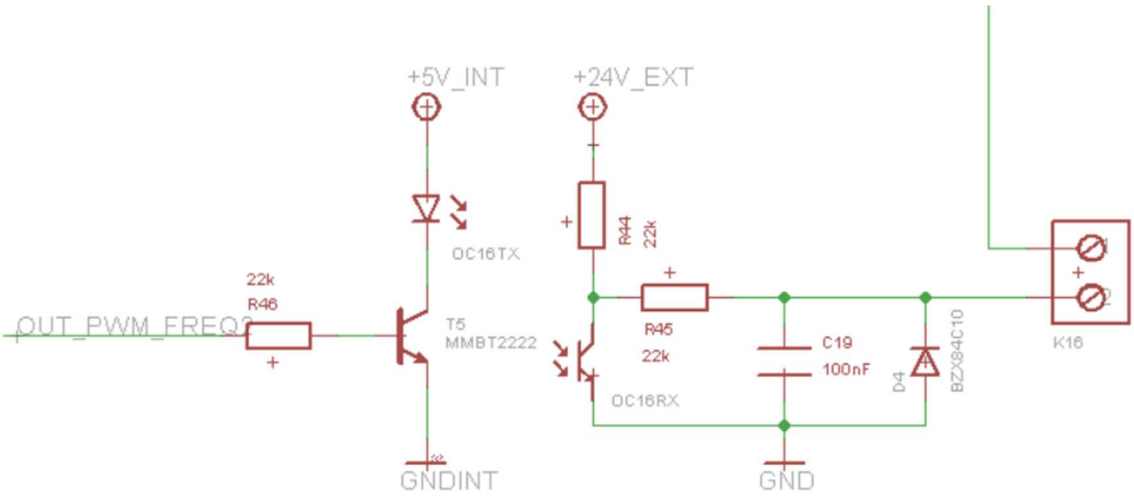
$$R = \frac{1}{2\pi f.C} = \frac{1}{2\pi 50.100.10^{-9}} = 3\ 1{,}8\ k\Omega$$

Doordat dit type niet bestaat, maken we gebruik maken van onze 22 $k\Omega$. De nieuwe kantelfrequentie wordt dan 72 Hz.

Onze schakeling

Het PWM-signaal stuurt de signalen uit die door de transistor de led van de optocoupler doet branden. Op zijn beurt brengt hij zijn transistor in doorlaat waardoor de spanning erop daalt en ook de spanning op de uitgang. Hierbij is het net zoals bij alle andere schakelingen: de uitgang uit de PLC is net het

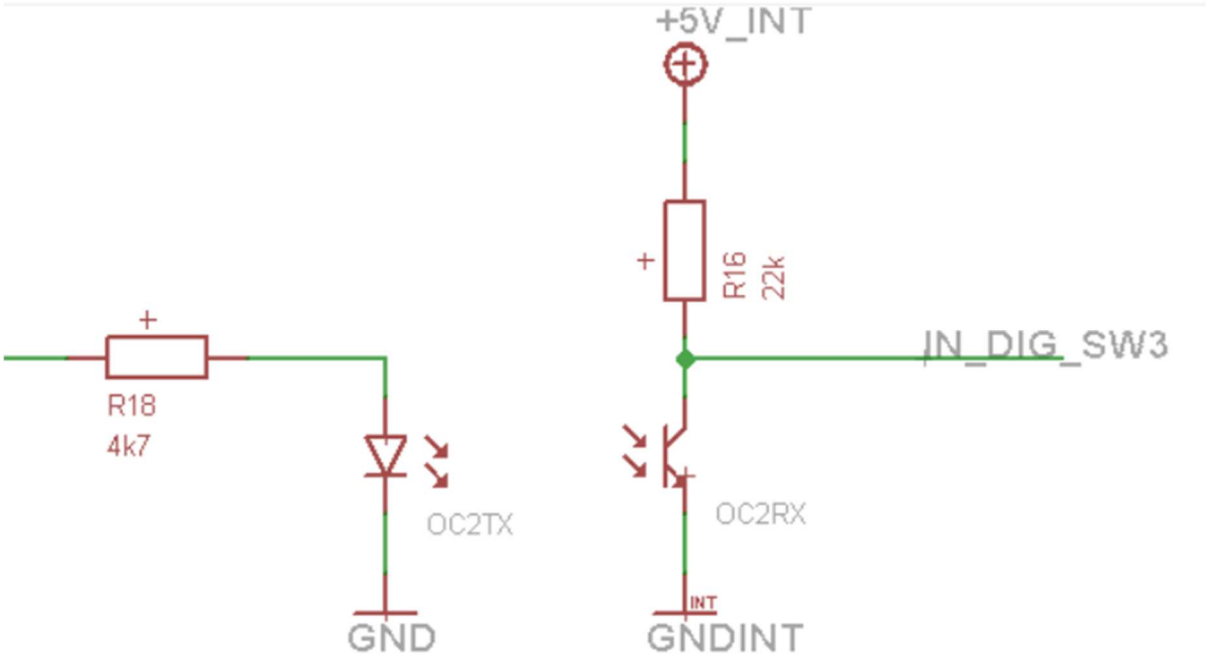
omgekeerde van de uitgang van onze pin. De uitgaande spanning wordt zoals reeds uitgelegd gefilterd. Er is ook nog een zenerdiode parallel geschakeld met de uitgangsspanning zodat er nooit meer dan 10V op de frequentieregelaar komt te staan.



Figuur 6.2-4: Onze schakeling

6.2.3 Digitale ingangen

Om de inductieve sensoren, drukknoppen, LMT100…. in te lezen, maken we opnieuw (omwille van dezelfde reden) gebruik van een galvanische scheiding:



Figuur 6.2-5: Optocoupler

Als de sensor een spanning uitstuurt, zal er een stroom door de led van de optocoupler gaan en op zijn beurt licht uitsturen naar de transistor, die hierdoor in geleiding gaat. De transistor zal verzadigen, er staat dus geen spanning meer op. Je leest dus een “logisch 0” in.

6.2.4 Analoge ingangen

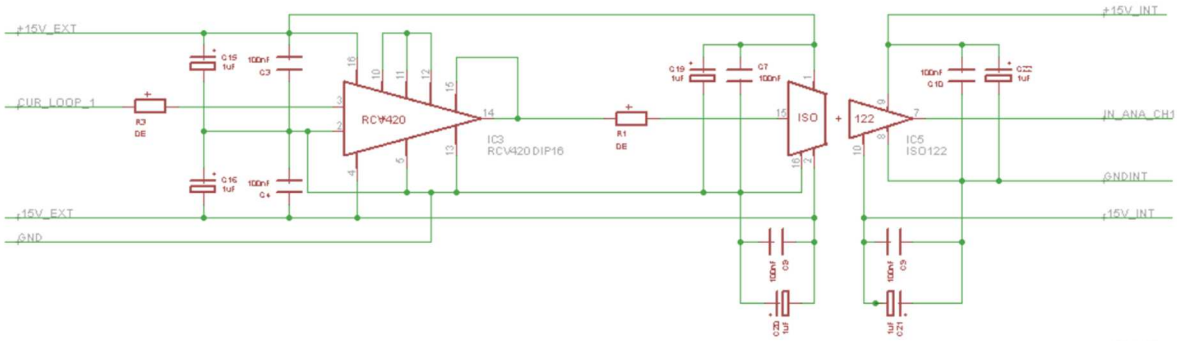
Het volume van de maisch- en kookketel wordt onrechtstreeks ingelezen door de hoogte van boven het oppervlak tot de sensor te meten. En zo kunnen we dan het volume wort weten.

Deze hoogtesensor geeft een stroom van 4 tot 20 mA. Deze willen we nu kunnen inlezen met onze analoge arduinopin. We moeten deze stroom dus kunnen omzetten naar een spanning. Ook bij deze schakeling willen we een analoge scheiding.

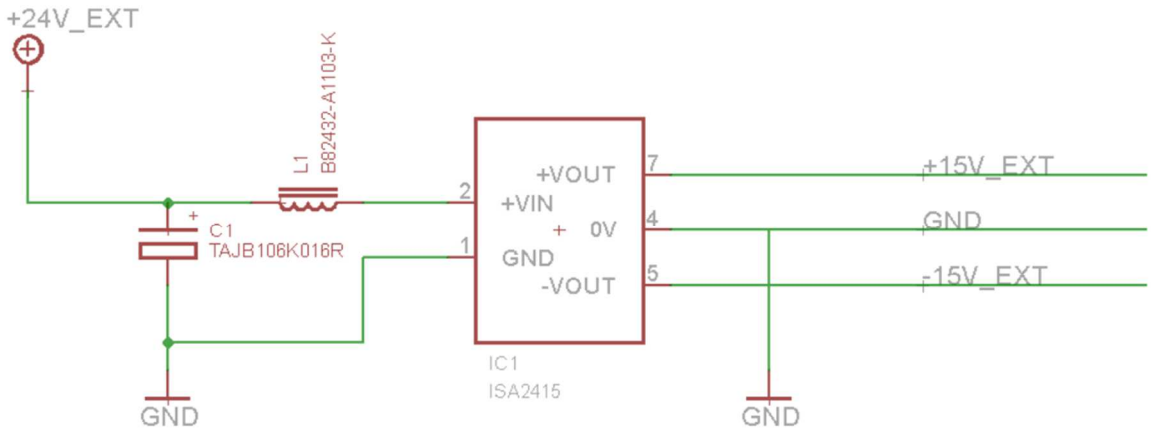
Om deze 4-20mA stroom om te zetten naar een spanning van 0-5V maken we gebruik van de component RCV420.

Deze spanning zouden we in principe al kunnen inlezen met de arduino, maar omdat we een galvanische scheiding willen, maken we gebruik van het iso-122 component. Dit is een geïsoleerde amplifier.

Doordat deze componenten een +15 V en een -15 V nodig hebben om optimaal te functioneren, maken we nog gebruik van een DC/DC-converter. Dit gebruiken we voor de in- en uitgang, omdat we 2 verschillende voedingen hebben (beschermingsmaatregel).



Figuur 6.2-7: Iso-122 component



Figuur 6.2-6: DC-DC converter

6.3 Sensoren/actuatoren

De arduino krijgt informatie binnen a.d.h.v. sensoren en stuurt de installatie aan a.d.h.v. actuatoren.

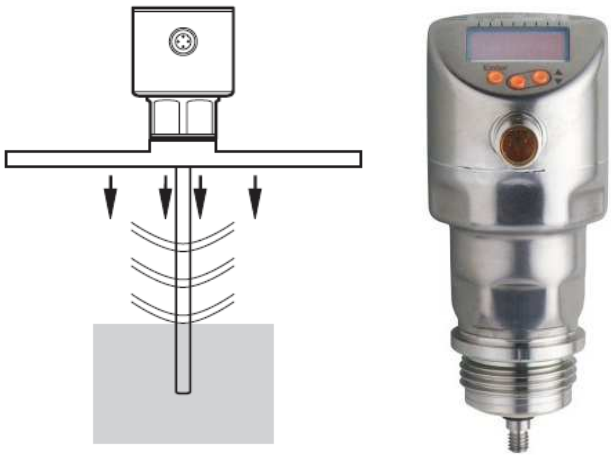
6.3.1 Volumemeting

Debietmeting

Figuur 6.3-1: SM8000

Eerst werd er besloten om een debietmeting uit te voeren om zo het volume te bepalen. Dit zou aan de hand van een elektromagnetische debietmeter gebeuren, de SM8000. Deze meet de volumehoeveelheid vloeistof die per tijdseenheid door de meter stroomt. Een magnetisch veld wordt geïnduceerd in de meetbuis. Volgens de wet van Faraday wekt een geleider die zich in een magnetisch veld bevindt een elektrische spanning op evenredig met zijn snelheid. Het fysische meetprincipe is Faraday's wet van elektromagnetische inductie. De magnetische debietmeter kan alleen gebruikt worden voor geleidende vloeistoffen, bijvoorbeeld het wort. Een millivoltspanning wordt geïnduceerd tussen de twee elektroden volgens de wet van Faraday. Deze spanning wordt gemeten en is een maat voor de snelheid van de vloeistof. Wanneer de diameter van de ketel gekend is, dan kan het volumetrisch debiet berekend worden aan de hand van de twee uitgangssignalen. De uitgang is een ogenblikkelijk debiet (liter/minuut) uitgestuurd in 4-20 mA of een geïntegreerd debiet in liter. Een 4-20 mA stroomlus is een 2-draads elektrische verbinding, gevoed door een constante spanning van max 24 V en aangesloten op een omvormer die een te meten grootheid omzet in een gelijkstroom tussen 4 en 20 mA. Dit is een signaaltransmissiestandaard voor industriële instrumentatie en communicatie waarbij 4 mA nul procent van de gemeten grootheid en 20 mA honderd procent voorstelt. De 4 mA in plaats van 0 mA, biedt het ontvangende toestel de mogelijkheid om onderscheid te maken tussen een nulsignaal en een gebroken draad of defect instrument. Deze standaard werd ontwikkeld rond 1950 en wordt nog steeds op grote schaal gebruikt in de industrie. Achteraf bleek dat ons debiet te klein was voor de sensoren, waardoor de meetfout te groot zou zijn.

Geleide radarniveaumeting


Figuur 6.3-2: L R2750

Na de debietmeting zijn we op het idee gekomen om een niveaumeting in de maisch- en kookketel te doen. Hierdoor zouden we ook precies weten welke hoeveelheid vloeistof waar in de installatie zit. Om het volume te bepalen gebruiken we een LR2750. Het systeem is gebaseerd op de weerkaatsing van een hoogfrequente of elektromagnetische puls. Die puls wordt langs een sensorstaaf, die onderaan op de sensor wordt gemonteerd, geleid en door de vloeistof weerkaatst. Dit gebeurt aan de hand van een staaf omdat wij bij het

brouwen te maken kunnen hebben met dampen en schuim. Dit zou meetfouten kunnen veroorzaken, wat op deze manier vermeden wordt. De in de sensor ingebouwde elektronica bepaalt het vulniveau op basis van de looptijd van de puls (= TOF, Time of flight) en geeft het niveau weer op de display. Dit aan de hand van volgende formule: $looptijd = \frac{afgelegde\ afstand}{snelheid\ golf}$. In ons geval zal er een spanning binnengelezen worden in de Arduino. Deze spanning wordt dan omgezet in de looptijd en hiermee kan de afgelegde weg bepaald worden. De elektromagnetische puls wordt uitgezonden, weerkaatst op de vloeistof en ontvangen. Hierbij wordt er maximaal een fout gemaakt van ± 7 mm.

Sensor voor Packopomp

Om te zorgen dat de Packopomp niet droog komt te staan hebben we gezorgd voor een sensor die een signaal kan doorgeven wanneer er zich in een leiding geen vloeistof bevindt, de LMT100. Deze sensor heeft vier aansluitingen: voeding, aarding en twee digitale pinnen. We gebruiken hiervan één digitale pin die maar twee waarden doorzendt, wanneer er zich water in de leiding bevindt en wanneer niet.

Figuur 6.3-3:LMT100

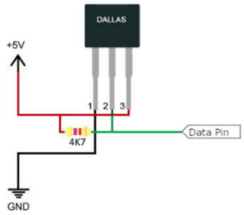
Inductieve sensor pneumatische kleppen

Bij iedere pneumatische klep op onze installatie hebben we een bijhorende inductieve sensor geïnstalleerd. Dit is een sensor die kan weten of de klep gesloten of open is. Deze sensor heeft drie aansluitingen: +24 V, aarding en een aansluiting met PNP-uitgangsconfiguratie. Wij lezen het PNP-signaal rechtsreeks binnen in de PLC. Deze is intern zodanig opgebouwd dat deze overweg kan met sensoren die een PNP-uitgangsconfiguratie hebben.

Figuur 6.3-4: Inductieve sensor

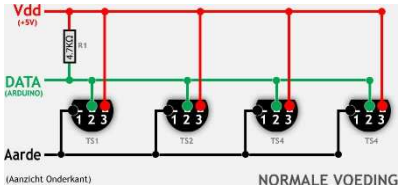
6.3.2 Temperatuursensoren

Om de installatie te regelen maken we gebruik van vier temperatuursensoren, voor iedere ketel één en één voor de platenkoeler. We maken gebruik van Dallas temperatuursensoren. Dit zijn temperatuur-sensoren die drie aansluitingen hebben: voeding, aarding en datapin. De datapin wordt gebruikt om de signalen te ontvangen en om zo de temperatuur te lezen.



Figuur 6.3-5: Dallas temperatuursensor

We kunnen aan de hand van de techniek '1-Wire' alle sensoren op dezelfde datalijn aansluiten, zoals je ziet op de afbeelding rechts. 1-Wire is een communicatiebus die low-speed-datatransmissie en stroomvoorziening combineert in een enkel aderpaar.



Figuur 6.3-6: 1-wire techniek

Op de afbeelding rechts zie je een voorbeeld van hoe we de informatie van de sensor ontvangen in de arduino en doorgeven naar de serial monitor (= een apart pop-upvenster waar gegevens naar-toe worden gestuurd om ze daar te visualiseren). We maken hier gebruik van de bibliotheken van 'OneWire' en 'DallasTemperature'. De bibliotheek van 'OneWire' gebruiken we om de verschillende temperatuursensoren aan te sturen die op één pin zijn aangesloten. De bibliotheek van 'DallasTemperature' gebruiken we om de ontvangen waarde om te zetten in graden Celsius.

```
1  // First we include the libraries
2  #include <OneWire.h>
3  #include <DallasTemperature.h>
4
5  // Data wire is plugged into pin 2 on the Arduino
6  #define ONE_WIRE_BUS 2
7  /********************************************************************/
8  // Setup a oneWire instance to communicate with any OneWire devices
9  // (not just Maxim/Dallas temperature ICs)
10 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
11 /********************************************************************/
12 // Pass our oneWire reference to Dallas Temperature.
13 DallasTemperature sensors(&oneWire);
14 /********************************************************************/
15 void setup(void)
16 {
17  // start serial port
18  Serial.begin(9600);
19  Serial.println("Dallas Temperature IC Control Library Demo");
20  // Start up the library
21  sensors.begin();
22 }
23 void loop(void)
24 {
25  // call sensors.requestTemperatures() to issue a global temperature
26  // request to all devices on the bus
27 /********************************************************************/
28  Serial.print(" Requesting temperatures...");
29  sensors.requestTemperatures(); // Send the command to get temperature readings
30  Serial.println("DONE");
31 /********************************************************************/
32  Serial.print("Temperature is: ");
33  Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0)); // Why "byIndex"?
34    // You can have more than one DS18B20 on the same bus.
35    // 0 refers to the first IC on the wire
36    delay(1000);
37 }
38
```

Figuur 6.3-7: Arduino naar serial monitor

Aan de binnenkant van iedere ketel is er een buisje in inox voorzien (zie afbeelding rechts). In dit buisje zullen we de sensor plaatsen met een goed geleidende pasta zodat we zo weinig mogelijk verlies hebben. De huls zorgt er ook voor dat de sensor niet in contact komt met de vloeistof.

Figuur 6.3-8: Inox huls

6.3.3 LMT 100-niveausensor

In de installatie maken we gebruik van een LMT 100, een niveausensor voor grenswaardedetectie, die bevestigd is voor de Packopomp. Deze niveausensor kan gebruikt worden in een vloeibare medium, maar eveneens in een pasteus en poedervormig medium. De mediumtemperatuur is beperkt tussen -40 °C en 100°C. De sensor heeft in ons project de functie van droogloopbeveiliging.

De niveausensor heeft een lengte van 113 millimeter, waarvan de staaflengte 11 millimeter in beslag neemt. De sensor heeft een gewicht van 208,5 gram.
De sensor is vervaardigd uit verschillende materialen zoals : 1.4404 (roestvast staal / 316L), PEEK (polytheretherketone), PEI (Polyetherimide) en FKM (Fluoro rubber). Hierbij zal alleen PEEK in contact komen met het medium.

De voedingsspanning van de sensor ligt tussen de 18 V (DC) en de 30 V (DC). De stroomopname is ook beperkt tot maximaal 50 mA. De beschermklasse is verzekerd tot klasse III. De sensor wordt elektrisch aangesloten door middel van een connector van 12M en contactpinnen die verguld zijn.

De LMT 100 bezit 2 digitale uitgangen, die geschakeld worden volgens een schakelsignaal en IO-link. Deze elektrische sturing wordt uitgevoerd aan de hand van een PNP/NPN. De uitgangsfunctie maakt gebruik van een maak- of verbreekcontact.
De maximale spanningsval bij de schakeluitgang is 2,5 V (DC), en de continue stroombelasting bij de schakeluitgang 100 mA (DC).

De sensor bevat ook een pulserende kortsluitbeveiliging en is ook beschermd tegen overbelasting.

Ook is er een ompoolbeveiliging aanwezig.

7. ICT-studie

7.1 Website GIP6IW.be

Voor de website www.gip6iw.be en voor de webpagina voor de brouwer is er gebruik gemaakt van de codes HTML, Javascript, JQuery, SVG en CSS.

7.1.1 HTML

HTML staat voor Hyper Text Markup Language en is de standaardtaal om websites te maken. Web-browsers (Chrome, firefox …) kunnen HTML omvormen tot een visueel gegeven. HTML is een opmaaktaal, geen programmeertaal.

HTML bestaat nog maar een kleine dertig jaar en toch komen we er al van kleins af aan regelmatig mee in aanraking. Bovendien is er veel kans dat we amper nog zonder zouden kunnen, want we gebruiken het allemaal al dan niet bewust op regelmatige basis. Het werd in 1991 bedacht en ontwikkeld door Tim Berners-Lee om zo wetenschappelijke documenten van het CERN in Genève gemakkelijk toegankelijk te maken. De nieuwe opmaaktaal werd gebaseerd op het al bestaande SGML. De Brit heeft met HTML de eerste webbrowser, WorldWideWeb genaamd, ontwikkeld.

HTML-documenten bevatten eerst en vooral de structuur en tekstuele inhoud van een webpagina, maar ook de opmaak en visuele weergave kunnen erin beschreven worden. Al wordt hier meestal CSS voor gebruikt, dit is een deel van HTML. Een HTML-bestand kan ook attributen bevatten die extra informatie geven over een element, zoals de visuele weergave. Zo kan je bijvoorbeeld tekst- en achtergrondkleur veranderen, maar ook een document of afbeelding kan je aan de hand van attributen weergeven.

Voorbeeld HTML-code:

```
<html>
      <body>
            <h1>This is the   Main Heading</h1>
                  <p>This     text might be an introduction to the rest of
                  the   page. And if the  page is     a long one  it
                  might be split up into several      sub-headings.<p>
            <h2>This is a Sub-Heading</h2>
                  <p>   Many long articles have sub-headings so   to    help
                  you   follow the structure of what is     being written.
                  There may   even be     sub-sub-headings (or lower-level
                  headings).</p>
            <h2>Another Sub-Heading</h2>
                  <p>Here     you   can   see   another     sub-heading.</p>
      </body>
</html>
```

Resultaat in Browser:

This is the Main Heading

This text might be an introduction to the rest of the page. And if the page is a long one it might be split up into several sub-headings.

This is a Sub-Heading

Many long articles have sub-headings so to help you follow the structure of what is being written. There may even be sub-sub-headings (or lower-level headings).

Another Sub-Heading

Here you can see another sub-heading.

HTML-code staat tussen < en > en wordt HTML-elementen genoemd. Meestal zijn er twee tags: een openingstag, bijvoorbeeld <H1> en een tag om te sluiten </H1>.

7.1.2 JavaScript

JavaScript is een scripttaal die veel gebruikt wordt om webpagina's interactief te maken en webapplicaties te ontwikkelen. Aan de hand van hierboven vermelde HTML wordt het script (de code) in de webbrowser overgebracht.

JavaScript wordt soms verward met Java, dit komt door de naamgeving. Meer gelijkenissen dan het feit dat de twee talen eenzelfde afkomst hebben en beiden het meest zichtbaar zijn op en rond de browser zijn er niet.

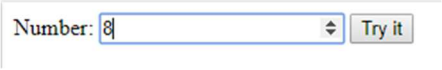
In 1995 werd de eerste versie van Javascript ontwikkeld door Brendan Eich. Door JavaScript ontstonden toen de eerste mogelijkheden om webpagina's interactief te maken.

Een eenvoudig voorbeeld van Javascript is het volgende:

```
<html>
Number: <input type="number" id="myNumber" value="">
<button onclick="myFunction()">Try it</button>
<script>

function myFunction() {
  var x = document.getElementById("myNumber").value;
    document.write(x);
    }
</script>
</html>
```

Deze code wordt zo weergegeven.



Indien je op de knop "Try it" drukt, bekom je:

8

7.1.3 JQuery

JQuery laat toe een kortere notatie te schrijven, maar maakt daardoor het geheel complexer.

7.1.4 CSS

CSS staat voor Cascading Style Sheets en wordt gebruikt om vorm te geven aan een webpagina. "Cascading" is waterval, wat slaat op het feit dat alle elementen die onder een element komen te staan dat opmaak heeft gekregen, automatisch dezelfde opmaak erven. "Style" verwijst dan naar de opmaak zelf die je toekent aan het stukje tekst. Een belangrijke reden voor de introductie van CSS was de eenvoudigere en meer consistente vormgeving van webpagina's, met minder webbrowserspecifieke eigenaardigheden. Het World Wide Web Consortium (W3C) heeft daartoe de standaard vastgelegd.

De vastgelegde standaard is in de loop van de jaren opmerkelijk uitgebreid. De oorspronkelijke standaard staat bekend als CSS1. Latere uitbreidingen staan bekend als CSS2 en CSS3. Deze laatste uitbreiding (CSS3) is gedeeltelijk nog in ontwikkeling en is als zodanig geen officiële standaard.

Voorbeeld CSS-code:

```
<html>
        <style type="text/css" >
        .small-text { font:100% sans-serif }
        .big-text { font:200% sans-serif }
        </style>
        <g class="small-text" >
        <text> klein </text>
        </g>
        <g class="big-text" >
        <p>
        <text> groot </text> //tekst
        </p>
        </g>
</html>
```

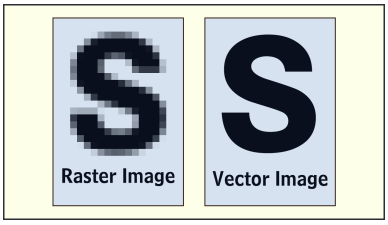
Resultaat browser:

klein

groot

7.1.5 SVG

SVG staat voor 'Scalable Vector Graphics', het is een schrijftaal waarbij je aan de hand van coördinaten figuren kan tekenen. Het wordt gebruikt om gladde tekeningen te maken. Hiernaast zie je het verschil tussen een letter die gemaakt is met rasters en daarnaast met vectoren (SVG).



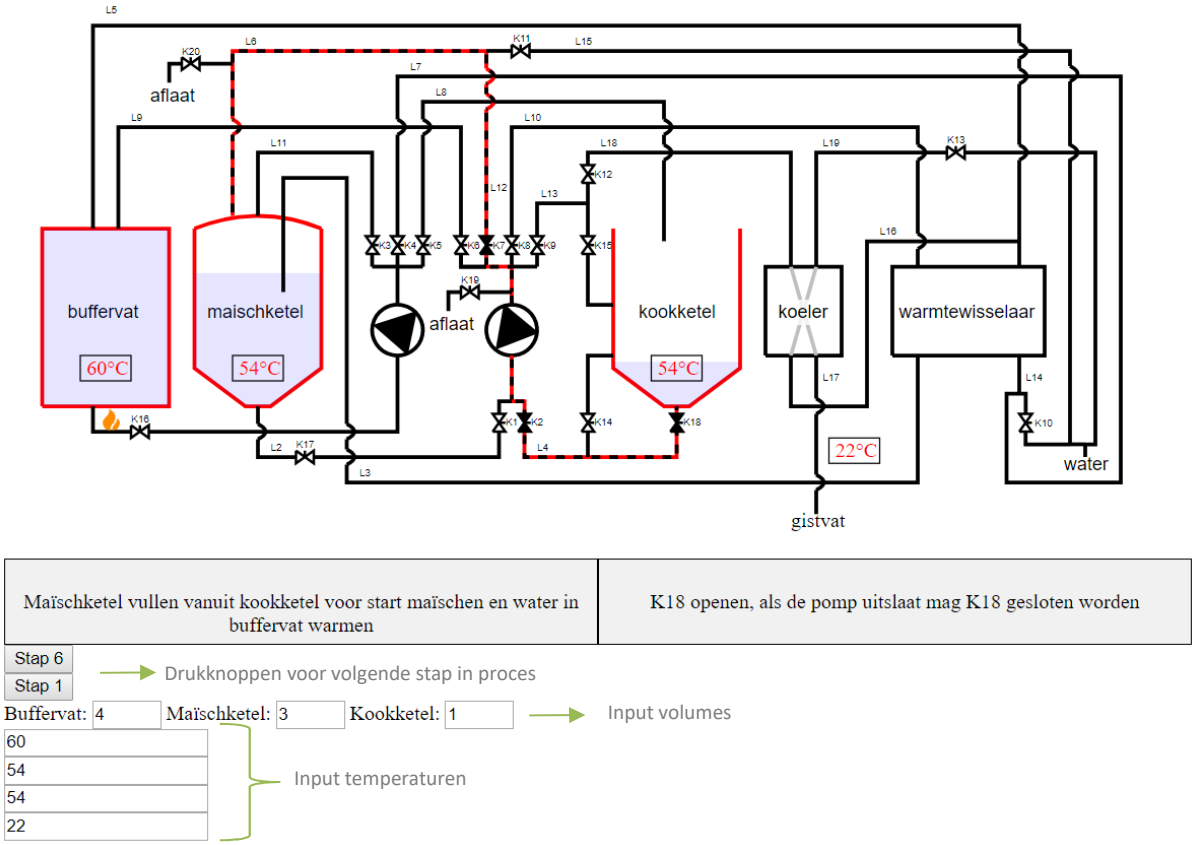
Voorbeeld SVG-code:

```
<html>
        <svg height="200" width="200" style="svg-basic">
        <rect x="20" y="20" width="160" height="80" fill="White" stroke="Black"/>
        <text x="40" y="80" font-size="60">SVG</text>
        </svg>
</html>
```

Resultaat browser:

7.2 Webinterface

Het leek ons handig voor de brouwer dat hij via een website de brouwinstallatie zou kunnen sturen. Hieronder zie je de schematische voorstelling van onze installatie. De bedoeling hiervan is dat de brouwer kan zien wat de installatie precies aan het doen is en wat hij zelf moet doen bij elke stap.



Figuur 7.2-1: Schematische voorstelling installatie

7.2.1 Lay-out programma

Het programma kan je eigenlijk opsplitsen in drie delen.

Begin

In het begin van het programma vind je alle CSS-codes, die gaan over de opmaak van het programma (zoals de kleur van de leidingen) en de animaties (bijvoorbeeld om de pompen te laten draaien).

Midden

In het midden vind je alle SVG-codes voor het tekenen van de installatie op de webpagina.

Einde

Op het einde zijn alle JavaScript- en jQuery-codes geplaatst, dit om het brouwproces en het reinigingsproces te simuleren. Ook temperatuur en volume worden weergegeven.

7.2.2 Werking

We hebben eerst het schema getekend op de webpagina aan de hand van de codetaal SVG. Wanneer het hele schema getekend was, hebben we alle stukjes gegroepeerd. Dan hebben we in de codetaal CSS verschillende soorten opmaak gemaakt. Eén voor leidingen die rood gekleurd zijn en bewegen en ook voor de pompen die ronddraaien. Zo hebben we dan ieder groepje een opmaak gegeven die in het begin van het programma moest weergegeven worden. Vervolgens hebben we aan de hand van de codetalen JavaScript en jQuery een switch gemaakt (zie figuur hiernaast).

```
varVol1.oninput = function() {
        $( "#BV1").find( "g").removeClass();
        $( "#BV2").find( "g").removeClass();
        $( "#BV3").find( "g").removeClass();
        $( "#BV4").find( "g").removeClass();
    switch (parseInt(this.value)) {
        case 0:
            $( "#BV1").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV2").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV3").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV4").find( "g").addClass("hidden");
            break;
        case 1:
            $( "#BV1").find( "g").addClass("transparent");
            $( "#BV2").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV3").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV4").find( "g").addClass("hidden");
            break;
        case 2:
            $( "#BV1").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV2").find( "g").addClass("transparent");
            $( "#BV3").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV4").find( "g").addClass("hidden");
            break;
        case 3:
            $( "#BV1").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV2").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV3").find( "g").addClass("transparent");
            $( "#BV4").find( "g").addClass("hidden");
            break;
        case 4:
            $( "#BV1").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV2").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV3").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV4").find( "g").addClass("transparent");
            break;
        default:
            $( "#BV1").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV2").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV3").find( "g").addClass("hidden");
            $( "#BV4").find( "g").addClass("hidden");
            break;
    }
}
```

Figuur 7.2-2: Switch

Eerst hebben we een variabel aangemaakt ‘varVol1’, dan kan je in een input een waarde ingeven zoals 3. Nadat je dit gedaan hebt, wordt deze waarde toegekend aan de variabel ‘varVol1’. Daarna wordt er een switch gemaakt met de variabel ‘varVol1’ die nu een waarde heeft van 3, de switch herkent deze waarde en zal dan de functie in case 3 uitvoeren. In dit geval zal het buffervat voor ¾ gevuld worden op het schema. Dit hebben wij ook toegepast om het proces van brouwen/reinigen weer te geven. We werkten met een drukknopje dat verbonden is met een variabele. Als je op het drukknopje drukt, wordt de variabele iedere keer met één verhoogd waardoor iedere case wordt doorlopen in de switch. In de functie van iedere switch hebben we dan gewerkt met een code van jQuery waarbij we de opmaak kunnen veranderen van alle groepjes die we hebben aangemaakt in het begin. Dan kunnen we bijvoorbeeld in stap 5, leiding 5, de opmaak veranderen naar blauw en zorgen dat de leiding animeert. Bij dit voorbeeld hebben we wel enkele problemen gehad, doordat deze animatie van de ene coördinaat naar de andere gaat, konden we geen leidingen tegen stroom laten bewegen. Dit hadden we nodig voor een paar stappen in het reinigingsproces. We hebben dit dan opgelost door een nieuwe leiding te tekenen waarvan de coördinaten zijn omgedraaid en de leiding alleen zichtbaar wordt wanneer we een leiding in tegenstroom willen laten bewegen. Voor de volumes hebben we dit dan gedaan met vier verschillende rechthoeken die elk weergegeven worden als de variabele een specifieke waarde aanneemt zoals hierboven al werd uitgelegd.

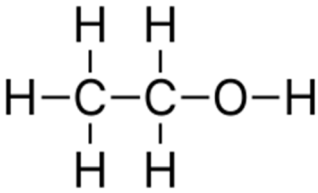
8. Wetenschappelijke studie

8.1 Alcoholpercentage

8.1.1 Inleiding

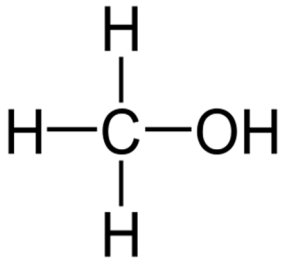
De eerste alcoholische dranken ontstonden 9000 jaar geleden in China. Het eerste bier kwam er in 6000 voor Christus in het oude Mesopotamië. Een hele tijd later in 3000-2000 voor Christus ontdekten de Mesopotamiërs het mouten, waardoor de bieren meer alcohol bevatten. De Romeinen hielden zich dan weer vooral bezig met het maken van wijnen, maar in deze streken verbouwde men graan omdat de druiven door het klimaat geen kans maakten. Na de val van het Romeinse Rijk kreeg de Kerk de controle over de landerijen. Tot de 11e eeuw was het enkel de clerus die bier mocht brouwen. In de 18e eeuw was er een economische chaos in België waaraan een eind werd gemaakt door Napoleon. Brouwerijen konden aan een langzame heropstart beginnen. Later in 1880 was er een keerpunt in de geschiedenis van bier. Louis Pasteur (Franse natuurkundige) ontdekte dat de smaak van bier bepaald werd door de gistingscellen, die cellen zetten de suikers om in alcohol. Met deze ontdekking begint het echte verhaal over alcohol in bieren en andere dranken.

De alcohol in bier, wijn en andere alcoholische dranken is ethanol, ook wel ethylalcohol (C_2H_5OH) genoemd. In pure vorm een reuk- en smaakloze vloeistof die bij het drinken een branderig gevoel kan geven. Het is een vloeistof die goed oplosbaar is in water. Het wordt verkregen door een gistingsproces, wat ook tijdens ons brouwproces plaatsvindt. Ethanol wordt ook gebruikt als ontsmettingsmiddel, oplosmiddel en als brandstof.



Figuur 8.1-1: Alcohol

De alcohol in bier kan zeker niet vervangen worden door methanol (CH_3OH), wat in het verleden al een aantal maal is gebeurd. Het is een veel goedkoper product dan ethanol en werd om deze reden soms gebruikt. Deze alcohol heeft andere eigenschappen dan het drinkbare ethanol. Methanol is namelijk een kleurloze, heel giftige vloeistof. Je vindt het in de handel als methylalcohol, brandspiritus of brandalcohol. Het wordt gebruikt als brandstof voor fonduestelletjes of om de barbecue mee aan te steken. Het wordt ook gebruikt als oplosmiddel en als grondstof voor de industrie. Dit is ook de stof die zorgt voor een alcoholvergiftiging waarover soms gesproken wordt in het nieuws.



Figuur 8.1-2: Methanol

8.1.2 Het alcoholpercentage in alcoholische dranken

Alcohol ontstaat door de vergisting van suikers, die voorkomen in vruchten en granen. Afhankelijk van je beginproduct, kunnen de verschillende alcoholische dranken opgesplitst worden in drie groepen: bier, wijn en gedistilleerde of sterkedranken. Binnen deze drie soorten drank bestaan er vele varianten, zowel qua smaak als qua alcoholpercentage.

- Bier ontstaat door het gisten van gemoute gerst, water, biergist en hop. Die worden volgens vier verschillende gistingswijzen gebrouwen:
  - lage gisting (pils of lager);
  - hoge gisting;
  - spontane gisting;
  - gemengde gisting.
- Wijn wordt verkregen door gisting van druivensap.
- Sterkedrank: hier is na het gistproces de verkregen alcohol een aantal keren gedistilleerd zodat het alcoholpercentage van de drank gevoelig stijgt.

Normaal gezien zit in één glas van een alcoholische drank ongeveer evenveel alcohol als in een ander glas, wat verduidelijkt wordt in onderstaande afbeelding. In pilsbier zit 4 à 5 % alcohol, in wijn 10 à 13 % en in gedistilleerde drank +22 % alcohol.

We praten wel altijd over hoeveel procent alcohol er in dranken zit, maar wat hier eigenlijk mee wordt bedoeld is het volumeprocent ethanol, $volumeprocent = \frac{volume\ van\ het\ bestandsdeel}{volume\ van\ het\ mengsel} x\ 100$. Bij alcoholishe dranken is het volume van het bestandsdeel gelijk aan het volume alcohol in zuivere vorm dat de drank bevat.

Figuur 8.1-3: Standaardglas alcohol

In onderstaande tabel wordt de oorsprong en de hoeveelheid alcohol in een aantal dranken weergegeven. Dranken zoals rum, whisky of wodka verkrijgen een vrij hoog alcoholpercentage door aan destillatie te doen.

Soort drank	Alcoholpercentage	Oorsprong alcohol	Volume
Bier	5%	Granen	25cl
Rode wijn	12%	Rode druiven	10cl
Witte wijn	12%	Rode en witte druiven	10cl
Soju	20%	Rijst	5cl
Whisky	40%	Graan	3,5cl
Calvados	40%	Appels	3,5cl
Rum	40%	Rietsuiker	3,5cl

8.1.3 Alcoholgebruik: risico's en wetgeving

Iedereen weet ondertussen wel al dat er aan alcoholgebruik enkele risico's zijn verbonden en bij deze risico's moet ook aandacht zijn voor de wetgeving. Het is zeker nodig dat we op de hoogte zijn van de mogelijke gevolgen van ons alcoholgebruik.

Risico's

- Alcohol kan leiden tot agressief gedrag.
- Alcohol vertraagt de reactiesnelheid. Je zal bij het drinken van twee standaardglazen er al anderhalve keer zo lang over doen om te reageren.
- Alcohol is slecht voor de hersenen. De frontale delen kunnen aangetast raken. Deze spelen een rol bij redeneren, plannen en problemen oplossen. Ook het geheugen gaat achteruit.
- Overmatig alcoholgebruik kan het slijmvlies van de maag beschadigen. Dit zie je bijvoorbeeld vaak bij mensen die bingedrinken (dit is grote hoeveelheden in één keer drinken). Veel voorkomende klachten zijn maagpijn en overgeven.
- Het overmatig drinken van alcohol kan hart- en vaatziekten tot gevolg hebben. Voorbeelden hiervan zijn: hoge bloeddruk, hartritmestoornissen en hersenbloedingen.

Om risico's te beperken wordt aangeraden om niet meer dan 10 standaardglazen per week te drinken. Deze 10 standaardglazen moeten wel gespreid zijn over meerdere dagen. Om geen risico te lopen drink je natuurlijk beter geen alcoholische dranken.

Bepaalde bevolkingsgroepen mogen nooit alcohol drinken: jongeren onder 16 jaar, onder de 18 jaar voor sterke drank, vrouwen die zwanger zijn of zwanger willen worden en vrouwen die borstvoeding geven. De hersenen van jongeren zijn namelijk nog volop in de ontwikkeling en alcohol kan die schaden. Omwille van de gezondheidsrisico's blijft alcohol tot 18 jaar beter achterwege.

Als er wordt gedronken tijdens de zwangerschap gaat een deel van de alcohol door naar de baby die dit moet kunnen afbreken. Ongeboren kinderen zijn hier meestal niet toe in staat waardoor het kan leiden tot afwijkingen aan organen en hersenen van de baby.

Wetgeving

Zoals iedereen wel weet, is openbaar dronkenschap niet toegestaan. Maar wat verstaat men nu precies onder dronkenschap. Volgens de wet is dit: “De staat van iemand die wegens het innemen van alcoholische dranken zijn daden niet meer bestendig onder controle heeft. Die staat vereist echter niet dat de betrokkene zich niet meer van zijn daden bewust is”. Wat u zich misschien ook afvraagt is wat onder openbare plaatsen valt. Het is elke voor het publiek toegankelijke plaats, onder meer de openbare weg, de drankslijterijen, hotels, magazijnen, kramen, treinen, werven, stations... Een alcoholgehalte van bijvoorbeeld 4,35 promille geeft op zich geen absolute waarde van de vaststelling van de staat van dronkenschap en kan slecht als aanduiding gelden. De staat van dronkenschap is een notie van subjectieve aard, verschillend van één individu ten aanzien van de ander. Indien de openbaar dronken persoon wanorde, schandaal of voor een ander of voor hemzelf gevaar veroorzaakt, kan hij in de politiecel opgesloten worden gedurende ten minste 2 uren en ten hoogste 12 uren, hij ontvangt dan wel indien zijn toestand dat vereist, de nodige geneeskundige zorg. Hij heeft dan ook recht op voldoende drinkwater, een aangepast sanitair en rekening houdende met het tijdstip een maaltijd.

In staat van dronkenschap een bezigheid verrichten welke voorzichtigheid of bijzondere voorzorgen vereist ten einde gevaar te vermijden voor hemzelf of voor anderen is verboden. Hieronder verstaat men onder andere het besturen van een auto, werken uitvoeren op een bouwwerf, een kraan bedienen…

Mensen die kennelijk dronken zijn, dronkenmakende dranken geven of een persoon doen drinken totdat hij kennelijk dronken is, is strafbaar. Het dronkenschap moet wel kennelijk zijn, wat betekent dat ze eenvoudig vast te stellen moet zijn door de persoon die de dranken serveert. Dit laatste houdt dus ook in dat herhaaldelijk trakteren zou kunnen volstaan om bestraft te worden.

Verder is uitdaging tot drinken voorstellen of aanvaarden strafbaar, wanneer deze uitdaging bij minstens één wedder dronkenschap heeft veroorzaakt.

Zodra men alcohol genuttigd heeft en een voertuig bestuurt, stuurt men onder invloed van alcohol. Enkel wanneer er een minimale alcoholconcentratie gemeten wordt in de uitgeademde alveolaire lucht of in het bloed is er sprake van strafbare alcoholintoxicatie. Deze meting gebeurt ofwel via een ademtest ofwel via een bloedanalyse. Een persoon die onder invloed van alcohol stuurt, is dus niet noodzakelijk dronken! Indien er ten minste 0,22 milligram en minder dan 0,35 milligram per liter uitgeademde alveolaire lucht wordt gemeten of de bloedanalyse een alcoholconcentratie van ten minste 0,5 gram en minder dan 0,8 gram per liter aangeeft, wordt men bestraft met een geldboete van €25 tot €500. Als dit ten minste 0,35 milligram per liter uitgeademde alveolaire lucht meet of de bloedanalyse een alcoholconcentratie van ten minste 0,8 gram per liter bloed aangeeft, gelden andere regels. In dit geval bedraagt de geldboete €200 tot €2000 en met het verval van het recht tot besturen van een motorvoertuig voor een duur van 1 tot 5 maanden of voorgoed. Ook het begeleiden van een bestuurder met het oog op scholing of het besturen van een rijdier wordt op deze manier bestraft. Ten laatste is in het voertuig stappen in staat van dronkenschap verboden.

We willen wel nog meedelen dat een taxichauffeur mag weigeren een persoon mee te nemen die in staat van dronkenschap verkeert.

8.1.4 Factoren die het alcoholpercentage beïnvloeden (tijdens het brouwen)

Om alcohol te verkrijgen is een chemische reactie vereist: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$. Bij deze reactie wordt glucose omgezet in alcohol en koolzuurgas.

De glucose is bij bieren afkomstig van het mout. Het mout kan afkomstig zijn van verschillende graangewassen, denk maar aan tarwe, gerst, spelt, haver of rogge. Tijdens het mouten worden graankorrels in water geweekt waardoor ze kiemen. Dit is een belangrijke stap voor het bier, want tijdens het kiemproces ontstaan er enzymen, die later het zetmeel omzetten in suikers.

Er zijn natuurlijk nog andere zaken die kunnen inspelen op het alcoholpercentage. Om een bier met een hoog alcoholpercentage te verkrijgen, zijn twee dingen nodig: een hoog percentage vergistbare suikers en een grote hoeveelheid actieve en gezonde gist.

Zware bieren kunnen bijvoorbeeld soms erg dik of stroperig worden als ze niet voldoende zijn gegist. De vergistingsgraad geeft de verhouding aan tussen de hoeveelheid vergiste en de oorspronkelijke hoeveelheid aanwezige suikers in procent. Voor deze bieren moet je een juist maischschema gebruiken. Hoge temperaturen rond de 73 graden bevorderen namelijk de alpha-amylase wat zorgt voor wort met complexe suikers die door het gist moeizaam of zelfs niet om te zetten zijn. Beta-amylase daarentegen verwerkt meer vergistbare suikers en is het meest actief rond 65 graden. Dus is een lange rust op deze temperatuur noodzakelijk voor zware bieren.

Een andere manier om een hoog alcoholpercentage te verkrijgen, is het toevoegen van enkelvoudige suikers (=enkelvoudige koolhydraten). Ze hebben bijna geen smaak en vergisten volledig, waardoor het alcoholpercentage verhoogt.

Ook de gist is van groot belang. De meeste gisten kunnen niet overleven in een omgeving met een alcoholpercentage hoger dan 10%. Met de geschikte gist is het echter wel mogelijk om een percentage van 15% te behalen. Een laatste truc is om niet bij de start van de vergisting met alle suikers te beginnen, maar tijdens de vergisting suikers toe te voegen.

8.1.5 Bepalen van het alcoholpercentage met een densimeter

De densimeter, ook wel hydrometer, dichtheidsmeter of suikermeter genoemd, is een glazen meetinstrument, dat eruitziet als een dobber. Als het bier gebrouwen is, wordt hiermee de dichtheid of ook wel het soortelijk gewicht (SG) van het brouwsel gemeten. Dit is eigenlijk het gewicht in kilogram van 1 m³ van die vloeistof.

Figuur 8.1-4: Densimeter

Op het meetinstrument is een schaalverdeling gemaakt. De waarden worden afgelezen waar de vloeistof de lucht raakt. Onderin het meettoestel bevinden zich meestal een aantal loodkorreltjes, die dienen om de dobber stabiel te houden.

Het meetinstrument is gebaseerd op de wet van Archimedes. De opwaartse kracht die een lichaam in een vloeistof of gas ondervindt, is even groot als het gewicht van de verplaatste vloeistof of het gas. Omdat de massa van de hydrometer bekend is en daarmee de massa van de verplaatste vloeistof, kan met behulp van het volume de dichtheid worden bepaald.

Maar waarom is die dichtheid nu net zo belangrijk? Het soortelijk gewicht van het wort geeft aan hoeveel opgeloste stoffen er in het wort zitten voor de vergisting is gestart. Dit wordt dan ook gemeten voor er gist wordt toegevoegd. Na de vergisting wordt het soortelijk gewicht opnieuw bepaald en zoals u ziet in onderstaande tabel zit er een verschil in de SG-waarden voor en na de gisting. De oorzaak hiervan is de vermindering in suiker, vandaar dat een van de termen voor dit meetinstrument suikermeter is. Een vermindering in suiker betekent een stijging in alcohol, want zoals in vorig punt al werd vermeld, wordt glucose omgezet in ethanol en koolstofdioxide. Het soortelijk gewicht van alcohol is 790 kg/m³, terwijl dat van glucose 1540 kg/m³ is, vandaar dat het soortelijk gewicht daalt en het verschil in SG een maat is voor het alcoholpercentage.

Biersoort	Begin SG	Eind SG
Steentje	1058	1002
Chocoladebier	1060	1020
Moerasspireabier	1060	1030

Om een indruk te krijgen van het alcoholpercentage kan gebruik gemaakt worden van de volgende formule:

$$alcoholpercentage = \frac{verschil\ in\ dichtheid}{delingsfactor}$$

Soortelijk gewicht wort	Delingsfactor
1100	7,000
1095	7,020
1090	7,045
1085	7,070
1080	7,090
1075	7,125
1070	7,155
1065	7,185
1060	7,215
1055	7,250
1050	7,280
1045	7,320
1040	7,390

Hierbij is de delingsfactor een waarde die afgelezen wordt in een tabel vertrekkende van het SG van het wort na het koken.

$$Steentje = \frac{56}{7{,}215} = 7{,}8\%$$

$$Chocoladebier = \frac{40}{7.215} = 5.5\%$$

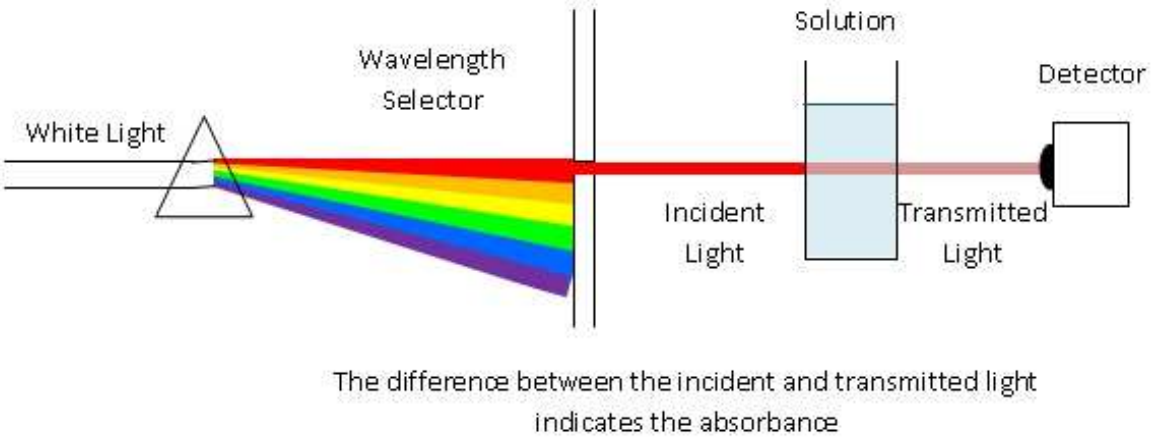
$$Moerasspireabier = \frac{30}{7.215} = 4.2\%$$

8.1.6 Bepalen van het alcoholpercentage met fotospectrometrie

Inleiding

Voor we het alcoholpercentage van ons bier hebben bepaald aan de UGent in Kortrijk hebben we op school de concentratie van ijzer fotospectrometrisch bepaald in water om de techniek in de vingers te krijgen. Deze techniek is immers dezelfde als degene die we gebruiken voor de bepaling van het alcoholpercentage van ons bier 'Steentje' aan de UGent.

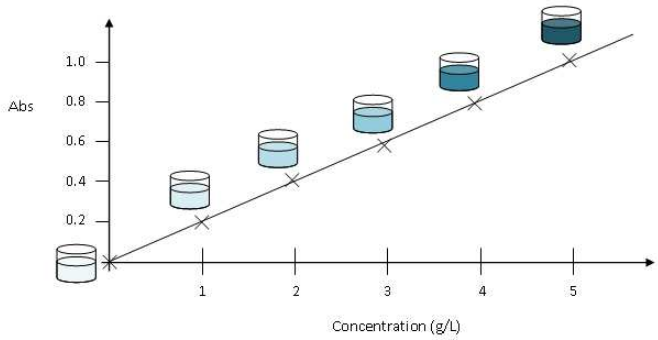
Principe



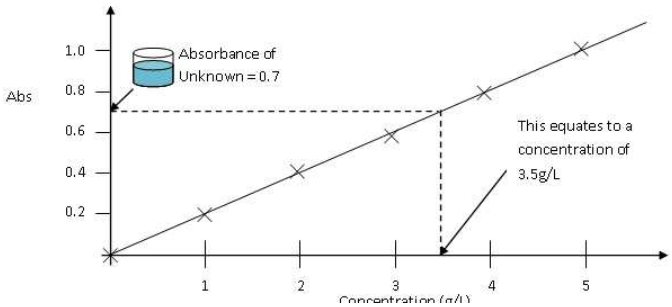
Figuur 8.1-5: Werking spectrometer

Zoals te zien op bovenstaande afbeelding wordt wit licht door een prisma gezonden. Op deze manier worden de lichtstralen afgebogen, waardoor het mogelijk wordt een lichtstraal van één bepaalde golflengte door de cuvet te sturen. Het verschil in de hoeveelheid verzonden licht en gedetecteerd licht indiceert de absorbantie.

Om de concentratie van het ijzer in het water te bepalen moesten we dus de absorbantie meten door middel van een spectrometer. Absorbantie is voor een bepaald concentratiebereik recht evenredig met de concentratie en wordt in het geval van ijzer gemeten bij een golflengte van 509 nm. De metingen voor het bepalen van het gehalte aan ijzer gebeurt telkens bij deze vast ingestelde golflengte, omdat bij deze golflengte de absorbantie van ijzer maximaal is. In de spectrometer zullen de ionen van het ijzer (Fe^{3+}) , die in de mengsels zitten, licht opnemen. Als de concentratie van het ijzer hoger is, dan zal er meer licht opgenomen worden en omgekeerd.



Figuur 8.1-6: Concentratie i.f.v. absorbantie

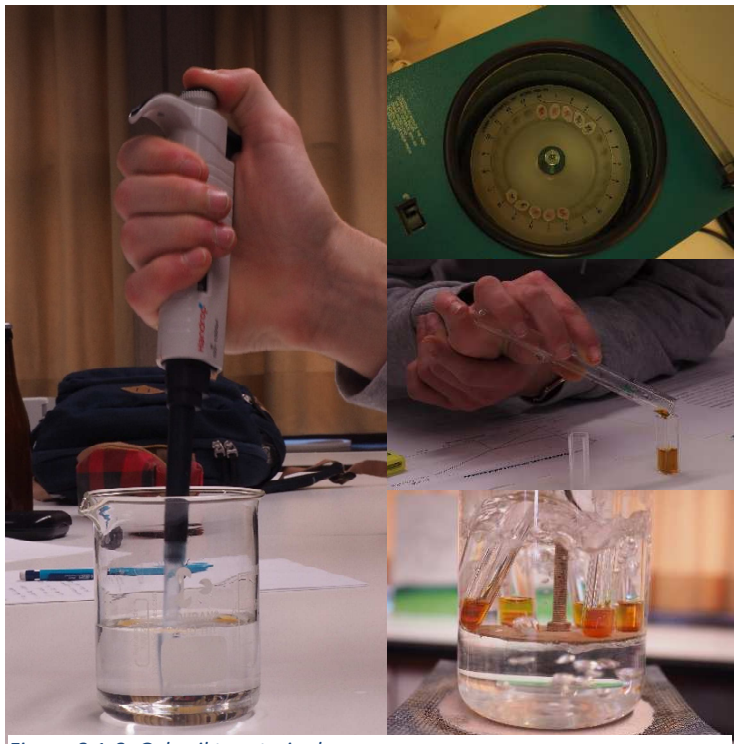


Figuur 8.1-7: Bepalen concentratie aan de hand van ijklijn

Aan de hand van de absorbantie en concentratie van gekende standaardoplossingen konden we bovenstaande ijklijn opstellen. Aan de hand van deze ijklijn is het nu mogelijk om bij elke gemeten absorbantie de concentratie af te lezen van het onbekende staal.

Gebruikt materiaal

- automatische pipet;
- rotor om te centrifugeren;
- cuvet;
- 1 maatkolf;
- parafilm;
- maatbekers;
- proefbuisjes;
- statief om proefbuisjes te koken;
- bunsenbrander;
- spectrometer;
- stiftjes;
- handdoek;
- ons brouwsel;
- demiwater;
- pure alcohol verdund tot 0,279 % in de oplossing;
- $K_2Cr_2O_7$;
- stappenplan met uitleg.

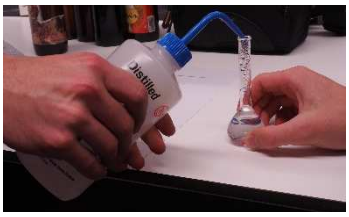


Figuur 8.1-8: Gebruikt materiaal

Meting

Stap 1

Tijdens de eerste stap van de meting hebben we ons brouwsel 100 maal verdund. Dit hebben we gedaan door een kleine hoeveelheid in een maatkolf te brengen, aan de hand van de pipet en door er een bepaalde hoeveelheid demiwater aan toe te voegen.



Figuur 8.1-9: Verdunning van ons brouwsel

Stap 2

Het centrifugeren van de vloeistof. Deze stap was van groot belang omdat ons brouwsel vrij troebel was en nog gistcellen bevatte. Om de meting correct te kunnen uitvoeren, mochten er geen troebelheden in onze cuvet aanwezig zijn. Indien dit wel het geval zou zijn, was het mogelijk dat we verkeerde waarden zouden bekomen bij de meting van de absorbantie, omdat de gistcellen ook licht zouden opnemen. Naast deze 6 proefbuizen zijn er nog 2 proefbuizen gemaakt met 1 ml verdund bier en 1 ml $K_2Cr_2O_7$.

Stap 3

De 8 proefbuizen nauwkeurig vullen, etiketteren en nummeren. Tijdens deze stap hebben we 6 proefbuizen gevuld met steeds meer alcohol, minder gedemineraliseerd water en 1 ml $K_2Cr_2O_7$. Zo zat in proefbuis 1 geen alcohol, 1 ml ged. water en 1 ml $K_2Cr_2O_7$. In proefbuis 2 zat dan 0,2 ml alcohol, 0,8 ml ged. water en opnieuw 1ml $K_2Cr_2O_7$ en zo door tot er geen ged. water meer in de proefbuis zat. Er was in totaal steeds een volume van 2 ml aanwezig in de proefbuizen.

Stap 4

Het plaatsen van de gemaakte proefbuizen 1 tot en met 7 gedurende 8 minuten in een kokend waterbad om ze daarna opnieuw af te koelen.

Figuur 8.1-10: Verwarmen oplossing

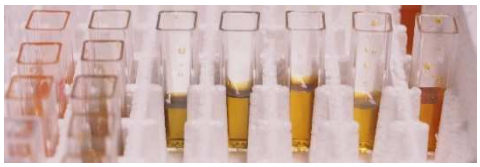
Cr^{3+}-ionen geven in een oplossing een groene kleur af en de absorbantie van deze ionen wordt uiteindelijk gemeten. Maar voor we deze groene kleur verkrijgen, moet er een reactie plaatsvinden van $Cr_2O_7^{2-}$ naar Cr^{3+}, waarbij alle ethanol wordt omgezet. De gemeten hoeveelheid Cr^{3+} is dus overeenkomstig met de oorspronkelijke hoeveelheid ethanol.

De reactie die hier plaatsgrijpt, is een redoxreactie. Redox is eigenlijk een samenvoeging van reductie en oxidatie. Oxidatie is de term die wordt gebruikt voor het afstaan van elektronen en reductie voor het opnemen van elektronen. We kunnen een redoxreactie dus in feite definiëren als een reactie met overdracht van elektronen. In dit geval is chroom gereduceerd volgens de volgende reactie:

$$3CH_3CH_2OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 16H^+ \rightarrow 3CH_3COOH + 11H_2O + 4Cr^{3+}$$

Stap 5

Het vullen van 8 cuvetten met de 8 gemaakte oplossingen. Zoals je op de afbeelding kan zien, is er een duidelijk kleurverschil naargelang de concentratie ethanol hoger is. Zo ziet de linkse cuvet er een stuk groener uit dan de rechtse.


Figuur 8.1-11: Cuvetten met oplossing

Stap 6

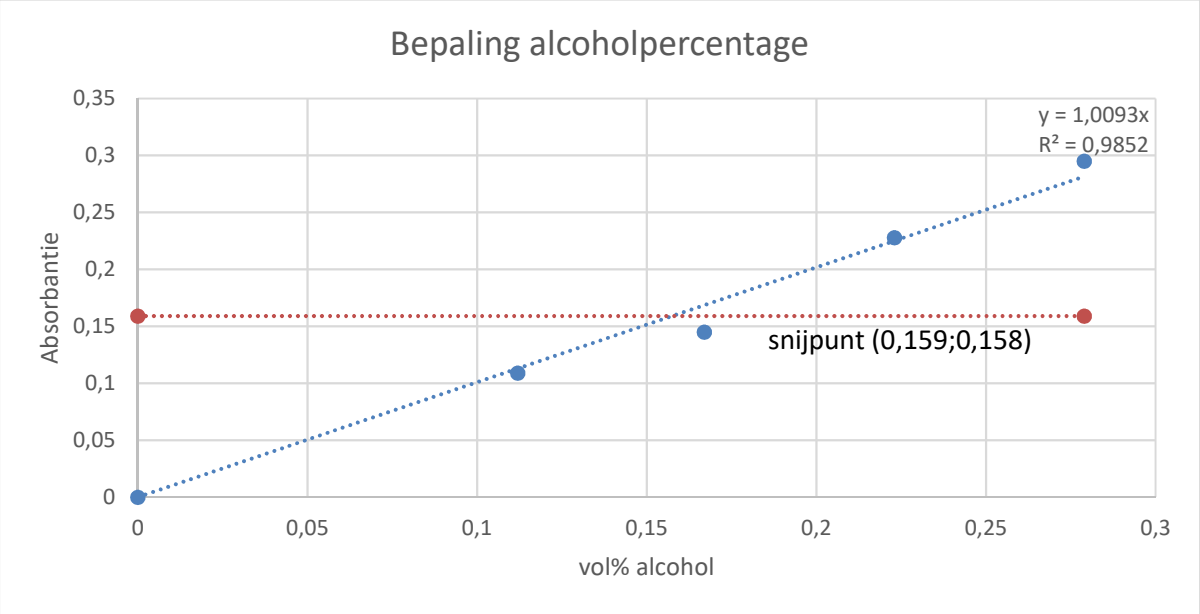
In de fotospectrometer zullen we de concentratie van het kleurverwekkende Cr^{3+} -ion proberen te bepalen aan de hand van de absorbantie die dit ion in de oplossing vertoont. Deze concentratie van het gevormde ion Cr^{3+} is dan een maat voor de alcoholconcentratie. Tijdens de meting konden we mooi waarnemen dat de groene kleurenintensiteit van de oplossing toeneemt.

Figuur 8.1-12: Fotospectrometer

Resultaten

nummer	ethanol (ml)	water (ml)	ethanol (vol%)	$K_2Cr_2O_7$	A
0	0	1	0	1	blanco
1	0,2	0,8	0,056	1	meetfout
2	0,4	0,6	0,112	1	0,109
3	0,6	0,4	0,167	1	0,145
4	0,8	0,2	0,223	1	0,228
5	1	0	0,279	1	0,295
6	0	0	0	1	0,179
7	0	0	0	1	blanco

Aan de hand van deze meetresultaten is het mogelijk om het alcoholpercentage te bepalen. We hebben onze resultaten uitgezet in Excel om zo, net zoals bij de ijzerbepaling, een ijklijn op te stellen van gekende standaardoplossingen.



Figuur 8.1-13: Grafiek alcoholpercentage

Voor ons bier met een absorbantie van 0,159 kwamen we uit op een x-waarde van 0,158 vol% ethanol. Aangezien we weten dat er in totaal 2 ml oplossing was bij de meting, waarvan 1 ml bier (100 maal verdund) en 1 ml $K_2Cr_2O_7$ kunnen we het percentage alcohol als volgt gaan berekenen:

$$\frac{0{,}158}{2}x100 = 7{,}9\%$$

8.1.7 Besluit en reflectie

De resultaatwaarden van de suikermeter en de fotospectrometer zijn niet exact dezelfde, maar leunen dicht bij elkaar aan: 7,8 % en 7,9 %. In theorie zou de waarde verkregen door de fotospectrometrische bepaling nauwkeuriger moeten zijn, maar aangezien het de eerste keer was dat we met automatische pipetten hebben gewerkt, zou het kunnen dat er op dit resultaat een kleine afwijking zit. Maar aangezien het dicht aanleunt bij het resultaat met de suikermeter kunnen we hieruit besluiten dat beide metingen vrij goed zijn gelukt en we een kleine 8 % alcohol zullen hebben in ons brouwsel.

8.2 Zuurtegraad

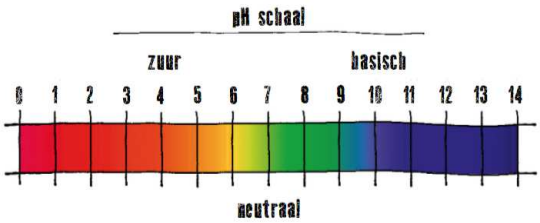
8.2.1 Inleiding

De zuurtegraad van vloeistoffen is heel belangrijk in heel wat biochemische processen. In ons lichaam bijvoorbeeld schommelt de zuurtegraad in de maag tussen de 1,35 tot 3,5. Deze pH-waarde is optimaal voor een goede afbraak van ons voedsel. In onze darmen daarentegen is een zuurtegraad van 5 tot 7 ideaal omdat de darmflora daarin het best kan overleven. Ook is deze zuurtegraad ideaal voor de stofwisselingen die in onze darmen plaatsvinden. Bij het maken van yoghurt bijvoorbeeld daalt de zuurtegraad van de melk door het fermentatieproces ongeveer tot 3,7 à 4,5. Doordat verschillende bacteriën niet in dit zure milieu kunnen overleven is yoghurt in de koelkast relatief lang houdbaar.

Ook het gistingsproces van bier is een fermentatieproces en werkt dus pH-verlagend. Bier heeft dus altijd een pH-waarde die lager ligt dan 7. Dit komt de houdbaarheid van het bier alleen maar ten goede. Tijdens het maischproces speelt de zuurtegraad ook een heel belangrijke rol. De enzymen die dan actief zijn, werken maar optimaal bij een zuurtegraad van ongeveer 5,8.

8.2.2 Chemische benadering van de zuurtegraad

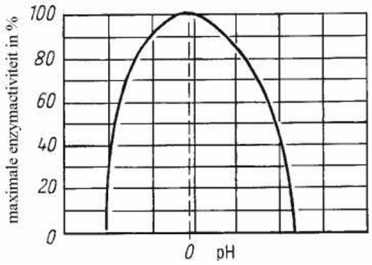
De zuurtegraad van een vloeistof wordt bepaald door de hoeveelheid H^+-ionen. De zuurtegraad wordt aangeduid door een bepaalde pH-waarde tussen 0 en 14. Deze pH-schaal is de negatieve logaritme van het aantal H^+-ionen. Als er een evenwicht is tussen de zuur- en base-ionen is de pH-waarde van die vloeistof 7 en spreekt men van een neutrale zuurtegraad. Zodra de pH-waarde zakt onder de 7 verkrijgt men een zure vloeistof. Hierin vinden we een hogere concentratie H^+-ionen terug. In een basische oplossing ligt de pH-waarde tussen de 7 en 14. Hier zijn de OH^--ionen in de meerderheid. In heel wat chemisch reacties speelt de zuurtegraad een belangrijke rol.



Figuur 8.2-1: pH-schaal

8.2.3 Zuurtegraad tijdens het maischen en koken

Het is belangrijk om de zuurtegraad tijdens het maischproces goed te controleren, want de verschillende enzymen die tijdens dat proces actief zijn, werken maar optimaal bij een zuurtegraad tussen 5,2 en 5,8. Doordat die enzymen het zetmeel omzetten in vergistbare en onvergistbare suikers is het belangrijk dat dit iedere keer op hetzelfde tempo gebeurt. Anders zal het bier ook een andere smaak krijgen. Tijdens ons maischproces zullen we er dus moeten voor zorgen dat de pH-waarde zeker tussen deze waarden ligt. Indien de gemeten waarde te hoog zou zijn, kunnen we enkele druppels melkzuur toevoegen. Indien de pH-waarde te laag is, kunnen we een beetje natriumhydroxide bij het brouwsel doen. Dit komt echter zelden voor omdat het maischproces pH-verlagend werkt.



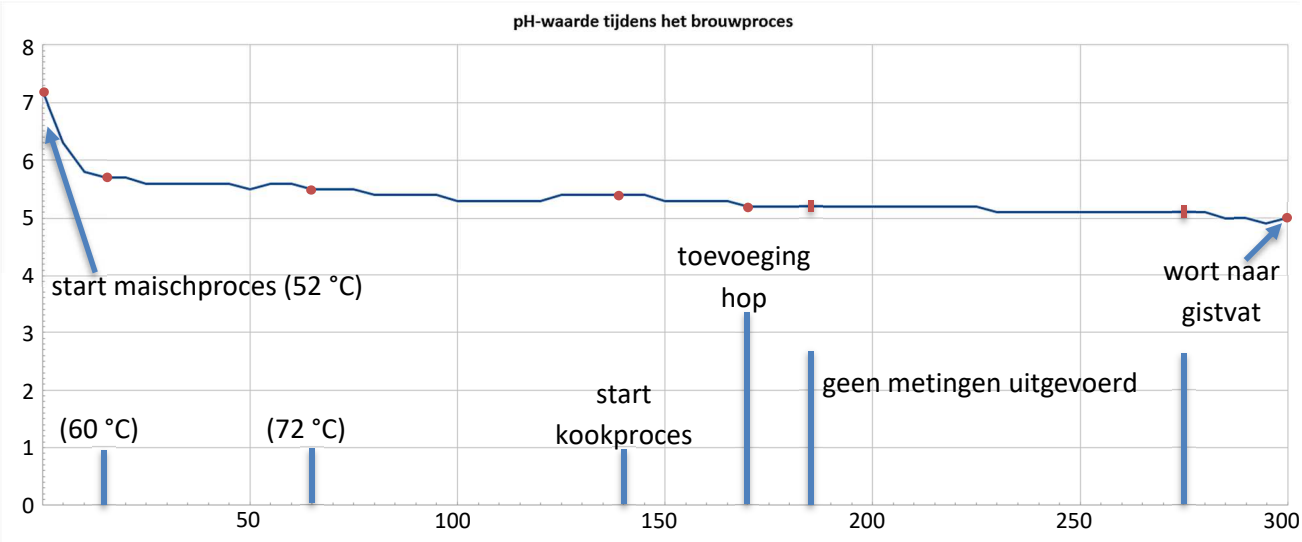
Figuur 8.2-2: Invloed van de pH-waarde op de enzymenactiviteit

8.2.4 Meting van de zuurtegraad tijdens het brouwen

Om de pH-waarde tijdens het brouwproces te onderzoeken, hebben we metingen uitgevoerd tijdens het brouwen van ons experimenteel chocoladebier. We maakten gebruik van een grafisch rekentoestel, een pH-meter en de CBL-datalogger.

Figuur 8.2-3: pH-meting tijdens het brouwen

Iedere vijf minuten hebben we de pH-waarde gemeten met de pH-probe. Deze resultaten hebben we verwerkt in de grafiek hieronder. We hebben de meting gestart op het moment dat het maischproces begon. We zijn gestopt met meten vooraleer het wort gekoeld werd en naar het gistvat werd geleid.



Figuur 8.2-4: pH-waarde in functie van de tijd, met de verschillende stappen weergegeven

Uit deze metingen kan je afleiden dat bij de start van het maischproces de pH-waarde in een tijdspanne van ongeveer tien minuten zakt tot de ideale waarde van 5,8. Dit is exact wat we wensen te bereiken. Maar we zien dat bij het verhogen van de temperatuur, tijdens het tweede deel van het maischproces, de pH-waarde verder zakt tot 5,6. Tijdens het derde en laatste deel van het maischproces zien we zelfs dat de pH-waarde zakt tot 5,3.

Opzoekwerk leerde ons dat de pH-waarde tijdens het maischproces tussen de 5,2 en 5,8 moet liggen. Als de gemeten waarden daarvan afwijken, wordt er aangeraden om, door toevoeging van externe stoffen, te corrigeren naar een waarde binnen dat bereik.

Een verklaring voor de verdere daling van de pH-waarde tijdens het koken is te vinden bij de hop die men dan toevoegt. In die hop zitten lupulineklieren die alfazuren bevatten. Die alfazuren veranderen onder invloed van het kokende water in isoalfazuren. Dit proces wordt isomerisatie genoemd. Een van de belangrijkste verschillen tussen alfazuren en isoalfazuren is dat isoalfazuren oplosbaar zijn in water. Doordat er op die manier isoalfazuren vermengd raken in het wort daalt de pH-waarde. Dit vormt geen probleem omdat het koken van het wort toch als bedoeling heeft om het enzymatische proces te stoppen.

Verdere uitleg over isomerisatie kan je terugvinden in het hoofdstuk “Chemie van de hop”.

Doordat het afwijken van de pH-waarde tijdens het maischen bijna nooit voorkomt en dat een daling in pH-waarde tijdens het koken helemaal geen problemen vormt, kan je onze aankoop van een pH-meter in vraag stellen. Maar omdat een meting van de pH tijdens het brouwen van je bier achteraf heel wat kan verklaren in verband met de smaak en schuimstabiliteit zullen we dit toch uitvoeren.

8.2.5 Zuurtegraadmeting op de brouwinstallatie

Net omdat de pH-waarde zo essentieel is tijdens het brouwen, wilden we een digitale pH-meter inbouwen in de maischketel. Zo zou de brouwer gemakkelijk op de overzichtswebpagina van de brouwinstallatie kunnen aflezen hoeveel de pH-waarden van het wort in de maischketel bedragen.

Na wat opzoekwerk kwamen we uit bij een paar mogelijke pH-meters waarbij de kostprijs meestal boven de € 150 lag. Ondertussen zijn we langs geweest bij dhr. Verlinde om ons eigen VTI-bier te gaan brouwen. Hij vertelde ons dat hij nooit de pH-waarde van het wort meet. Dit is voor hem niet zo belangrijk omdat hij ervan uit gaat dat de pH-verlagende eigenschap van het maischen altijd voldoende zal zijn om een goede pH-waarde te bereiken. Tijdens ons bezoek aan CoEnCo vertelde men ons dat zij nooit pH-meters in hun installatie inbouwen. Dat werk, de pH-waarde controleren, moet de brouwer nog steeds manueel uitvoeren. De meerprijs van een digitale pH-meter weegt niet op tegen het werk dat het vervangt.

Figuur 8.2-5: Voorbeelden van mogelijke pH-meetinstrumenten/controllers

8.3 Schuimkraag

8.3.1 Beschrijving

In tegenstelling tot bij de Engelsen is bij de Belgen het schuim op bier erg geliefd. Er zijn dan ook bepaalde taptechnieken die aangeleerd worden om een juiste schuimkraag te krijgen. Je moet bijvoorbeeld het glas vanonder de kraan halen voor je de tap uitdoet om druppels die het schuim zouden laten verdwijnen te vermijden. Het schuim dat boven het glas uitkomt moet ook met het schuimmes onder een hoek van 45 graden weg gestreeld worden. Dit wordt "the beheading" genoemd. Maar wat is dat schuim nu precies?

Figuur 8.3-1: Tappen van bier

Bij het uitgieten van bier in een fles of bij het tappen van bier ontstaat het schuim omdat de druk waaronder het bier gevangen zat in de fles of in het vat opeens verlaagt naar de atmosferische druk. Het opstijgende CO_2-gas bereikt dan het vloeistofoppervlak waar de vloeistof als het ware uitgerekt wordt om dunne vloeistofvliezen te vormen, waarin het gas dan gevangen zit. Hoe meer gas je dus hebt, hoe meer schuim je zal verkrijgen. Het gaat echter niet alleen om de hoeveelheid schuim, maar ook om de stabiliteit ervan.

Schuim is volgens een algemene definitie een mengsel van verschillende gasbellen in een vloeistof of vaste stof. Afhankelijk van de schuimstructuur zullen je bellen een korte of lange levensduur hebben. Wij willen dit jaar die levensduur verlengen zodat ons bierschuim niet direct verdwijnt. Bierschuim ontstaat doordat eiwitten uit het bier schuimen onder invloed van ontsnappende koolstofdioxide. Het driedimensionale eiwitnetwerk is niet erg stevig en door de zwaartekracht zakt het langzaam in elkaar.

8.3.2 Factoren die schuimkraag beïnvloeden

Er zijn drie basisonderdelen die van belang zijn om een goede schuimkraag te verkrijgen: de bestanddelen om de schuimbelletjes te vormen, het gas om de belletjes te vullen en ook het glas waarin het bier gegoten wordt. We zullen ons nog verder verdiepen in deze factoren.

De bestandsdelen

De vier essentiële grondstoffen om een stabiel schuim te vormen, zijn mout (schuimactieve eiwitten), hop (iso-alfazuren, alfazuren), water (metaalionen: magnesium, calcium en ijzer) en gist (koolzuurgas).

<u>Mout</u>

Zonder eiwitten (proteïnen) kan er geen schuim ontstaan. Verbetering of verslechtering van de schuimstabiliteit kan te wijten zijn aan interacties tussen eiwitten en onder andere vetten, iso-α-zuren, metaalionen, geladen polysachariden, glycoproteïnen.

Lipiden (vetten) zijn schuimnegatief. Zuiver moutbier (mout bevat meer vetten dan bv. maïsgries) heeft dan ook minder stabiel schuim dan bier waar een 10 à 15% ongemout graan in zit. Het mout is ook van belang omdat de ene moutsoort meer eiwitten bezit dan de andere. De vetten verdringen als het ware de iso-alfazuren die juist de complexen vormen voor het bellenvlies.

Tijdens het maischen worden grote eiwitten uit de mout en ongemoute granen gesplitst in kleinere eiwitten door de werking van enzymen. De eiwitten worden daardoor oplosbaar in het wort. De vrijgemaakte eiwitten kun je grofweg in drie groepen verdelen.

- De grote eiwitmoleculen. Deze moleculen worden door de enzymen afgebroken in kleinere delen en komen niet in het uiteindelijke bier terecht.
- De middelgrote eiwitten. Deze zijn van grote betekenis voor de kwaliteit van het bier. Het zijn deze eiwitten die verantwoordelijk zijn voor de schuimhoudbaarheid en volmondigheid van het bier. Ze worden niet verbruikt door de gist.
- De kleinste eiwitten, ook wel de aminozuren genoemd. De gist gebruikt deze stoffen als bouwstof voor nieuwe cellen, waardoor deze stoffen gewenst zijn. Een teveel aan aminozuren kan echter schuimnegatief werken.

Hop

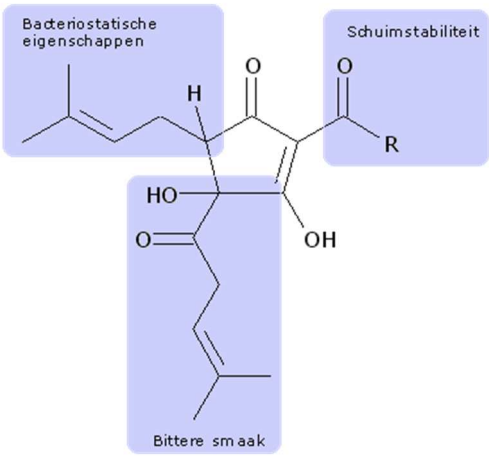
Gedurende het koken wordt hop toegevoegd aan het brouwwater. Vroeger werd hop vooral gebruikt als bewaarmiddel. Nu weten we ook al dat hop alfazuren bevat en oliën die zorgen voor respectievelijk de bitterheid en de smaak van het bier. Wanneer de hop is toegevoegd aan het kokende wort worden alfazuren omgezet in wateroplosbare iso-alfazuren.

De alfazuren worden dus omgezet in iso-alfazuren. Het is deze stof die onder andere zorgt voor een betere schuimstabiliteit.

Metaalionen uit het brouwwater vormen complexen met de zijketens van de iso-alfazuren.

Het is onmogelijk om een blijvende, stevige schuimkraag op het bier te verkrijgen als de concentratie van de iso-alfazuren minder bedraagt dan 20 milligram/liter.

Meer hierover kan je lezen in het deel chemie van hop.



Figuur 8.3-2: Iso-alfazuur

Water

Water is een heel belangrijke grondstof in het brouwproces. Heel wat brouwerijen zijn dan ook trots omdat ze een eigen bron hebben waaruit ze water van grote diepte oppompen. De metaalionen, aanwezig in water, zijn van groot belang omdat zij complexen vormen met de iso-alfazuren die zorgen voor het bellenvlies. Ook het zuurgehalte van water is van belang omdat dit bepaalt hoe goed de enzymen werken.

Na het brouwen wordt ook veel water gebruikt voor het reinigen van de installatie. De nodige hoeveelheid water om 1 liter bier te brouwen is ongeveer 6 liter. Ondertussen hebben ze die 6 liter in veel gevallen wel al kunnen reduceren naar 3,5 liter, wat natuurlijk veel beter is voor het milieu.

Gist

De gisting bestaat uit drie verschillende stappen:

- de hoofdgisting: het wort wordt omgevormd tot bier, gist wordt toegevoegd aan het wort die de suikers gaat omzetten tot koolstofdioxide (CO_2) en alcohol (ethanol: $CH_3CH_2 - OH$), alcohol blijft opgelost in het bier terwijl het CO_2 als gas ontsnapt;
- de lagering (wat niet van toepassing is bij onze bieren);
- als laatste stap wordt het bier gefilterd om een volledig heldere kleur te krijgen;
- eventuele nagisting op fles.

Koolstofdioxide is het gas dat de schuimbelletjes vormt, vandaar dat de gisting belangrijk is. Tijdens de gisting wordt dit gas namelijk gevormd.

Sommige bieren krijgen ook nagisting op fles. Bij de nagisting op fles wordt een hoeveelheid gist en suiker toegevoegd in het flesje tijdens het bottelen, waardoor er een extra gisting plaatsvindt in de fles. Bij bieren met nagisting op fles komt een depot voor. Dit is een bezinksel onderaan het flesje. Door de extra gisting wordt in het bier een extra hoeveelheid koolzuur gevormd. Het bier zit in een afgesloten ruimte (het flesje), waardoor bij deze koolzuurvorming een druk wordt gevormd in het flesje. Het gevormde koolzuur zorgt ook voor een stabielere schuimkraag.

Extra

We willen ook meegeven dat schuimstabilisatoren (die te koop zijn op meerdere sites) alleen maar een behoorlijk schuim kunnen verbeteren. Een slecht schuim kan niet goed gemaakt worden door schuimstabilisatoren.

Het gas

Zoals hierboven vermeld, wordt het gas geproduceerd tijdens het gistingsproces. Om een stabiel schuim te hebben, willen we dat het CO_2-gas zo lang mogelijk in het vloeistofvlies gevangen zit. Hiervoor moet het bellenvlies zo goed mogelijk zijn. Wij moeten dus zorgen voor voldoende gas en een bellenvlies dat lang stand kan houden om een stevige schuimkraag te behouden.

Het glas

Het bierglas moet eerst en vooral heel goed ontvet zijn. Resten van afwasmiddel op de glazen zijn heel slecht voor het schuim, want de vetten verdringen de iso-alfazuren die de bellenvliezen vormen.

De vorm van het glas kan ook een grote rol spelen. Daarom hebben veel biermerken ook hun eigen glas met een specifieke vorm. Glazen in een kelkvorm zijn zeer nadelig voor de schuimhoudbaarheid, terwijl bolvormige glazen de vorming van schuim bevorderen.

Ten laatste zijn de oneffenheden in het glas van belang. Ze stimuleren het fijn parelend loskomen van het koolzuurgas, waardoor ze gedurende de drinktijd zorgen voor de aanvoer van vers gas. Heel wat bierglazen zijn om deze redenen voorzien van speciaal ingeslepen oneffenheden.

8.3.3 Schuimkraag bij ons bier

Vorig jaar was er een bier verkregen met een schuimkraag die vrij snel verdween na het inschenken, een probleem dat we dit jaar wilden aanpakken. Om een betere schuimkraag te verkrijgen, hebben we ons recept wat aangepast.

Gerstevlokken verhogen van 150 naar 200 gram

De ene graansoort heeft meer eiwitten dan de andere graansoort. De eiwitten en dan vooral de middelgrote eiwitten zijn van groot belang voor de schuimstabiliteit. Gerstevlokken bevatten veel van deze middelgrote eiwitten, vandaar deze verhoogde dosering.

Eerste periode van het maischen verlagen van 20 naar 15 minuten

Tijdens het maischen worden de grote eiwitten uit de mout (en/of granen) gesplitst in kleinere eiwitten door de werking van enzymen. De eiwitten worden daardoor oplosbaar in het wort. De grote eiwitten worden eerst gesplitst in middelgrote eiwitten, waarna ze verder worden afgebroken tot uiteindelijk aminozuren. De aminozuren zijn heel schuimnegatief, maar wel gewenst want de gisten gebruiken deze aminozuren als bouwstof voor nieuwe cellen. Door het maischproces in te korten, zullen de middelgrote eiwitten minder gesplitst zijn in de schuimnegatieve aminozuren en zal het schuim dus stabieler worden.

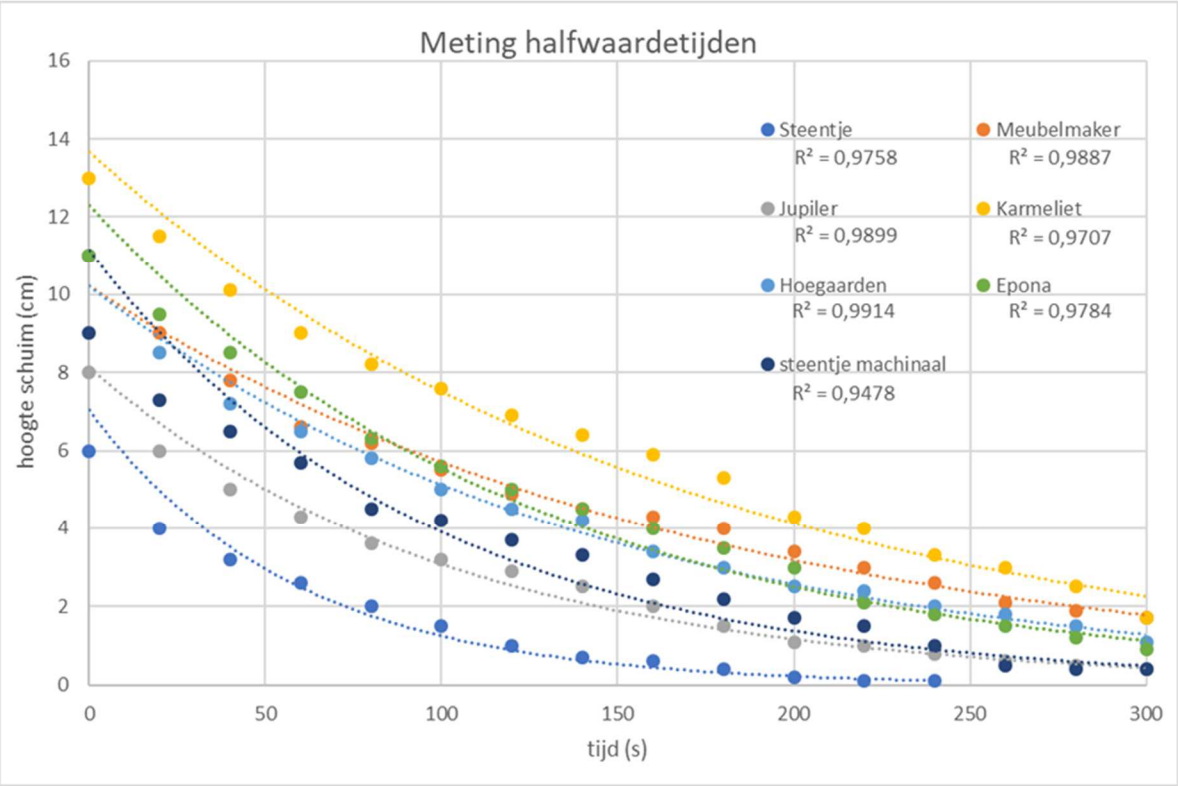
Meting

Om de schuimkraag van ons zelfgebrouwen bier te kunnen beoordelen op de schuimkwaliteit hebben we een eenvoudige proef gedaan. Om te beginnen hebben we verschillende bieren aangeschaft, namelijk *Epona, Jupiler, Karmeliet, Hoegaarden*, *Meubelmaeker* en natuurlijk ons eigen bier 'Steentje'. *Epona* en *Meubelmaeker* zijn bieren die de heer Peter Verlinde zelf brouwt.

Figuur 8.3-3: Bepaling van de schuimstabiliteit

We hebben van elke biersoort een glas gevuld met voldoende schuim op. Om de 20 seconden werd de hoogte van de schuimkraag gemeten en dit gedurende 5 minuten. Na deze meting konden we de waarden uitzetten in onderstaande grafiek om zo de meetresultaten te visualiseren.

Resultaten

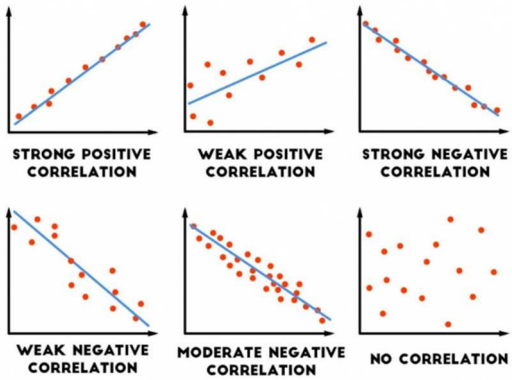


Figuur 8.3-4: Grafiek met de schuimhoogte van de verschillende bieren in functie van de tijd

In deze grafiek is er een exponentiële functie te zien, dit is een toename evenredig aan de eigen omvang. Iedere grootheid die in eenzelfde tijdsinterval (vb. elke maand, dag, uur, minuut, 20 seconden) met hetzelfde percentage groeit, ondergaat een exponentiële groei. Om onze stippenlijn (of regressielijn) op de grafiek te kunnen tekenen, hebben we dus de exponentiële regressie gebruikt. Het functievoorschrift is van deze vorm: $y = b.a^x$.

Regressie is eigenlijk een benaming voor de mate waarin er samenhang is tussen de gemeten waarden en de tijd in dit geval. Algemeen is het dus een techniek voor het analyseren van gegevens waarin er mogelijks sprake is van een specifieke samenhang.

Door regressie te gebruiken beperk je de mogelijkheid om met meetfouten te werken in verdere berekeningen. De regressielijn (stippenlijn) is namelijk een lijn die het best past en dus het minst afwijkt van alle meetresultaten. Bij meetresultaten krijg je meestal te maken met een kleine onnauwkeurigheid. De ene keer kan je een waarde krijgen die wat te klein is in vergelijking met de werkelijkheid en de andere keer dan weer net iets te groot. Aan de hand van regressie wordt de 'net iets te klein' als het ware opgeheven door de 'net iets te groot' (zie afbeelding). Als deze regressielijn niet veel afwijkt van de meetpunten, dan hebben we een goede meting, wat dus uitgedrukt wordt met de r^2-factor. Een $r^2 = 1$ is perfect, dit betekent dat alle resultaten op de rechte liggen. Bij een meting is men tevreden als de r^2 tussen de 0,9 en 1 ligt.



Figuur 8.3-5: Correlatie van meetwaarden

Verwerking van de resultaten

Uit de gemeten resultaten voor de schuimkraag is het nu mogelijk om de verschillende halfwaardetijden te bepalen. De halfwaardetijd is de tijd die nodig is om de hoogte van het schuim te doen halveren. Het is dus een maat voor de schuimstabiliteit van de geteste biersoorten. Als we een kleine halfwaardetijd hebben, zal het schuim dus snel verdwijnen en als we een hoge halfwaardetijd hebben, zal het schuim lang blijven staan.

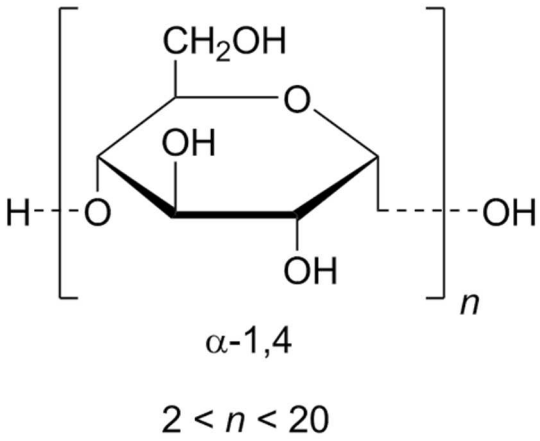
De halfwaardetijd van de schuimkraag kunnen we nu als volgt gaan berekenen.

In ons grafisch rekentoestel maakten we een lijst met de tijd en een lijst met de schuimhoogte aan. Na regressie vinden we een wiskundig verband tussen schuimhoogte en tijd, dat we grafisch uitzetten. We zoeken dan de x-waarde (=tijd) waarvoor de y-waarde (=hoogte schuim) is gehalveerd ten opzichte van de beginhoogte.

Zo kan voor elk bier de halfwaardetijd bepaald worden, zoals weergegeven in onderstaande tabel:

Biersoort	**Halfwaardetijd [s]**
Meubelmaeker	119,56332…
Epona	104,03076…
Hoegaarden	100,46669…
Karmeliet	98,459036…
Steentje (machinaal gebrouwen)	80,093863…
Jupiler	71,495756…
Steentje (zelf handmatig gebrouwen)	45,134828…

De halfwaardetijd voor ons zelf gebrouwen bier (45,1) vonden we niet voldoende. We hebben dan ook besloten om schuimstabilisatoren toe te voegen aan onze twee nieuwe brouwsels. Op deze manier proberen we onze schuimstabiliteit te optimaliseren. De schuimstabilisator die we aan ons chocoladebier en moerasspireabier hebben toegevoegd is maltodextrine. Maltodextrine is een hoogwaardig koolhydraat dat bestaat uit complexe polymeren van glucose. Het is op dezelfde manier opgebouwd als zetmeel, maar bevat minder glucosedeeltjes per polymeer. Maltodextrine kan geproduceerd worden uit willekeurig welk zetmeel, bijvoorbeeld uit aardappelen of maïs. Het is een relatief goedkope stof en wordt daarom veelvuldig gebruikt.



Figuur 8.3-6: Moleculestructuur van maltodextrine

Besluit

We hebben besloten om de aanpassingen die we hadden gedaan om de schuimstabiliteit te verbeteren, niet meer uit te voeren. Dit hebben we besloten omdat 'het steentje' (ons eerste bier), waar we de halfwaardeproef op hadden gedaan, zuur smaakte. Vorig jaar was dit niet het geval, vandaar dat we volledig terugkeren naar het oorspronkelijke recept. Er is nu een hoeveelheid van 500 liter gebrouwen, waarbij we opnieuw de schuimstabiliteit hebben onderzocht. Bij het brouwsel dat machinaal werd gebrouwen kwamen we uit op een halfwaardetijd van 80. Deze halfwaardetijd bevindt zich tussen die van Jupiler en Karmeliet. Met dit resultaat zijn we alvast heel erg tevreden en we gaan dan ook geen verder aanpassingen doen aan ons recept.

8.4 Hop

8.4.1 Inleiding

Hop is een belangrijk ingrediënt van bier. Elke brouwer heeft zijn eigen voorkeur hoeveel en welke soort hij gebruikt.

Toch heeft men bijna 5000 jaar bier gebrouwen zonder hop voordat brouwers ontdekten dat deze bittere bloemen een aangenaam effect geven aan het bier. Aanvankelijk werd hop vermoedelijk aan het bier toegevoegd om onder andere de smaak te verbeteren.

Tegenwoordig is hop geliefd vanwege het grote aantal positieve kenmerken dat deze plant aan bier toevoegt. Deze sterke klimplant is tweehuizig, wat wil zeggen dat er zowel mannelijke als vrouwelijke planten bestaan. Hop behoort tot de familie van de hennepplanten en heeft dichte dennenappelvormige bloemen. Hop wordt gewoonlijk geplant in maart-april en in de eerste week van september geoogst.

Elke bloem of hopbel bestaat uit bladachtige bloemblaadjes. Deze blaadjes produceren lupuline, een stof die als fijn geel poeder op elk bloemblaadje verschijnt. Eigenlijk zijn dit kleine kliertjes die de harsen en oliën bevatten die de gewenste eigenschappen aan bier geven. Sommige planten worden geteeld vanwege hun bitterheid, anderen vanwege hun aroma en smaak. Net als bij andere gewassen worden er van de hop veel verschillende variëteiten gekweekt. Er bestaat ook een siervariant.

8.4.2 Geschiedenis van de hop

Inleiding

Hop is een belangrijk ingrediënt van bier. Toch heeft men bijna 5000 jaar lang bier gebrouwen zonder hop voordat brouwers ontdekten dat deze bittere bloemen een aangenaam effect hebben op bier. Historici denken dat men pas op het einde van de 8ste eeuw hop begon te gebruiken in bier. Aanvankelijk werd hop aan het bier toegevoegd omdat dit werd verplicht door de kerk. Zij haalden vanuit economisch en seksueel oogpunt voordeel uit het gebruik van hop. Het droeg uiteindelijk ook mee tot de verbetering van de smaak van het bier.

Figuur 8.4-1: Tekening van hop uit 1892

Het duurde echter niet lang voor de brouwers merkten dat de hop de schuimkraag van het bier stabiliseerde en de houdbaarheid verlengde. Tegen de 16de eeuw had het gebruik van hop zich over heel Europa

verspreid. In de nieuwe tijd vaardigde Beieren het Reinheitsgebot uit (zie verder). De Engelsen stonden wantrouwig tegenover hop en Hendrik VIII probeerde zelfs de import van gehopt bier te blokkeren. Maar net zoals de sterke overdaad van de plant zelf werden de superieure kwaliteiten van dit eens 'verderfelijke kruid' uiteindelijk als vanzelfsprekend geaccepteerd.

Hop in de oudheid

Hop werd in de oudheid vooral gebruikt als medicijn tegen lepra in de Babylonische gevangenissen. In die tijd werden door de Romeinen ook hopscheuten gebruikt in soep of werden ze gegeten zoals asperges.

De Germanen gaven hop aan te drukke kinderen en gebruikten het als middel tegen slapeloosheid. Ook bij oor- of zenuwpijn gebruikte men hop. Als behandeling tegen deze kwalen vulde men kussens met hopbellen. Sommigen deden de hopbellen ook in een doekje waar het kind dan op moest sabbelen.

Hop in de middeleeuwen

In de middeleeuwen gebruikte men de hopbellen om te roken. Het is immers ook een verdovend kruid. Ook de jonge hopscheuten werden nog steeds, net zoals asperges, opgegeten.

Figuur 8.4-2: Hop in een Servisch wapenschild

Hop als ingrediënt in bier komt voor het eerst voor in een oorkonde (768) van Pepijn de Korte, vader van Karel de Grote. Hop is een kruid dat het bier bitterder maakt en ook ervoor zorgt dat de drinker wegsoest in een hypnotische slaap. Vooraleer men hop gebruikte om het bier meer smaak te geven werden er al tal van andere planten en kruiden gebruikt zoals lavendel, rozemarijn, salie, hysop, rozen, lelies, laurier, melisse, frambozen…

Men zegt dat koning Pepijn niet verantwoordelijk was voor het toevoegen van hop in bier, maar dat het de verdienste van Gambrinus was. Hij was een soort van hofleverancier van dranken.

De bladeren van de hopplant dienden als rundvee- en schapenvoer. De stengels werden plat gemaakt en tot vezeltouwen verweven waarvan men dan zakken maakte. De restjes van de hopplant werd gebruikt als brandstof en stro. Alles wat de hopplant te bieden had, werd gebruikt.

In de 9de eeuw begonnen monniken hop te verbouwen om hem te gebruiken als geneesmiddel. Hildegard van Bingen, een vrouwelijke wetenschapster die in dienst van de rooms-katholieke kerk werkte, bepaalde dat gerstebier moest bereid worden met hop.

Het aanbieden van alcoholische dranken aan mensen was op zich een machtsinstrument om een volk te besturen en door de toevoeging van hop werd het een sterker middel om de massa in toom te houden. Door een bevolking hopdranken te geven, werden de mensen rustiger en zwijmelden ze weg in melancholische hersenspinsels zodat ze de macht van de kerk als onoverkomelijk gegeven accepteerden en zich ernaar voegden.

Hop in de nieuwe tijd

Op 23 april 1516 vaardigde Beieren het Reinheitsgebot uit, een zuiverheidswet die de Duitse brouwers beperkte tot het gebruik van slechts vier ingrediënten: gerst (mout), tarwe, water en hop (gist was inbegrepen). Deze wet werd opgesteld op de *Landständetag in* Ingolstadt, een ontmoeting met vertegenwoordigers van de adel, afgevaardigden van de stad en kerkelijke prelaten. Deze wet is de oorzaak van de eentonige reputatie van Duits bier, meer bepaald Pilsener.

Reinheitsgebot

Figuur 8.4-3: Het Reinheisgebot, daterend uit 1516

Hop in onze tijd

De verschillende soorten hop worden tegenwoordig in het brouwproces vooral gebruikt voor de bittere smaak die het afgeeft, als bitterhop wordt gebruikt, en voor de smaak en geur, als aromahop wordt gebruikt.

Figuur 8.4-4: Onderzoek naar de mogelijke geneeskrachtige werking van hop

Ook heeft hop tegenwoordig een belangrijke rol in de geneeskunde. Hop wordt gebruikt als remedie bij stemmingswisselingen, slapeloosheid en menopauzale symptomen.

Ook zou hop een effect hebben bij kankerbehandelingen. In het kader hiervan werd tot nog toe alleen laboratoriumonderzoek verricht. Hop lijkt ook een rol te kunnen spelen in kankerpreventie en bij het remmen van de ontwikkeling van bestaande gezwellen. Hopsupplementen met hopzuren zouden een ontstekingsremmende activiteit hebben. Maar om daar uitsluitsel te kunnen over geven is er nog bijkomend onderzoek nodig.

Hop die wordt gebruikt bij menopauzale symptomen heeft een lichte oestrogene werking en uit voorzorg is het beter deze voorlopig niet te gebruiken bij hormoonafhankelijke kankers.

Hop die wordt gebruikt bij slapeloosheid bevat concentraties die dergelijk nadeel niet hebben, en is dus veilig te gebruiken bij hormoonafhankelijke kankers.

Hopscheuten voor keukengebruik bevatten geen oestrogene verbindingen en zijn dus ook veilig te gebruiken bij de behandeling van dergelijke kankers.

Het drinken van bier is echter geen goede oplossing om de interessante hopbestanddelen, die in het bier aanwezig zijn, in te nemen. Niet alleen verhoogt alcohol het risico op verschillende kankertypes, het is ook tijdens kankerbehandeling te mijden. Het kan mondslijmvliesontsteking en andere bijwerkingen erger maken en voor verschillende soorten kankers de kans op een nieuw kankergezwel doen toenemen. Ook bij hoofd- en halskankers kan het de overlevingskans verlagen en bij hormoonafhankelijke borstkanker de hervalkans mogelijk verhogen.

Het is daarom dus raadzaam om hop als geneesmiddel enkel maar in te nemen in zijn pure vorm. De aanbevolen concentratie voor een behandeling is afhankelijk van het soort kwaal waarmee de patiënt te maken heeft.

8.4.3 Soorten hop

In hop zijn er verschillende soorten en variëteiten. Zo heb je aromahop, bitterhop en dubbeldoelhop. Daarnaast zijn er dan nog verschillende variëteiten. Met deze soorten kan je spelen in je bier. De hop die je gebruikt is van belang voor de smaak van je bier. In België is het gebruikelijk dat men meer aromahop gebruikt dan bitterhop omdat de aromahop invloed heeft op het karakter van je bier.

Figuur 8.4-5: Hopbloemen aan hoprank

Bitterhop

Bitterhop is de hop die vooral zorgt voor de bitterheid van het bier en de stabilisatie van de kraag. Dit heeft te maken met het alfazuur-percentage. Dit percentage loopt van 3% (mild) tot 12% (bitter) dat zich bevindt in de hopbel. Niet alle alfazuren van de plant bereiken het gistingsproces. Met alle variabelen die de alfazuren beïnvloeden, stellen we vast dat op het einde maar 30% van de alfazuren terechtkomen in het bier. Om de bitterheid van het bier te bepalen kan je gebruik maken van de formule van Glenn Tinseth, die gebruik maakt van het soortelijk gewicht van het wort en de kooktijd van de hop. Met deze formule kom je aan de IBU (international bittering units), wat het aantal milligram iso-alfazuur (alfazuren na isomerisatie) per liter in het bier weergeeft.

Bitterhop wordt niet zo veel geteeld in België. Duitsland staat meer bekend om zijn teelt in bitterhop, waardoor dit het land van de pilsen wordt genoemd. Wij maken gebruik van de bekendste, en meest gebruikte bitterhop, Magnum, die wordt geteeld in Duitsland.

Aromahop

Het belangrijkste doel van aromahop is het toevoegen van aroma en hoparomatische oliën aan het bier. Aromahop heeft een gematigd gehalte aan alfazuren. Deze hop wordt pas aan het eind van het kookproces toegevoegd, omdat anders de aromatische oliën te snel zouden verdampen, samen met de kruiden. Er zijn verschillende soorten aromahoppen met hun specifiek toedracht aan het bier. Veel aromahoppen hebben een lage bitterheid. Daarom wordt er naast de aromahop vaak nog een bitterhop toegevoegd.

Wij maken gebruik van Saaz, een aromahop die wordt geteeld in de USA. In de volgende tabel staan enkele voorbeelden van aromahop met hun specifieke smaak.

Aromahop	Smaak	% alfazuren
Cascade	Citrus en pompelmoes	4,5 - 6
Crystal	Kaneel, zwarte peper en nootmuskaat	3,5 - 5,5
Spalt	Houtig	4 - 5
Strisselspalt	Bloemig en citroenachtig	3 - 5
Saphir	Citrusachtig en mandarijnachtig	3 - 4,5
Lubelski	Aards/tabak, bloemig en kruidig (alternatief Saaz)	3 - 4,5

Figuur 8.4-6: Selectie van een aantal aromahop

8.4.4 Bedrijfsbezoek ’t Hoppecruyt

Maandag 17 september 2018 trokken we met de klas naar ’t Hoppecruyt in Proven voor een bedrijfsbezoek om een belangrijk bestanddeel van ons bier, namelijk hop, beter te leren kennen.

Figuur 8.4-7: Droogtoren 't Hoppecruyt

We werden warm ontvangen door hopboer Wout, zijn vrouw Benedikte en hun zoon Roel in hun hopboerderij, die dateert uit het jaar 1893. Als 5e generatie van de familie Desmyter zijn ze heel trots op de goede en kwalitatieve hop die zij produceren. Het bedrijf maakt gebruik van moderne teeltechnieken met oog voor het milieu. Met 9,10 hectaren ‘clean green hop-teelt’ zijn hun dagen goed gevuld.

Hommel

Hop wordt in het Poperingse dialect ook wel hommel genoemd, een historisch gegroeide bijnaam. Vroeger werd hop in de kruidenboeken beschreven als een extreem snelgroeiende plant, een plant die als het ware naar de hemel groeit. Toen werd dat uitgesproken als ‘himble’, waarvan dan de namen ‘humulus lupulus’ en ‘hommel’ afgeleid zijn. In beide namen vind je een verwijzing naar de hemel.

Jaarlijkse routine

Ons bedrijfsbezoek startte aan een bord waarop de verschillende stappen in het telen van hop staan beschreven.

Figuur 8.4-8: De verschillende stappen in het telen van de hop

Januari

In januari verwijderen ze de plantenresten van de hoprank. Om de monocultuur te bewaren doen ze dit grotendeels met de hand. Het machinale gedeelte is minimaal en kan alleen maar als de grond droog is.

Februari/maart

In februari planten ze de vroege variëteiten, waarna in maart de middelvroege variëteit wordt geplant en uiteindelijk wordt in april de late variëteit geplant. Opvallend is dat deze late variëteit als eerst geoogst zal worden.

In februari/maart wordt er ook gesnoeid en telen ze de hopscheuten. Deze hopscheuten verkopen ze aan verschillende klanten.

April

April is een heel drukke maand voor de hopkwekers want dan worden de palen uit sparrenhout gecontroleerd. Daarvoor kunnen ze rekenen op de hulp van spechten. Deze vogels maken namelijk gaten in rotte palen om zo eten te vinden.

In deze maand binden ze ook de klimdraden bovenaan vast, hierbij wordt gebruik gemaakt van de hommelknoop of ook wel de mastworpknoop genoemd. Deze knoop moeten ze ongeveer 6 keer per plant leggen naargelang het aantal scheuten en zo komen ze uiteindelijk op 72000 handelingen om al hun planten vast te binden.

Juli

In juli controleren ze de planten en bestrijden ze allerhande ziektes zoals rode spint en schimmelziektes.

Augustus

In augustus zetten ze alles klaar om aan de pluk te starten in september, de loods wordt werkklaar gemaakt. Ook bemesten ze in deze periode de velden.

September

Deze maand is een start van een drukke periode. De pluk van de eerste soorten begint nu.

Wat is hop?

Hop is een schaduwplant die wel tot zeven meter hoog wordt. Het aantal graden per dag is ongeveer gelijk aan het aantal cm groei per dag. Wanneer hop te veel in de zon staat, verbranden de hopbellen wat niet goed is voor de oogst ervan. Als je geluk hebt, is er een nieuwe oogst in augustus, maar dan is de kans op kleine bellen (die een nefaste invloed hebben op de kwaliteit van de hop) reëel.

Er zijn ongeveer 500 hopsoorten en elk jaar komen er enkelen bij. Je kunt de verschillende soorten hop indelen in twee grote categorieën.

- Aromahop
  - Wordt gekenmerkt door een kruidige, fruitige of bloemige smaak. Deze hop wordt vooral gebruikt in streekbieren. Bijna alle soorten behoren tot deze categorie. De hopkwekers zelf hebben ongeveer vijftien soorten op hun land. De hopoliën zijn in dit soort hop heel belangrijk.
- Bitterhop
  - Van deze hop bestaat er maar één soort en die wordt vooral geteeld in Duitsland. Daarom zijn de meeste Duitse bieren pilsen.

De hopplant wordt behandeld met verschillende producten. Om het onkruid te verdelgen, bedekt men de plant met aarde, dit noemt men mechanische verdelging. Ook wordt er kalk gegooid om een neutrale zuurtegraad (pH =7) te bereiken, dit is nodig om de monocultuur te behouden. De blaadjes van de hoprank worden tot op een meter hoogte volledig verwijderd, zodat de rode spint geen kans heeft om zijn eitjes te leggen op de onderste blaadjes. In dit bedrijf gebruikt men koeienmest om de bodem te voeden met extra mineralen.

In de hopbellen zitten er alfa- en bètazuren, de alfazuren zorgen voor de bitterheid en de bètazuren voor de houdbaarheid. Zo zien we dat de oudste soorten nog altijd de beste zijn om te bewaren. Als ze nu nieuwe soorten maken, ligt de focus meer op de smaak en zijn er steeds minder bètazuren aanwezig in de hop, wat slecht is voor de houdbaarheid.

De pluk

Tijdens de pluk snijdt men de rank af op één meter waarbij het de bedoeling is dat het touw op de juiste plaats afbreekt. Deze ranken worden dan op een kar gelegd en worden rechtstreeks naar de loods vervoerd.

Figuur 8.4-9: Een kar geladen met hopranken

Daar belanden de ranken in een plukmachine, die de takjes, blaadjes en bloemen verwijdert. De rank wordt vervolgens volledig verhakkeld en dit haksel belandt op de composthoop, net zoals de restjes ijzer, die zijn volledig weggeroest in oktober.

De takjes, blaadjes en bloemen worden gescheiden van elkaar door middel van een windturbine. De takjes en blaadjes worden weggezogen en omdat de bloemen zwaarder zijn, vallen die naar beneden en gaan zo naar de ast.

De ast is opgedeeld in drie lagen met een verschillende temperatuur. De hop wordt gedroogd in drie uur tijd, het drogen gebeurt met hete lucht van 60°.

Verpakking

De gedroogde hopbellen worden per 500 g vacuüm gezogen en zo blijven de oliën bewaard. Ook kan de hop in pellets worden verwerkt. De hop wordt dan gemalen en samengeperst tot pellets. Nadeel van pellets is dat na een maand ongeveer 25 % van de oliën weg zijn.

Ook is het heel belangrijk om alles duidelijk te noteren op het etiket.

Figuur 8.4-10: Links, een net met hoppellets; rechts, vacuümverpakte hopbloemen

Weetjes over hop

Eén hoprank zorgt voor 200-500 gram gedroogde hop.

Elke plant staat altijd 1,5 meter van de volgende plant.

Wanneer je de bel opendoet en je wrijft ermee over je hand en het kleeft, dan is deze bloem rijp voor de pluk.

8.4.5 Hop in het VTI-bier

Bramling Cross Hop

Deze hopsoort is eerder een aromahop dan een bitterhop. Het heeft een fruitige geur van zwarte bes, citroen en peer. Het wordt vooral gekweekt in het Verenigd Koninkrijk en voor het eerst geproduceerd is in 1928 in Wye College. De aromahop is een kruising tussen Golding en een wilde Manitoban (Canadeese) hop.

Bramling Cross Hop heeft een percentage alfazuur van 5 tot 7%, en een percentage bètazuur van 2,3 tot 3,2%.

Magnum Hop

Hallertauer Magnum Hop of kortweg Magnum Hop is een bitterhop met kruidige en citrusaroma's, die afkomstig is uit Duitsland. Daar werd het voor het eerst gekweekt werd in 1980 in het Hopfenforschungszentrum (hop onderzoekcentrum) Hüll te Wolnzach, Beieren. De bitterhop is een kruising tussen de Amerikaanse variëteit Galena en een Duitse mannelijke plant.

Magnum Hop heeft een percentage alfazuur van 8 tot 13% en een percentage bètazuur van 5 tot 7%.

Saaz Hop

Deze hop is een aromahop met een fijne hoppige, licht geparfumeerde smaak en een onderscheidend en klassiek aroma. Hij is afkomstig uit Tsjechië en is genoemd naar de stad Saaz (het huidige Zatec). Deze hop wordt gebruikt in bekende bieren zoals Stella Artois en talloze lagers en pilsen.

Saaz Hop heeft een percentage alfazuur van 2 tot 5% en een percentage bètazuur van 3 tot 4,5%.

Whitbreads Golding Variety Hop

Whitbreads Golding Variety Hop ofwel simpel WGV Hop is een aromahop met aangename, fruitige en Europese aromaten. Deze hopvariëteit is ontstaan in 1911 door een open bestuiving van een oude hopvariëteit Bates's Brewer, die groeide op een boerderij in Kent (Beltring) en werd later gekocht door de *Whitbread Beer Company*.

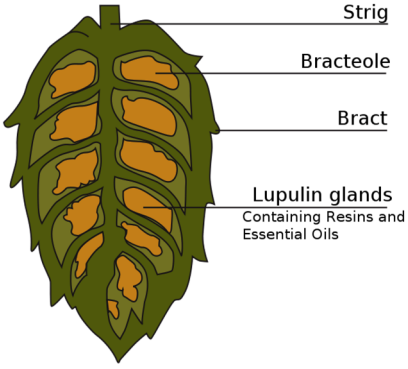
Whitbreads Golding Variety Hop heeft een percentage alfazuur van 4 tot 8 % en een percentage bètazuur van 2 tot 2,7 %.

8.4.6 Chemie van de hop

De chemie van de hop, die plaatsvindt tijdens het brouwproces, is voornamelijk het verbitteren van het bier. Dat verbitteren gebeurt door een isomerisatiereactie. Deze reactie zorgt ook voor de stabiliteit van de schuimkraag en voor een langere houdbaarheid van het bier. Hop (vooral bitterhop) is daardoor een heel belangrijk onderdeel van het bouwproces.

In een hopbloem is lupuline duidelijk zichtbaar aanwezig. Deze geelachtige, aangenaam geurende stof is verantwoordelijk voor de chemische reactie in het bier.

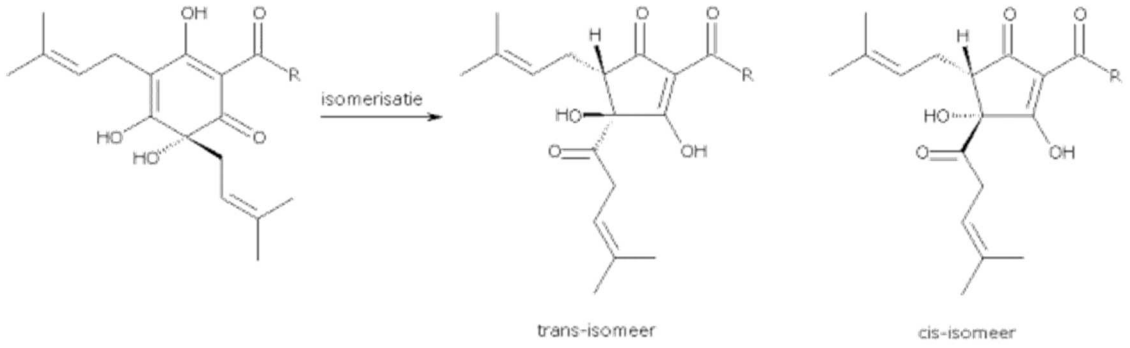
De lupulineklieren bevatten belangrijke harsen en etherische oliën. Deze harsen bestaan enerzijds uit alfazuren en anderzijds uit betazuren. Deze twee stoffen zijn belangrijk voor het chemisch proces tijdens het koken. De oliën zijn dan op hun beurt belangrijk voor de smaak van het bier, omdat deze oliën smaakaroma's bevatten.



Figuur 8.4-11: Een hopbel met zijn verschillende componenten

Gedurende het koken van het wort en de hop worden de niet-bittere alfazuren omgezet in iso-alfazuren. Er vindt een structuurwijziging plaats, waarbij de zesring overgaat in een vijfring. Dit wordt duidelijk geïllustreerd op de volgende pagina. Dit proces noemen we isomerisatie, wat één van de belangrijkste stappen in het brouwproces is. Door de structuurwijziging veranderen ook de eigenschappen, waaronder de oplosbaarheid in water en de bitterheid. Een langer kookproces leidt tot een grotere omzetting van de aanwezige alfazuren in iso-alfazuren.

De reden dat deze iso-alfazuren beter oplossen in water dan alfazuren, en daarmee ook zorgen voor de bitterheid, is dat deze zuren een structuurwijziging meemaken waarbij de moleculen meer polair worden. Dit komt omdat er meer zuurstofmoleculen eindstandig staan in de structuur. Wanneer je een polaire stof wil oplossen, zoals iso-alfazuren, dan zal deze stof ook heel goed oplossen in een andere polaire stof, zoals water.



Figuur 8.4-12: Isomerisatie, het vormen van iso-alfazuren

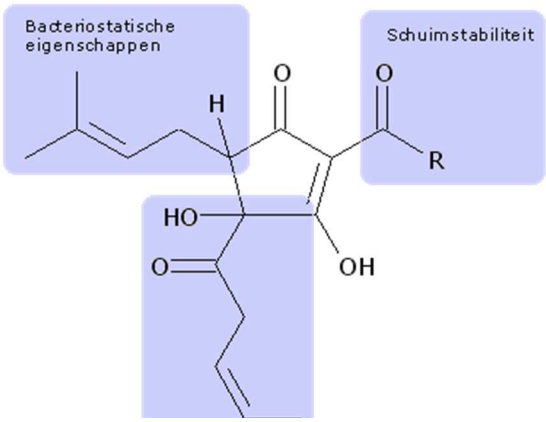
Chemische eigenschappen

Iso-alfazuren hebben een opvallend bittere smaak. De hoeveelheid iso-alfazuren in bier varieert van ongeveer 20 milligram per liter tot meer dan 70 milligram per liter (van pils tot heel bitter).

Iso-alfazuren zorgen ook voor een betere stabiliteit van de schuimkraag. Metaalionen, die nodig zijn voor de opbouw van het schuim, vormen complexen met de zijketens van de iso-alfazuren. Het is onmogelijk om een blijvende, stevige schuimkraag op het bier te vormen, als de concentratie van iso-alfazuren minder dan 20 milligram per liter bedraagt.

Nog een belangrijke eigenschap die iso-alfazuren hebben, is dat ze alkylzijketens bevatten, die de celwand van de meeste bacteriën kan aantasten. Dit zorgt voor een betere houdbaarheid van het bier.

De afbeelding hiernaast geeft de beschreven functies van de iso-alfazuren weer. Zo merk je dat deze stof een heel belangrijk ingrediënt is tijdens het brouwproces en in het uiteindelijke bier en heel veel positieve eigenschappen bezit.



Figuur 8.4-13: Iso-alfazuur met al haar positieve eigenschappen

8.5 Kruiden

8.5.1 Inleiding

Kruiden en specerijen worden al eeuwenlang gebruikt voor verschillende redenen in verschillende landen en streken, waar ze hun eigen specialiteiten hebben.

Figuur 8.5-1: Verzameling van verschillende soorten kruiden en specerijen

Je kunt een onderscheid maken tussen kruiden en specerijen alhoewel ze allebei plantaardig zijn. Het verschil heeft te maken met de herkomst en structuur van de plant.

- Kruiden zijn vooral kleine, groene planten die voornamelijk groeien in landen met een gematigd klimaat. Bij deze planten worden vooral de stengels en bladgroen gebruikt als smaakmakers zoals tijm, oregano en pepermunt. Kruiden hebben meer geur als ze vers zijn.
- Specerijen zijn afkomstig uit landen met een warm of tropisch klimaat. Ze kunnen uit wortels, zaden, peulen, bloemknoppen of meeldraden bestaan. In tegenstelling tot kruiden zijn ze meestal niet groen van kleur en kunnen ze er totaal verschillend uitzien. Ook hebben ze vaak een wat pittigere smaak. In tegenstelling tot kruiden hebben specerijen een sterkere geur in gedroogde toestand. Pepers, kaneel en vanille zijn voorbeelden van specerijen.
- De eerste beschrijvingen van kruiden en specerijen zijn te vinden in geschriften uit het Oude Egypte. Toen kregen de arbeiders uien en knoflook te eten om hun krachten op peil te houden. Kruiden en specerijen werden ook gebruikt bij het reinigen en mummificeren van de lichamen van de farao's. Ook werden in deze periode kruiden en specerijen gebruikt als medicijn en omwille van hun geur.

In de loop der jaren steeg de vraag naar kruiden en specerijen waardoor er een handel ontstond. Deze lekkernijen zoals vanille, nootmuskaat, pepers ... waren toen niet goedkoop, omdat de reis naar die verre landen heel duur was. Vooraleer te specerijen in Europa aankwamen waren er al heel veel tussenhandelaars gepasseerd die allen hun prijs aanrekenden. Daardoor kon alleen de elite in Europa deze heerlijke smaakmakers permitteren.

De kleinschalige handel groeide uit tot een internationale handel.

Tegenwoordig zijn kruiden en specerijen veel goedkoper dan vroeger. Door de verbeterde transporttechnieken, de vermindering van het aantal tussenhandelaars en het grotere aanbod kon de aankoopprijs naar beneden worden gehaald. Op vlak van levering, daarentegen, is er in de loop van de tijd niet zoveel veranderd. Nog steeds worden specerijen verpakt in grote, jute balen en deze worden door grote vrachtschepen getransporteerd.

De vraag naar nieuwe specerijen blijft stijgen.

8.5.2 Bezoek heks Epona

Inleiding

Op 23 oktober 2018 kregen we bezoek van de kruidenvrouw Epona met haar man en haar roze kaketoe. Epona is niet haar echte naam, maar haar heksennaam. Epona is een Keltische paardengodin. Haar echte naam is Elza Seldeslacht. Ze kwam ons wat meer vertellen over het natuurlijke aspect van het bierbrouwen gedurende een 4-tal lesuren.

Figuur 8.5-2: Elza Seldeslacht, Epona, met haar kaketoe en eigen bier, Epona

Epona is een gepensioneerde vrouw van 73 jaar, die al haar hele leven gefascineerd is door kruiden en het bestuderen ervan. Ze haalde haar kennis vooral bij gepensioneerde professoren. Zij probeerde ons warm te maken voor gezonde gastronomie. Zelf heeft ze een grote interesse in het bierbrouwen, vooral in de wetenschappelijke aspecten van het brouwproces. Zelf heeft ze twee eigen bieren gecreëerd: het Epona- en Astarabier.

Geschiedenis

Ze wist ons te vertellen dat er 4000 jaar geleden voor het eerst alcohol werd geproduceerd in China.

Bier werd daarentegen voor het eerst 2000 jaar geleden gemaakt in Egypte. Dit bier werd gebrouwen aan de hand van een kruidenmengsel (gruut). Later werd dit kruidenmengsel vervangen door hop wat te danken was aan de kerk.

Hop werd ingevoerd vanwege twee redenen: een economische en seksuele reden. Economisch gezien was het voordelig om hop te gebruiken, aangezien de familie van de paus een hopplantage had. Zo konden zij er financieel voordeel uithalen.

Vanuit seksueel oogpunt gaat het erom dat hop een fyto-oestrogeen (vrouwelijk hormoon) bevat, dit bevordert het libido van de vrouwen en verlaagt het libido van de man. Vrouwen werden ook aangezet om blond bier van een hoge gisting te drinken, waardoor de kans op borstkanker afnam en de borsten een mooie en stevige vorm kregen.

Epona noemt zichzelf een heks. Heks is afgeleid van het woord ‘hexa’ wat ‘’wijze vrouw’’ betekent. Het woord heks had vroeger een negatieve connotatie. Een heks werd gezien als een vrouw die in contact trad met boze machten, waardoor zij in staat was mensen en dieren te betoveren en hun schade te berokkenen of soms ook te genezen.

Epona is een hedendaagse heks met een grote kennis van kruiden en ze gebruikt haar kennis in een positieve zin, wat ook te zien is aan haar ketting. Deze ketting bevat een ster die in een lijn getrokken is, een pentagram. Zij draagt hem met de punt naar boven, wat wijst op “witte magie”, de “goede magie”. Als de top van het pentagram naar beneden is gericht, verwijst dit naar de “zwarte magie”.

Figuur 8.5-3: Een pentagram

In het verleden werden heksen als kwaadaardige mensen beschouwd, de moderne heksen zijn één met de natuur. In de oudheid vonden geen grootschalige vervolgingen van heksen plaats. Deze kwamen maar op in de 14e eeuw. Vanaf 1948 werden deze vervolgingen verboden.

Hedendaagse heksen hebben een heel grote kennis van planten. Deze kennis wordt omwille van commerciële redenen onderdrukt door de farma-industrie en mag niet neergeschreven worden op papier, daarom houdt Epona lezingen. Als professoren deze kennis delen tijdens hun colleges worden ze onmiddellijk ontslagen. Epona haalde haar kennis vooral bij gepensioneerde professoren omdat deze personen niet meer geschorst kunnen worden.

Kruidenkunde in bier

Water

Om het beste en meest gezonde bier te verkrijgen, zouden we eigenlijk bronwater moeten gebruiken. Wat vloeibaar kristal wordt genoemd.

Het bronwater heeft een “geheugen” en kan dingen opnemen en afgeven, dit is ook de basis van de homeopathie. Maar omdat dit niet realistisch is, is het beste alternatief grondwater. Dit grondwater kunnen we door omgekeerde osmose filteren, deze techniek wordt reeds toegepast in Nederland en wordt ook getest in België. De reden waarom Epona tegen kraantjeswater is, is omdat dit 22 kankerverwekkende stoffen bevat en aanleiding geeft tot darmkanker. Westvleteren is een voorbeeld van een bier dat gebrouwen wordt met bronwater.

Figuur 8.5-4: Bronwater, het vloeibaar kristal

Granen

Granen worden gebruikt in bier en zorgen voor het zetmeel. Deze granen worden niet enkel gebruikt in bier, maar ook in whisky (gedistilleerd bier). Graangewassen maken het bier gezond waardoor de ambachtelijke bieren gezonder zijn dat de industriële bieren. Je kunt gebruik maken van vier soorten granen: tarwe, rogge, gerst en haver.
Al deze granen bevatten gluten, behalve haver. 50 Jaar geleden zaten er weinig gluten in graangewassen, maar door veredeling zijn de hoeveelheid gluten toegenomen.

Figuur 8.5-5: Aren van tarwe, rogge, gerst en haver

Gluten blijven kleven in je darmen en zorgen voor darmontstekingen. Daarom is haver een gezondere optie omdat deze graansoort geen gluten bevat en bovendien zenuwversterkend werkt.

Hop

Hop is een tweehuizige plant wat wil zeggen dat er mannelijke en vrouwelijke planten bestaan. Wij gebruiken enkel onbevruchte vrouwelijke planten omdat deze lupuline bevatten. Dit is in tegenstelling tot het bierbrouwen in Engeland waar ze mannelijke planten inzetten om de vrouwelijke te bevruchten. Dit heeft als effect dat het bier niet schuimt omdat de plant dan meer hopoliën bevat.

Figuur 8.5-6: Hopbellen

Hop is een plant die zeven à acht meter hoog wordt en ieder jaar terugkomt.

Een hopbel bezit 30% hopzuren, 3% hop oliën en 3% polifinonen. Epona vertelde ons dat hop Xanthohumol aanmaakt als bescherming, dit kan kankercellen doden in de borst. Hop wordt ook gebruikt in medicatie voor vrouwen in de menopauze.

Hop heeft verschillende positieve effecten op het bier zoals de stabilisatie van de schuimkraag (eiwitten), houdbaarheid en smaak/aroma van het bier.

Gist

Gisten zijn eencellige organismen die niet zichtbaar zijn met het blote oog en behoren tot de familie van de zwam. De schimmels daarentegen zijn meercellig.

Figuur 8.5-7: Gist

Gisten planten zich voort door middel van sporen. Deze sporen worden verplaatst door insecten zoals fruitvliegjes omdat gist een bepaalde smaak nalaat om de insecten te lokken. Gisten kunnen een grote variëteit aan smaken bezitten.Gist wordt gebruikt om een deel van het aanwezige zetmeel om te zetten in alcohol en CO_2. Epona beschreef het als het eten van suikers en het uitplassen van alcohol. Gist vind je in alle smaken en geuren en bepalen grotendeels de smaak van je bier.

Kruiden

Epona wist ons heel veel te vertellen over de cultuur van kruiden en alles wat daarbij komt kijken. Zo vertelde ze dat ons lichaam 92 mineralen nodig heeft, maar ze niet allemaal bezit. Deze tekorten kunnen aangevuld worden met kruiden en wilde planten, waarin ze zich heeft verdiept.

Je kunt kruiden best plukken voor de middag omdat de eigenschappen van de kruiden dan optimaal zijn. Dit komt omdat alle eigenschappen zich terug in de plant trekken na de middag. Ook de maan speelt hierin een belangrijke rol.

Ze gaf ons wat suggesties om een nieuw bier te maken, zoals het gebruik van cacao, wat veel magnesium bevat en een stressverlagend effect heeft, wat dus een reden is om meer chocolade te eten.

Ook gaf ze mee dat volgende kruiden stressverlagend werken: hop, citroenmelisse, valeriaan, Californische papaver, stinkende baloten en slaapmutsje.

Ze gaf ons het advies om eerst met kruiden te werken die we kunnen kopen in de winkel en pas daarna gebruik te maken van verse kruiden als we wat meer ervaring hebben. Ook wilde planten die rond deze tijd van het jaar (herfst) volop in bloei staan, zoals hondsdraf, moerasspirea en duizendblad zijn een aanrader. Deze kruiden hebben een uitgesproken smaak en zijn heel gezond.

Figuur 8.5-8: Moerasspirea in bloei

Gezondheid van bier

Er zijn verschillende soorten bieren. Deze bieren kan je opdelen op basis van verschillende eigenschappen zoals smaak en kleur. Zo kregen we te horen dat bruin bier veel ongezonder is dan blond bier dat hooggegist is. Dit komt omdat er in bruin bier gebruik gemaakt wordt van gebrande granen en alles wat gebrand is, is ongezond. Rodenbach is wel gezond ondanks de donkere kleur, omdat de kleur afkomstig is van het rijpen in eiken vaten.

Er wordt ook gezegd dat bier een invloed heeft op je gezondheid, in positieve en negatieve zin.

- Zo heeft bier een preventief effect tegen dementie en nierstenen. Bier zorgt ook voor een hoger vitamine b-gehalte in je lichaam en een stevige botstructuur. Ook zou bier een anti-stresserend effect hebben.

- Het negatieve aspect van bier is dat het veel schadelijke stoffen kan bevatten. Er worden bij vele industriële bieren kunstmatige stoffen toegevoegd voor het “verbeteren” van het bier. Zo worden er kunstmatige smaakstoffen toegevoegd aan het bier zoals:
  - E621; kan schadelijk zijn voor de hersenen;
  - E385; een stabilisator die bloedarmoede kan veroorzaken;
  - E407; vislijm die ze gebruiken voor het klaren van het bier;
  - E1520; glycol, kan nierproblemen en blindheid veroorzaken;
  - E150 A,B en C; ammoniak, maar wordt gebruikt als karamel, dit is schadelijk door de soort productiemethode van die karamelsmaakstof waarna de A,B of C na de E150 naar verwijzen; zonder deze extra letters is dit wel pure karamel en dus gezond;
  - petroleum en sulfiet; voor houdbaarheid van het bier.

Bier zou een stressverlagend effect hebben omdat er veel magnesium aanwezig is in bier. Stress krijg je doordat er twee klieren, de bijnieren, hard moeten overwerken waardoor ze cortisol aanmaken wat een hormoon is. Door deze overtollige hormonen is je lichaam niet meer in balans, wat klachten veroorzaakt.

Om nog een mythe uit de wereld te helpen: van bier verdik je niet. Het zijn de stoffen die in het bier zitten die ervoor zorgen dat je honger krijgt en waardoor je verdikt. Bier bevat eigenlijk maar een kleine hoeveelheid calorieën, die maar de helft is van de hoeveelheid calorieën in wijn.

Figuur 8.5-9: Van bier verdik je niet?!

Weetjes

- Alcohol heeft een positief effect op het lichaam.

  Alcohol zou mensen gelukkiger, creatiever, knapper en taalvaardiger maken. Ook zou alcohol ervoor zorgen dat je beter ruikt.

- Er is een groot verschil in de houdbaarheid van bieren:
  - blond bier < 6 maanden;
  - pils is niet lang houdbaar;
  - tripel blond < 1 jaar;
  - donker, dubbel < 2 jaar;
  - bier in eiken vaten gerijpt < 5 jaar;
  - hoppige bieren < 6 maanden;
  - kriek < 6 jaar;
  - oud bruin < 15 jaar.
- Het effect van licht heeft een invloed op de smaak van het bier; daarom gebruiken we donkere flesjes bier.

8.5.3 Frequent gebruikte kruiden in bier

In het onderzoek naar frequent gebruikte kruiden hebben we verschillende belangrijke kruiden die vaak worden gebruikt in bier opgelijst en onderzocht. Hieronder staat wanneer je ze in het bier moet doen, wanneer je ze kunt gebruiken en in welk bier deze kruiden het best tot hun recht komen. Ook het effect van deze kruiden op ons lichaam staat vermeld.

We geven telkens ook mee welke bestanddelen de kruiden bevatten, de smaak en aroma's die worden vrijgegeven.

Steranijs

Steranijs is een vrucht van de boom 'Illicium Verum' uit Centraal-Azië. De smaak van deze vrucht lijkt op anijs en zoethout, maar is intenser en voller. Dit kruid wordt vooral in donkere bieren gebruikt. Als je steranijs aan je bier wilt toevoegen moet je opletten dat je niet te veel van deze vrucht gebruikt, want de smaak wordt snel overheersend. Je gebruikt één sterretje voor het brouwen van 20 liter bier.

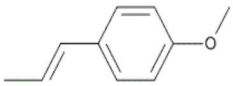
Figuur 8.5-10: Steranijs plant

De vruchten van het bloemetje worden geoogst voor ze rijp zijn, waarna ze worden gedroogd. Als je dit kruid in grote hoeveelheden gebruikt, is dit giftig. De boom is afkomstig uit Zuid-China en Vietnam, maar wordt momenteel ook gekweekt in Cambodja, Laos, Japan, Jamaica en op de Filipijnen.

Figuur 8.5-11: Vrucht steranijs

Deze vrucht wordt gebruikt tegen spierpijn en bij de productie van Tamiflu (anti-griepmiddel).

Steranijs heeft een sterke anijsgeur dankzij de grote hoeveelheid anethol (een etherische olie, C10H12O, trans-1-methoxy-4-(prop-1-enyl)benzeen) die het bevat. De smaak van de vrucht is voller en steviger dan de smaak van de anijsplant.



Figuur 8.5-12: Anethol

Zoethout

Zoethout is de wortelstok van de plant Glycrrhiza Glabra. Zoethout wordt vaak verkocht als korte, gedroogde stukjes van deze wortelstok. Glycrrhiza Glabra is een plant die tot twee meter hoog groeit. Het heeft een houtige, vezelige wortelstok die tot wel vijf meter diep recht naar beneden groeit. Van het sap wordt soms drop gemaakt. Het is een kruid dat vooral in donker bier wordt gebruikt, waarbij je best één gram per liter toevoegt.

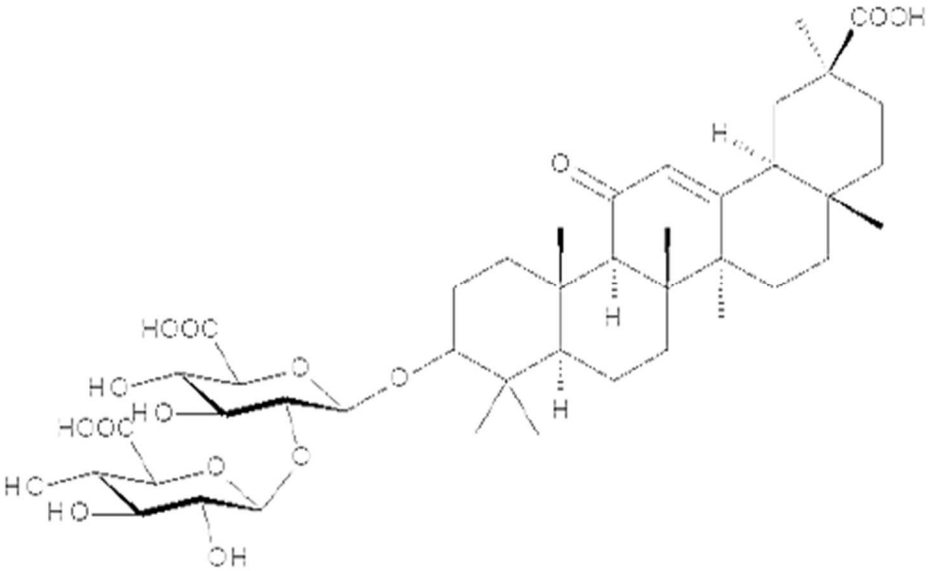
Figuur 8.5-13: Plant zoethout

De plant draagt blauw violette vlinderbloemen en is inheems in het Middellandse Zeegebied, Zuid-Europa en West-Azië.

Zoethout heeft enkele geneeskrachtige eigenschappen. Zo is het pijnstillend en werkt het ontstekingswerend. Bij bronchitis, keelpijn en heesheid kan dit kruid je ook van deze kwaaltjes afhelpen. Het is dus een veelzijdig kruid.

Figuur 8.5-14: Zoethout stokken

Het bevat een zoetstof, glycyrrhizinezuur (of glycyrrhizine), die een 30 tot 50 keer krachtere zoetkracht heeft dan suiker, maar niet schadelijk is voor de tanden. Er moet flink op gekauwd en gezogen worden om de zoetstof te proeven.



Figuur 8.5-15: Glycyrrhizinezuur (of glycyrrhizine)

Kaneel

Kaneel bestaat uit de binnenbast van de scheuten van de kaneelboom (kortweg schors). De kaneelboom moet minstens zes jaar oud zijn vooraleer de jonge twijgen kunnen worden geoogst. Deze oogst gebeurt om de twee jaar. Kaneel is een smaakmaker die in de keuken vooral bij zoete gerechten wordt gebruikt en ook vaak in bier en glühwein.

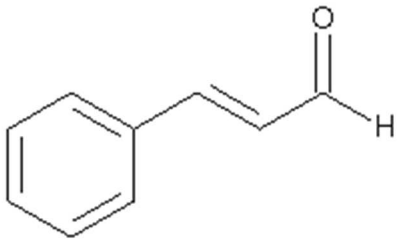
Figuur 8.5-16: Plant kaneel

Kaneel wordt voornamelijk in donker bier gebruikt. Er wordt aangeraden om 5 tot 10 gram kaneel per 10 liter te gebruiken.

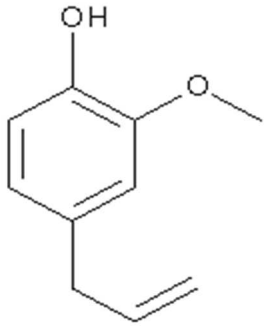
Kaneel heeft veel positieve invloeden op het lichaam. Zo is het eetlust- en spijsverteringsbevorderend. Ook verhoogt het de doorbloeding van de maagwand. Het kruid wordt ook aangewend bij anorexia om eetlust te bevorderen. Kaneel is ook bloedsuikerspiegel verlagend en vindt dus ook zijn toepassing bij de behandeling van diabetes type 2.

Figuur 8.5-17: Kaneelstokken en -poeder

De etherische olie van de kaneelbast (max. 4 %) bestaat hoofdzakelijk uit twee bestanddelen, de fenylpropanoïden, cinnamaldehyde (3-phenyl-2-propenal, 65 tot 75 %) en eugenol (4-(1-propeen-3-yl)-2-methoxy-fenol, 5 tot 10 %).



Figuur 8.5-18: Cinnamaldehyde



Figuur 8.5-19: Eugenol

Andere fenylpropanoïden (safrol, kaneelzuuresters), mono- en sesquiterpenen, komen slechts in heel lage concentraties voor, maar bepalen wel de specifieke smaak van kaneel. Een andere component die in heel kleine hoeveelheden aanwezig is en die belangrijk is voor de kwaliteit van kaneel, is 2-heptanon.

Chilipeper

Chilipeper is de Nederlandse naam die gebruikt wordt om vruchten van het geslacht Capsicum van de nachtschadefamilie aan te duiden (dit geldt ook voor paprika's). De chilipeper is een vrucht van de plant Capsicum Frutescens. Deze vrucht wordt gebruikt in vele gerechten en ook in allerhande biersoorten. Net omdat deze vrucht een heel pittige smaak heeft, is deze optimaal om een extra toets te geven aan het bier.

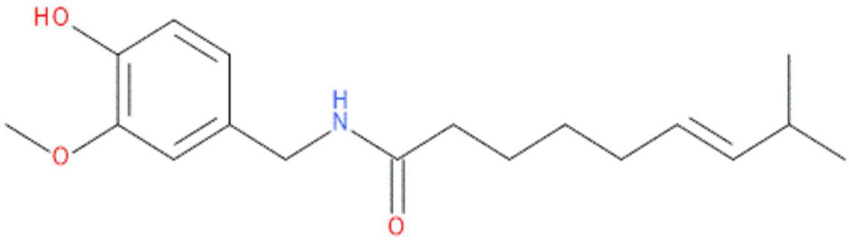
Figuur 8.5-20: Plant chilipeper

Veel informatie over de gebruikte hoeveelheid chilipeper in bier is niet echt gekend, en moet nog getest worden. Men weet wel dat je niet mag overdrijven omdat het nu eenmaal een heel pittig kruid is.

Chilipeper is echter ook aan te raden bij verkoudheden en verstopte neuzen.

Chilipepers bevatten capsaïcine, die bepalen de scherpte van de peper. De pepers hebben een schaal van scherpte: de scovilleschaal.

Figuur 8.5-21: Vrucht chilipeper



Figuur 8.5-22:Capsaïcine

Kardemom

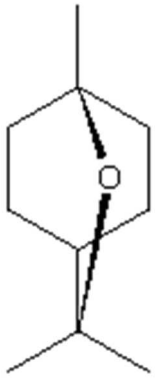
Kardemom is de gedroogde vrucht van de plant Elettaria Cardamomum, die lid is van de gemberfamilie. De plant heeft rechte stengels die ongeveer drie meter hoog worden. De peultjes bevatten 12 à 18 zwarte aromatische zaden die een warme, kruidige smaak hebben die lijkt op de smaak van bergamot, citroen en kamfer. In de keuken worden de zaden gebruikt om hartige gerechten en dranken smaak te geven. Eveneens wordt het gebruikt in koek, gebak en desserts. Het kruid wordt vooral gebruikt in donkere zware bieren. Opgelet met het overmatig gebruik van dit product, het kan heel snel overheersen. De aan te raden hoeveelheid is 0,5 -1,5 gram per 10 liter.

Figuur 8.5-23: Plant kardemom

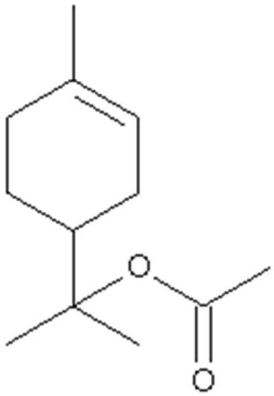
Kardemom is krampstillend en stimuleert de bloedcirculatie en is daardoor heel heilzaam voor je spieren. Ook werkt dit kruid heel goed tegen misselijkheid en bevordert het de spijsvertering. Wanneer je een slechte adem hebt, kan dit kruid de oplossing bieden.

Figuur 8.5-24: Zaad kardemom

Kardemom bevat tot 10 % vluchtige olie en deze bestaat vooral uit de stoffen 1,8-cineool (20 tot 50 %, bloemachtig aroma) en α-terpinylacetaat (30 %, citrusachtig aroma).



Figuur 8.5-25:1,8-Cineool



Figuur 8.5-26: α-Terpinylacetaat

Jeneverbes

De jeneverbes is een conifeer (plant met zaaddragende structuren in een kegelvrucht) uit de cipresfamilie. Het is een van de weinige coniferen die van nature voorkomt in de Benelux. Het is een altijdgroene heester (struik) die tot wel zes meter hoog kan worden. De vruchten van deze plant worden gedroogd en daarna als specerij gebruikt in marinades en dranken. Ook worden de bladeren vaak gebruikt om vis te grillen. De bessen die vaak in bieren worden gebruikt, hebben een kruidige en zoete smaak. Wanneer je verse jeneverbessen plet, komen de meeste aroma's vrij.

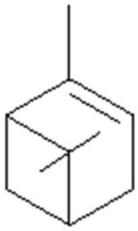
Figuur 8.5-27: Plant jenever

In bier gebruikt men meestal 5 à 10 gedroogde bessen per 10 liter.

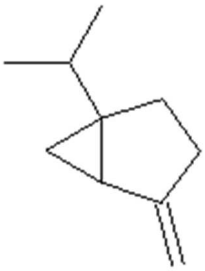
De jeneverbes wordt vaak gebruikt als vochtafdrijver en zorgt eveneens voor het verbeteren van de nierfunctie. Ook zit deze bes in veel afslankproducten en reinigingssupplementen voor de lever.

Figuur 8.5-28: Jeneverbessen

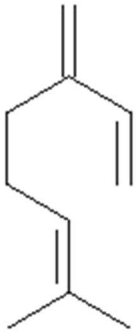
Jeneverbessen bevatten tot 33% suikers en 10% hars. De populariteit van jeneverbessen (de bes) komt vooral door de etherische olie (0,2 tot 2 %, afhankelijk van herkomst). De etherische olie bestaat voornamelijk uit monoterpenen (90 %): α-pineen (24-46 %), sabineen of β-thujeen (9-28 %), myrceen (6-8 %).



Figuur 8.5-29: Pineen



Figuur 8.5-30:Sabineen



Figuur 8.5-31: Myrceen

Verder komen in de plant (niet in de bessen) terpineen-4-ol (5 %), α-terpineol, borneol en geraniol en de sesquiterpenen, α- en β-cadineen, caryophylleen voor.

8.5.4 Kruiden in het VTI-bier

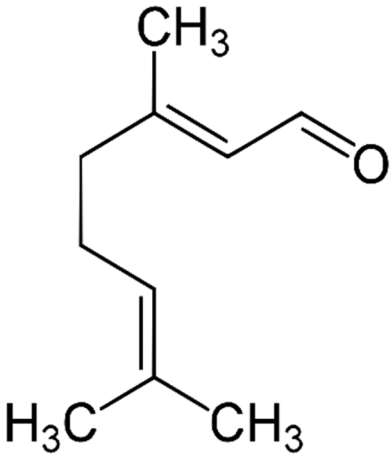
Citroenmelisse

Citroenmelisse is een vaste plant die tot de lipbloemenfamilie (Lamiaceae) behoort en verwant is aan munt. De blaadjes zijn frisgroen, gekarteld en hebben een speciale nerfstructuur. De plant heeft een doordringende, honingzoete citroengeur en groeit voornamelijk in Zuid-Europa. In meer gematigde landen zoals Nederland en België is hij toch makkelijk te kweken, aangezien de plant de winter door middel van wortelstokken overleeft. Citroenmelisse wordt ongeveer een halve meter hoog en bevat inhoudsstoffen zoals etherische oliën, looistoffen, bitterstoffen, organische zuren (rozemarijnzuur) en mineralen (koper).

Figuur 8.5-32: Citroenmelisse

Van de verse of gedroogde bladeren van de citroenmelisse kan thee gemaakt worden. Citroenmelisse wordt ook gebruikt bij visgerechten, soepen, sauzen en omeletten als smaakmaker. Dit kruid heeft een anti-stress- en anti- slapeloosheideffect. Thee van citroenmelisse wordt aangeraden bij spanningen en depressies, en helpt ook tegen hoofdpijn.

Citroenmelisse dankt haar werking vooral aan de essentiële olie met voornamelijk de aldehyden citral en citronella, deze stoffen zorgen voor aangename aroma's. Niet onbelangrijk zijn ook fenolcarbonzuren (chlorogeenzuur, koffiezuur en afgeleiden zoals rozemarijnzuur), triterpeenzuren, flavonoïden (de flavonen apigenine- en luteoline-7-O-glycosiden; de flavonolen quercitroside, kaemferol, rhamnocitrine) en bitterstoffen.



Figuur 8.5-33: Structuur citronella

Chocolade

We kunnen gebruik maken van verschillende ingrediënten om een chocoladesmaak te geven aan ons bier. Dit kan door middel van chocoladerepen, **chocolademout**, **cacao nibs** of pure cacao.

Figuur 8.5-34: Chocolade

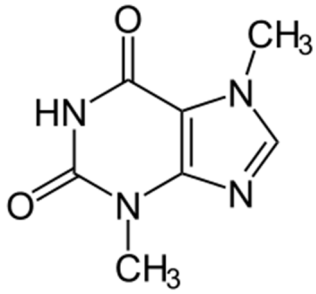
Chocolade is een lekkernij gemaakt van suiker, cacaoboter en cacaomassa, dat wordt gewonnen uit cacaobonen, de pit van de vrucht van de cacaoboom. Chocolade kan voorkomen in repen of plakken, maar kan ook verwerkt worden in pralines, koekjes, ijsjes en snoepgoed. Deze lekkernij heeft een prettig gevoel in de mond omdat het smeltpunt van de cacaoboter juist onder de lichaamstemperatuur ligt. Hierdoor smelt het in de mond. Chocolade heeft ook een stressverlagend effect en verlaagt de bloeddruk.

Chocolade is een product dat diverse stoffen bevat die een bewezen effect op de hersenen hebben, zoals de neurotransmitters β-fenylethylamine, dopamine, serotonine en endorfine. Ook beperkte hoeveelheden **theobromine**, **cafeïne** en **tryptofaan** zijn aanwezig in chocolade. Deze stoffen zijn verwant aan THC (de werkzame component van cannabis).

Chocolade is heel bitter van smaak, in ons bier kunnen we dit compenseren door het toevoegen van rietsuiker.

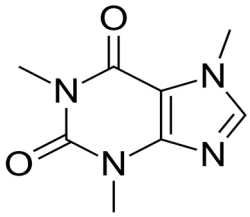
Theobromine is een bittersmakende, primaire alkaloïde behorend tot de methylxanthinefamilie, waartoe ook theofylline en cafeïne behoren. De stof heeft effect op de gevoelens van een persoon.

Als geneesmiddel wordt het gebruikt als diureticum, als vaatverwijder en als middel dat inwerkt op de hartspier.



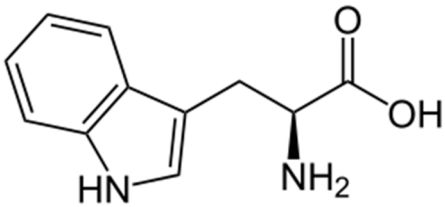
Figuur 8.5-35: Structuur theobromine

Cafeïne of coffeïne is een alkaloïde die als zuivere stof in een wit poeder voorkomt die bitter smaak. Het is een milde psychoactieve stof met een stimulerende werking. Het stimuleert het orthosympathische zenuwstelsel, de hartslag en de ademhaling.



Figuur 8.5-36: Structuur cafeïne

Tryptofaan is een apolair, hydrofoob aminozuur. De aminozuurzijketen van tryptofaan is lipofiel en aromatisch, het is daarom slecht oplosbaar in water. Tryptofaan is een uitgangsstof bij de biosynthese van veel indoolderivaten zoals de neurotransmitter serotonine en kynurenine. Serotonine heeft invloed op stemming, zelfvertrouwen, slaap, emotie, seksuele activiteit en eetlust. Daarnaast wordt tryptofaan in het lichaam gebruikt als een grondstof voor eiwitsynthese.



Figuur 8.5-37: Structuur trypofaan

Cacao nibs ("chocoladechips") zijn geplette cacaobonen waarbij de bonen niet verbrand worden. Cacao nibs zijn knapperig, smaakvol en zitten boordevol gezonde en krachtige voedingsstoffen. Ze vallen daarom ook wel onder de superfoods.

Figuur 8.5-38: Cacao nibs

Chocolademout is pils- of lagermout dat geroosterd wordt op 225 °C. Alle enzymen denatureren tijdens het roosteren, waardoor het altijd vermengd dient te worden met andere moutsoorten voor het brouwen. Chocolademout wordt gebruikt als smaakmaker en voor de donkere kleur van stout en donkere ale. Het geeft het bier een droge, biscuitachtige smaak.

Figuur 8.5-39: Chocolademout

Slaapmutsje

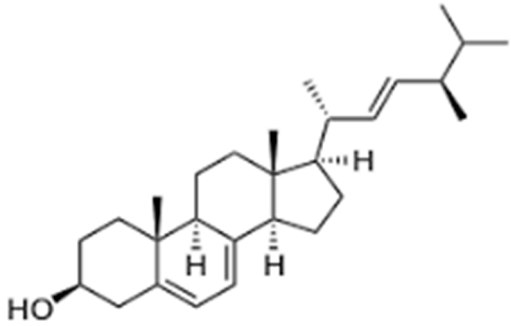
Het slaapmutsje, ook wel goudpapaver genoemd, is een kruidachtige plant uit de papaverfamilie die van nature voorkomt in de Westelijke Verenigde Staten en het westen van Mexico.

Figuur 8.5-40: Bloem van het slaapmutsje

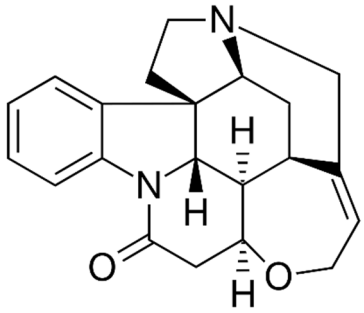
Het is een plant die anderhalve meter hoog kan worden en blauwgroene en afwisselend geplaatste bladeren heeft. De bloemen staan op lange, zijdeachtige stengels en hebben vier kroonbladeren van twee tot zes centimeter lang en breed. De kleur is oranje getint, maar kan variëren van geel tot donkeroranje. De kroonbladeren sluiten als het donker, koud en winderig is, wat de aanleiding is voor de plantnaam. De vrucht van het slaapmutsje is een drie tot negen centimeter lange doosvrucht die in tweeën splitst en zwarte of donkerbruine zaden vrijgeeft, als hij rijp is. De plant bevat veel magnesium.

De bladeren van de plant werden medicinaal gebruikt door de Amerikaanse indianen. Het stuifmeel werd gebruikt om schoonheid te bevorderen. De zaadjes kunnen gekookt worden. Gerookt werken ze licht pijnstillend, maar niet zo sterk als opium, dat een andere groep alkaloïden bevat. Het roken van verbrandde zaden zou niet verslavend zijn. Deze plant kan mensen met slaapproblemen helpen beter te slapen, zonder dat ze aan het middel verslaafd raken. Er bestaan ook plantaardige slaapmiddelen waarin slaapmutsje, naast andere rustgevende en slaapverwekkende kruiden, één van de bestanddelen vormt.

In slaapmuts zitten diverse gezonde fytonutriënten. Er zitten veel verschillende soorten chinolide-alkaloïden in. Over het algemeen zijn dit gelijksoortige alkaloïden aan die van papaver. De werking is echter anders; het slaapmutsje is niet verslavend. Verder bevat het de flavonolglycoside rutine. Voorts bevat het bitterstoffen, fytosterolen, carotenoïden en cyanogeenglycosiden. Carotenoïden zijn stoffen die in het lichaam worden omgezet in vitamine A.



Figuur 8.5-41: Structuur fytosterolen



Figuur 8.5-42: Chinolide-alkaloïden

Stinkende ballote

De stinkende ballote is een plant in de lipbloemenfamilie en verwant aan de dovenetel. Deze plant kan dertig centimeter tot één meter hoog worden.

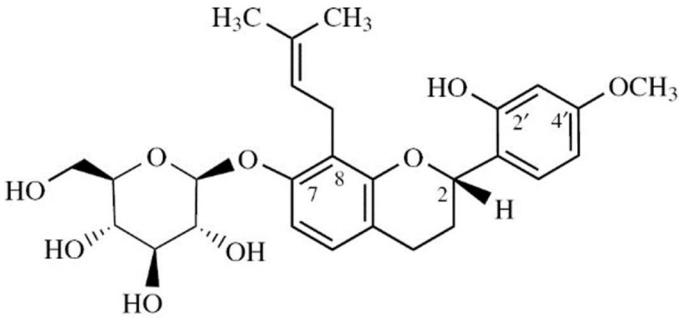
Hij vormt scheuten waaraan lichtgrijze, harige, eironde en enigszins gekreukelde bladeren komen. In de oksels van deze blaadjes vormen zich rode, tweelippige bloemen met een witte tekening op de middelste lob van de onderlip. Rond de kelkblaadjes zitten stekelige schutblaadjes, die zich rond de rijpende vruchtjes vouwen.

Van oorsprong komt hij uit het Middellandse Zeegebied en Centraal-Azië. Hij kan tegenwoordig ook in Europa en het oosten van de Verenigde Staten gevonden worden. Hij groeit in bermen en langs heggen.

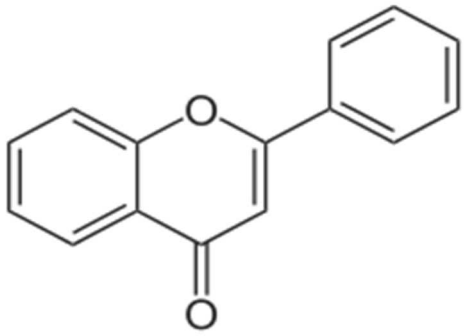
Stinkende ballote zou goed zijn voor de geest, spijsvertering en voor de luchtwegen.

Figuur 8.5-43: Stinkende ballote in bloei

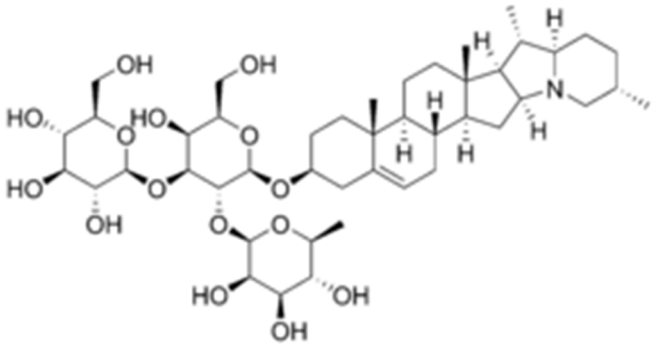
In stinkende ballote zitten diverse gezonde stoffen, maar de plant wordt niet gegeten. Dat komt door de vervelende smaak en geur. Er zitten vooral veel fenylpropaanglycosiden in en daarnaast bitterstoffen, flavonoïden, saponinen en de etherisch oliën: alfahumuleen, alfapineen, betapineen, caryofylleen, deltacadineen, germacreen en sabineen.



Figuur 8.5-44: Structuur fenylpropaanglycosiden



Figuur 8.5-45: Structuur flavonoïden



Figuur 8.5-46: Structuur saponinen

Moerasspirea

Moerasspirea (Filipendula Ulmaria) is een vaste plant uit de rozenfamilie (Rosaceae) en heeft witte bloemen die 0,4 tot 1 centimeter breed kunnen worden. Deze hebben vijf kroonblaadjes, die sterk naar amandel geuren. De bloem bevat meeldraden, die ongeveer tweemaal zo lang zijn als de kroonblaadjes.

De bloemen vormen schermvormige trossen die bloeien vanaf juni tot augustus of september.

Figuur 8.5-47: Moerasspirea

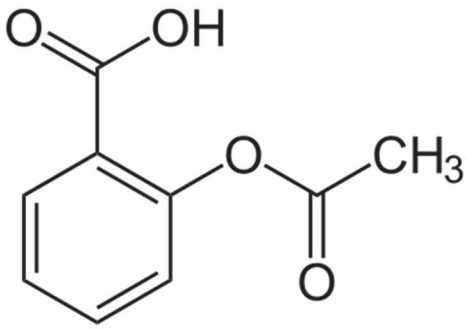
Moerasspirea groeit vooral op vochtige plaatsen zoals in ruigtes, nat grasland, bossen, slootkanten en rietvelden.

De bladeren zijn afgebroken geveerd en hebben een groot topblaadje, dat handvormig gespleten is. Iedere plant heeft twee tot vijf paar blaadjes, die dubbel getand en eirond zijn. Aan de onderzijde zijn ze viltig behaard en grijsachtig. De bladeren aan de opvallend rode stengel staan verspreid en hebben aan de voet van de bladsteel twee steunblaadjes.

De vruchtjes zijn spiraalachtig gewonden en ongeveer twee millimeter groot.

Vroeger werd de plant gebruikt als middel tegen gal- en nierziekten, maar ook tegen jicht en zenuwpijn. De bladeren en bloemen werden gedroogd om thee van te trekken die bij koorts gegeven werd. De heilzame werking wordt toegeschreven aan verschillende aspirineachtige verbindingen zoals isosalicine, dat in de bloemknoppen te vinden is.

De belangrijkste stof van moerasspirea is asetylsalicylzuur. Deze stof is een medicijn dat pijnstillend, koortsverlagend en ontstekingsremmend werkt. Het middel was onder de merknaam Aspirine of merkloos als acetylsalicylzuur (ook wel acetosal) voor de opkomst van paracetamol de meest gebruikte pijnstiller. Acetylsalicylzuur wordt tegenwoordig in lage dosering veel voorgeschreven ter voorkoming van beroerten en hartinfarcten.



Figuur 8.5-48: Structuur asetylcalicylzuur

8.6 Gist

8.6.1 Inleiding

Gist heeft een heel belangrijke rol in het bierbrouwproces. Maar wat is gist eigenlijk?

Gist is een eukaryotisch micro-organisme. Dit wil zeggen dat gist minstens één celkern bevat en verschillende organellen zoals de mitochondriën en chloroplasten. Een prokaryotisch micro-organisme slaat het DNA niet op in een celkern en bevat ook minder organellen die bovendien kleiner zijn. Een bekende vertegenwoordiger van de eukaryoten is biergist, ook wel wijn- en broodgist genoemd

(=Saccharomyces Cerevisiae). Gisten van dit geslacht zijn in staat om glucose te ontleden in alcohol en koolzuurgas, waardoor deze heel belangrijk zijn in het brouwproces.

Gisten worden gebruikt bij vele processen in de voedselindustrie. We hebben al het voorbeeld van bier aangehaald, maar ook in brood is gist zeker niet te missen. Bij koffie- en cacaobonen is gist essentieel voor de typische smaken en aroma's, die verkregen worden na het verwerkingsproces.

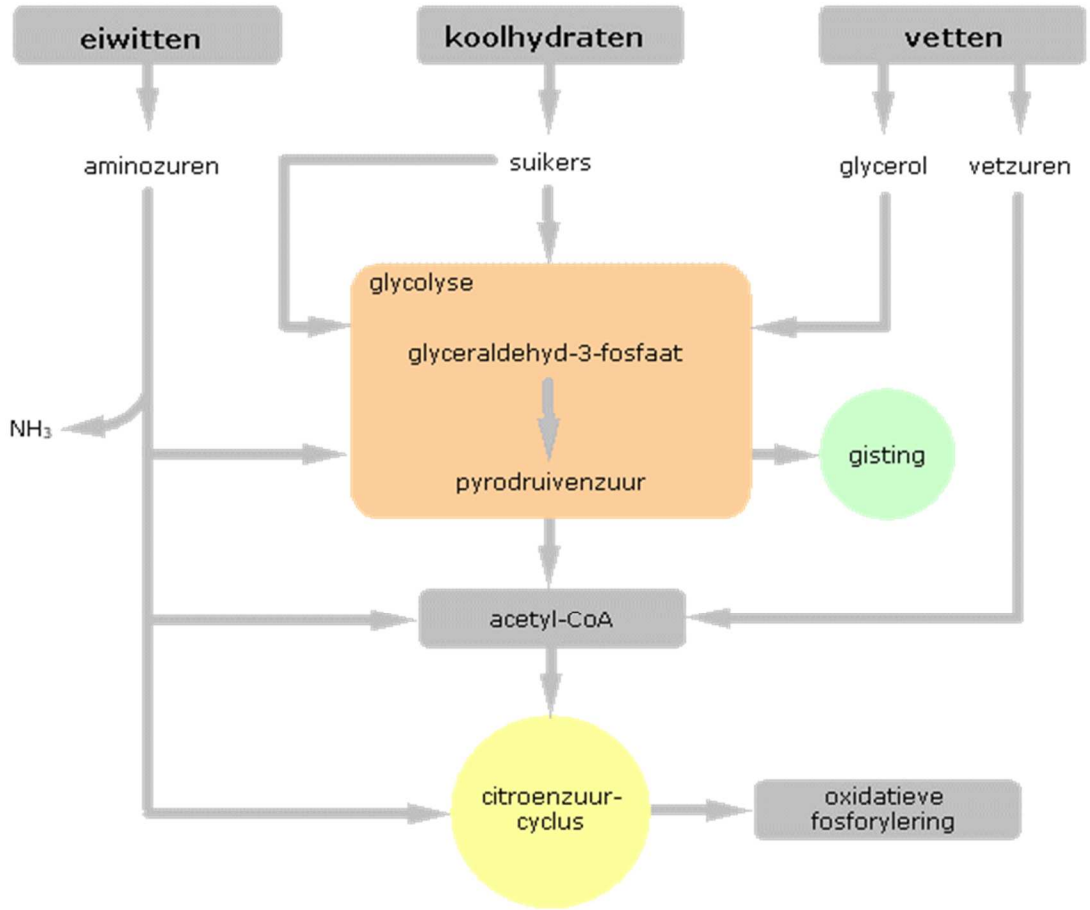
8.6.2 Metabolisme

Metabolisme of stofwisseling bestaat uit een groot aantal biochemische processen die plaatsvinden in cellen en organismen, en dus ook bij gist. Het metabolisme van gist speelt een belangrijke rol bij het brouwen van bier. Het zorgt namelijk voor de alcohol in het bier.

Dissimilatie en assimilatie

Het metabolisme van gist kan onderverdeeld worden in twee verschillende soorten: dissimilatie en assimilatie.
Dissimilatie of katabolisme (of ook wel verbranding genoemd) is de afbraak van stoffen waarbij energie vrijkomt.
Anderzijds is er assimilatie of anabolisme, de opbouw van stoffen waarvoor energie nodig is. Dit is van belang bij de vermenigvuldiging van gistcellen, de celdeling.
Bij de productie van bier is het dissimilatieproces essentieel, omdat de vorming van alcohol hierin voorkomt. Daarom gaan we ons verdiepen in dit proces.

Dissimilatieproces



Figuur 8.6-1: Samenvattende figuur van het dissimilatieproces

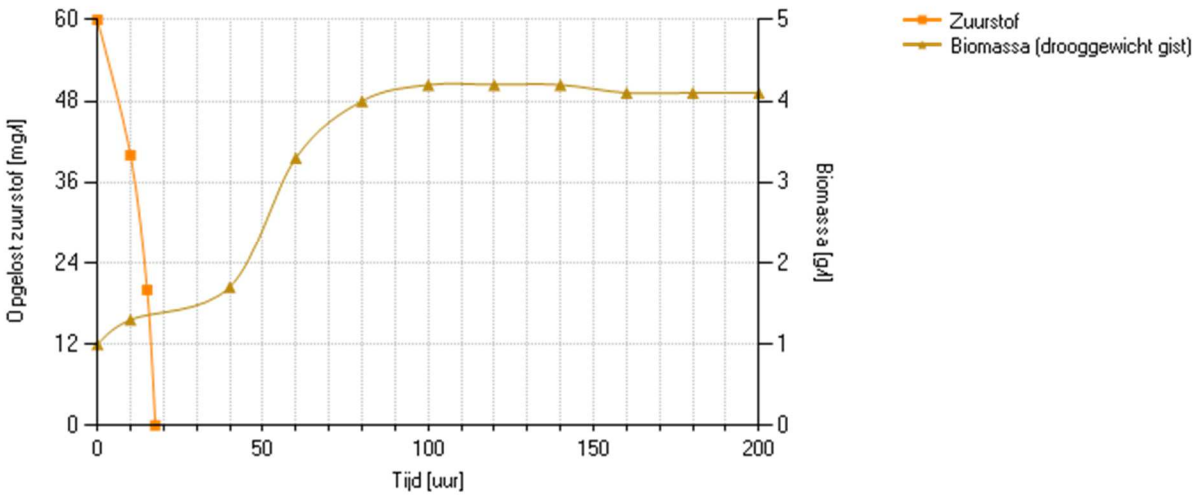
Dit proces zullen we aan de hand van het bovenstaande schema uitleggen. Dit schema is een korte samenvatting van hoe dit proces in zijn werk gaat. Hier zie je wat er gebeurt met de eiwitten, koolhydraten en vetten in dit proces.

<u>Eiwitten</u>

Het eerste wat je in dit schema ziet, zijn de eiwitten die worden omgezet in aminozuren. Door de aminozuuroxidatie kunnen deze aminozuren omgezet worden in acetyl-CoA. Ze kunnen ook opnieuw gebruikt worden als bouwstenen voor nieuwe eiwitten.

<u>Koolhydraten</u>

De koolhydraten worden omgezet in glucose, wat daarna door middel van glycolyse wordt afgebroken tot pyrodruivenzuur.
Afhankelijk van de aanwezige zuurstof zal hierna de stofwisseling in een bepaalde richting gaan.



Figuur 8.6-2: Evolutie van de opgeloste zuurstof in het wort i.f.v. de tijd tijdens de gisting

In bovenstaande grafiek kan je zien dat er aanvankelijk nog veel zuurstof aanwezig is in het wort. Dit wordt dan tijdens de ademhalingsfase heel snel verbruikt, waarna de gist in alcoholische dissimilatie overgaat.

1. <u>Aeroob of ademhalingsfase</u>

Dit deel van het proces gaat over het eerste deeltje van bovenstaande grafiek wanneer er nog veel zuurstof aanwezig is in het wort. Het pyrodruivenzuur wordt dan eerst gebruikt om acetyl-CoA aan te maken dat daarna de citroenzuurcyclus doorloopt. Bij het doorlopen van de cyclus komen er energierijke elektronen vrij en wordt koolstofdioxide gevormd als afvalproduct (de prik in het bier).

De energierijke elektronen uit de citroenzuurcyclus doorlopen de oxidatieve fosforylatie. De energie uit de elektronen wordt dan gebruikt voor het genereren van ATP, de belangrijkste energiebron voor deze cel.

In deze fase krijgt de gist 95% van de noodzakelijke energie om zijn cellen te vermeerderen.

De reactie van de aerobe dissimilatie van glucose is: $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ H_2O + 6\ CO_2 + 38\ ATP$

2. <u>Anaeroob of zuurstofarm</u>

Wanneer alle zuurstof is verbruikt (tweede deel van de grafiek), stopt de citroenzuurcyclus en gaat de gist na de glycolyse over tot alcoholische dissimilatie (gisting), waarbij dan ethanol wordt gevormd. In deze fase komt veel minder energie en koolzuurgas vrij dan in de aerobe fase. Ethanol wordt volgens volgende reactie gevormd: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2 + 2\ ATP$

<u>Vetten</u>

Vetten worden omgezet in vetzuren die daarna weer gebruikt worden voor de aanmaak van acetyl-CoA.

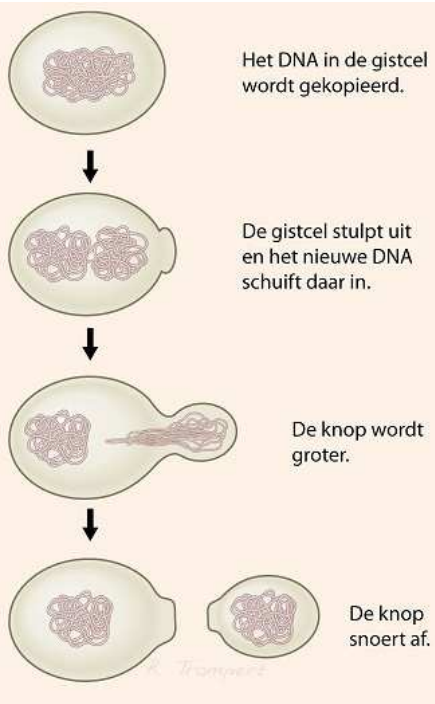
8.6.3 Voortplanting

Gisten kunnen zich voortplanten door middel van verschillende voortplantingsmogelijkheden: knopvorming en geslachtelijke voortplanting. Er zijn ook verschillende stappen in het opbouwen van deze cellen. Ook spelen er natuurlijke factoren die de opbouw beïnvloeden.

Knopvorming

Saccharomyces Cerevisiae plant zich, net als de meeste andere soorten gist, vooral vegetatief voort door middel van knopvorming. Bij knopvormige voortplanting vormen de gistcellen een uitstulping, ook wel knop genoemd, op het membraan van de cel, dat blijft groeien. In deze knop wordt het gekopieerd DNA van de moedercel overgeplaatst tot deze knop groot genoeg is, en alle DNA overgeplaatst is. De celkern deelt zich door middel van mitose. Hierna snoert de knop zich af. Er ontstaat bij de moedercel een litteken, de budscar. Ook bij de dochtercel ontstaat er een litteken: de birthscar.

Knopvorming kan onder gunstige omstandigheden iedere 80 minuten plaatsvinden. Een cel kan 20 tot 30 keer een knop vormen. Moeder- en dochtercel hebben een identiek DNA. In het gistvat zijn er bijgevolg haploïde gistcellen (chromosomen in enkelvoud) aanwezig en diploïde gistcellen (van elk chromosoom twee exemplaren) aanwezig.



Figuur 8.6-3: Voortplanting gistcel

Geslachtelijk

Alleen diploïde cellen kunnen door meiose haploïde ascosporen vormen. De sporen zijn door een stevige wand beschermd tegen ongunstige omstandigheden. Als de omstandigheden gunstig zijn, ontkiemt een spoor zich terug tot een haploïde gistcel. Het aantal en de vorm van de ascosporen verschilt per soort.

Ook de levenscyclus van gisten kan onderling verschillen: Saccharomyces Cerevisiae, bakkersgist, leeft het grootste deel van zijn cyclus als diploïde vegetatieve cel. Na ontkieming fuseren de ascosporen onmiddellijk en vormen zo een diploïde cel, die verder groeit door knopvorming als vegetatieve cel.

In Zygosaccharomyces zijn de vegetatieve cellen haploïd en conjugeren tot een zygote. Deze ondergaat een meiotische deling waarbij vier haploïde ascosporen worden gevormd, die uitgroeien tot vegetatieve cellen.

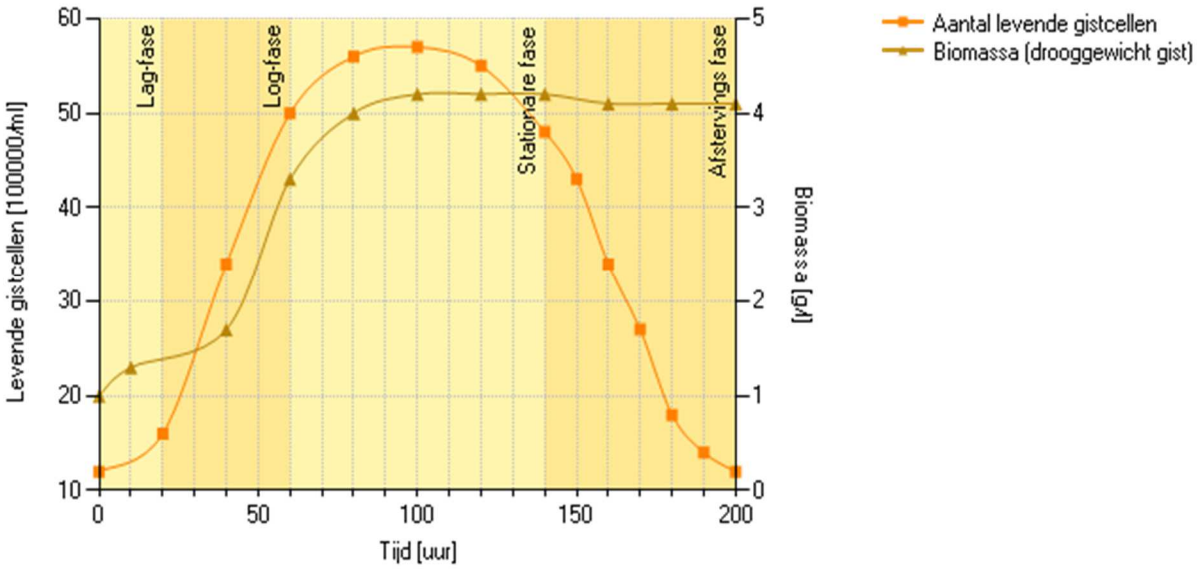
Dankzij deze voortplanting kunnen verschillende giststammen met elkaar gekruist worden en is veredeling mogelijk.

Voortplantingscyclus van een gistcel

De optimale temperatuur voor de vermenigvuldiging van gisten ligt ongeveer tussen de 25 en 30 °C. Boven die temperatuur sterven de gistcellen en onder die temperatuur neemt het tempo van de vermenigvuldiging sterk af. Zuurstof versnelt ook de vermenigvuldiging.

Daarentegen kunnen verschillende stoffen ook de vermenigvuldiging remmen, zoals koolzuurgas, hoge suikerconcentraties (> 20 %), nitrieten, zware metalen en (hogere) alcoholen.

Wanneer gist wordt toegevoegd aan het wort (of een ander vloeibaar medium), kan men een viertal fasen in het groeiproces onderscheiden: De lag-fase, log-fase, stationaire fase en de afstervingsfase.



Figuur 8.6-4: Grafiek gistcellen en biomassa

<u>Lag-fase</u>

Na het toevoegen van de gist aan het wort, begint eerst een periode waarin de gist zich moet aanpassen aan het nieuwe milieu, de lag-fase (wat achterblijven betekent). Gedurende deze periode zal het aantal cellen niet onmiddellijk toenemen, maar kan men wel de groei van de individuele gistcellen waarnemen. De grootte van de cellen neemt toe, doordat er voedingsstoffen aanwezig zijn in het nieuwe medium. Hierdoor worden er bouwstenen gevormd, zoals ATP (Adenosinetrifosfaat) wat een energiedrager is, ribosomen voor de eiwitsynthese en enzymen die nodig zijn voor de verschillende biochemische processen. De duur van deze fase is afhankelijk van:

- de manier waarop de gisten gekweekt werden;
- de samenstelling van het nieuwe medium, rijk of arm aan voedingsstoffen;
- de temperatuur.

<u>Log-fase</u>

Nadat de gist is aangepast aan het nieuwe milieu, beginnen de gistcellen zich te vermenigvuldigen. De snelheid waarmee het aantal cellen toeneemt, hangt af van de generatietijd (dit is de tijd die verloopt tussen twee opeenvolgende delingen). De generatietijd voor gist is ongeveer 80 minuten. Dat betekent dus dat je na 80 minuten, startend met een enkele gistcel, 2 gistcellen hebt. In het begin lijkt deze

toename niet spectaculair, maar na 10 delingen zijn er 1024 cellen en na 20 delingen heb je al ruim een miljoen gistcellen.

Wanneer gist zich met constante snelheid deelt, zal het aantal cellen in functie van de tijd dus exponentieel toenemen. Men spreekt dan ook van de exponentiële groeifase.

Stationaire fase

In de stationaire fase neemt het aantal levende cellen in een populatie niet meer toe. De vorming van nieuwe cellen is dan gelijk aan het aantal afstervende cellen. Het stoppen van de groei wordt meestal veroorzaakt door een tekort aan essentiële voedingsstoffen of door het ophopen van giftige stoffen (bv. ethanol) of door het verkrijgen van een ongunstig medium (bv. een te lage pH-waarde).

Afstervingsfase

Tenslotte komt er een moment dat er te veel toxische stoffen in het medium aanwezig zijn, waardoor er meer cellen afsterven dan dat er bijkomen, het afstervingsproces genoemd. Zodra dit proces begint, gaan de cellen kapot onder invloed van enzymen, die normaal in de celwandsynthese bij delende cellen werkzaam zijn en nu in de niet-delende cellen door hun activiteit de celwand verzwakken. De snelheid van dit afstervingsproces is ook exponentieel, wat wil zeggen dat er per tijdseenheid steeds meer cellen doodgaan tot bijna alle cellen dood zijn.

8.6.4 Soorten gisten

Men denkt dat de smaak van bier voornamelijk te danken is aan de kruiden en de aromahop, maar wat vele mensen vergeten is de invloed van gist op de smaak. Gist is een heel bepalende smaakfactor in het bier. Er bestaan verschillende soorten gist met verschillende aroma's. Ook de manier waarop je gist toevoegt aan het bier kan de smaak beïnvloeden.

Rassen en soorten gist

Bij biergist zijn er drie verschillende soorten gist. Ten eerste heb je de lagergist, waarbij de stam 'Saccharomyces Carlsbergensis' het meest gebruikt wordt. De tweede soort is de bovengist, waarbij de stam 'Saccharomyces Cerevisea' het meeste wordt gebruikt. Als laatste soort is er nog de wilde gist zoals de veelgebruikte Brettanomyces.

Naast biergist bestaat er ook nog wijngist. Hiervoor worden meestal de verwante soorten van 'Saccharomyces Cerevisae' gebruikt. Ook kan er bij wijn gebruik gemaakt worden van wilde gist, zoals bij cider en Brettanomyces (dit is een wijn die met deze wilde gist wordt gemaakt; deze gist wordt meestal gebruikt door alternatieve brouwers).

Daarnaast hebben we nog de basisgist, zoals bakkersgist, die gebruikt wordt bij het bakken van bijvoorbeeld brood.

Biergist

Biergist kan als een gedroogde korrel voorkomen, maar evengoed als een vloeibaar geheel. Soms vind je de gist in een dikkere vloeistof, een soort brei (slurry is hier een voorbeeld van). Biergist die niet

vaak voorkomt, is toch wel de ingevroren gist. Deze gist moet je heel snel invriezen samen met glycerol. Dit zorgt er dan ook voor dat het niet zo'n praktische vorm is.

Hoge en lage gisting

Zoals eerder vermeld, is de manier waarop je gist gebruikt ook redelijk belangrijk voor de smaak van het uiteindelijke bier.

Hoge gisting ofwel bovengisting, is een manier van gisten die gebruikt wordt bij eerder kleine bedrijven en waarbij ook maar kleine hoeveelheden op de markt gebracht worden. Het is zo dat bij deze manier de gisten boven op het wort drijven, wat ervoor zorgt dat dit een moeilijk controleerbaar proces is.
De kans op ongewenste bacteriën is redelijk groot vanwege de hoge temperatuur (15°C-28°C). Je kunt bij deze methode het eindresultaat niet gemakkelijk voorspellen en het is dus aangeraden om te proeven en eventueel bij te gisten.

Lage gisting ofwel ondergisting, is een manier van gisten waarbij de gist gedurende het proces naar de bodem van de kuip zakt. Deze manier van gisten vindt plaats op lagere temperaturen (4°C-14°C). Het nadeel hiervan is dat ondergisting langer duurt dan bovengisting, maar is daardoor ook minder vatbaar voor bacteriën. Het is ook beter voorspelbaar en daarom wordt deze manier van gisten voornamelijk gebruikt in de industrie.

Tabel met aroma's van gisten

Vergistings graad		**Alcohol tolerantie**		**Sedimentatie (bezinking)**		**kruidigheid**		**fruitigheid**		
Hoge Gisting	Lage Gisting	Hoge Gisting	Lage Gisting	Hoge Gisting	Lage Gisting	Hoge Gisting	Lage Gisting	Hoge Gisting	Lage Gisting	
K97	W34-70 S-189 S-23	T-58 S-33 US-05 *NOTTG*		S-04	W34-70 S-189 S-23	WB-06		T-58 S-33 WB-06 S-04		**< Hoog**
WB-06 *NOTTG* S-33 T-58 US-05 S-04		S-04 K-97 WB-06 *NOTTG*	W34/70 S-189 S-23	US-05 *NOTTG* S-33 T-58		S-04 US-05 T-58 S-33 K-97 *NOTTG*				**<Medium**
				WB-06 K-97				US-05 K-97 *NOTTG*	S-23 S-189 W34/70	**< Laag**

Figuur 8.6-5: Tabel met aroma's van gisten

Bovenstaande tabel is een mooi overzicht van de soorten gisten met hun aroma's. In de tabel staan de sterkste aroma's bovenaan en onderaan de iets zwakkere aroma's. Zo kun je de gisten kiezen op basis van wat je verkiest voor je bier.

Die eigenschappen moet je wel interpreteren met de nodige kennis, want een bier kan een tekort hebben aan voedingsstoffen voor de gist, of een tekort aan gist waardoor de ene gist bijvoorbeeld fruitiger smaakt dan de soort die erboven staat. Dit komt doordat er in die situatie meer esters geproduceerd worden, waardoor er dan meer fruitige aroma's vrijkomen (en er meer fruitvliegjes aangetrokken worden).

Met de vergistingsgraad wordt het vermogen bedoeld van een gist om suikers te vergisten. Deze geeft de verhouding aan tussen de hoeveelheid vergiste suikers en de oorspronkelijke hoeveelheid aanwezige suikers. De alcoholtolerantie is dan weer de mate hoe goed de gist tegen alcohol kan. Deze geeft ook aan hoe hoog je maximale alcoholpercentage mag en kan zijn.
Alcoholtolerantie is niet evenredig met de vergistingsgraad. Je zou verwachten dat bij een hoge vergistingsgraad er ook een hoog alcoholpercentage is, maar dat is niet altijd het geval. De vergisting hangt natuurlijk wel af van de hoeveelheid toegevoegde suikers. Dus wanneer je weinig suikers toevoegt, kun je niet verwachten dat er een hoog alcoholpercentage is.

8.6.5 Microscopisch onderzoek

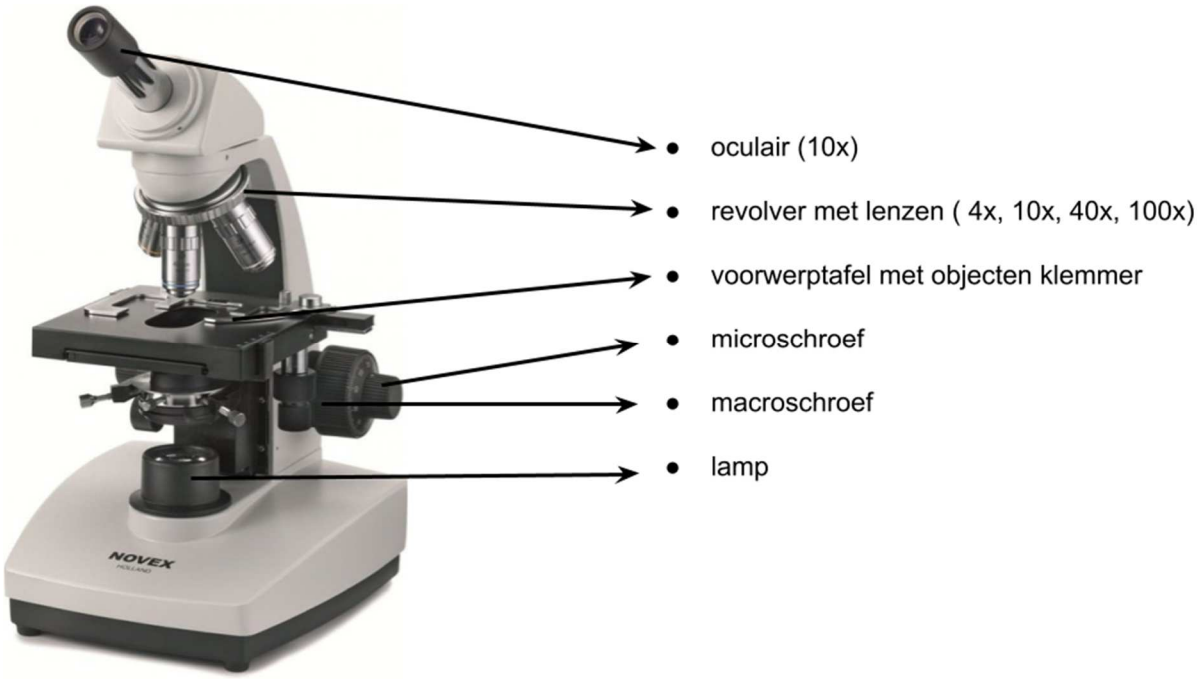
Inleiding

De gemiddelde gistcel meet tussen de 3 en 4 micrometer, waardoor we die niet kunnen zien met het blote oog. Om een idee te krijgen hoe een gistcel eruitziet hebben we op 24 januari 2019 een microscopisch onderzoek uitgevoerd. Met behulp van een microscoop probeerden we toen een gistcel waar te nemen. Na een korte uitleg over de werking van een microscoop konden we aan de slag.

Figuur 8.6-6: Bekijken van gistcel door microscoop

Gebruikte materiaal

De Novex-microscoop heeft een bereik van x 4 tot x 100. Het oculair heeft ook al een vergroting van x1 0, dus eigenlijk zien we het preparaat telkens met een vergroting van x 40 tot x 1000.

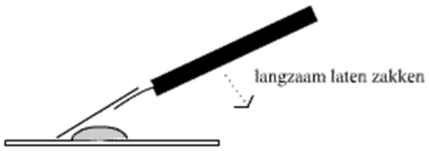


Figuur 8.6-7: Novex microscoop

Werkwijze

Eerst strijken we een druppel van ons bier in het midden op een preparaat. Daarna leggen we er een dun glaasje over zoals afgebeeld hieronder.

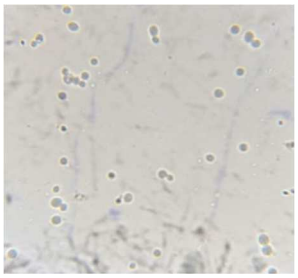
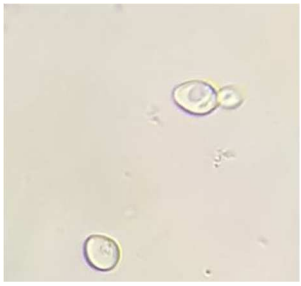
Het preparaat leggen we recht onder de microscoop en klemmen we vast met de objectenklemmer. Daarna kunnen we beginnen met ons onderzoek.



Figuur 8.6-8: Preparaat klaarmaken

In een eerste stap plaatsen we de kleinste vergroting boven het preparaat. Aanvankelijk is er niet veel te zien. We draaien aan de macroschroef rechts van de microscoop tot we een scherp beeld krijgen onder de lens. Nu het beeld scherp is, veranderen we de vergroting naar de tweede vergroting (x 10). Het beeld wordt opnieuw wazig. Draaien aan de microschroef biedt verbetering. Wanneer we een scherp zicht hebben op het uitvergrote preparaat kunnen we de revolver weer een kwartslag draaien. Dit doen we nog twee keer om zo een 1000 keer groter beeld van ons bier door het oculair waar te nemen. Vanaf dat moment is het ook mogelijk om een gistcel heel goed in beeld te krijgen.

Waarneming

 Figuur 8.6-9: Gistcellen, 40 keer vergroot	Vergroting 40 x: Op dit moment zien we niet veel meer dan enkele zwarte puntjes. Het is onmogelijk om een onderscheid te maken tussen gistcellen en stofdeeltjes.
 Figuur 8.6-10: Gistcellen, 100 keer vergroot	Vergroting 100 x: Duidelijk onderscheid tussen stofdeeltjes en gistcellen. Gistcellen zijn duidelijk afgebakende bolletjes. De zwarte puntjes die je waarneemt, zijn stofdeeltjes.
 *Figuur 8.6-11: Gistcellen, 400 keer vergroot*	Vergroting 400 x: De gistcellen zijn nu duidelijk zichtbaar. We zien welke cellen zich aan het vermenigvuldigen zijn. Deze kan je namelijk herkennen aan twee cellen die aan elkaar hangen.
 *Figuur 8.6-12: Gistcellen, 1000 keer vergroot*	Vergroting 1000 x: We kunnen de cel herkennen als een eukaryotisch micro-organisme want we kunnen een celkern en –membraan waarnemen. Deze specifieke cel is zich aan het vermenigvuldigen via celdeling.

9. Veiligheid

9.1 Risicoanalyse

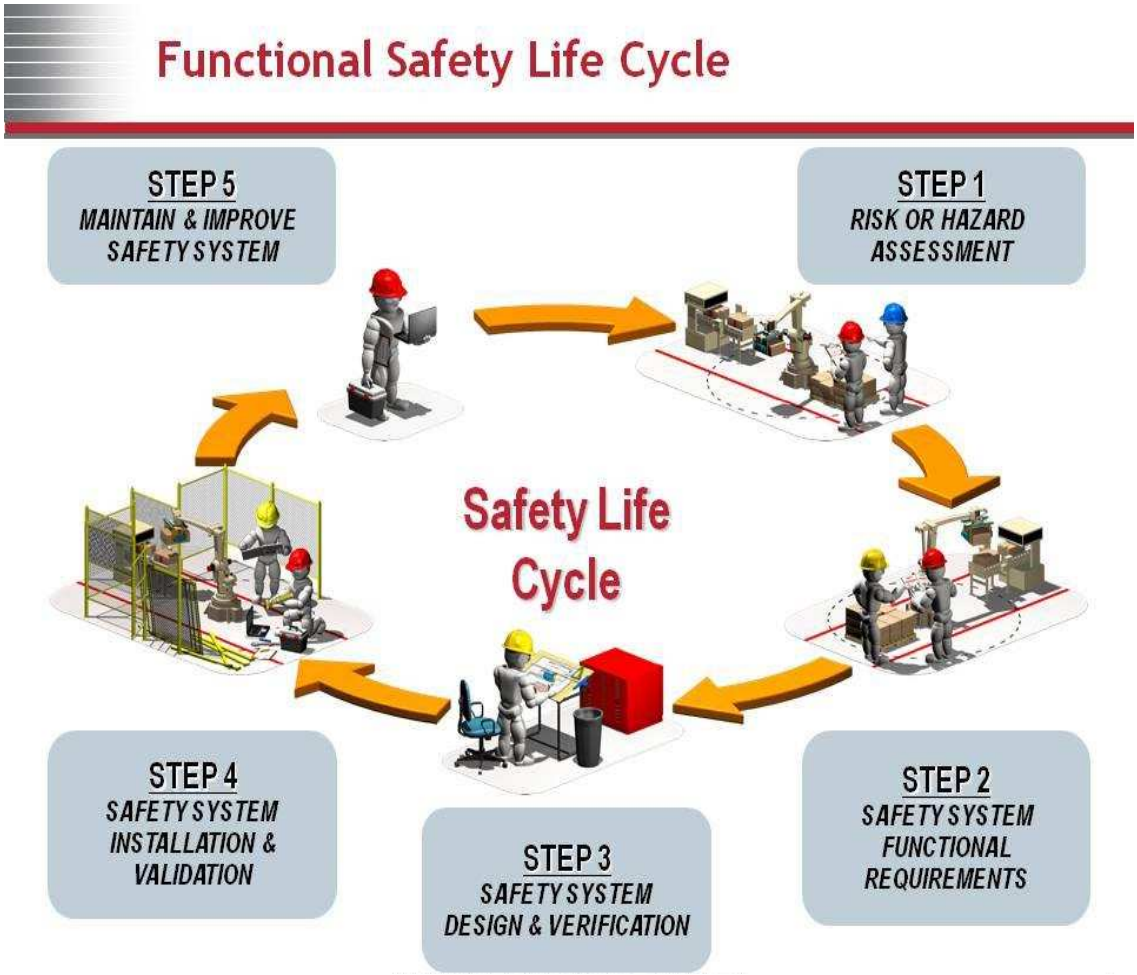
Bij het ontwerp, aanpassen en de realisatie van een brouwinstallatie of een andere machine is het hanteren van een safety life cycle een must. Daarom voeren we voor de bierbrouwinstallatie deze studie uit.

Deze studie moet de volgende zaken bevatten:

- risicoanalyse;
- safety concept;
- system implementation;
- maintain and improve safety system.

9.1.1 Safety Life Cycle

Om ervoor te zorgen dat onze bierbrouwinstallatie voldoet aan bepaalde veiligheidseisen moeten we bepaalde stappen doorlopen om tot een goede installatie te komen. Deze stappen noemen we ook de safety life cycle van een machine.



Figuur 9.1-1: Safety life cycle

Concreet bestaat de safety life cycle uit volgende stappen:

- risk or hazard assessment - de risicoanalyse;
  - Identificatie en wegen van de aanwezige risico's op de installatie. Welke risico's dienen te worden gereduceerd?

- safety concept – veiligheidsconcept;
  - Globaal voorstel van de te nemen maatregelen voor risicoreductie. Hierbij wordt zoveel mogelijk gestreefd naar overeenstemming met de internationaal geldende richtlijnen en normen. Economisch haalbaar, werkbaar en conform beveiliging van de installatie?

- safety design – veiligheidsontwerp;
  - Detail engineering van de mechanische en besturingstechnische acties. Bv. het ontwerp van de elektrische schema's, het ontwerp van de mechanische afschermingen, de selectie van de adequate veiligheidscomponenten, hardware and software design, architectuur veiligheidskringen.

- system implementation – systeemimplementatie;
  - De installatie, programmatie en opstart van het safety concept and safety validation - veiligheidsvalidatie: functionele testen en fout testen. Controle of aan de veiligheidseisen is voldaan. Controle van de besturingstechnische eisen, programma's, veiligheidscomponenten...

- maintain and improve safety system – onderhouden en verbeteren veiligheidsconcept.
  - Na de ingebruikname, de installatie onderhouden, regelmatig uittesten en indien nodig aanpassingen aanbrengen.

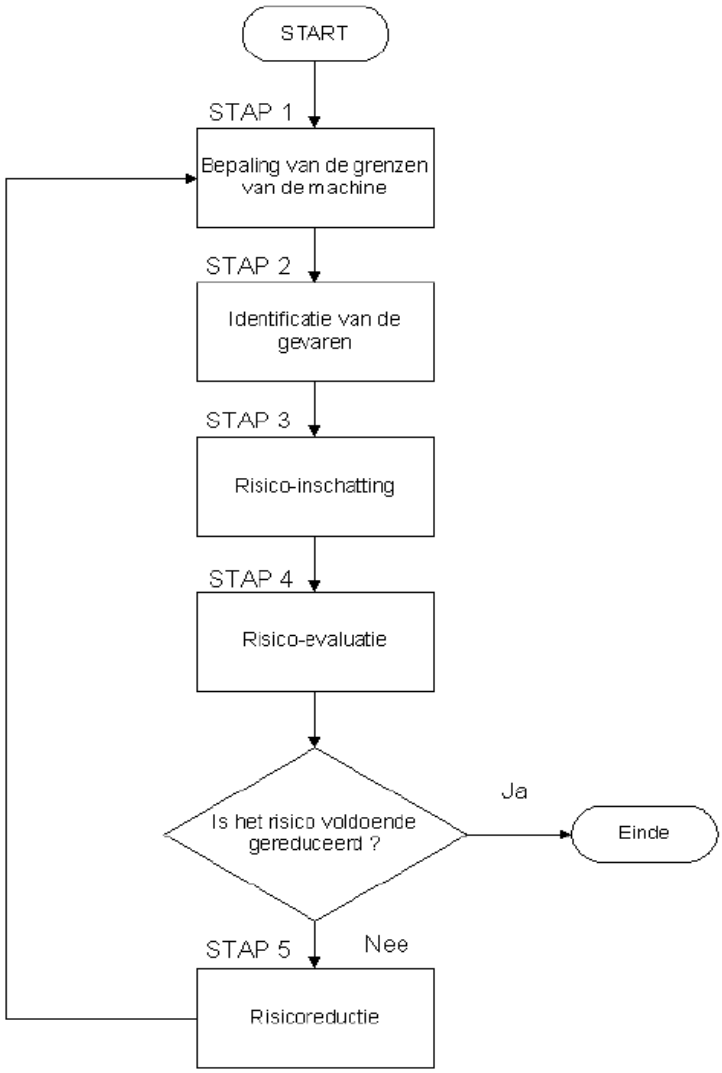
9.1.2 De risicoanalyse

Principe

Voor de uitvoering van de risicoanalyse is gekozen om de internationale/Europese norm EN ISO 12100 te volgen. Deze is de standaardnorm.

Deze norm beschrijft volgende stappen:

1. bepalen van de grenzen van de machine, zowel op het ruimtelijke als fysieke vlak;
2. identificatie van gevaren;
3. risico-inschatting (voor deze inschatting, maken wij hier gebruik van de risicograaf die teruggevonden kan worden in het technisch document, *TR 14121*, dat deze norm begeleidt);
4. risico-evaluatie;
5. prioriteiten voor risicoreductie.



Figuur 9.1-2: Te volgen stappen volgens genormeerde risicoanalyse

1. bepalen van de ruimtelijke grenzen van de installatie

In een eerste stap bekijken we de algemene veiligheid van de installatie. Het is een algemeen beeld van het eindresultaat van de veiligheid van onze bierbrouwinstallatie. Het eindresultaat kan wel nog veranderen naargelang onze studie vordert.

Ref.	Beschrijving	Opmerking
1	**Ruimtelijke grenzen**	
1.1	Locatie van de machine: Binnen	De installatie bevindt zich in de voorziene werkplaats.
1.2	Bestaat de machine uit verschillende onderdelen? Ja	De installatie bestaat uit verschillende onderdelen die aan elkaar bevestigd zijn: buffervat, kookketel, maischketel, motor en roerder, leidingen en kleppen, elektrische kast, mechanische constructie.
1.3	Beoogd gebruik, functionaliteit van de machine. Industrieel	Het maken van ambachtelijke bieren en het verkopen ervan.
1.4	Voldoende bewegingsruimte aanwezig voor operatoren? Ja	Er is voldoende ruimte, want de installatie zal in een voorziene werkplaats staan.
1.5	Worden andere personen dan de operatoren aan de gevarenzone blootgesteld. Ja	Vooral de brouwer zelf zal er gebruik van maken, maar misschien op beurzen of bezoeken kunnen ook andere mensen blootgesteld worden aan de installatie. Hiervoor zorgen we voor de nodige maatregelen, deze staan omschreven in de handleiding.

2	**Gebruikersgrenzen**	
2.1	Door wie wordt de machine bediend? Alleen door de brouwer	De installatie dient bediend te worden door volwassen operatoren met normaal reactievermogen. Aan de installatie worden geen minderjarige personen en geen mindervalide personen te werk gesteld.
2.2	Opleidingsniveau van de operatoren. Hobbybrouwer	De gebruiker heeft een brouwcursus gevolgd en alles staat uitgelegd in de gebruikshandleiding. Onderhoud en interventies worden door opgeleide personen uitgevoerd.
2.3	Is iedere operator op de hoogte van het productie-proces en de gebruikers-instructies? Productieproces Gebruikersinstructies	Ja, er is een handleiding voor de gebruiker met meer informatie over de installatie. In de handleiding staan de instructies voor het brouwen met de installatie.
2.4	Wanneer wordt de machine gebruikt? Ongeveer drie keer per jaar	De brouwer zal niet zoveel brouwen. Het brouwen duurt ongeveer zes uur.
2.5	Wat zijn de gebruiksfasen van de machine? Inspectie, reiniging (voorspoelen), productie, reiniging (naspoelen), inspectie	Eerst wordt de installatie gecontroleerd op vuiligheid en slijtage. Daarna wordt er nagespoeld. In de derde fase gebeurt het brouwen van het bier. Hierna gebeurt het naspoelen van de installatie en in de laatste fase wordt er ook nog inspectie gedaan van de installatie of er niets kapot is aan de installatie.
2.6	Zijn er reeds ongevallen gebeurd? Wat is de ongevallenfrequentie? Nee	Machine is nog niet in gebruik. De installatie is nog niet getest. Als er fouten opgetreden zijn, kan je ze vermelden en terugvinden in de handleiding.

2. Identificatie van de latente en significante gevaren

Alle gevaren van de installatie en situaties moeten worden geïdentificeerd. Dit wordt aangetoond in volgende tabellen.

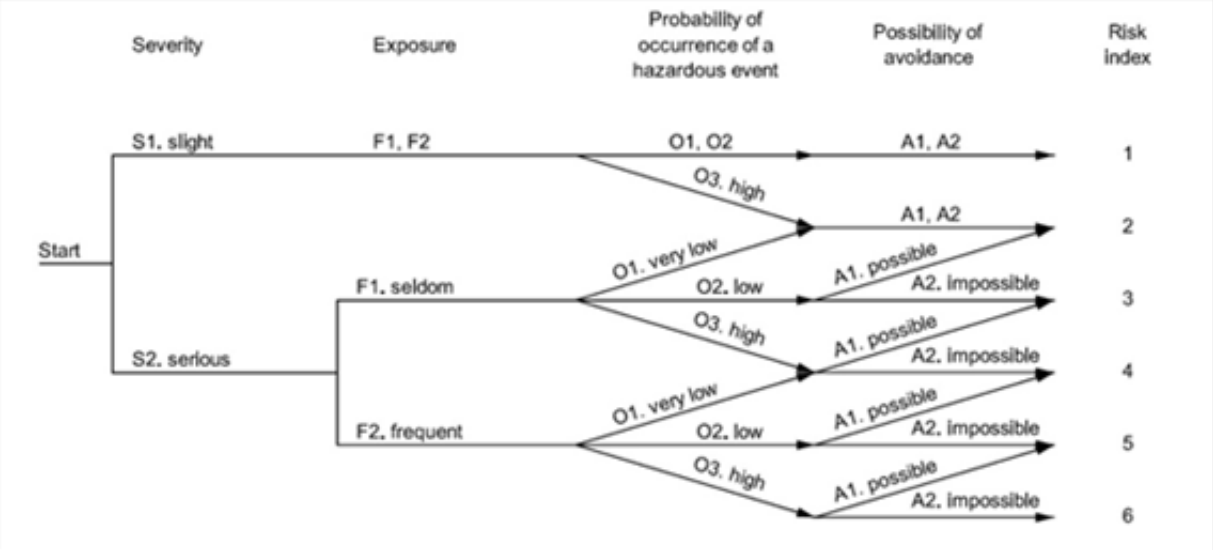
Buffervat	
Ref.	**Gevaarlijke situatie**
1.1	Brandwonden en brandblaren door contact van personen met objecten of materialen
1.2	Gevaar door uitstoot van vloeistoffen (bovenkant ketel)
Kookketel	
Ref.	**Gevaarlijke situatie**
2.1	Brandwonden en brandblaren door contact van personen met objecten of materialen
2.2	Gevaar door uitstoot van vloeistoffen (via bovenkant ketel)
Maischketel	
Ref.	**Gevaarlijke situatie**
3.1	Brandwonden en brandblaren door contact van personen met objecten of materialen
3.2	Gevaar door uitstoot van vloeistoffen (via bovenkant ketel)
Motor en roerder	
Ref.	**Gevaarlijke situatie**
4.1	Brandwonden en brandblaren door contact van personen met objecten of materialen
4.2	Massa en snelheid (kinetische energie van elementen in gecontroleerde of ongecontroleerde omgeving)

Leidingen en kleppen	
Ref.	**Gevaarlijke situatie**
5.1	Brandwonden en brandblaren door contact van personen met objecten of materialen
5.2	Gevaar door uitstoot van vloeistoffen (door te hoge druk of temperatuurschommelingen)
Elektrische kast	
Ref.	**Gevaarlijke situatie**
6.1	Direct/Indirect contact van personen met onder spanning staande delen
Mechanische constructie	
Ref.	**Gevaarlijke situatie**
7.1	Mechanische gevaren op de werkplek: contact met wielen/kantelen
7.2	Overbelasting en overschrijden kantelmoment
Installatie in zijn geheel	
Ref.	**Gevaarlijke situatie**
8.1	Biologische of microbiologische gevaren
8.2	Gevaar door onvoldoende stabiliteit van de installatie
8.3	Nalatig gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen
8.4	Onverwacht opstarten, onverwacht doordraaien of te snel draaien door: ● uitval/storing van het besturingssysteem; ● herstel van de energietoevoer na een onderbreking; ● fouten in de programmatuur; ● fouten gemaakt door de bediener.
8.5	Onmogelijkheid om de machine in de best mogelijke omstandigheden stil te zetten
8.6	Uitvallen van energietoevoer

3. Risico-inschatting

We zullen de risico-inschatting doen aan de hand van een risicograaf en dat bij elk gevaar van de installatie.

De best mogelijke waarde voor een goed eindresultaat is een waarde van 1 of 2. Wanneer we deze waarden niet bekomen, zullen we veiligheidsmaatregelen nemen om deze te reduceren.



Figuur 9.1-3: Risicograaf

<u>De parameters van de risicograaf</u>

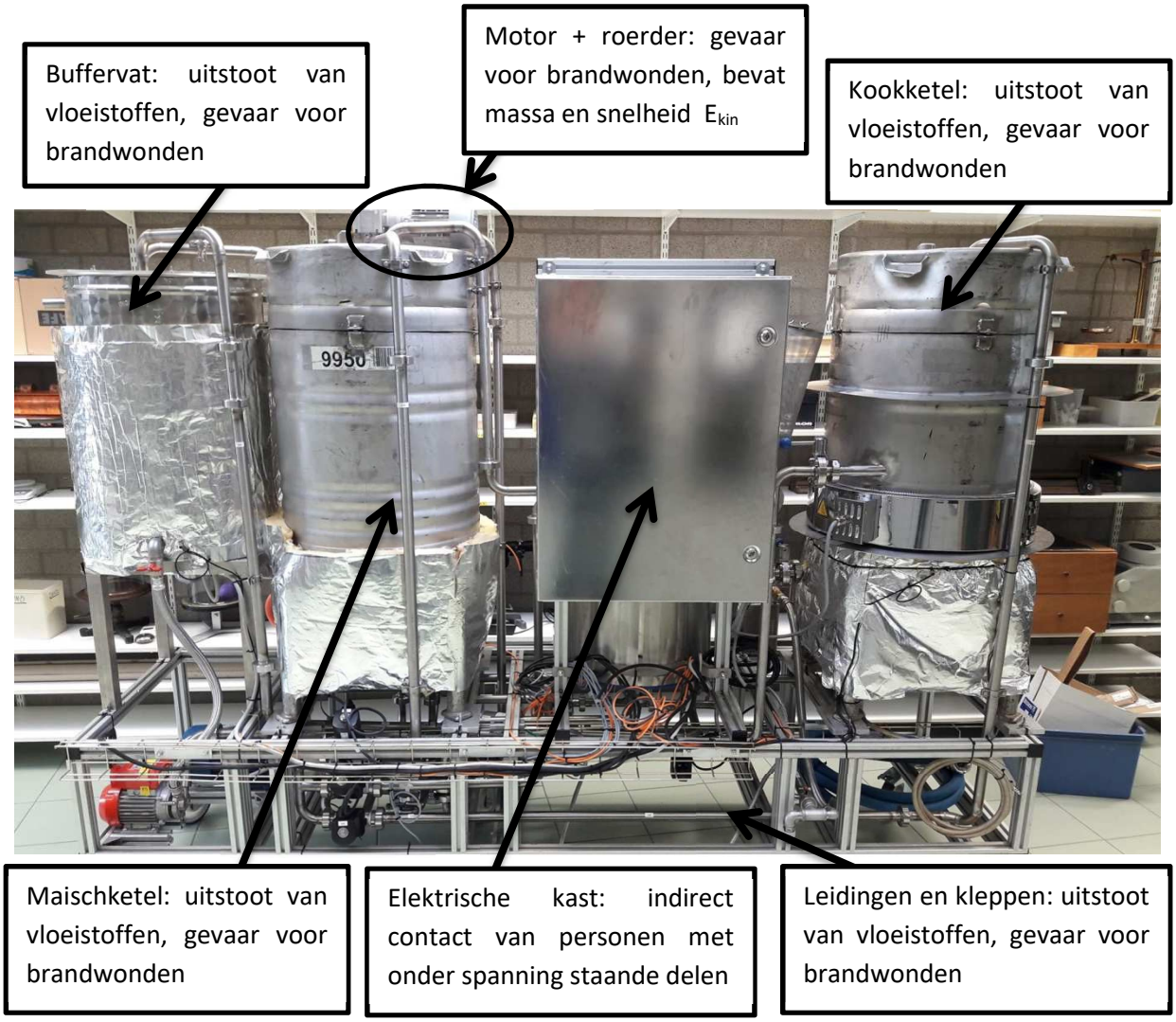
- **De ernstgraad**, de S-factor ('Severity'), de mate van verwonding:
  - S1 = lichte verwonding die omkeerbaar is, bijvoorbeeld een schram of blauwe plek op de ledematen;
  - S2 = zware verwonding die onomkeerbaar is, bijvoorbeeld snijwonden, botbreuken, blijvende invaliditeit en beroepsziekten tot zelfs de dood.
- **De frequentie van blootstelling**, de F-factor ('Frequency of exposure'), is opgebouwd uit twee parameters, namelijk de frequentie waaraan de bediener aan het gevaar wordt blootgesteld; de tijdsduur van de bewuste blootstelling. De frequentie van de blootstelling kan als volgt worden gespecificeerd:
  - F1 = tweemaal of minder per shift, of als de totale gecumuleerde blootstelling per shift kleiner is dan 15 min;
  - F2 = meer dan tweemaal per shift, of als de totale gecumuleerde blootstelling per shift groter is dan 15 min.

- **De waarschijnlijkheid**, de O-factor ('Occurrence'), voorspelt de kans op een gevaarlijke gebeurtenis:
  - O1 = volwassen, robuuste technologie die voldoende is getest in veiligheids- applicaties.
  - O2 = technische fout gezien tijdens de laatste twee jaar: ongepaste menselijke handeling door een persoon met voldoende kennis van de risico's en met meer dan zes maanden werkervaring aan het desbetreffende werkstation.
  - O3 = technische fout die regelmatig wordt opgemerkt (elke zes maanden of minder): ongepaste menselijke handeling door een persoon met minder dan zes maanden werkervaring aan het desbetreffende werkstation. Gelijkaardig ongeval voorgekomen in het bedrijf tijdens de laatste tien jaar.
- **De gevaarafwending**, de A-factor ('Avoidability), geeft aan of het mogelijk is om het gevaar te ontwijken:
  - A1 = gevaar afwenden mogelijk onder bepaalde omstandigheden: delen bewegen trager dan 0,25 m/sec en de blootgestelde persoon heeft voldoende kennis van de gevaren. Afhankelijk van enkele specifieke gevallen (temperatuur, druk…).
  - A2 = gevaar afwenden nauwelijks mogelijk.

<u>Deze gevaren in een tabel weergegeven</u>

Wat?	Welk gevaar?	Verloop risicograaf	Risico-index
Buffervat	Brandwonden en brandblaren door contact van personen met objecten of materialen	S2, F2, O2, A1	4
	Gevaar door uitstoot van vloeistoffen (bovenkant ketel)	S2, F2, O2, A1	4
Kookketel	Brandwonden en brandblaren door contact van personen met objecten of materialen	S2, F2, O2, A1	4
	Gevaar door uitstoot van vloeistoffen (bovenkant ketel)	S2, F2, O2, A1	4
Motor + Roerder	Brandwonden en brandblaren door contact van personen met de motor	S2, F2, O2, A1	4
	Massa en snelheid (kinetische energie van elementen in gecontroleerde of ongecontroleerde omgeving)	S2, F2, O2, A2	5
Maischketel	Brandwonden en brandblaren door contact van personen met objecten of materialen	S2, F2, O2, A1	4

	Gevaar door uitstoot van vloeistoffen (bovenkant ketel)	S2, F2, O2, A1	4
Leidingen + Kleppen	Brandwonden en brandblaren door contact van personen met objecten of materialen	S2, F2, O2, A1	4
	Gevaar door uitstoot van vloeistoffen onder hoge druk (bij de leidingen)	S2, F2, O2, A1	4
Mechanische constructie	Mechanische gevaren op de werkplek: contact met wielen/ kantelen	S2, F2, O1, A2	4
Elektrische kast	Indirect contact van personen met onder spanning staande delen	S2, F2, O2, A1	4
Installatie in zijn geheel	Biologische of microbiologische gevaren	S2, F2, O2, A2	5
	Contact van personen met delen die door een defect onder spanning zijn komen te staan	S2, F2, O2, A1	4
	Nalatig gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen	S2, F2, O2, A1	4
	Onverwacht opstarten, onverwacht doordraaien of te snel draaien door: ● uitval/storing van het besturingssysteem; ● herstel van de energietoevoer na een onderbreking; ● fouten in de programmatuur fouten gemaakt door de bediener.	S2, F2, O2, A2	5



Figuur 9.1-4: Gevaren van de brouwinstallatie

4. en 5 Risico-evaluatie en -reductie

Maatregelen risicoreductie en nieuwe risico-inschatting na risicoreductie

Wat?	Welke maatregel?	Verloop risicograaf na nieuwe maatregel	Risico index
Buffervat	Isolatie rond buffervat	S1, F2, O2, A1	1
	Plexiplaat op het buffervat	S1, F2, O2, A1	1
Kookketel	Isolatie rond kookketel	S1, F2, O2, A1	1
	Er is een gebogen deksel aanwezig op de kookketel waardoor het spattingsgevaar minder wordt.	S1, F2, O2, A1	1
Maischketel	Isolatie rond maischketel	S1, F2, O2, A1	1
	Er is een deksel voorzien op de maischketel waardoor het spattingsgevaar minder wordt.	S1, F1, O2, A1	1
Motor + Roerder	Er is een sensor voorzien op het deksel zodat het deksel opengaat als de motor uitvalt.	S1, F2, O2, A1	1
Leidingen + Kleppen	Isolatie rond leidingen	S1, F2, O2, A1	1
Mechanische constructie	Wielblokken om het wegrollen van de installatie tegen te gaan.	S1, F2, O2, A1	1
Elektrische kast	Werkschakelaar op elektrische kast. Wij maken gebruik van een TT-net. De kast heeft een IP-graad van 45.	S1, F2, O2, A1	1
Installatie in zijn geheel	Reinigingsproces dat in de handleiding te vinden is	S1, F2, O2, A1	1
	Beveiligingen en perimeter	S1, F2, O2, A1	1
	Voldoende aanwijzingen van de nodige beschermmiddelen	S1, F2, O2, A1	1
	Elektrische beveiligingen en perimeter	S1, F2, O2, A1	1

Bijkomende risicoverlagende maatregelen en adviezen

- Geel/groene verbindingen leggen over de gehele installatie.
- Veiligheidsmaatregelen tegen directe aanraking van onder spanning staande delen (elektrische kast sluiten).
- Pictogrammen kunnen wijzen op de inherente risico's: gevaar onder spanning, bij onderhoud stroomonderbreker (instructie lezen) en gevaar driefasespanning 3 x 230 V / 400 V – 50 Hz.

Figuur 9.1-5: Een pictogram 'GEVAAR Onder spanning'

- Het plaatsen van een noodstopsysteem en een dekselbeveiliging zodat de roerder niet blijft draaien wanneer je het deksel opent.
- Pictogrammen kunnen wijzen op de inherente risico's: gevaar voor roerder, gevaar voor warme onderdelen.

Figuur 9.1-6: Gevaar pictogrammen

- Procedure voor werken aan de installatie: hoe te handelen met de brouwinstallatie wordt uitgelegd in handleiding.

9.1.3 Safety Concept – detailuitwerking

Beveiliging van de safety cell

Doordat onze installatie gebruikt wordt door één persoon kunnen we niet overdrijven met hekwerk en dergelijke. Maar we kunnen wel perimeters opstellen en veronderstellen dat deze dan ook worden nageleefd door de verbruiker. Ook plaatsen we een noodstop op de installatie en zorgen we voor isolatie rond de thermische gevaren van onze installatie.

Figuur 9.1-7: Symbolische voorstelling van een noodstop

Noodstop:
De noodstop dient als bijkomende veiligheid, voor het geval er – ondanks alle veiligheidsvoorzieningen – toch nog iets fout zou lopen. Bij het indrukken van de noodstop worden alle energievoorzieningen naar de installatie op een veilige manier ontkoppeld.

Thermische en mechanische acties

Bij deze actie hebben we, zoals al vermeld, gebruik gemaakt van een sensor op de maischketel. Deze zorgt ervoor dat er tijdens het maischen geen gevaar is voor bewegende onderdelen. De sensor schakelt de roerder uit van zodra het deksel van de ketel opengaat.

Deze sensor:

- voorkomt dat gevaarlijke machinefuncties in werking treden totdat de afscherming gesloten is;
- geeft een opdracht tot stopzetting wanneer de afscherming niet meer gesloten is.

Figuur 9.1-8: Sensor deksel

De sensor die we zullen gebruiken voor het deksel is de Shmersal AZ15 Saftey Interlock Switch.

Besturingstechnische acties

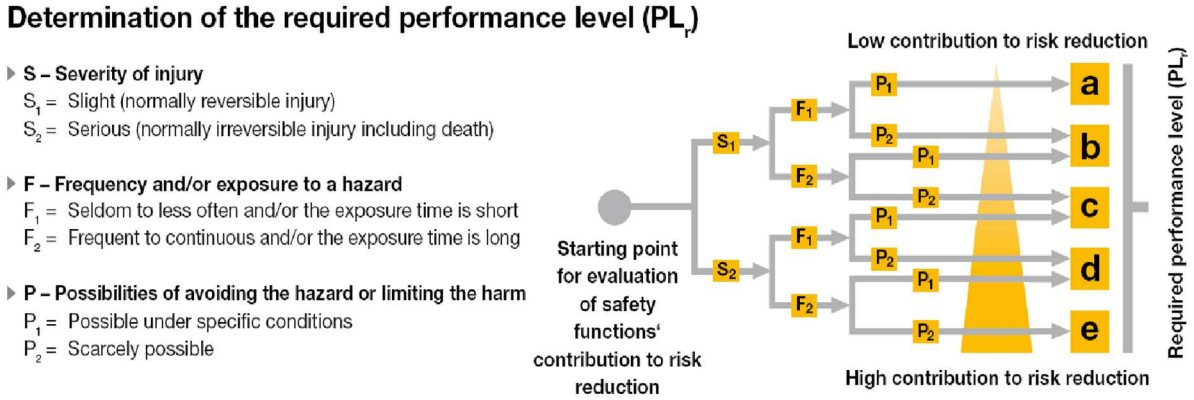
Automaten: een installatieautomaat, ook wel maximumschakelaar, zekeringautomaat of kortweg automaat genoemd, beschermt de bedrading van elektrische installaties tegen schade door te hoge elektrische stromen.

Werkschakelaar: een werkschakelaar is een handbediende schakelaar die in de nabijheid van een elektrische machine is aangebracht om deze gedurende onderhouds- en reparatiewerkzaamheden te kunnen uitschakelen.

Magnetisch-thermische beveiliging: een motorbeveiliger is een magnetisch-thermisch relais (beveiliging) dat de voeding naar de elektromotor uitschakelt bij kortsluiting (magnetisch) of bij overbelasting (thermisch).

Differentieel: een differentieelschakelaar ook wel aardlekschakelaar genoemd, is een automatisch werkende schakelaar die een elektrische installatie spanningsloos maakt zodra een lekstroom vanaf een bepaalde grootte optreedt. Wij maken gebruik van een DMA63N differentieel van 30mA.

Bepalen van het vereiste performance level



Figuur 9.1-9: Bepaling van het performance level

De performance level van de installatie (hoe veilig moeten we de installatie maken?) wordt bepaald met een risicograaf over heel de installatie.

De norm EN/ISO 13849-1 beschrijft volgende eisen om het gewenste performance level te bereiken:

- eisen aan de architectuur (Designated Architectures): bepaald door de oude veiligheidscategoriën uit de EN 954-1 (B, 1, 2, 3 en 4);
- eisen aan de betrouwbaarheid van de componenten in de vorm van de MTTFd waarde (Mean Time to Dangerous Failure – gemiddelde kans op gevaarlijke fout);
- eisen aan diagnose DC (Diagnostic Coverage): fout dekking = kans op het detecteren fouten voor het gevaarlijk wordt;
- eisen voor CCF (Common Cause Failure): de maatregelen ter vermijding van fouten met een gemeenschappelijke oorzaak. Bv. bij redundante systemen (CAT3 en CAT4) dient voorkomen te worden dat één fout leidt tot verlies van beide kanalen in de redundantopbouw.

De norm voorziet in een methodiek die een goed evenwicht vindt tussen de structuur (categorie) en statistische betrouwbaarheid ($MTTF_d$, DC).

De verschillende eisen worden hieronder in detail besproken, waarna ze concreet op onze installatie worden toegepast.

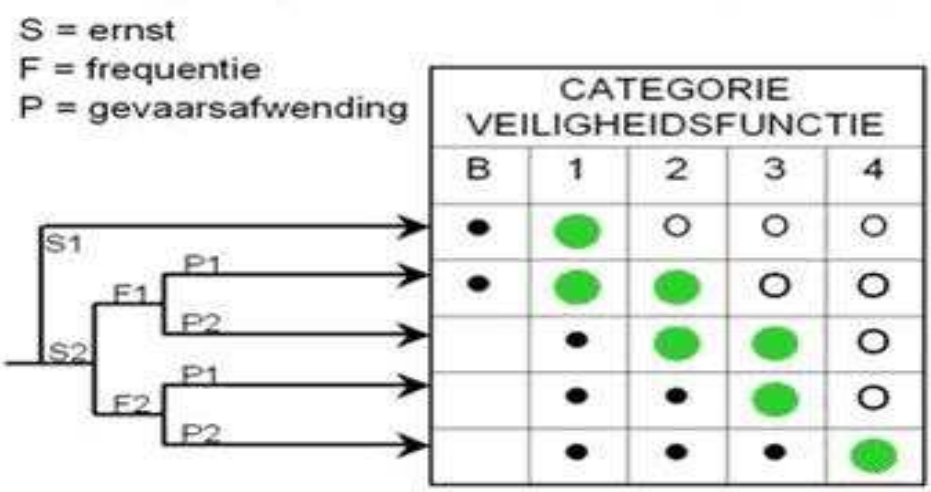
Behalen van het vereiste performance level (PL_r): eisen aan de architectuur

De eisen aan de architectuur worden nog steeds bepaald. De categorieën B, 1, 2, 3 en 4 worden bepaald door:

1. de ernst van de verwonding (S1-S2);
   - S1 = lichte verwonding (omkeerbaar);
   - S2 = ernstige verwonding of dood (onomkeerbaar);

2. de blootstellingsduur (F1-F2);
   - F1 = zelden tot soms en/of korte blootstellingstijd;
   - F2 = vaak tot continu en/of lange blootstellingstijd;

3. de mogelijkheid tot afwenden van het gevaar (P1-P2);
   - P1 = mogelijk onder bepaalde omstandigheden;
   - P2 = nauwelijks mogelijk.

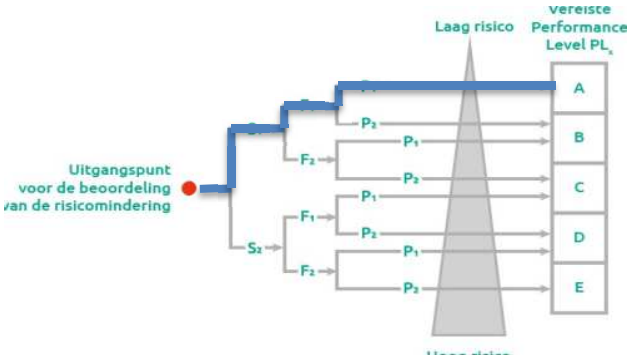


Figuur 9.1-10: Bepalen van de veiligheidscategorie

- Zwart: mogelijke categorie met aanvullende maatregelen
- Groen: gewenste categorie
- Wit: hogere categorie dan nodig

PLr bepalen van brouwinstallatie

Er is één noodstop en één veiligheidssensor voor het deksel aanwezig op onze installatie en wanneer deze wordt ingeschakeld is het de bedoeling dat de installatie zichzelf direct veilig afsluit.



Figuur 9.1-11: Performance Level van onze installatie bepalen

In een eerste fase gaan we het Performance Level (Plr) bepalen. Dit gebeurt op basis van een inschatting.

We hebben gekozen in de installatie voor performance level A. De eigenaar van deze installatie heeft hierin meebeslist.

Katrijn en Seppe

Beste

We zouden graag bepalen hoe veilig de installatie zou moeten worden volgens u, dit aan de hand van een performance level.

We hebben 2 opties enerzijds performance level a en anderzijds performance level b.

Performance level a houdt in dat deze voldoet aan de veiligheidsnormen maar het risico wanneer je besturing uitvalt dat er een kans is dat je veiligheidssysteem niet meer functioneert (zoals bv. de noodstop).

Performance level b houdt in dat je ook voldoet aan de veiligheidsnormen maar dat je veiligheid op een apart circuit is verbonden. waardoor de kans op verwondingen door de installatie serieus daalt. Het nadeel hieraan is dat we componenten extra moeten aankopen en dus meer geld kost.

Zou u zo snel mogelijk willen reageren zodat we dit zo snel mogelijk kunnen toepassen.

Met vriendelijke groeten

Katrijn Goethals en Seppe Vandaele

614 VTI Torhout

Peter Verlinde

Hallo,

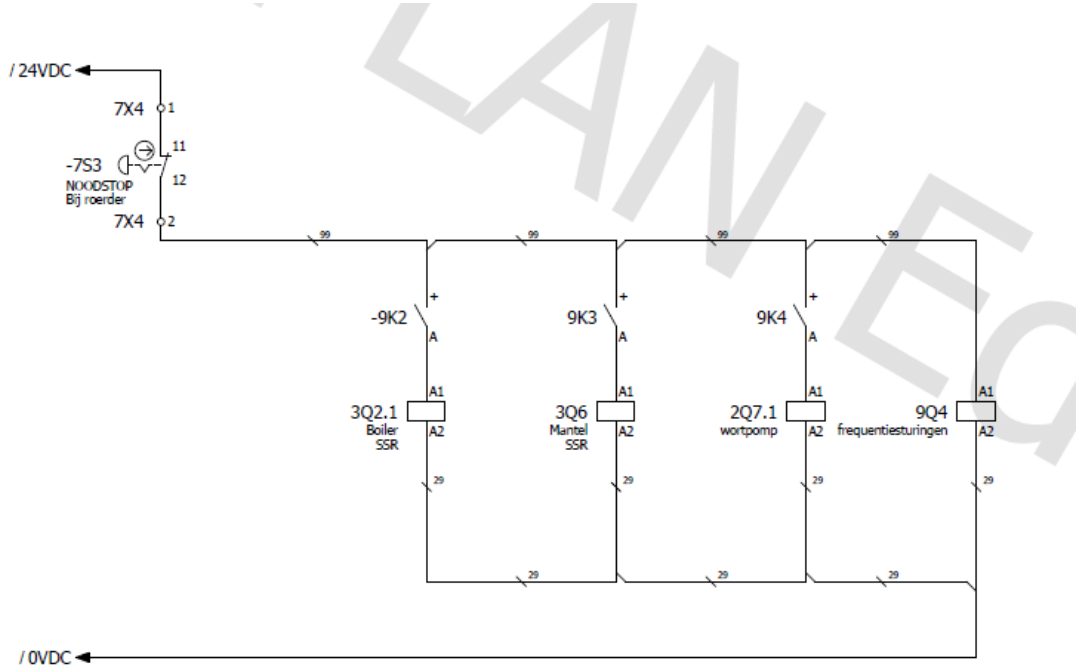
Bericht net gelezen, performance level a is ok voor mij ,

Met vriendelijke groeten

Peter Verlinde

9.1.4 System implementation (systeem implementatie) and safety validation

Dit is het e-plan schema van de noodstop en hoe dit wordt uitgevoerd. Hierop kan men zien dat als men de noodstop indrukt, de contactoren losgekoppeld worden van de spanning. Het gevolg hiervan is dat de boiler, de mantelweerstand, de wortpomp en de frequentiesturingen (pomp en motor) uitvallen.



Figuur 9.1-12: E-plan schema van noodstopcircuit

Het opnieuw testen na veiligheidstoevoegingen.

Figuur 9.1-13: Installatie met veiligheidsverbeteringen

9.1.5 Maintain and improve safety system

Dit is het onderhouden en verbeteren van het veiligheidsconcept. Het blijvend onderhouden van de installatie is een must. Dit kan men terugvinden in de handleiding van de installatie.

9.2 Reiniging

Het reinigen is één van de belangrijkste processen bij het brouwen. Het zorgt ervoor dat er geen brouwresten meer achterblijven na de vorige keer brouwen.
We moeten dus veel aandacht besteden aan het reinigen van de installatie.

9.2.1 Voorstudie

We hebben onderzoek gedaan naar twee verschillende methodes, die we zouden kunnen gebruiken om te reinigen, aan de hand van twee verschillende producten. Het eerste product is een multifunctioneel product dat PBW heet. Het tweede product dat we onderzocht hebben, is een combinatie van drie verschillende stoffen (een base, een zuur en een desinfectans).

Figuur 9.2-1: PWB

Voor het reinigen van de installatie hebben we een mail verstuurd naar de firma Brouwland die gelegen is in Nederland. We hebben toen gevraagd wat het beste product zou zijn voor onze installatie met inoxleidingen. Ze hebben ons toen verteld dat PBW het beste zou zijn voor onze installatie. Het is een multifunctioneel product dat vooral gebruikt wordt in de voedingsindustrie.

Kort daarna zijn we op bedrijfsbezoek geweest naar CoEnCo. Eén van de vragen was wat we het best zouden gebruiken voor het reinigen van de installatie. Zij vertelden ons dat we eerst een base moesten gebruiken: loog (hydroxide) en daarna een zuur zoals bijvoorbeeld melkzuur of fosforzuur en als laatste een desinfectans. Loog zorgt voor de verzeping van de vetten. Dat wil zeggen dat de vetten die zich aan de binnenkant bevinden, zullen verzepen. De verzeepte vetten zullen dan meegespoeld worden met het water en afgevoerd worden. Deze stap heeft ook een reinigende functie, want het zal ervoor zorgen dat de leidingen ook nog eens gekuist worden door de verzeepte vetten. Het product melkzuur of fosforzuur zal de kalkaanslag in de vaten en leidingen tegengaan. Omdat wij hard water gebruiken (leidingwater) en dit verwarmen zal er kalkaanslag ontstaan in de ketels en leidingen. Dit kunnen we tegengaan door een zuur te gebruiken bij het reinigingsproces.

Na het gebruik van deze twee producten moet je ook nog eens een desinfectans gebruiken om alle bacteriën te doden en ook nog eens met warm water spoelen zodat alle restjes van de producten weg zijn.

We hebben gekozen voor het multifunctioneel product PBW, omdat dit ook gemakkelijker te gebruiken is.

9.2.2 Verloop van het reinigen

Na het brouwen moet de installatie uiteraard ook gereinigd worden. Hierbij wordt eerst een handmatige reiniging uitgevoerd en daarna een automatische. Als de installatie na het brouwen gereinigd wordt, maar daarna een tijdje niet gebruikt wordt, dan moet de installatie voor het brouwen nog eens gereinigd worden met water van het net.

Handmatig reinigen

Na het brouwen zullen we dus eerst een handmatige reiniging uitvoeren om alle grove brokken eruit te halen. We zullen dit doen aan de hand van een tuinslang waarmee we de ketels uitspoelen.

Ook zullen we de filter omgekeerd spoelen. We zetten de nodige kleppen open en we zetten het net op de uitgang om naar het gistvat te gaan. Hiervoor hebben we een extra koppeling gemaakt (zie figuur 2).

Figuur 9.2-2: Koppeling voor reiniging

Handmatig kuisen filter (buis van net op gistvat aansluiten)
Net→L17→koeler→filter→L18→K12→L13→K9→K19→ aflaat

Automatisch reinigen

Het automatisch reinigen zal meerdere keren gebeuren, zowel met het reinigingsproduct PBW als met water (om het product weg te spoelen). Hiervoor is er een flow voorzien met de nodige stappen die zullen uitgevoerd worden tijdens het automatisch reinigingen. Het reinigen met het product zal ongeveer 15 minuten per circuit vragen en voor het wegspoelen met water zal er ongeveer 30 seconden per circuit nodig zijn.

Circulatie buffervat
1. BV→L1→k16→WaP→K4→L7→L14→WW→L5→BV a. K10 en K13 sluiten 2. BV→L1→K16→WaP→K5→L8→KK→K14→L4a→L4→K2→WoP→K6→L9→BV a. K18 sluiten
Water BV→KK
1. BV→L1→k16→WaP→K5→L8→KK
Circulatie KK (filter zeker uithalen hier)
1. KK→K14→L4a→L4→K2→WoP→K9→ L13→K12→L18→ L17→slang→KK a. Filter eruit halen b. Slang aansluiten 2. KK→K14→L4a→L4→K2→WoP→K9→L13→K15→KK a. K18 sluiten
KK→BV
1. KK→K18→L4b→L4→K2→WoP→K6→L9→BV
Circulatie BV

1. BV→L1→K16→WaP→K3→L11→MK→L2→K17→K1→WoP→K6→L9→BV
2. BV→L1→K16→WaP→K4→L7→L14→WW
    a. →L5→BV (gedeeltelijk)
    b. →L16→koeler→L19→K13→L15→K11→L6→MK (K7 en 10 zeker sluiten, K13 en 11 open)

Als BV bijna leeg komt te staan inhoud MK naar BV sturen tot MK weinig inhoud heeft.
MK→L2→K17→K1→WoP→K6→L9→BV

Water BV→MK

1. BV→L1→K16→WaP→K3→L11→MK

Circulatie MK

1. MK→L2→K17→K1→WoP→K8→L10→WW→ L3→MK
2. MK→ L2→K17→K1→WoP→K7→L12→ L6→MK
    a. K11 sluiten
3. MK→L2→K17→K1→WoP→K6→L9→BV→L1→K16→WaP→K4→L7→K10→L15→K11→L6→MK
    a. K13 sluiten
    b. K11 open
    c. K7 sluiten

Aflaten water MK

MK→L2→K17→K1→WoP→K19→aflaat

Handmatig klep 20 openen, want hier blijft water staan.

10. Praktische realisatie

10.1 Ontwerp van de bierstickers

Om onze bierflesjes te personaliseren hebben we een biersticker ontworpen.

Figuur 10.1-1: Bieretiket van het Steentje

Vorig jaar werd er al een biersticker gemaakt in Word aan de hand van het VTI-logo, maar we wilden ons bier een meer ambachtelijke en karaktervolle uitstraling geven. Daarom hebben we dit jaar een nieuwe biersticker ontworpen. Hierbij hebben we niet meer gewerkt met het logo van het VTI, maar wel met ons eigen logo dat ook dit jaar ontworpen werd. De tekst werd ook hier en daar aangepast. Op het etiket vind je een QR-code. Als je deze code scant, kom je terecht op onze website: https://gip6iw.be/.

10.2 Recepten

Recept 1: Chocoladebier

Brouwvisie recept overzicht

Basis gegevens

Naam recept	2 recept school torhout	**Berekende kleur**	14 EBC (Brouwvisie)
Brouwdatum	8/01/2019	**Berekende bitterheid**	44 EBU (Tinseth)
Biertype			
Aantal liters	25	**Recept kenmerk**	
Gewenst begin SG	1059	**Brouwerij**	den buiten
Ingesteld rendement	75 %		

Moutstort

Moutnaam	Storting(%)	Massa(g)	Kleur(EBC)
Pilsmout 3 EBC	70,8	4532	3
Ambermout 50 EBC	6,3	403	49
Gerstevlokken	3,1	201	4
Tarwemout	2,8	181	3
Pale alemout	3,6	232	6
Rietsuiker	13,4	856	6

Hopstort

Hopnaam	Alfazuur(%)	Massa(g)	Kooktijd(min)	Soort hop
Magnum (D)	12,5	40	40	Bitterhop
Saaz (CZ)	6	15	10	Aromahop

Kruidengift

Naam kruid	Massa(g)	Kooktijd(min)
Lievevrouwebedstro	100	10
Citroenschillen	10	10

Type gist	Safbrew T-58
Aantal	1 Zakje(s)
Toegevoegd als	Giststarter
Volume	0 ml
Beluchtingstijd	0 uur
Temperatuur	0 °C
SG voor toevoegen	0
Gistvoeding	
Zink	

Opmerkingen kruiden

lievevrouwebedstro is moerasspirea
ctroenschillen is citroengras

Opmerkingen hop

Opmerkingen gist(starter)

Waterbehandeling

		Gewenste samenstelling	
Totaal volume water	34,12 liter	**Calcium**	mg/l
% verdunning	0 %	**Carbonaat**	mg/l
Volume origineel water	34,12 liter	**Magnesium**	mg/l
Volume behandeld water	34,12 liter	**Sulfaat**	mg/l
Waterprofiel	Kortemark	**Natrium**	mg/l
pH voor behandelen		**Chloride**	mg/l

Toegevoegde brouwzouten		**Toegevoegde zuren**	
Calciumsulfaat	0 gram	**Zoutzuur**	0 ml (0 mol/l)
Calciumchloride	0 gram	**Fosforzuur**	0 ml (0 mol/l)
Calciumcarbonaat	0 gram	**Melkzuur**	0 ml (0 mol/l)
Magnesiumsulfaat	0 gram		
Natriumchloride	0 gram	**pH na behandelen**	

Maischen

Maischwater	22,20 liter	**Vulhoogte maischpan**	7,8 cm onder de rand
Spoelwater	11,92 liter	**Vulhoogte spoelwaterpan**	18,1 cm onder de rand

Volume in maischpan(water+mout) 25,90 liter **Temperatuur inmaischwater :** 56,5 °C

Maischstap	Temperatuur	Rusttijd	Beslagdikte	SG van	SG tot	Brix van	Brix tot
1.	52 °C	15 min	4,00 l/kg			0,00	0,00
2.	60 °C	50 min	4,00 l/kg			0,00	0,00
3.	72 °C	20 min	4,00 l/kg			0,00	0,00
4.	0 °C	0 min	0,00			0,00	0,00
5.	0 °C	0 min	0,00			0,00	0,00

pH voor behandelen
pH na behandelen
Behandeld met
Volume ml

Opmerkingen

Koken

Kooktijd 50 minuten

	cm onder de rand	Aantal liters	SG (gr/l)	°Brix
Begin koken	0,97 cm	29,03	1051	13,14
Eind koken	4,29 cm	26,00	1059	15,09

Volume wort in gistvat	25,31 liter
SG wort in gistvat	1059
Gewenst SG	1001
Correctie	Geen correctie toegepast
Brouwzaalrendement	73,43 %
Mout rendement	74,16 %

Vergisting

Hoofdvergisting	
Begin datum	8/01/2019
Volume wort	25,31 liter
Begin SG	1059
Temperatuur	23 °C

Navergisting	
Begin datum	8/01/2019
SG (gr/l)	1059
Vergistingsgraad	0,00%
Temperatuur	23 °C

Lagering	
Begin datum	8/01/2019
SG (gr/l)	1030
Vergistingsgraad	49,15%
Temperatuur	15 °C

Gegevens bottelen

Bottelen

Datum	8/01/2019
Eind SG	1010
Vergistingsgraad	83,05%
Bottelsuiker	8 gr/l Kristalsuiker
Koolzuurgehalte	0,63 gew%
% alcohol voor bottelen	6,47 % vol
% alcohol na bottelen	6,75 % vol

Inhoud fles/fust	Aantal
0,33 liter	50
0 liter	0
0 liter	0
0 liter	0
0 liter	0

Aantekeningen

Kosten overzicht

Kosten mout en suikers	€ 4,66
Kosten hop	€ 0,95
Kosten kruiden	€ 0,00
Kosten gist	€ 0,00
Kosten giststarter	€ 0,00
Kosten water	€ 0,00
Kosten energie	€ 0,00
Overige kosten	€ 0,00
Kosten totaal	€ 5,61
Kosten per liter	€ 0,22

Recept 2: Moerasspirea

Brouwvisie recept overzicht

Basis gegevens

Naam recept	2 recept school torhout	**Berekende kleur**	14 EBC (Brouwvisie)
Brouwdatum	8/01/2019	**Berekende bitterheid**	44 EBU (Tinseth)
Biertype			
Aantal liters	25	**Recept kenmerk**	
Gewenst begin SG	1059	**Brouwerij**	den buiten
Ingesteld rendement	75 %		

Moutstort

Moutnaam	Storting(%)	Massa(g)	Kleur(EBC)
Pilsmout 3 EBC	70,8	4532	3
Ambermout 50 EBC	6,3	403	49
Gerstevlokken	3,1	201	4
Tarwemout	2,8	181	3
Pale alemout	3,6	232	6
Rietsuiker	13,4	856	6

Hopstort

Hopnaam	Alfazuur(%)	Massa(g)	Kooktijd(min)	Soort hop
Magnum (D)	12,5	40	40	Bitterhop
Saaz (CZ)	6	15	10	Aromahop

Kruidengift

Naam kruid	Massa(g)	Kooktijd(min)
Lievevrouwebedstro	100	10
Citroenschillen	10	10

Type gist	Safbrew T-58
Aantal	1 Zakje(s)
Toegevoegd als	Giststarter
Volume	0 ml
Beluchtingstijd	0 uur
Temperatuur	0 °C
SG voor toevoegen	0
Gistvoeding	
Zink	

Opmerkingen kruiden

lievevrouwebedstro is moerasspirea
ctroenschillen is citroengras

Opmerkingen hop

Opmerkingen gist(starter)

Waterbehandeling

		Gewenste samenstelling	
Totaal volume water	34,12 liter	**Calcium**	mg/l
% verdunning	0 %	**Carbonaat**	mg/l
Volume origineel water	34,12 liter	**Magnesium**	mg/l
Volume behandeld water	34,12 liter	**Sulfaat**	mg/l
Waterprofiel	Kortemark	**Natrium**	mg/l
pH voor behandelen		**Chloride**	mg/l

Toegevoegde brouwzouten		**Toegevoegde zuren**	
Calciumsulfaat	0 gram	**Zoutzuur**	0 ml (0 mol/l)
Calciumchloride	0 gram	**Fosforzuur**	0 ml (0 mol/l)
Calciumcarbonaat	0 gram	**Melkzuur**	0 ml (0 mol/l)
Magnesiumsulfaat	0 gram		
Natriumchloride	0 gram	**pH na behandelen**	

Maischen

Maischwater	22,20 liter	**Vulhoogte maischpan**	7,8 cm onder de rand
Spoelwater	11,92 liter	**Vulhoogte spoelwaterpan**	18,1 cm onder de rand

Volume in maischpan(water+mout) 25,90 liter **Temperatuur inmaischwater :** 56,5 °C

Maischstap	Temperatuur	Rusttijd	Beslagdikte
1.	52 °C	15 min	4,00 l/kg
2.	60 °C	50 min	4,00 l/kg
3.	72 °C	20 min	4,00 l/kg
4.	0 °C	0 min	0,00
5.	0 °C	0 min	0,00

SG van	SG tot	Brix van	Brix tot
		0,00	0,00
		0,00	0,00
		0,00	0,00
		0,00	0,00
		0,00	0,00

pH voor behandelen
pH na behandelen
Behandeld met
Volume ml

Opmerkingen

Koken

Kooktijd 50 minuten

	cm onder de rand	Aantal liters	SG (gr/l)	°Brix
Begin koken	0,97 cm	29,03	1051	13,14
Eind koken	4,29 cm	26,00	1059	15,09

Volume wort in gistvat	25,31 liter
SG wort in gistvat	1059
Gewenst SG	1001
Correctie	Geen correctie toegepast
Brouwzaalrendement	73,43 %
Mout rendement	74,16 %

Vergisting

Hoofdvergisting	
Begin datum	8/01/2019
Volume wort	25,31 liter
Begin SG	1059
Temperatuur	23 °C

Navergisting	
Begin datum	8/01/2019
SG (gr/l)	1059
Vergistingsgraad	0,00%
Temperatuur	23 °C

Lagering	
Begin datum	8/01/2019
SG (gr/l)	1030
Vergistingsgraad	49,15%
Temperatuur	15 °C

Gegevens bottelen

Bottelen

Datum	8/01/2019
Eind SG	1010
Vergistingsgraad	83,05%
Bottelsuiker	8 gr/l Kristalsuiker
Koolzuurgehalte	0,63 gew%
% alcohol voor bottelen	6,47 % vol
% alcohol na bottelen	6,75 % vol

Inhoud fles/fust	Aantal
0,33 liter	50
0 liter	0
0 liter	0
0 liter	0
0 liter	0

Aantekeningen

Kosten overzicht

Kosten mout en suikers	€ 4,66
Kosten hop	€ 0,95
Kosten kruiden	€ 0,00
Kosten gist	€ 0,00
Kosten giststarter	€ 0,00
Kosten water	€ 0,00
Kosten energie	€ 0,00
Overige kosten	€ 0,00
Kosten totaal	€ 5,61
Kosten per liter	€ 0,22

11. Besluit

Tot slot kijken we graag eens terug op het afgelopen schooljaar. In een eerste fase hebben we allemaal het GIP-dossier van vorig jaar gelezen. We trokken in september ook naar een brouwerij om er te leren brouwen. Zo verzamelden we al snel heel wat informatie over het brouwen. Dit was van groot belang aangezien er veel meer komt kijken bij het brouwproces dan wij verwacht hadden. We hebben ook veel tijd besteed aan de taakverdeling. Zo was er eenduidigheid en kon er op een efficiënte manier gewerkt worden.

Tijdens het schooljaar moesten er nog enkele aanpassingen gebeuren. Onder andere kleppen, leidingen en ketels zijn aangepast. Dit heeft allemaal wat extra tijd gevraagd en voor enige vertraging gezorgd. Ook het bekabelen van de elektrische kast, wat normaal vóór Pasen moest gebeuren, sleepte aan tot we beslisten om alles zelf te bekabelen. Het was initieel niet de bedoeling dat wij dit zelf zouden doen, waardoor we hier ook wat vertraging opliepen. Zo zijn er nog tal van voorbeelden, die wat meer tijd hebben gevraagd dan verwacht. Al deze aanpassingen hebben wel gezorgd voor een optimalisering van de installatie. Veel aanpassingen waren ook van groot belang voor de voedselveiligheid.

Door de vele extra aanpassingen lukte het ons niet om de installatie volledig klaar te krijgen. Al zijn we toch enorm ver geraakt in de realisatie. Mechanisch en elektrisch werkt alles en ook op wetenschappelijk vlak is een afgewerkte studie gebeurd. Het enige knelpunt is eigenlijk de samenhangende automatisatie van de installatie. Dit is op zich geen probleem, want we hadden dit ook verwacht aan het begin van dit schooljaar. Volgend jaar zal er zich één leerling verder ontfermen over dit gedeelte en zo zal de installatie dan toch volledig afgewerkt worden.

Aan de leerling(en) van volgend jaar willen we nog enkele tips meegeven. Dingen die wij hebben ondervonden tijdens het werken aan dit project.

- Vermijd uitstelgedrag, medeleerlingen zijn namelijk vaak afhankelijk van de realisatie van jouw delen.
- Goede communicatie is essentieel, zeker als je met meerdere leerlingen iets wil realiseren.
- Maak voldoende afspraken, zo vermijd je dubbel en onnodig werk.
- Durf werk uit handen geven, het is niet omdat er is afgesproken dat jij een bepaald thema behandelt dat je geen hulp mag vragen aan iemand anders als je in tijdsnood komt.
- Hou je zoveel mogelijk aan de planning.

Een GIP is zeker niet te onderschatten. Het vraagt enorm veel werk, tijd en inspanning. Uiteindelijk hebben we er alle 11 veel energie ingestopt. Nu, net voor de examens van juni, zijn we tevreden met het behaalde resultaat. Samen met onze begeleidende leerkrachten mogen we trots zijn op het verrichtte werk. Het was een enorm leerrijk project dat volgend jaar geautomatiseerd zal worden. Daarna zal onze brouwer met deze installatie zijn streekbieren kunnen brouwen.

12. Brouwjargon

wort	Wort is de suikerrijke, waterige oplossing die een tussenproduct vormt in de bereiding van bier.
mouten	Tijdens het mouten worden graankorrels in water geweekt waardoor ze kiemen.
kiemproces	Het proces van een graansoort naar de gewenste mout.
enzymen	Enzymen zijn eiwitmoleculen die in staat zijn chemische processen te versnellen onder milde condities.
schroten	Het breken van de gedroogde mout zonder dat deze kapot wordt gemaakt.
maischen	Het proces wanneer men de geschrote mout samenvoegt met water. Het ontstane beslag noemt men wort.
steriliseren (=steriel)	Steriliseren is het opzettelijk doden van micro-organismen, zoals bacteriën, virussen, schimmels en sporen op of in allerlei materialen of stoffen.
het kaf	Omhulsel van korrel mout.
preparaat	Een microscopisch preparaat is een voorwerp dat op zo'n manier is behandeld en gepresenteerd dat het met behulp van een microscoop kan worden bekeken.
filterbed	Een natuurlijke filter die ontstaat bij het maischproces, deze bestaat uit de geschrote mout.
densiteitsmeting	Het meten van de massa van de stof per volume-eenheid (=dichtheid).
prokaryotisch micro-organisme	Eencellig organisme zonder celkernen en organellen.
mitochondriën	Een boon- of bolvormig celorganel, dat functioneert als energieomzetter van de eukaryote cel.
eukaryotisch micro-	Eencellige of meercellige organisme met een celkern en

organisme	verschillende organellen.
chloroplasten	Groene plastiden die voorkomen in de cellen van veel soorten planten, algen en bepaalde micro-organismen, bladgroenkorrels.
organellen	Een organel is een celdeeltje van een eukaryotische cel, een specifiek onderdeel van een eukaryote cel met een bepaalde functie.
metabolisme	Metabolisme of stofwisseling, bestaat uit een groot aantal biochemische processen die plaatsvinden in cellen en organismen.
dissimilatie	Katabolisme, ook wel verbranding genoemd, is de afbraak van stoffen waarbij energie vrijkomt.
assimilatie	Anabolisme is de opbouw van stoffen waarvoor energie nodig is.
klaren	Een stap in het brouwproces waarbij de vaste bestanddelen uit het wort worden gefilterd.
whirlpolen	Een manier om de vaste bestanddelen te scheiden van het wort. Dit gaat gepaard met een tangentiële afvoerstroming.
pH-meting	Een pH-meter is een meter waarmee de pH van een oplossing bepaald kan worden. Dit gebeurt door het meten van het potentiaalverschil tussen een glaselektrode en een zilver/zilverchloride-elektrode.
desinfectans	Een ontsmettend middel, een bacteriedodend middel dat plaatselijk kan worden gebruikt op het lichaam of om instrumenten of werkvlakken te ontsmetten.
filterbed	Dikke onderlaag die op de bodem van de ketel wordt gevormd door de celwanden van de geschrote mout.
alcoholpercentage	Volumeprocent alcohol
ethanol	Meest voorkomende alcohol (C_2H_5OH) die in drank zit.
lage gisting	Ondergisting is een manier van gisten waarbij de gist gedurende het proces naar de bodem van de kuip zakt.

methanol	Methanol of methylalcohol is de eenvoudigste alcohol en heeft als brutoformule CH_3OH.
koolhydraten	Ook sachariden genoemd, zijn een bepaald type verbindingen van koolstof-, waterstof- en zuurstofatomen.
hoge gisting	Bovengisting: de gisten drijven bovenop het wort, wat ervoor zorgt dat dit een moeilijk controleerbaar proces is vanwege de hygiëne.
destilleren	Scheidingstechniek voor een oplossing van twee vloeistoffen, op basis van het verschil in kookpunt.
densimeter	Hydrometer, dichtheidsmeter of suiker- meter: een instrument om de (relatieve) dichtheid van een vloeistof te meten.
fotospectromie	Een fysische analysetechniek waarbij de concentratie van een bepaalde stof in een te analyseren monster bepaald wordt door de absorptie van licht te meten.
absorbantie	Een verhouding tussen de hoeveelheid uitgezonden licht en de hoeveelheid geabsorbeerd licht.
pipet	Een voorwerp dat gebruikt wordt om een hoeveelheid vloeistof op te zuigen en te verplaatsen.
centrifuge	Machine waarbij gebruik wordt gemaakt van centrifugale kracht.
iso-alfazuren	Gedurende het koken van het wort en de hop worden de niet-bittere alfazuren omgezet in iso-alfazuren.
zuurtegraad	De pH van een bepaald(e) mengsel/stof/oplossing.
alfazuren	Stoffen uit de harsen van een hopplant die voor een belangrijk chemisch proces zorgen.
fermentatieproces	Fermentatie is een proces waarbij bacteriën, schimmels en gisten gebruikt worden om een voedingsmiddel te maken.
beta-zuren	Stoffen uit de harsen van een hopplant.
isomerisatie	Een chemische reactie waarbij het hoofdproduct een isomeer is van de belangrijkste reactant. Bij isomerisatie verandert de ruimtelijke ordening van moleculaire groepen.

PH-probe	De sensor van de PH-meter.
bellenvlies	Dun laagje vloeistof dat een bel vormt.
complexen	Chemische verbindingen die bestaan uit één of meer metalen en één of meer liganden.
aminozuren	Een aminozuur is een organische verbinding die zowel een carboxylgroep als een aminogroep bezit.
halfwaardetijd	De tijd waarna van een oorspronkelijke hoeveelheid stof nog precies de helft over is.
bitterhop	Bitterhop is een type hop, dat als belangrijkste functie heeft om het bier zijn bitterheid en houdbaarheid te geven.
aromahop	Aromahop is een type hop, dat het bier zijn aroma geeft.
hopbellen	De vrouwelijke bloemen van de hoppeplant, kegelvormige katjes, worden hopbellen genoemd.
polaire verbinding	Een polaire verbinding is een molecuul dat bestaat uit een chemische binding met een zodanige verdeling van de elektronen, dat het centrum van de negatieve ladingen niet samenvalt met dat van de positieve ladingen.

13. Figuren

Figuur 2.1-1: Bordschema 9
Figuur 2.2-1: Het mout wordt afgewogen..... 10
Figuur 2.2-2: Het mout wordt geschroot. 10
Figuur 2.2-3: De temperatuur wordt gemeten tijdens het maischen. 10
Figuur 2.2-4: De kruiden en de hop worden toegevoegd tijdens het kookproces. 11
Figuur 2.2-5: Het koelproces 11
Figuur 2.2-6: De gist wordt afgewogen. 11
Figuur 2.3-1: Een stap uit het brouwproces in Solid Edge zonder rendering. 13
Figuur 2.3-2: Een stap uit het brouwproces in Solid Edge met rendering. 13
Figuur 2.4-1: Het brouwproces: schroten, maischen, koken en koelen. 14
Figuur 2.4-2: Een industriële mantelweerstand 15
Figuur 2.4-3: Voorstelling van isolatie aan kookketel 16
Figuur 2.4-4: Temperatuursensor 16
Figuur 2.4-5: CIP-bol 16
Figuur 2.4-6: Een schuifkraan 18
Figuur 2.4-7: Logo en slogan van Packo Diksmuide 19
Figuur 2.4-8: Principiële tekening over het elektropolijsten 19
Figuur 2.4-9: Grootste Packo pomp ooit gemaakt 20
Figuur 2.4-10: Kunstzinnige constructie met gelaste buizen 20
Figuur 2.4-11: FP3-serie volledig hygiënische pomp van Packo 21
Figuur 2.4-12: Pomp geschikt voor het schadevrij verpompen van groenten 21
Figuur 2.4-13: NPS-curve 22
Figuur 3.1-1: Keramisch bandelement 23
Figuur 3.2-1: Opbouw van een centrifugaalpomp 25
Figuur 3.2-2: Werking van een waaierpomp 25
Figuur 3.2-3: Stator 26
Figuur 3.2-4: Rotor 26
Figuur 3.2-5: NORD SK63L/4 27
Figuur 3.3-1: Binnenkant kookketel met zichtbaar whirlpoolsysteem 27
Figuur 3.4-1: Schroten 28
Figuur 3.4-2: Zeskant staaf met schroefdraad 28
Figuur 3.4-3: Gemotoriseerd schroottoestel 29
Figuur 3.4-4: Technische tekeningen van de aanpassingen aan het schroottoestel 30
Figuur 3.5-1: Filterrooster met roerder 31
Figuur 3.7-1: De buizenkoeler bevestigd op de installatie 33
Figuur 3.7-2: Detailfoto van de zijkant van de installatie 33
Figuur 3.7-3: Detailfoto platenkoeler met aansluitingen 34
Figuur 3.8-1: Boiler 35
Figuur 3.8-2: Aansluitingen aan het buffervat 35
Figuur 3.8-3: Buffervat met deksel en vermogensweerstand 35
Figuur 3.8-4: Driefasige vermogensweerstand 36
Figuur 4.3-1: Zuigfase 37
Figuur 4.3-2: Persfase 38

Figuur 4.3-3: Diafragmacompressor ... 38
Figuur 4.3-4: Scrollcompressor ... 38
Figuur 4.3-5: Schroefcompressor ... 38
Figuur 4.3-6: Schoepencompressor ... 39
Figuur 4.3-7: Rootscompressor ... 39
Figuur 4.4-1: Symbool luchtfilter ... 39
Figuur 4.4-2: Luchtfilter ... 39
Figuur 4.4-3: Symbool reduceerventiel ... 40
Figuur 4.4-4: Werking reduceerventiel ... 40
Figuur 4.4-5: Werking olievernevelaar ... 40
Figuur 4.5-1: Toeter ... 41
Figuur 4.5-2: Metaalmanometer ... 41
Figuur 4.5-3: Membraanmanometer ... 41
Figuur 4.5-4: Drukmeter met capsule-elementen ... 42
Figuur 4.6-1: 5/2-Monostabiel elektroventiel ... 44
Figuur 4.6-2: 5/2-bistabiel elektroventiel ... 45
Figuur 4.7-1: De duw- en trekkracht van een dubbelwerkende cilinder ... 45
Figuur 5.2-1: TT-net ... 47
Figuur 5.2-2: IT-net ... 48
Figuur 5.2-3: TN-S-net ... 49
Figuur 5.2-4: TN-C-net ... 49
Figuur 5.3-1: Brand ... 49
Figuur 5.3-2: Elektrocutie ... 50
Figuur 5.3-3: TT-net ... 50
Figuur 5.4-1: Werking solid state relay ... 51
Figuur 5.4-2: Opbouw contactor ... 52
Figuur 5.4-3: Elektrisch symbool ... 53
Figuur 5.4-4: Installatieautomaat ... 53
Figuur 5.4-5: Installatieautomaat binnenin ... 54
Figuur 5.4-6: Uitschakelcurve automaat ... 54
Figuur 5.4-7: Kleine smeltveiligheid type A ... 55
Figuur 5.4-8: Motorbeveiliger ... 56
Figuur 5.4-9: Danfos frequentieregelaar ... 56
Figuur 5.4-10: Blokschema frequentieregelaar ... 57
Figuur 5.4-11: Stroomloop bij de positieve fase van de wisselspanning ... 57
Figuur 5.4-12: Stroomloop bij negatieve fase van de wisselspanning ... 57
Figuur 5.5-1: Eerste kastindeling op papier ... 59
Figuur 5.5-2: Printplaat + attributen ... 59
Figuur 5.5-3: Effectieve kastindeling ... 60
Figuur 5.6-1: 0pstart e-plan ... 61
Figuur 5.6-2:Geopend e-planschema – aankomst voeding ... 61
Figuur 5.6-3: Gegevens symbool ... 62
Figuur 6.1-1: Gaatjespring ... 63
Figuur 6.1-2: Fotobelichting ... 65
Figuur 6.1-3: Structuurverandering ... 65

Figuur 6.1-4: Het belichten ... 65
Figuur 6.1-5: Belichtingstijd bepalen ... 66
Figuur 6.1-6: Oplossen fotolaag ... 66
Figuur 6.1-7: De chemicaliën ... 66
Figuur 6.1-8: De chemische reactie ... 67
Figuur 6.1-9: Foto van de uitvoering ... 67
Figuur 6.2-1: Optocoupler ... 68
Figuur 6.2-2: Schakeling waterkleppen ... 69
Figuur 6.2-3: Filter ... 70
Figuur 6.2-4: Onze schakeling ... 71
Figuur 6.2-5: Optocoupler ... 71
Figuur 6.2-6: DC-DC converter ... 72
Figuur 6.2-7: Iso-122 component ... 72
Figuur 6.3-1: SM8000 ... 73
Figuur 6.3-2: L R2750 ... 73
Figuur 6.3-3:LMT100 ... 74
Figuur 6.3-4: Inductieve sensor ... 74
Figuur 6.3-5: Dallas temperatuursensor ... 74
Figuur 6.3-6: 1-wire techniek ... 74
Figuur 6.3-7: Arduino naar serial monitor ... 75
Figuur 6.3-8: Inox huls ... 75
Figuur 7.2-1: Schematische voorstelling installatie ... 79
Figuur 7.2-2: Switch ... 80
Figuur 8.1-1: Alcohol ... 81
Figuur 8.1-2: Methanol ... 81
Figuur 8.1-3: Standaardglas alcohol ... 82
Figuur 8.1-4: Densimeter ... 85
Figuur 8.1-5: Werking spectrometer ... 87
Figuur 8.1-6: Concentratie i.f.v. absorbantie ... 87
Figuur 8.1-7: Bepalen concentratie aan de hand van ijklijn ... 87
Figuur 8.1-8: Gebruikt materiaal ... 88
Figuur 8.1-9: Verdunning van ons brouwsel ... 88
Figuur 8.1-10: Verwarmen oplossing ... 89
Figuur 8.1-11: Cuvetten met oplossing ... 89
Figuur 8.1-12: Fotospectrometer ... 89
Figuur 8.1-13: Grafiek alcoholpercentage ... 90
Figuur 8.2-1: pH-schaal ... 91
Figuur 8.2-2: Invloed van de pH-waarde op de enzymenactiviteit ... 92
Figuur 8.2-3: pH-meting tijdens het brouwen ... 92
Figuur 8.2-4: pH-waarde in functie van de tijd, met de verschillende stappen weergegeven ... 92
Figuur 8.2-5: Voorbeelden van mogelijke pH-meetinstrumenten/controllers ... 94
Figuur 8.3-1: Tappen van bier ... 95
Figuur 8.3-2: Iso-alfazuur ... 96
Figuur 8.3-3: Bepaling van de schuimstabiliteit ... 98
Figuur 8.3-4: Grafiek met de schuimhoogte van de verschillende bieren in functie van de tijd ... 99

Figuur 8.3-5: Correlatie van meetwaarden 99
Figuur 8.3-6: Moleculestructuur van maltodextrine 100
Figuur 8.4-1: Tekening van hop uit 1892 101
Figuur 8.4-2: Hop in een Servisch wapenschild 102
Figuur 8.4-3: Het Reinheisgebot, daterend uit 1516 103
Figuur 8.4-4: Onderzoek naar de mogelijke geneeskrachtige werking van hop 103
Figuur 8.4-5: Hopbloemen aan hoprank 104
Figuur 8.4-6: Selectie van een aantal aromahop 105
Figuur 8.4-7: Droogtoren 't Hoppecruyt 105
Figuur 8.4-8: De verschillende stappen in het telen van de hop 106
Figuur 8.4-9: Een kar geladen met hopranken 107
Figuur 8.4-10: Links, een net met hoppellets; rechts, vacuümverpakte hopbloemen 108
Figuur 8.4-11: Een hopbel met zijn verschillende componenten 109
Figuur 8.4-12: Isomerisatie, het vormen van iso-alfazuren 110
Figuur 8.4-13: Iso-alfazuur met al haar positieve eigenschappen 110
Figuur 8.5-1: Verzameling van verschillende soorten kruiden en specerijen 111
Figuur 8.5-2: Elza Seldeslacht, Epona, met haar kaketoe en eigen bier, Epona 112
Figuur 8.5-3: Een pentagram 113
Figuur 8.5-4: Bronwater, het vloeibaar kristal 113
Figuur 8.5-5: Aren van tarwe, rogge, gerst en haver 114
Figuur 8.5-6: Hopbellen 114
Figuur 8.5-7: Gist 114
Figuur 8.5-8: Moerasspirea in bloei 115
Figuur 8.5-9: Van bier verdik je niet?! 116
Figuur 8.5-10: Steranijs plant 117
Figuur 8.5-11: Vrucht steranijs 117
Figuur 8.5-12: Anethol 117
Figuur 8.5-13: Plant zoethout 117
Figuur 8.5-14: Zoethout stokken 117
Figuur 8.5-15: Glycyrrhizinezuur (of glycyrrhizine) 118
Figuur 8.5-16: Plant kaneel 118
Figuur 8.5-17: Kaneelstokken en -poeder 118
Figuur 8.5-18: Cinnamaldehyde 119
Figuur 8.5-19: Eugenol 119
Figuur 8.5-20: Plant chilipeper 119
Figuur 8.5-21: Vrucht chilipeper 119
Figuur 8.5-22:Capsaïcine 119
Figuur 8.5-23: Plant kardemom 120
Figuur 8.5-24: Zaad kardemom 120
Figuur 8.5-25:1,8-Cineool 120
Figuur 8.5-26: α-Terpinylacetaat 120
Figuur 8.5-27: Plant jenever 121
Figuur 8.5-28: Jeneverbessen 121
Figuur 8.5-29: Pineen 121
Figuur 8.5-30:Sabineen 121

Figuur 8.5-31: Myrceen 121
Figuur 8.5-32: Citroenmelisse 122
Figuur 8.5-33: Structuur citronella 122
Figuur 8.5-34: Chocolade 122
Figuur 8.5-35: Structuur theobromine 123
Figuur 8.5-36: Structuur cafeïne 123
Figuur 8.5-37: Structuur trypofaan 123
Figuur 8.5-38: Cacao nibs 123
Figuur 8.5-39: Chocolademout 123
Figuur 8.5-40: Bloem van het slaapmutsje 124
Figuur 8.5-41: Structuur fytosterolen 124
Figuur 8.5-42: Chinolide-alkaloïden 124
Figuur 8.5-45: Stinkende ballote in bloei 125
Figuur 8.5-46: Structuur fenylpropaanglycosiden 125
Figuur 8.5-47: Structuur flavonoïden 125
Figuur 8.5-48: Structuur saponinen 125
Figuur 8.5-49: Moerasspirea 126
Figuur 8.5-50: Structuur asetylcalicylzuur 126
Figuur 8.6-1: Samenvattende figuur van het dissimilatieproces 128
Figuur 8.6-2: Evolutie van de opgeloste zuurstof in het wort i.f.v. de tijd tijdens de gisting 129
Figuur 8.6-3: Voortplanting gistcel 130
Figuur 8.6-4: Grafiek gistcellen en biomassa 131
Figuur 8.6-5: Tabel met aroma's van gisten 133
Figuur 8.6-6: Bekijken van gistcel door microscoop 134
Figuur 8.6-7: Novex microscoop 135
Figuur 8.6-8: Preparaat klaarmaken 135
Figuur 8.6-9: Gistcellen, 40 keer vergroot 136
Figuur 8.6-10: Gistcellen, 100 keer vergroot 136
Figuur 8.6-11: Gistcellen, 400 keer vergroot 136
Figuur 8.6-12: Gistcellen, 1000 keer vergroot 136
Figuur 9.1-1: Safety life cycle 137
Figuur 9.1-2: Te volgen stappen volgens genormeerde risicoanalyse 139
Figuur 9.1-3: Risicograaf 144
Figuur 9.1-4: Gevaren van de brouwinstallatie 147
Figuur 9.1-5: Een pictogram 'GEVAAR Onder spanning' 149
Figuur 9.1-6: Gevaar pictogrammen 149
Figuur 9.1-7: Symbolische voorstelling van een noodstop 150
Figuur 9.1-8: Sensor deksel 150
Figuur 9.1-9: Bepaling van het performance level 151
Figuur 9.1-10: Bepalen van de veiligheidscategorie 152
Figuur 9.1-11: Performance Level van onze installatie bepalen 153
Figuur 9.1-12: E-plan schema van noodstopcircuit 154
Figuur 9.1-13: Installatie met veiligheidsverbeteringen 155
Figuur 9.2-1: PWB 156
Figuur 9.2-2: Koppeling voor reiniging 157

Figuur 10.1-1: Bieretiket van het Steentje 159